35719, IV. 2, f

D, 35719, f.

MATICA SLOVENSKA



Elektrika

nje

proizvajanje

in uporaba.

Spisal

Ivan Šubic

NATISNIL DR. HRIBAR V CELJU

Elektrika,

nje proizvajanje in uporaba.

Spisal

IVAN ŠUBIC.



MATICA SLOVENSKA 1897.

ELEKTRIKA,

nje proizvajanje in uporaba.

Spisal

IVAN ŠUBIC,

c. kr. ravnatelj.

Izdala in založila «Matica Slovenska».



V Ljubljani 1897.

NATISNIL DRAGOTIN HRIBAR V CELJU.

Predgovor.

Poseben mik obdaja elektriko in kar je ž njo v zvezi. Mladeniča, ki prvikrat prodira v skrivnosti fizikalne vede, zanima najbolj poglavje o elektriki; a tudi odrasli mož, ki že pozablja, česar se je pred leti učil na šolskih klopeh, sledi z rastočo radovednostjo silni napredek električne znanosti in nje triumfalno pot po svetu. Uporaba jakih električnih tokov se čudovito širi med izobraženimi narodi in prekoračila je tudi že skromne meje naše domovine. Razne večje tvornice in nekaj mest slovenskega ozemlja ima že električno razsvetljavo, in sedaj si gradi tudi stolno mesto Ljubljana svojo električno centralo. Vse to je napotilo podpisanega, da je začel sestavljati knjigo, katero sedaj izroča svojim rojakom.

Knjiga je pisana za olikanega čitatelja, kateremu so osnovni pojmi o elektriki večinoma znani. Zato je prvi oddelek, ki se peča z osnovnimi električnimi pojavi, razmerno malega obsega, dočim so ostala poglavja, ki slikajo sedanje stanje elektrotehnike, osnovana na širši podlagi. Pisatelj je po svojih močeh skušal pisati popularno; to naj ima čitatelj-strokovnjak drage volje pred očmi, ko prebira knjigo, zasledujoč po njej strogih definicij in konsekventno uporabljenih pojmov.

Glede strokovnih izrazov stoji pisatelj že od nekdaj odločno na stališču, da je posebno v tehnični vedi slovenjenje terminov, ki so danes skupna last vseh kulturnih jezikov na zemlji, ničevna in nepotrebna muka za pisatelja in čitatelja, da je potrata, katere si niti veliki narodi ne privoščijo. Zato so v tej knjigi brez pomisleka sprejeti in uporabljeni vsi oni tuji termini, ki imajo na električnem polju svetovljansko pravico.

Literatura o električni vedi je danes tako razširjena, da pisatelju pač ni treba naštevati vseh virov, iz katerih je zajemal. V prvi vrsti mu je bila dobro došla zbirka: «Hartleben, Elektrotechnische Bibliothek»; poleg te pa se je naslanjal na knjigi: «Dr. L. Graetz, Die Elektricität und ihre Anwendungen» in «Arthur Wilke, Die Elektricität, ihre Erzeugung und Anwendung in Industrie und Gewerbe». Iz zadnjega dela so večinoma vzete tudi slike, ki so natisnjene v knjigi.

Pisatelj je moral preorati mnogo ledine, ko je zbiral podatke za slovensko knjigo o elektriki in jih sestavljal v skupino. Pomagal mu je z znano ljubeznivostjo gospod gimn. ravnatelj Andrej Senekovič s tem, da je pregledaval posamična poglavja s strokovnega stališča. Bodi mu za njegov trud iskrena zahvala!

Slednjič še jedno opazko. Najlepši del naše domovine, njeno prirodno in kulturno središče, se nahaja že mnogo let v bojnem stanju. Bratomorna vojska hrumi po tej krasni slovenski zemlji in uresničuje pesnikove besede:

«Ko divja zver brat brata goni,
Ljubezni tu, domovja ni . . . . .»

Kaljene in čestokrat strupene puščice letajo iz tabora v tabor ter sekajo rane bojnikom in nebojnikom. Pisatelj ni četovodja niti prostak v tej žaloigri, a ker biva sredi vojnih ostrogov, mora le premnogokrat okušati bojno zlo in njega posledice. V takih trenotkih mu je bilo pečanje z elektrotehniško vedo prava tolažba in uteha. Pišoč svojo knjigo je saj za nekaj časa pozabil, da zunaj «brat brata goni»! Iz srca želim, da bi se tudi čitatelju jednako godilo, ko dobi v roke te listke. Ako najde v njih toliko zanimivega, da bode saj za nekaj hipov obrnil pogled od tužnih prizorov domačega boja ter sedeč na vzvišeni stražnici vede spoznal njegovo praznost in brezmiselnost, — potem bode trud pisateljev obilno poplačan.

V Ljubljani na dan sv. Jadvige, 1897.

Pisatelj.

Vvod.

Zgodovina človeštva je ob jednem zgodovina njegovega napredka. Odkar biva človek na zemlji, se trudi in dela, poti in žene. Tisočletja neprestanih naporov in vednega znoja so nas privedla na sedanjo stopnjo. A če gledamo nazaj v zgodovino človeškega roda, nazaj do onih meglenih dob, v katere ne prodere več noben žarek naše povestnice, moramo reči, da se razvoj človeštva nikdar ni tako hitro, tako burno vršil, kakor v sedanjem stoletju. Z brzimi, poprej nenavadnimi koraki stopamo v napredku in razvitku dalje, in smelo trdimo, da bode devetnajsto stoletje vedno veljalo za nekak prekret v povestnici naši, za nekak mejnik, ki bode ločil minula tisočletja in kar je bilo ž njimi, od bodočih zornih dob. In tega prevrata v vseh razmerah človeštva niso provzročile silne vojne in krvavi lovori zmagovalcev, niso ga rodile velikanske nravnostne ideje, temveč nastal je vsled uspešnega in vedno napredujočega boja z naturnimi silami, katere ravno sedanja doba po vrsti kuje v sužni jarem s tolikim uspehom, toliko energijo in toliko hitrostjo, da se temu sijajnemu in strmoglavemu boju čudom čudimo. Zmaga sledi zmagi; dan za dnem postaja naša moč večja, ž njo pa orožje jačje, s katerim krotimo prirodne sile.

Izmed vseh prirodnih sil, katere služijo danes človeku, sta pač najvažnejši p a r a in e l e k t r i k a. Ko je pričetkom stoletja parna mašina nastopila svojo triumfalno pot po širnem svetu, hipoma izpreminjajoča

vse dotedanje odnošaje, šege in navade, ter tvoreča silne izpremembe v dejanju in nehanju človeškega roda, tedaj so strmeči zemljani jeli sedanje stoletje nazivati stoletje pare, meneči, da se kaj silovitejšega, epohalnejšega ne more več pojaviti, kakor je parna sila..... In vendar so se motili! Na torišče je nepričakovano stopila nova sila — elektrika, ki je skoraj že zatemnila oblast pare in stoletju svoj pečat vtisnila. S to novo silo se hočemo v tej knjigi podrobneje baviti; a najprej nam bodi dovoljeno, da s kratkimi potezami narišemo njen nastop in njeno zgodovino.

Električne in ž njimi sorodne magnetične pojave so poznali že starodavniki. Thales (por. l. 640. pr. Kr.), jeden izmed sedmerih modrcev starega veka, je vedel, kakor poročajo grški pisatelji, da privlačuje jantar lahka telesa, če se drgne ali tere s primerno tvarino. Grki so jantar imenovali elektron in od tod je dobila naša prirodna sila — dvetisoč let po Thalesu — ime elektrika. Tudi o prirodnem magnetu nam že starodavni pisatelji pripovedujejo. Plinij mlajši celo ve, da ga je prvi opazoval špartanski pastir Magnes. Ko je hodil za svojo čredo po gorovju, so se mu z žreblji obiti opanki jeli prijemati tal. Mož je tej čudni prikazni sledil dalje ter našel rudo, ki je vlekla železo nase. Po pastirju Magnesu je dobila ruda ime magnet, označena sila pa ime magnetizem.

To je bilo skromno znanje, in ker so bili Grki in Rimljani sploh dokaj večji filozofski špekulantje kakor prirodopisci, se ne smemo čuditi, da ta neznatna kal v tedanjih časih ni pognala nikakih plodov. Pozneje so prišli silni prevrati v politični in verski zgodovini. Razširjenje rimskega svetovnega gospodstva, nova vera — kristjanstvo — in za njima ljudsko preseljevanje, vsi ti pojavi so dali človeštvu toliko posla, da sploh ni bilo misliti o uspešnem napredovanju prirodnih ved.

To je trajalo do 16. stoletja. Stoprav tedaj je zdravnik angleške deviške kraljice Elizabete, William Gilbert iz Colchestra (por. leta 1540., umrl leta 1603.) močno razširil naše znanje o elektriki. S svojimi fundamentalnimi eksperimenti in raziski je Gilbert utemeljil sedanjo električno vedo ter pokazal, kako je treba zasledovati to naturno silo. Plod svojih študij je objavil leta 1600. v znameniti knjigi «Tractatus sive physiologia nova de magnete magneticisque corporibus et de magno magnete tellure».

V tej knjigi je prvi ločil svojstva magnetov in jantara, ter proglasil pojave na jantaru za samostojno in posebno vedo s slovečimi besedami: «Vim illam electricam nobis placet appellare» (Menimo, da bi se naj ta sila imenovala električna). Gilbert kakor tudi njegovi nasledniki pa so poznali vedno samo jedno vrsto elektrike, namreč ono, ki jo vzbujamo s trenjem, in zato so vsi dotični poskusi ostali jedino le znanstveno zanimivi, a rodili niso nikakega rezultata za praktično življenje. Torna elektrika nastopa sicer z veliko silo in ogromnim naponom, a njena množina je nezadostna, njen vir in tok sta neznatna, in težko jo je ujeti in krotiti. Uporabnost njena je torej minimalna, in brez širšega pomena za tehniko.

Na stopnji Gilbertovega znanja o elektriki je stalo človeštvo do konca XVIII. stoletja. To stoletje pa se končuje z iznajdbo, ki je hipoma predrugačila odnošaje v električni vedi in postala temelj sedanjemu znanju o njej. Leta 1789., tedaj v pričetku francoske revolucije, je bolonjski anatom in profesor Luigi Galvani, ali kakor hoče vedeti povestnica, prav za prav njegova žena slučajno opazovala električne učinke, pri katerih ni bilo nikakega trenja. Njegovi žabji kraki so postali historijskega pomena za našo vedo, za vse človeštvo. Znano je, da se je proti Galvanijevi razlagi novega pojava odločno uprl professor Alessandro Volta v Paviji. Vnel se je ljut, a sloveč boj med obema učenjakoma o kakovosti nove električne sile, o galvanski ali voltovski elektriki, ki ne teče tako skromno, kakor torna elektrika, temveč izdatno in trajno, katero dokaj laglje krotimo in prevajamo, in katera ima že mnogo pomena za praktično življenje. Od tega časa se prične še le pravi napredek. Sicer nova sila s početka tudi še ni bila sposobna za splošno uporabo, in sicer v prvi vrsti zategadelj ne, ker je bila predraga. Treba je bilo še dokaj drugih iznajdeb in novih potov, preden je elektrika mogla pričeti tekmovanje z drugimi prirodnimi silami. Na taka pota sta prva krenila Danec Hans Kristijan Oersted in Anglež Mihael Faraday; prvi je odkril vpliv električnega toka na magnetno iglo, ter našel elektromagnetizem (l. 1820.), drugi pa je učil (l. 1831.), kako proizvajati električne toke s pomočjo električnih tokov samih ali s pomočjo magnetov, tedaj s pomočjo takozvane indukcije. Izborna in konsekventna nomenklatura novih pojavov, delo Faraday-evo, je tudi vsestransko pospeševala njih proučevanje.

Kmalu po Faradey-evi iznajdbi indukcijske elektrike jeli so graditi priprave, ki naj bi omogočile proizvajanje jakih električnih tokov. Že leta 1832. je konstruiral Pixii stroj, ki je izpreminjal mehanično energijo v električno. Za njim so se poskušali razni drugi izumitelji v grajenju takih magnetoelektričnih strojev, a povoljnega uspeha v obče ni bilo še opazovati, če tudi so nekatere teh mašin že kmalu delovale stalno in pohvalno v majakih raznih francoskih pomorskih mest. Glavni nedostatek magnetoelektričnih strojev je imel svoj vzrok v tem, ker so bili navezani na drage, težke in premalo jake jeklene magnete. Jeklene magnete je Wilde prvi nadomestil z elektromagneti, katerim je dovajal tok od posebne male magnetoelektrične mašine. Oba stroja, glavni z elektromagneti in pomožni z jeklenimi magneti, sta bila vprežena v skupni motor, ki je gnal njune induktorje s primerno hitrostjo na okoli.

Leta 1866. je Werner Siemens nastopil z novim strojem, pri katerem je bilo uporabljeno povsem novo načelo. Po tem slovečem principu, kateremu danes pravimo Siemensov dinamoelektrični princip, daje stroj sam potrebno električno silo za vzbujanje elektromagnetov. Siemens je s svojo iznajdbo podrl zadnje zapreke za splošni razvoj elektrotehnike; od leta 1866. se začenja njena prava triumfalna pot krog našega planeta.

S tem pa ni rečeno, da so bili Siemensovi stroji, — pravimo jim po njegovem nasvetu dinamo-stroji, — že popolni. Imeli so še razne otročje bolezni, in še le ko je pariški mizar Zénobe Gramme leta 1871. izumel svoj «obroč» in inžener F. pl. Hefner-Alteneck svoj «bobnasti induktor» (l. 1873.), je dinamo-stroj jel zadoščati praktičnim zahtevam. Danes gradijo vse dinamo-stroje z Grammejevim obročem ali pa Hefner-Alteneckovim bobničem.

Sedaj ni delalo proizvajanje jakih električnih tokov nikake težave. Toke smo imeli, a njihova uporaba je bila precej zaostala. Trebalo je torej najprej skrbeti za primerno izkoriščanje novih strojev. Tu je prišla v prvi vrsti v poštev električna razsvetljava. Obločno svetilnico je iznašel Anglež Sir Humpery Davy, sloveči fizik, ki je tudi mnogo potoval in rad zahajal v slovenske planinske kraje, že leta 1810. Obločna luč je bila v sedmem desetletju še dokaj nepopolna. V jednem tokovem krogu ni hotelo goreti več obločnic nego jedna

sama, vedno je regulacija jedne svetilnice motila gorenje drugih. Tako je nastal problem o delitvi električne luči, ki je svoje dni zanimal in vzbujal največje duhove. A rešitev je prišla kmalu. Ruski častnik Pavel Jabloškov je odstranil medsebojno motenje obločnih svetilnic v tokovem krogu s svojo električno svečo, drugi pa so skušali problemu delitve priti z žarnicami do živega, kar se e slednjič Amerikancu Thomas Elwa Edisonu najbolje posrečilo.

Poleg električne luči je istodobno korakala tudi uporaba elektrike za prenašanje mehanične energije, in že leta 1879. je Werner Siemens zgradil prvo električno železnico. Osobito mnogo opraviti je dalo prenašanje tokov v daljne kraje. Pri tem prenašanju izgublja tok del svoje energije; da to izgubo čim bolj omejimo, moramo priskrbeti toku široko pot, to je debelo žico. Vsled tega se daljnovodi silno podraže in rentabiliteta izgine. In vendar imamo sredstvo, da preprečimo omenjene izgube. Treba je dati toku veliko napetost in tedaj teče z malimi izgubami po razmerno tanki žici. A napeti toki postanejo človeku nevarni in s seboj nosijo gotovo pogubo za onega, ki pride ž njimi v dotiko.

Tu so pomagali izmenični toki, pri katerih lahko pretvorimo visoko tokovo napetost v manjšo, nenevarno napetost. Iz daljne centrale pride izmenični tok imajoč smrtonosno napetost do mesta, kjer ga hočemo uporabiti. Preden ga peljemo v naše delavnice, v naša stanovanja, ga pretvorimo (transformiramo) v tok z malo napetostjo in nevarnost je odstranjena.

Na drugo stran se je razširil delokrog elektrotehnike s tem, da so se naučili elektriko shranjevati in nabirati. Po dolgi in zanimivi zgodovini, ki se je pa vršila samo v laboratorijih in poskuševališčih, so električne shrambe ali akumulatorji dospeli do praktičnega pomena. Dela Francozov Gastona Plante-ja in Camille Faure-ja so bila odločilna za to novo panogo elektrotehnike. Danes so akumulatorji bistven del vseh central, ki se poslužujejo istomernih tokov.

Tudi v elektrokemične svrhe so jeli dinamo-stroje uspešno rabiti. V galvanotehničnih delavnicah se je naša mašina kmalu udomačila, in danes bi javaljne imeli toliko lepih ponikljanih in cuivre-poli-izdelkov, ko bi nam ne služili dinamo-stroji. Poleg tega se rabijo jaki toki v pridelovanje samočistih kovin, osobito pa aluminija.

Ta kovina je bila nekdaj zaradi težavne in obširne pridobitve silno draga. Sinček Napoleona I. je imel ropotuljico iz aluminija, ki je stala 6000 frankov — a danes velja 1 *kg* aluminija malo več kakor 1 *kg* bakra! Sploh je dobil dinamo-stroj v elektrokemiji ogromno in plodonosno polje, ki se širi od dne do dne.

Zraven jakih tokov se je tudi tehnika slabih tokov stalno in uspešno, če tudi bolj zmerno, razvijala. Brzojavni aparati so že okoli leta 1837. dobili svojo praktično in rabljivo obliko, katero so dognali izumitelji Steinheil, Morse, Cooke in Wheatstone. Telegrafija se je v zadnjih letih čudovito visoko povzpela. Vsa Evropa je prepredena s telegrafskimi žicami in ž njo vred vse kultivirane dežele naše zemlje. A tudi po ogromnih pustinjah, ki so sicer nepristopne človeškim naselbinam, se vije žica; po vseh morjih leže dragoceni telegrafski kabli in ni ga večjega mesta na zemlji, ki bi ne imelo telegrafske postaje. Lahko se reče, da je ves svet povezan in povit z brzojavnimi žicami.

V najnovejšem času se je telegrafu pridružil telefon, kateremu je amerikanski učitelj gluhonemih, Graham Bell, prvi dal primerno, uporabno in genijalno priprosto obliko. Danes nadomešča telefon brzojave v premnogih slučajih, in uporaba njegova napreduje neverjetno; celo v daljnem Japanu štejejo na stotisoče telefonskih abonentov!

Slabi tokovi služijo nam še v premnogih drugih slučajih. Opozarjamo le na uporabo teh tokov za signale in za regulacijo časa, za varnostne naredbe v hiši, pri blagajnicah in pri požarnih stražah, osobito pa pri železnicah. Silni razvoj železnic bi bil povsem nemogoč, ko bi ne imeli na razpolaganje slabih tokov, ki čuvajo promet in življenje potnikov.

In kedo ne pozna slednjič uporabe električnega toka v zdravilne namene? Moderna medicina se poslužuje raznih metod električnega zdravljenja in nešteti tisoči blagrujejo vpliv slabih tokov na splošne zdravstvene razmere človeštva!

To naj zadošča, in naša brza pot skozi pol stoletja naj bode pri kraju. Videli smo, kako so bili postanki mali in skromni. Kaplja za kapljo — a kmalu so tekli studenci in reke; danes stojimo na bregu širnega veletoka. Na njegovih obalah se je naselila cvetoča industrija, ki živi sto in sto tisoč pridnih delavcev .....

Prvoboritelji v razvitku električne vede spadajo brezdvombno med največje dobrotnike človeštva. Imena mož, kakor so Steinheil, Ja-

kobi, Siemens, Edison, Bell in mnogih drugih elektrikov bodo vedno blestela v zgodovini hvaležnega našega roda!

Ozirali smo se po preteklosti in sedaj naj nam bode dovoljeno, da vržemo kratek pogled tudi v bodočnost. Kaki upi, kaki razgledi se odpirajo elektrotehniki v prihodnosti? — Čakajo jo velike, hvaležne in sijajne naloge. V prvi vrsti mora gledati, da izboljša razmerje med gonilno silo in dobljenim efektom. Vsak dinamo-stroj potrebuje motor, naj si bode to že vodna, parna ali kaka druga sila. Če vzamemo parno mašino, izpreminjamo ž njo toploto v mehanično energijo; to mehanično energijo pa dinamo-stroj pretvarja v električno energijo. Opraviti imamo torej s tremi oblikami energije: s toplotno, mehanično in električno. Srednji člen te vrste, mehanična energija, je le nepotrebno in potratno zlo pri našem procesu. Ko bi se mogli tega vmesnega člana iznebiti, rekše, ko bi znali toploto neposredno pretvarjati v električno energijo, potem bi ogromne zaklade sile, ki jih hrani v sebi premog in sploh vsako gorivo, takoj izpreminjali v najbolj pripravno in najbolj univerzalno energijo, v elektriko. Od tega dne bi na vsem tehničnem polju brezmejno in brez tekmecev gospodovala elektrika in potratna parna mašina, ki izpreminja k večjemu 6—12% toplotne energije v mehanično, bi izginila s površja.

Ali bodemo doživeli ta prevrat? To ni nemogoče. Vsak dan nas lahko preseneti z označeno iznajdbo, in pri dosedanjem hitrem napredku bi to ne bilo nič čudnega. Morebiti poseže srečen slučaj vmes in pomaga do cilja, kakor se je to že tolikrat pripetilo v zgodovini iznajdeb. In ako nas ne varajo znamenja časa, giblje se vse sedanje fizikalno raziskovanje proti temu cilju. Up, da bodo tisto srečno dobo še gledale naše oči, torej ni pretiran.

Poleg te ravnokar opisane pereče naloge, mora elektrotehnika rešiti še dokaj drugih, nič manj važnih. Med velike, še ne povsem dognane električne probleme spada v prvi vrsti prenašanje električne sile v daljne kraje. Iz primernih central, ki bodo stale ob močnih in izdatnih vodnih silah ali pa ob premogovih ležiščih, bode prevažati električno energijo čez daljne dežele in ž njo preskrbovati cele pokrajine. Prenašanje električne sile je danes že na visoki stopnji, a vendar ne bode nihče trdil, da smo že na vrhuncu. Isto tako je spravljanje in shranjevanje električne energije še skoraj

v povojih. Naši akumulatorji rešujejo to nalogo v marsikaterem oziru jako nepopolno in potratno. Od prihodnjih električnih shramb zahtevamo, da bode njih utežna ali prostorninska jednota sprejemala več električne energije v sebe, kakor je to sedaj mogoče. Shranjena elektrika se mora brez težav razdeljevati in združevati, a shramba sama naj se zlahka prenaša in prestavlja s kraja v kraj. Tu smo še daleč od zaželjenega smotra in dvomljivo je, če ima sedanja kemija že sredstva za uspešno rešitev tega problema in če smo sploh na pravi poti proti označenemu cilju.

Ko bode elektrotehnika dognala ravnokar navedene zadače, ko bode torej znala toploto neposredno pretvarjati v električno energijo, ko bode jake toke bolj ekonomično nego dandanes vodila v daljne kraje in ko bode slednjič vedela nakopičiti mnogo električne energije po prenesljivih in priročnih shrambah, tedaj se bode pokazal na polju industrije in obrta dokaj večji prevrat, kakor je bil oni, katerega je provzročila svoje dni parna mašina. Za zgled hočemo tu le nekatere take posledice navesti. Naša občila se bodo popolnoma predrugačila. Človeška in živalska gonilna sila postaneta nepotrebni, kakor hitro bodemo znali v prikladni obliki nositi velike množine elektrike s seboj. Razsvetljevanje našega stanovanja in naših cest bode povsem drugačno. Že sedaj se plin težko bojuje proti elektriki, a kaj bode potem, ko se posreči delati električno luč brez žarečih snovij in ko bodemo na sedanjo žarnico gledali tako pomilovalno nazaj, kakor so v prvih časih plinove razsvetljave z zasmehom kazali na stare leščerbe in sveče. Ta problem že daje mnogo dela raziskovalcem, in vsak dan nas vodi njegovi rešitvi bližje. Epohalna dela Angleža Maxwella, Nemca Hertza in Hrvata Nikole Tesla nam dajó upanje, da smo v tem oziru na pravi poti. — Takisto bode stara kurjava vsaj po mestih hitro izginila, ko bodo rešeni naši problemi. Premog bodo na njegovih ležiščih pretvarjali v električno energijo, to pa vodili iz skupne centrale k oddaljenim konsumentom, kjer se bode električna energija zopet izpreminjala nazaj v toploto. Električni tok se bode udomačil v hiši, grel in razsvetljeval bode sobe, poleg tega pa prevzemal delo naših mišic. Od potegovalnega stroja, ki nas dviga v razna nadstropja, pa do likalnika in kavnega mlina — povsod bode električna energija na razpolaganje, povsodi bode vsak trenutek stala pripravljena, da nam lepša in lajša življenja pezo.

In kake bodo posledice tega prevrata za naše socijalno življenje? Mali obrtnik in mali podjetnik si obetata mnogo dobička od cene energije — dal Bog, da bi se ne motila. Nam se zdi, da se bodo ti upi komaj uresničili. Če postane energija ceneja ter splošneje pristopna in rabljiva, potem ne bode imel od nje samo mali mož dobička, temveč okoristil se bode v prvi vrsti in v mnogo večji meri veliki kapital. Ta bode še lažje nego danes monopoliziral in nase potegnil ogromne prirodne sile; moč velikega kapitala bode tedaj le rasla in postajala še bolj uničevalna, ako ne bodo posegli faktorji vmes, ki bodo znali preprečiti to nevarnost. Brez dvoma bodo tudi izginili razni mali obrti in podjetja s pozorišča, ki sedaj rede na tisoče ljudij in rodbin, kajti elektrika bode otvarjala vedno nova polja za podjetnike in kapitaliste; izdelki, ž njo narejeni, bodo postali tako ceni, da se posamezniku čestokrat ne bode izplačevalo delo njegovih rok.

S tega stališča bi bil tedaj pogled v prihodnost nevesel — a tolaži nas up in trdna vera, da so navedene škode le navidezne in da bodo vsi pomisleki izginili, ko napoči naslikana doba. Elektrika bode na drugi strani odprla širna torišča za zaslužek, torišča, ki bodo še dokaj večja, nego so današnja. Donašala bode splošnih koristij vsemu človeštvu in zboljšala vse pogoje življenja; ta občni prevrat bode pač blagodejno in izravnalno vplival tudi na one eksistence, ki so gospodarsko slabše in katere se sedaj kruto in brezupno bore za obstanek. Mi smo docela uverjeni, da se ta nada, da se ta splošna blaginja uresniči, in da bode napredek naše vede človeštvu le v blagor in korist, ne pa v žalost in pogubo!

Osnovni električni pojavi.

I. Elektrika vzbujena s trenjem (torna elektrika).

Električno stanje. Elektriziranje s trenjem in po podelitvi. Pozitivna in negativna elektrika. Izolatorji in konduktorji. Množina elektrike. Električno polje. Napon ali potencijal. Kapaciteta. Gostota. Elektriziranje po razdelbi ali influenci. Influenčna elektrika. Kondenzator. Dielektriki. Izpraznjevanje. Električni tok. Maxwellova teorija elektrike.

Osnovni električni pojavi so danes vsakemu olikancu znani. Zato navajamo na tem mestu mnoge teh pojavov le površno in ponavljaje, kolikor je to treba za nepretrgano razvijanje in razumevanje drugih širših pojmov o elektriki.

Ako drgnemo (teremo) košček jantarja s sukneno tkanino, dobi jantar lastnost, da poteguje lahka telesca k sebi; papirni odrezki, krogljice od bezgovega stržena itd. burno priskakujejo k drgnjenemu jantarju, a ko so se ga dotaknile, odskakujejo zopet od njega na vse strani. To priča, da je dobil jantar vsled trenja s suknom neka svojstva, katerih poprej ni imel; z drgnjenjem smo ga spravili v posebno stanje, kateremu pravimo električno stanje ali električnost.

Vzbujanje električnega stanja zovemo elektrizovanje. Pri našem zgledu se je elektrizovanje vršilo s trenjem. Ta način je bil najprej znan, in zato opisujemo te in sorodne, pozneje še v tem oddelku opisane električne pojave pod naslovom torna elektrika.

Jednaka svojstva kakor jantar dobivajo s trenjem še mnogotere druge tvarine. Najbolj uporabna telesa, ki nam služijo v podobne poskuse, so: pečatni vosek, steklo, kavčuk, ebonit, smola, svila itd.

Znano je nadalje, da morejo električna telesa podeljevati elektriko tudi drugim telesom, ako se jih dotikajo. Tako elektrizovanje zovemo elektrizovanje po podelitvi.

Električno stanje pa ni vselej jednake vrste. Drgnjena steklena palica se drugače obnaša nego drgnjen pečatni vosek. To dejstvo izražamo tako, da zovemo jedno stanje pozitivno, drugo pa negativno. Steklo postane s trenjem pozitivno električno, pečatni vosek, ki kaže po trenju nasprotna svojstva, pa negativno električen.

Poskusi nas kmalu pouče, da se istoimensko-električna telesa odbijajo, raznoimensko-električna telesa pa privlačujejo.

Poleg stekla, pečatnega voska, kavčuka i. t. d. postajajo tud kovine s trenjem električne. Vendar se pri tem bistveno razločujejo od stekla in njegovih vrstnikov. Ti postanejo samo tam električni, kjer smo jih drgnili. Ako pa teremo kovinsko palico, postane hipoma vsa električna. Kakor kovine, tako se obnašajo tudi razne druge tvarine, na pr. oglje, vlažen les, zemlja, človeško in živalsko telo, vlažen zrak i. t. d.

Če tedaj držimo kovinsko palico v roki ter jo drgnemo, postane pač električna, a to električno stanje se takoj razširi po vsej palici, po naši roki in dalje po telesu, po tleh, po zidovju hiše in slednjič po vsej zemlji. Električno stanje je tedaj hipoma razdeljeno na ogromno ploskev in na palici ga je tako malo ostalo, da ga ni več poznati; zdi se nam, da je palica vkljub trenju neelektrična.

Ako hočemo po tem takem kovino elektrizirati in jo obdržati v električnem stanju, je ne smemo prijeti neposredno z roko, temveč s steklenim ali kavčukovim držalom. Potem ostane elektrika na kovini in ne more steči v zemljo.

V električnem oziru nam je torej razločevati dvoje vrst teles. Jedna vrsta — steklo, pečatni vosek, kavčuk, a tudi mastna olja, alkohol i. t. d. — obdrži vzbujeno elektriko na sebi, ter jo osamlja. Tem telesom pravimo: samila, osebila ali izolatorji. Druga vrsta, in tu sem spadajo posebno kovine, pa vodi vzbujeno elektriko takoj dalje. Zato zovemo taka telesa prevodnike ali konduktorje.

Izoliranemu prevodniku moremo torej podeliti električno stanje, ako ga teremo na pr. s primerno tkanino, ali pa če se ga dotaknemo z električnim telesom. Prevodnik dobi potem elektriko jednake vrste kakoršno ima dotikajoče se telo. Elektrika ne ostane na prevodniku na jednem samem mestu, temveč ves prevodnik postane hipoma električen. Tedaj pravimo, elektrika se je razdelila po prevodniku. Ako se prevodnika še jedenkrat dotaknemo z električnim telesom, mu podelimo zopet nekaj elektrike; če ta poskus večkrat ponovimo, smo podelili prevodniku vedno več elektrike, rekše, napolnili smo ga bolj in bolj z elektriko. Čim bolj pa je telo z elektriko napolnjeno, tem jačje odbija obešeno poskusno krogljico od bezgovega stržena ali druga lahka

telesca. Ta pojav opisujemo tudi tako, da pravimo, s čim večjo silo vpliva električno telo na poskusno krogljico, tem večjo množino elektrike ima na sebi. Pri tem ne smemo misliti, da znači navedeni pojem v istini množino kake snovi; velja nam le kot kratek in pripraven izraz za dejstvo, da kaže jedno in isto električno telo večje ali manjše električne sile. Saj tudi pri toploti in pri svetlobi govorimo o množini toplote, o množini svetlobe, a s tem ne trdimo, da sta toplota in svetloba kaki tvarini ali snovi.

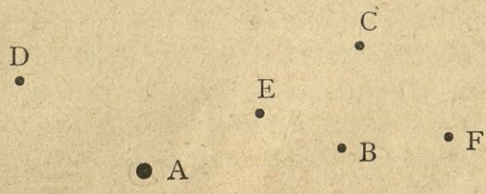
Mi tedaj sklepamo iz sile, ki jo javlja električno telo, na množino elektrike, ki jo ima na sebi. Če kaže dvoje napolnjenih teles jednako silo na isto poskusno krogljico v isti razdalji stoječo, potem imata obe telesi isto množino elektrike. Če je sila jednega telesa dvakrat tolika, nego drugega, ima prvo telo dvojno množino elektrike i. t. d. Umeje se samo po sebi, da tudi tu govorimo o pozitivni in negativni električni množini.

Vsako elektrizirano telo javlja torej krog sebe neke posebne, nam samo po učinkih znane sile. Istoimensko-električna telesa privlačuje, raznoimensko-električna pa odbija, če zajdejo v njegovo bližino. Prostor okrog elektriziranega telesa hočemo imenovati električno polje. To polje se razteza krog in krog električnega telesa ter se razprostira prav zaprav neskončno daleč. A ker so te sile le v bližini telesa tako jake, da pridejo v poštev, nam velja za električno polje v istini le bližnji prostor okoli električnega telesa.

Oglejmo si to polje nekoliko podrobneje. Neposredno pri električnem telesu so sile največje, potem pa pojemajo in sicer v kvadratnem razmerju z razdaljo. Če hočemo sile, ki od telesa izvirajo, med seboj primerjati na različnih mestih električnega polja, moramo preiskovati, kolika je sila, ki vpliva na kako telesce, bivajoče v tem polju in imajoče neizpremenjeno, določeno množino elektrike.

Množino ali kvantiteto elektrike merimo z jednoto, katero hočemo pozneje podrobneje označiti. To jednoto so po slovečem elektriku Charles Augustin Coulomb-u, bivšem francoskem ženijskem častniku in poznejšem generalnem nadzorniku francoskega šolstva (por. 14. junija 1736, um. 23. avgusta 1806) imenovali coulomb.

Postavimo tedaj jedno tako jednoto ali jeden coulomb zapored na različna mesta električnega polja, ki je nastalo krog elektriziranega telesa A. Ako biva naš coulomb na mestu označenem s črko B, potem



pa zaporedoma na mestih C, D, E in F v električnem polju, je pač lahko umevno, da je sila, ki vpliva na telesce, stoječe v C, manjša, nego ona, ki deluje na telesce pri E, ali sila pri D je večja nego pri F i. t. d.

Recimo, da je telo A pozitivno električno in telesce v električnem polju tudi, potem odbija A naš coulomb in ga poganja — če je svobodno gibljiv — morebiti od B do F ali od E do C.

To vplivanje v daljavo ima na prvi pogled nekaj skrivnostnega, nerazumljivega na sebi, ker smo bolj vajeni sil, ki ne vplivajo v daljavo. Če premaknemo kamen na cesti, ga potisnemo direktno z nogo ali s palico od sebe ali pa ga potegnemo z roko k sebi. Tako bi nam bile tudi električne sile bolj razumljive, ko bi si jih mogli predstavljati kot pritisk (tlak) ali kot poteg. To se pa lahko zgodi. Mislimo si, da je električno polje napolnjeno z neko tvarino, katero hočemo eter imenovati. Potem si takoj moremo predočevati, da telo A, ko je elektrizirano, eter od sebe odriva in tlači, ali pa ga k sebi vleče in potega, da se pritisk, oziroma poteg širi od plasti do plasti dalje, bolj in bolj pojemajoč. Sila, ki to javlja na kakem mestu, na pr. pri C ali D, nastane potem tako, da je na obeh straneh tega mesta tlak različen. Vsled različnega tlaka se začne električno telesce prigibati iz mesta C na mesto D.

Te odnošaje nam pomaga razumeti naslednja primera. V škafu plava košček lesa. Če je voda pri miru, miruje tudi les. Če pa začnemo vodo na jedni strani lesa z roko premikati, rekše tlačiti proti lesu, se les takoj premakne na drugo stran, kajti tlak je zdaj različen na obeh straneh. Tedaj pravimo, na les deluje sila, ki pregiblje; sila pa je nastala vsled tlakovne razlike na obeh straneh lesa.

Če ta zgled uporabimo pri elektriki, pridemo do nastopnih izrekov:

Električno telesce se more samo tedaj pregibati od jednega mesta do druzega, če je v teh mestih različen tlak. Če je v obeh mestih isti tlak, ni nikakega povoda za gibanje. Razlika v tlaku je torej povod, da se električno telesce pregiblje.

Obratno zopet lahko rečemo: Vselej, kadar opazujemo, da se giblje električno telesce s kakega mesta do druzega, na pr. od E do C, smo šigurni, da vlada na teh mestih različen tlak. Mesto besede tlak pa obče rabimo v elektriki izraz napon, napetost, ali potencijal.

Kadar se torej električno telo premika (ali bi se premikalo, če bi ne bilo zadržano) v električnem polju od mesta A do drugega mesta B, pravimo, poljski mesti A in B imata naponsko razliko ali potencijalno diferenco, rekše, napon ali potencijal v A ni jednak onemu v B.

Zemlja je prevodnik elektrike in velja pri vseh naših električnih poskusih za neizmerno veliko telo. Zato je jako praktično, ako ne

govorimo o medsebojni potencijalni diferenci dveh poljubnih mest, A in B, temveč o potencijalni diferenci med vsakim teh mest in med zemljo.

Očividno je potencijalna diferenca med A in B jednaka potencijalni diferenci med A in zemljo manj potencijalni diferenci med B in in zemljo. Pri tem nam velja potencijal naše zemlje za ničlo.

Potencijalno diferenco med kakim mestom A ali B ali C in med zemljo imenujemo na kratko: potencijal mesta A ali B ali C; zato se krajše izražamo:

Potencijalna diferenca med A in B = potencijal A manj potencijal B.

Pri našem zgledu na strani 8 torej velja naslednje:

Na vsaki točki B, C, D, E i. t. d. krog telesa A se nahaja neki potencijal. Čim bližja je točka elektrizovanemu telesu, tem večji je njen potencijal.

Prosto gibljivo, pozitivno električno telesce se giblje vedno z mest višjega potencijala do mest z nižjim potencijalom, če se sploh more pregibati; in narobe, če se nahaja na dveh mestih v prostoru različen potencijal, mora prosto gibljivo, pozitivno električno telesce iti z višjega potencijala do nižjega in ne more mirovati.

Kakor ima vsaka točka okoli električnega telesa A svoj potencijal, tako ima tudi vsaka točka v telesu A svoj potencijal. Zato pa se skuša tudi v elektriziranem telesu vsak delec premikati z mesta višjega potencijala do mesta z nižjim potencijalom.

Če podelim prevodniku nekaj elektrike, se po zgoraj navedenih izrekih elektrika v prevodniku tako premika, da prehaja z mest višjega potencijala na mesta z nižjim potencijalom. Ko nastane ravnotežje, se mora na vsaki točki prevodnikovi nahajati isti potencijal, kajti drugače bi se morala elektrika še dalje premikati. Če je torej elektrika na kakem prevodniku v ravnotežju ima vsaka točka na prevodniku in v prevodniku isti potencijal.

Ako je prevodnik v zvezi z zemljo, mora imeti isti potencijal kakor zemlja. A ker ima zemlja potencijal ničlo, pravimo, da ima z zemljo zvezan prevodnik tudi potencijal ničlo.

Iz zgornjega končno sledi, da elektrika ne more ostati v notrini prevodnika. Delci njeni se morajo toliko časa odbijati, da ne morejo dalje, rekše, da pridejo vsi na površje. Če je torej elektrika v kakem prevodniku v ravnotežju, biva samo na njegovi površini; notrina je neelektrična.

Vsak elektriziran prevodnik ima torej, kadar je njegova elektrika v ravnotežju, po vsej svoji razsežnosti jeden in isti potencijal. Čim več

ima elektrike, tem večji je njegov potencijal. Te razmere nam pojasni nastopni zgled. Ako napolnimo posodo s plinom, provzročuje plin določen tlak na steno posode in molekuli plina stoje sami pod ravno istim tlakom. Več če denemo plina v posodo, večji je pri isti temperaturi tlak plina. Kar je tu plinov tlak, je pri elektriki potencijal. Pri plinu raste tlak, če povečamo množino plina, a tlak pojema, če se zmanjša množina plinova. Ravno tako postaja pri električnem prevodniku potencijal večji, če pridenemo telesu več elektrike, oziroma manjši, če smo mu dali manj elektrike. Ako denemo dalje jedno in isto množino plina, recimo 1 kg, v posode različne oblike in velikosti, je tlak zavisen jedino od posode. V posodi z večjo vsebino — kapaciteto — provzročuje ista množina plina manjši pritisk, v posodi z manjšo vsebino pa večji tlak. Razmerje med množino plina in njegovim tlakom je torej zavisno jedino le od vsebine ali kapacitete posode. Ravno tako je pri elektriki. Razmerje med množino elektrike na prevodniku in med potencijalom, po njej provzročenim, je zavisno jedino le od oblike in velikosti prevodnikove. Kakor pri posodi s plinom, imenujemo tudi to razmerje kapaciteto prevodnikovo.

Kapaciteta prevodnikova nam torej pove, v kakem razmerju stoji množina prevodnikove elektrike z njegovim potencijalom.

$$\text{Kapaciteta} = \frac{\text{Množina elektrike}}{\text{Potencijal}}.$$

Kapaciteta prevodnikova pri polnjenju z elektriko je torej slična prostornini posode pri nadevanju s plinom.

Pri mnogih telesih dobimo njihovo kapaciteto s primernimi poskusi pri drugih pa potom računa. Ako poznamo dve količine zgorenje jednačbe, najdemo lahko tretjo; kajti

$$\text{Potencijal} = \frac{\text{Množina elektrike}}{\text{Kapaciteta}}, \text{ in}$$

$$\text{Množina elektrike} = \text{Kapaciteta} \times \text{Potencijal}.$$

Elektrika, ki smo jo prevodniku dovedli, se razdeli po vsem njegovem površju in sicer tako, da so vse sile na vsakem mestu v ravnotežju, t. j., da je potencijal povsodi jednak. Če je to istina, potem pač ne more bivati na vsaki ploskovni jednoti površja jednaka množina elektrike. Mesta različne oblike imajo pri jednaki ploskvi različno množino elektrike na sebi. Množino elektrike, ki biva na jednoti, recimo na 1 mm^2 površine, zovemo gostoto elektrike na tem mestu. V obče torej velja, da je na električnem prevodniku poljubne oblike potencijal povsodi jeden in isti, gostota pa se lahko menjava od točke do točke.

Če ima prevodnik ostre roglje in osti, je na vsakem rtu gostota mnogo večja, kakor na drugih delih prevodnikovih. Množina elektrike je morebiti jako neznatna, a njena gostota na ostrem koncu mora biti silno velika.

Na vseh delih prevodnikovih skuša elektrika uiti s prevodnika na mejne izolatorje, oziroma v zrak, a razumno je, da z rtov in ostij še posebno sili na zunaj, ker zrak ni popoln izolator. Zato ne moremo takih prevodnikov tako močno napolniti z elektriko, kakor prevodnike brez ostij. Če več elektrike dovajamo, kakor je more prevodnik obdržati na svoji površini, uhaja novo dovedena elektrika na zunaj. Vsak prevodnik se more torej le do gotove meje napolniti z elektriko in ta meja je zavisna od oblike prevodnikove in od kakovosti mejnega izolatorja.

Do sedaj poznamo dvoje vrst elektriziranja, namreč s trenjem in po podelitvi. V obeh slučajih obdrži elektrizirano telo svojo elektriko vsaj nekaj časa, dokler zadošča izolacija. Dotično telo ima vedno le jedno samo vrsto elektrike. Če smo dovedli pozitivno električnemu telesu tudi nekaj negativne elektrike, je ta uničila ravno toliko pozitivne elektrike, a telo je ostalo pozitivno. Ko pa bi bila množina dovedene negativne elektrike večja, nego je množina prvotne pozitivne elektrike, bi se uničila vsa pozitivna, telo pa bi se zopet javljalo kot jednostavno in sicer negativno električno.

Znano pa je, da moremo telo še na tretji način elektrizirati, namreč po razdelbi ali influenci. Ako prinesemo električno telo le v bližino izoliranega prevodnika, opazimo takoj, da je postal prevodnik električen; že bližina električnega telesa je vzbudila na prevodniku električno stanje. Ta vpliv zaznamenujemo z besedo influenca in pravimo, da elektrizirano telo razdeljuje ali influencira na bližnjem prevodniku influenčno elektriko.

Influenciran prevodnik se v dveh točkah bistveno razločuje od prevodnikov, ki so bili s trenjem ali pa po podelitvi elektrizirani. Prvič se javlja influenčna elektrika na prevodniku le toliko časa, dokler biva razdelilno telo v njegovi bližini. Če odstranimo razdelilno telo ali pa če mu vzamemo elektriko na katerkoli način, zgine tudi električno stanje na prevodniku. Drugič najdemo, da influencirana elektrika ni na vsakem delu prevodnikovem iste vrste, temveč da bivata na prevodniku obe vrsti elektrike, pozitivna in negativna ločeni druga od druge. Oni deli prevodnikovi, ki so bliže razdelilnemu telesu, imajo nasprotno elektriko, kakor to telo, oddaljeni deli pa istoimensko. Elektriko prevodnikovo, ki se nahaja na delih, proti razdelilnemu telesu obrnjenih, zovemo influenčno elektriko prve vrste, elektriko na oddaljenih delih pa influenčno elektriko druge vrste. Proti sredi influenciranega

prevodnika pojema gostota jedne kakor tudi druge elektrike in sreda je neelektrična. To mesto zovemo indiferentni pas.

Obe vrsti influenčne elektrike kažeta različne odnošaje glede odpeljivosti v zemljo. Influenčna elektrika prve vrste (raznoimenska proti razdelilnemu telesu) se nikakor ne da odvesti v zemljo, influenčna elektrika druge vrste (istoimenska proti razdelilnemu telesu) pa gre rada v tla. Če smo to elektriko odvedli v zemljo, ostane na prevodniku jedna sama vrsta elektrike; ako sedaj razdelilno telo odstranimo, postane ostala elektrika prosta. Tako moremo po razdelitvi dati prevodniku elektriko jedne same vrste, kakor se to zgodi s trenjem ali pa po podelitvi.

Daljše razmotrivanje o influenčni elektriki nas uči, da se potencijal napolnjenega prevodnika izdatno zmanjša, ako mu približamo drug prevodnik, ki je zvezan z zemljo.

Poprej smo čuli, da je kapaciteta prevodnikova jednaka razmerju med množino njegove elektrike in med njegovim potencijalom. Če je potencijal manjši, naraste seveda kapaciteta; navzočnost influenciranega in odvojenega telesa izdatno poveča kapaciteto prevodnikovo. Iz tega sledi, da moremo sedaj prevodniku dovesti zopet nove elektrike, dokler ne dobi vnovič starega potencijala. Pri tem potencijalu se torej prevodnik močneje napolni, kakor je to mogoče brez navzočnosti razdelilnega telesa.

Možnost, povečati na ta način kapaciteto in polnjenje prevodnikovo, je rodila razne važne priprave, katerim v obče pravimo gostilniki ali kondenzatorji, kakor na pr. Franklinova ploča, leydenska steklenica i. t. d. Teh aparatov tu ne bodemo podrobneje opisovali, ker spadajo med najbolj znane električne priprave. Le toliko omenimo, da je kapaciteta kondenzatorjeva poleg veličine in oblike vodečih teles, torej ploč, zavisna tudi od osamljajočega medija med obema pločama, kajti izkušnja kaže, da nemajo izolatorji jedino nalogo, braniti uhajanje elektrike, temveč da imajo tudi velik vpliv na električno razdelitev sploh. Izolatorje imenujemo zato tudi dielektrike.

Če porabimo za izolacijo različne dielektrike, (recimo, da denemo med kondenzatorjevi ploči sedaj samo zrak, drugič pa steklo, žveplo, sljudo i. t. d.), potem je kapaciteta kondenzatorjeva vselej različna in sicer vedno večja kakor pri samem zraku. Če je na pr. kapaciteta kondenzatorjeva pri uporabi sljude za izolator 8krat večja, nego pri uporabi zraka, pravimo, da ima sljuda dielektrično konstanto 8. Dielektrična konstanta kakega dielektrika je torej razmerje med kapaciteto kondenzatorjevo, kadar ima za osamljajočo plast dotični dielektrik, proti kapaciteti istega kondenzatorja, kadar ima za izolirajočo plast zrak.

Nekatere dielektrične konstante naj tu slede:

Parafin	2·3	Sljuda (glimmer)	8·0
Kavčuk	2·9	Steklo	6—10
Ebonit	2·6	Olja	2—5
Žveplo	3·8	Plini	1

Če postane gostota elektrike na obeh kondenzatorjevih pločah tako velika, da dielektrik ne more več braniti združenja raznoimenskih elektrik, potem se obe združita in zjednačita skozi izolator, to je skozi zrak, steklo, i. t. d. To združenje se izvrši z glasnim pokom in s svetlo iskro ter se imenuje hipno ali disruptivno izpraznjenje. S posebno pripravo, s tako zvanim izpraznjevalcem, moremo združenje obeh raznoimenskih elektrik poljubno izvrševati in regulirati.

Ravnokar opisano hipno izpraznjenje se tudi vrši, če imamo samo jeden napolnjen prevodnik, katerega bližamo neelektričnemu telesu. Tedaj se pojavi na neelektričnem prevodniku influenčna elektrika in če oba prevodnika dovolj približamo, postane gostota obeh raznoimenskih elektrik tolika, da siloma premagata upor osamljujočega zraka. Tudi tukaj preskoči električna iskra z jednega prevodnika na druzega. Že če približamo napolnjenemu prevodniku prstov člen, skoči iskrica na prst in človek čuti zbodljaj v členu.

Če zvežemo dva napolnjena prevodnika, recimo kroglji električnega kolovrata ali influenčnega stroja, s kovinsko, torej vodečo žico, potem se obe nasprotni elektriki ne združita več skozi zrak, temveč izravnata se po kovinski žici, po kateri se elektrika sploh jako hipno premika. S pozitivnega konduktorja, kjer ima elektrika večji potencijal, teče do negativnega konduktorja, kjer je potencijal manjši. To se vrši toliko časa, dokler nista obe elektriki izravnani. S sukanjem stroja dobiva pozitivni konduktor vedno nove elektrike in ravno tako tudi negativni konduktor; med obema se nahaja torej neprestano neka razlika v potencijalu, potencijalna diferenca, in zato «tečeta» elektriki neprestano po žici in mi govorimo o električnem toku.

Do sedaj smo očrtali glavne pojave torne elektrike in sicer na podlagi izkušenj in eksperimentov. O električni sili sami smo le toliko omenili, da deluje na daljavo, kar ima nekaj nerazumljivega in tajnega na sebi. Naravno je torej, da so fiziki izkušali to mistično delovanje na razne načine razlagati in da so iskali medija, ki bi nosil te na videz tajne sile. Spoznanje dielektričnih svojstev raznih teles je bil prvi korak do boljše razlage, kako more telo A vplivati v daljavi na telo B. Prvi se je s tem vprašanjem temeljito bavil angleški fizik Mihael Faraday, profesor na Royal Institution v Londonu (porojen 22. septembra 1791., umrl 25. avgusta 1867). Vse svoje žive dni se je trudil, eksperimentalno

dokazati, da neki medij posreduje med telesi, ki smo jih zgoraj imenovali A in B, in kako da posreduje. Nazore Faraday-eve je pozneje James Clerk Maxwell v Londonu tako popolnil in točno razvil, da je danes njegova teorija elektrike, ki razlaga električne pojave s pomočjo posredovalnih, a ne v daljavo delujočih sil, najbolj razširjena in pripoznana. Po tej teoriji bi električni pojavi ne imeli svojega sedeža v prevodnikih, temveč ravno v izolatorjih. Samo izolatorje moramo elektrizirati in ti puščajo potem električne učinke skozi sebe. V prevodnikih ni nikdar elektrike, kakor hitro je nastalo ravnotežje. Tudi na površini je v istini ni; prevodniki imajo elektriko na površji le navidezno, ker se jih tišči in jih obdaja izolator, in ta je pravi sedež elektrike. Po starejši teoriji, ki računa z vplivom na daljavo, je pri napolnjeni medeni krogli medenina nekako modificirana, tako da jo označujemo kot elektrizirano. Po Maxwellovi teoriji pa ni medenina nikakor modificirana in le zrak (ali drug sosednji izolator) je izpremenjen. Ker se električni učinki neizmerno hitro dalje širijo in sicer tako brzo, kakor se razširja svetloba, misli Maxwell, da telesna snov izolatorjev ni nositeljica električnih pojavov, temveč v izolatorjih, med njihovimi molekuli, mora biti neizrečeno fina elastična snov, in sicer ravno ista snov, ki jo tudi uporabljamo pri razlaganju optičnih pojavov — namreč svetlobni eter. To telo se nahaja v vsemirju, a tudi v posamičnih zemeljskih telesih, v katerih ima različno gostoto. Vsled različne gostote eterja lomijo razna telesa svetlobo v različni meri; lomni eksponent teles je tem večji, čim večji je kvadratni koren iz gostote svetlobnega eterja v dotičnem telesu. Ta svetlobni eter je po Faraday-Maxwellovih nazorih tudi nositelj električnih pojavov in sicer je v vsakem izolatorju gostota svetlobnega eterja jednaka dielektrični konstanti dotičnega telesa.

Iz tega moremo takoj napraviti važen in zanimiv sklep. Ker sta — po optični teoriji — lomni indeks kake tvarine in — po Maxwellovi teoriji — dielektrična konstanta zavisna od gostote eterjeve v dotičnem telesu, stojita obe količini v tesni, določeni zvezi, kajti če je gostota svetlobnega eterja na jedni strani jednaka kvadratu lomnega indeksa, na drugi pa dielektrični konstanti, potem je tudi

dielektrična konstanta kakega telesa jednaka kvadratu (optičnega) lomnega indeksa.

To čudno razmerje sta eksperiment in praksa povsem potrdila in zato smo opravičeni, nadevati mu ime Maxwellov zakon.

Elektriziranje kakega telesa si je potem Maxwell tako-le tolmačil: Eter vsacega telesa se nahaja v ravnotežju, dokler je telo neelektrično. Če pa telo elektriziramo, se eter iz svojega ravnotežja več ali manj

premakne in dobi pod vplivom sedaj delujočih sil novo ravnotežje. Kako je to premikanje, o tem nema Maxwell še povsem jasnih pojmov, a mnenja je, da se eter nekako tako premakne, kakor se premakne kavčukova vrv, če nanjo utež obesimo. Vrv se stegne in podaljša v meri potega, pravokotno na to mer pa se skrči. Tako je pri eterju. Premikanje se razširja po vsem eterju in zato ga v mejah izolatorja ne moremo dognati. Pač pa ga spoznamo na meji izolatorjevi, tam, kjer se izolator dotika prevodnika. Tam se eterjevi delci delcem prevodnikovim bolj približajo ali pa se od njih bolj oddalijo. To imenujemo v navadnem govoru polnjenje prevodnika in sicer v prvem slučaju pozitivno, v drugem pa negativno polnjenje. Tudi v izolatorju se eterjevi delci na sličen način premaknejo proti molekulom telesa in to imenujemo polnjenje izolatorja.

Sili, s katerima vplivata dve elektrizirani telesi drugo na drugo, nastaneta potemtakem vsled tlaka ali potega, s katerim telesi vplivata na bližnji eter; tlak ali poteg se razširja dalje po eterju in provzročuje gibanje.

Čeravno je zadnji del Maxwellove teorije nekoliko nejasen, se vendar mora priznati, da je vsaj njen temelj, to je Maxwellov zakon, povsem siguren in to tembolj, ker se iz njega morejo izvajati teoretičnim potom čisto novi pojavi, katere je Hertz v zadnjem času tudi eksperimentalno dokazal.

Toliko o torni elektriki. Njenih aparatov, na pr. električnih kolovratov, influenčnih strojev, raznih kondenzatorjev, in zanimivih eksperimentov ž njimi ne bodemo podrobneje opisovali, kajti na jedni strani se te priprave najprej in povsodi opisujejo in so torej tudi širšemu občinstvu dobro znane, na drugi strani pa nemajo za naš namen, to je za moderno uporabo elektrike skoraj nobenega druzega pomena, nego teoretično veljavo.

II. Elektrika vzbujena z dotiko ali kontaktom (galvanska elektrika).

Električna ločilna sila. Naponska vrsta. Prevodniki prvega in prevodniki drugega reda. Element. Elektromotorska sila.

Najprej, in sicer stoletja dolgo, so bili znani jedino le pojavi torne elektrike. Ti pojavi so navidezno povsem drugačni, nego tisti, katerim pravimo galvanska elektrika. Ta razlika pa v istini ne obstoji. Torna kakor tudi galvanska elektrika se kvalitativno nikakor ne razločujeta, temveč le kvantitativno. Množina elektrike, katero vzbudimo z drgnjenjem, je v primeri z ono, ki ima v kemičnih procesih svoj vir, povsem neznatna. Stoprav od one dobe, ko so začeli proučevati kontaktno elektriko, ter proizvajati velike kvantitete elektrike, se pričenja sedanji čudoviti prospeh električne vede.

Če se dve kovini, recimo cinkova in bakrena pločica, tesno dotikata druga druge, lahko dokažemo z občutljivimi pripravami, da sta postali električni. Cinek kaže pozitivno, baker pa negativno električno stanje; cinek je dobil pozitivni, baker negativni potencijal. Na stični ploskvi obeh kovin biva torej neka sila, ki vzbuja na kovinskih pločicah nasprotno električno stanje. To silo zovemo *električno ločilno silo*.

Podrobne izkušnje nas nadalje pouče, da vzbuja električna ločilna sila vedno toliko elektrike, da ostane diferenca potencijalov obeh pločic jedna in ista, naj si bode velikost in oblika pločic kakoršna koli in ne glede na to, da biva na pločah morebiti še druga elektrika.

Če zvežemo pozitivno (cinkovo) pločico z občutljivim elektrometrom, udari igla na desno stran, recimo do 35. stopinje na skali. Ako potem negativno (bakrovo) pločico na isti način vprežemo v naš aparat, kaže igla odklon na levo stran in tudi do stopinje 35. Diferenca obeh odklonov je torej 70. Če sedaj jedno pločico, morebiti negativno, zvežemo z zemljo, da odteče vsa elektrika z bakra, pozitivno pločico pa zopet priklopimo elektrometru, dobimo odklon 70 stopinj.

V obeh slučajih je potemtakem diferenca potencijalov ostala jednaka in stalna; številka 70 je neko merilo za velikost električne ločilne sile pri dotikanju bakra in cinka.

Kakor pri imenovanih dveh, pojavlja se tudi pri vseh druzih kovinah električna ločilna sila, če se po dve dotikata. Vedno postane jedno telo pozitivno, drugo pa negativno električno. Zato moremo iz kovin sestaviti posebno vrsto, ki ima svoje člane tako razvrščene, da postane izmed dveh sosednjih članov vselej prvi pozitivno, naslednji pa negativno električen, če se člana dotikata.

Taki vrsti pravimo naponska vrsta. Njeni člani so:

Cinek, kadmij, cin, svinec, volfram, železo, bizmut, antimon, baker, srebro, zlato, uran, telurij, platin, paladij.

Odkloni elektrometrove igle nam dajo merilo za električno ločilno silo dveh kovin. Ločilno silo zaznamenujemo grafično z vertikalno črto, katero postavimo med imeni dotičnih dveh kovin (pozitivno na prvem mestu). Znak

$$\text{Cinek} \mid \text{baker} = 100$$

potem čitamo: Električna ločilna sila med cinkom in bakrom daje na elektrometru odklon 100 stopinj, ali je jednaka 100.

Z raznimi poskusi so dognali, da je

cinek	zlato	=	112·7
cinek	srebro	=	105·6
cinek	platin	=	107·0
cinek	železo	=	74·7
železo	baker	=	31·9
železo	platin	=	32·3
železo	zlato	=	39·7
železo	srebro	=	29·8
baker	zlato	=	12·7

Te številke pomenijo po zgornjem: Če znaša odklon pri kombinaciji cinek — baker na elektrometru 100 stopinj, znaša n. pr. odklon pri sestavi železo — platin le 32·3 stopinj.

Ako zložimo tri kovine vznasad, n. pr. cinek, baker in zlato, dobimo ločilno silo

$$\text{cinek} \mid \text{baker} + \text{baker} \mid \text{zlato} = 100 + 12{\cdot}7 = 112{\cdot}7;$$

natančno tako velika pa je po zgorenji tabeli ločilna sila cinek | zlato, ki sta prvi in zadnji člen.

Če zložimo štiri ali več kovin skupaj, je ločilna sila vseh kovin zopet jednaka ločilni sili prvega in zadnjega člana. Sploh torej velja:

Kadar je več različnih kovin vznasad zloženih, je električna ločilna sila vsega sistema jednaka ločilni sili prve in zadnje kovine zase, t. j., razlika potencijalov prve in zadnje kovine je ravno tolika, če se neposredno dotikata ali pa če je vmes nekaj drugih kovin.

Ta izrek imenujemo zakon naponske vrste.

Jednaki, kakor sedaj opisani pojavi, pa se ne kažejo samo tedaj, kadar se dotikata dve kovini, temveč sploh vselej, kadar se dva prevodnika dotikata, naj si bodeta kovini ali ne; osobito nastanejo slični, a še dokaj širši električni pojavi, kadar se dotika kovina s primerno tekočino. Tudi v tem slučaju deluje ločilna sila in tvori diferenco potencijalov kovine in tekočine.

Veličina ločilne sile med nekaterimi kovinami in tekočinami (ako je cinek | baker = 100) je n. pr.:

Samočist	cinek	voda	$= -61{\cdot}6$
»	baker	voda	$= -33{\cdot}0$
Samočisto	srebro	voda	$= -17{\cdot}0$
»	zlato	voda	$= -33{\cdot}7$
Samočist	platin	voda	$= -44{\cdot}7$

Negativne številke kažejo, da postane vsaka kovina pri dotiki z nakisano vodo negativno električna.

Poprej omenjeni zakon naponske vrste za tekočine nema veljave. Nobena tekočina se ne more tako uvrstiti v naponsko vrsto, da bi bila ločilna sila sistema, sestoječega iz kovin in tekočine, jednaka ločilni sili obeh končnih članov.

Zato delimo prevodnike v dva oddelka: v prevodnike prvega reda in v prevodnike drugega reda.

Prevodniki prvega reda so oni, ki se klanjajo zakonu naponske vrste, tedaj vse kovine, potem oglje, nekateri kovinski superoksidi, kakor rjavi manganovec in svinčeni superoksid in slednjič neznatne žveplene spojine kakor svinčeni sijajnik, žvepleni kršec itd.

Prevodniki druzega reda so oni, ki se ne morejo uvrstiti s prevodniki prvega reda skupaj v jedno vrsto. To so kisline in raztopljene in taljene soli.

Poskusi in teoretično razmatranje uči, da je v sklenjenem krogu, sestoječem iz samih prevodnikov prvega reda, električna ločilna sila jednaka ničli; v sklenjenem krogu, sestoječem iz prevodnikov prvega in drugega reda, pa je ločilna sila različna od ničle.

Nadalje: Ako spravimo dve različni kovini A in B v dotiko s tekočino in ako obe kovini zvežemo s poljubno vrsto kovin, je električna ločilna sila v tem sklenjenem krogu

povsem nezavisna od onih kovin, s katerimi smo zvezali kovini A in B; zavisna je samo od ločilne sile kovin A in B med seboj in med tekočino. Njena velikost je namreč

A | tekočina + tekočina | B + B | A.

Zato smemo dve kovini, stoječi v tekočini, zvezati s poljubno žico; vselej dobimo sklenjen krog, v katerem se nahaja določena ločilna sila, zavisna samo od kakovosti tekočine in potopljenih kovin.

Ako položimo ploščo cinka v okisano vodo, postane cinek negativno električen; tako se zgodi tudi ploči bakra, ako jo vtaknemo samo zase v tekočino. Ako pa postavimo obe ploči ob jednem v tekočino, je stvar nekoliko drugačna. Cinkova ploča postane negativno, voda pa pozitivno električna. Potencijal cinka in vode sta izmed vseh druzih največja. Voda pelje svojo pozitivno elektriko do bakra in tam oslabi, še celo uniči negativno elektriko bakra, ki ima prilično majhen potencijal. Ker je ločilna sila med cinkom in vodo večja, nego ločilna sila med bakrom in vodo, premaga pozitivni vodni potencijal negativni bakreni potencijal, in rezultat je, da ima baker pozitivni potencijal. Izmed obeh potopljenih plošč je torej cinek negativen, baker pozitiven. Kar velja o navedenih obeh kovinah, velja tudi za vse druge; zato lahko splošno izrečemo:

Ako postavimo dve kovini v tekočino, postane jedna kovina pozitivno, druga pa negativno električna, in sicer ostane vedno ona kovina negativna, ki je že vsled svoje ločilne sile močneje negativno električna.

Ker je po naših zgornjih podatkih cinek najbolj negativno električen, če stoji v okisani vodi, je naravno, da je cinek, stoječ s katero koli drugo kovino v tekočini, zmiraj negativno električen.

Pripravo, sestoječo iz dveh, v tekočino vtopljenih kovin, zovemo galvanski element. V vsakem takem elementu imata torej kovini določeno potencijalno diferenco, ki je zavisna jedino le od nature obeh kovin in tekočine, nikdar pa ne od oblike in velikosti plošč ali pa od množine tekočine. To stalno in določeno potencijalno diferenco zovemo elektromotorsko ali elektrobudno silo elementa.

Kako uporabljamo praktično tu navedene izreke in zakone, to hočemo pozneje v posebnem poglavju opisati.

III. Zakoni galvanskega toka.

Jakost ali intenziteta toka. Ohmov zakon. Specifični upor. Kirchhoffovi zakoni.

V prejšnjem poglavju smo čuli, da dobita dve kovini, kateri smo postavili v primerno tekočino, različni napetosti. Če kovini zvežemo s posebno kovinsko žico, začne se po naši pripravi pretakati električen tok, ki gre od pozitivne kovine (na pr. od bakra) po spojni žici do negativne kovine, potem pa skozi tekočino nazaj do pozitivne ploče. Električna ločilna sila provzročuje, da je ta obtok trajen.

Delovanje električne ločilne sile v elementu se da lepo primerjati z delovanjem dveh vodnih cevi, postavljenih v skupno vodno posodo. V obeh ceveh naj stoji voda, in sicer uredimo stvar tako, da je nivó vode v jedni sesaljki višji nego v drugi. Če sedaj zvežemo obe cevi s tretjo cevjo, je očividno, da bode tekla po tej spojni cevi voda iz one cevi, kjer je višji nivó, v cev z nižjim vodnim nivó-om. Ako nadalje s posebno sesaljko za to skrbimo, da se voda v obeh ceveh ne poniža, potem je jasno, da bode voda neprestano tekla po spojni cevi od prve do druge cevi. Ravno tako je pri elektriki. Nivó pri vodi je potencijal pri elektriki, nalogo sesaljke pa prevzame električna ločilna sila. Z višjega potencijala na bakru teče pozitivna elektrika po spojni žici do nižjega cinkovega potencijala in po tekočini nazaj do bakra, kjer jo ločilna sila zopet pritira na prvotni potencijal. Kakor voda v zgoraj označenem vodnem sistemu, tako se pretaka elektrika trajno v elementu.

Element, ki je sklenjen s spojno žico, se zove jednoten tokov krog. Po takem krogu torej neprestano kroži neka množina elektrike in sicer gre skozi vsak prerez v določenem času, recimo v jedni sekundi, jedna in ista množina elektrike. Tokov krog ima morebiti na raznih krajih razne prereze, a vendar teče skozi vsak prerez v jedni sekundi jednaka množina elektrike, kajti ko bi k jedni točki več elektrike dohajalo, kakor se je odtaka od nje, potem bi se na tistem kraju elektrika kopičila — česar pa nikdar ne opazujemo.

Množino, kvantiteto elektrike (torej število coulombov), ki teče v jedni sekundi skozi poljuben prerez tokovega kroga, imenujemo jakost toka ali intenziteto toka; koliko elektrike da steče v časovni jednoti skozi dotični prerez, to je seveda zavisno od raznih okoliščin. V prvi vrsti tu odločuje gonilna sila, ki provzročuje električni tok, torej elektromotorska sila elementa; drugič pa se množina pretakajoče se elektrike ravna po tem, iz kake snovi sestoji prevodnik in kaka mu je oblika. A naj si bode prevodnik te ali one vnanje oblike, debel ali tanek, vedno teče skozi vsak njegov prerez v jedni sekundi ista množina elektrike. To se pravi: V sklenjenem tokovem krogu je jakost toka povsodi jednaka.

Tudi tu nam dobro dojde primera z vodo. Vzemimo cev, ki ima na raznih krajih različne širine in prereze, ter napeljimo vanjo vodo, tako da na pr. nateče v vsaki sekundi na jednem koncu 1 liter vode v cev, na drugem koncu cevi pa priteče v istem času tudi 1 liter iz cevi; tu je očividno, da gre skozi vsak prerez cevi v vsaki sekundi ravno 1 liter vode. Na ožjih krajih se voda seveda hitreje premika, na širokih pa počasneje. Ravno tako je pri električnem toku. Množina elektrike — to je jakost toka — je povsodi jedna in ista.

Da merimo množino elektrike, ki se pretaka po kakem prevodniku, moramo imeti posebno merilo zanjo. Kot merska jednota za tokovo jakost nam velja 1 ampère, količina, ki je dobila svoje ime po znanem raziskovalcu, pariškem profesorju matematike André Marie Ampère-u (por. 22. januvarija 1775., um. 10. junija 1836). Pomen te jednote hočemo pozneje bolj natanko določiti; za sedaj naj zadošča dejstvo, da merimo množino elektrike z jednotami, ki se zovejo ampèri.

Od česa pa je zavisna jakost toka, tedaj množina pretakajoče se elektrike? Vsekako od velikosti elektromotorske ali elektrobudne sile. Čim večja je ta sila, ki vzbuja elektriko, tem večja mora biti tudi množina elektrike, ki se požene v jedni sekundi skozi vsak prerez. Če postane elektromotorska sila dvakrat, trikrat, štirikrat . . . . tako velika, kakor je bila s početka, je tudi jakost toka dvakrat, trikrat, štirikrat . . . . večja. Splošno torej:

1.) Čim večja je elektromotorska sila, ki deluje v določenem tokovem krogu, tem večja je pri sicer istih razmerah jakost toka.

Intenziteta toka pa je nadalje zavisna tudi od kakovosti, oblike in velikosti tokovega kroga. Vsako telo namreč nekoliko ovira pretakanje elektrike. Po nekaterih telesih — imenovali smo jih prevodnike — se elektrika dokaj lažje in rajše širi, kakor po drugih, ki jih zovemo izolatorje. Tok nahaja torej na svojem potu vedno nekaj zaprek, nekaj

upora; čim več je ovir, tem manj elektrike se more v jedni sekundi stlačiti skozi določen prerez, tem manjša je torej jakost toka.

Jakost toka se torej ravna tudi po uporu, ki ga dobiva tok pri svojem kroženju po vsem tokovem krogu. Prvi upor mu stavi že element sam, potem pa tudi spojna žica in vse priprave, ki so morebiti v zvezi ž njo in po katerih se mora tok premikati. Zato je razumljiv izrek:

2.) Čim večji je skupni upor tokovega kroga, tem manjša je jakost toka.

Ako združimo izreka 1.) in 2.), dobimo izrek:

V jednotnem sklenjenem tokovem krogu je tokova jakost jednaka elektromotorski sili, deljeni s skupnim uporom.

$$\text{Jakost toka} = \frac{\text{Elektromotorska sila}}{\text{Upor}}.$$

To je sloveči Ohmov zakon, ki je podlaga vsemu modernemu napredku v elektriki. Imenovan je po svojem očetu, Georg Simon Ohmu (por. 16. marca 1787, um. 7. julija 1854), ki je dospel do njega po premnogih eksperimentih in teoretičnih raziskih.

Električni tok teče navadno po kovinskih žicah. Upor v žici je zavisen, kakor smo že omenili, od kakovosti kovine, potem pa od njene oblike, to je od njene dolžine in njene debeline, rekše od njenega prereza. Tu so našli:

a) Upor žice določene kakovosti in določenega prereza je tem večji, čim večja je njena dolžina.

b) Upor žic pri istem materijalu in isti dolžini je tem manjši, čim večji je njih prerez.

Oblika prereza ni merodajna; vse jedno je torej, ali je prerez žice krogast, ali četverokoten ali pa tudi povsem nepravilen.

Jako važna je kakovost kovine. Na pr. jeden meter dolga in 1 mm^2 v prerezu imajoča žica od aluminija stavi toku ves drug upor, nego bakrena žica iste dolžine in istega prereza. Ako vzamemo upor bakrene žice z določeno dolžino in določenim prerezom za jednoto upora, dobimo za vsako vodljivo tvarino število, ki kaže, kolikokrat je njen upor — pri isti dolžini in istem prerezu — večji ali manjši, kakor upor naše bakrene žice. To število imenujemo specifični upor dotičnega prevodnika z ozirom na baker. Tako je specifični upor železa $6 \cdot 10$ z ozirom na baker kot jednoto, rekše, železna žica daje vedno $6 \cdot 10$ krat tolik upor, kakor bakrena žica iste dolžine in istega prereza.

Zdaj ko vemo, da je upor prevodnika zavisen od njegove dolžine, njegovega prereza in njegovega materijala, lahko izrečemo zakon:

c) Upor prevodnika je jednak njegovemu specifičnemu uporu, množenemu z njegovo dolžino, deljenemu z njegovim prerezom.

Torej:

$$\text{Upor prevodnika} = \text{Specifični upor} \times \frac{\text{Dolžina}}{\text{Prerez}}.$$

Ta zakon velja za vse prevodnike, tedaj tudi za tekočine v galvanskem elementu.

Za jedno količino Ohmovega zakona, za jakost toka, že poznamo posebno jednoto, namreč 1 ampère. Tudi za ostali dve, to je za elektromotorsko silo in za upor moramo imeti posebna merila, če jih hočemo v raznih slučajih spoznavati in primerjati. Obe jednoti sta dobili imeni po slavnih učenjakih-elektrikih. Za jednoto elektromotorske sile velja danes 1 volt, za jednoto upora pa 1 ohm. Velikost 1 ohma so določili s posebnim ozirom na Ohmov zakon:

$$\text{Jakost toka} = \frac{\text{Elektromotorska sila}}{\text{Upor}}.$$

Ako imamo pred seboj ravno jedno jednoto elektromotorske sile, tedaj 1 volt, potem lahko upor skupnega tokovega kroga tako priredimo, da je jakost toka tudi jednaka jednoti, torej 1 ampère. V tem slučaju potrebni upor nam velja za jednoto upora, za 1 ohm. Vse upore bodemo merili na ohme. Eksperimentalno so našli, da ima živosrebrn steber (žica) z dolžino 106·3 cm in prerezom 1 mm² upor 1 ohma. Torej lahko pišemo:

$$1 \text{ ampère} = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ohm}}.$$

Če tedaj poznamo naponsko diferenco (elektromotorsko silo) med dvema točkama (dvema kovinama) v voltih in upor med njima v ohmih, najdemo takoj jakost dotičnega toka v ampèrih. Recimo, da je elektromotorska sila 30 voltov, upor pa 5 ohmov, potem je jakost toka 6 ampèrov, kajti

$$6 \text{ ampèrov} = \frac{30 \text{ voltov}}{5 \text{ ohmov}}.$$

Istotako dobimo napon, ako poznamo intenziteto toka in upor, ker je

$$1 \text{ ampère} \times 1 \text{ ohm} = 1 \text{ volt}.$$

Slednjič je

$$1 \text{ ohm} = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ampère}}.$$

Za upor so poprej rabili drugo merilo, namreč Siemensovo jednoto; to je upor, ki ga kaže živosrebrni steber, imajoč 1 m daljine in 1 mm² prereza. Jednota 1 ohma je za kakih 6% večja, kakor Siemensova jednota.

Ker imamo dandanes upor živega srebra pri določeni dolžini in določenem prerezu za jednoto upora, zato primerjamo upore vseh drugih tvarin z živim srebrom. Specifični upor kake žice je torej sedaj številka, ki naznanja, kolikrat je upor te žice večji ali manjši kakor upor živosrebrnega stebra iste dolžine in istega prereza. Obratno vrednost specifičnega upora imenujemo specifično prevodljivost tvarine z ozirom na živo srebro. Če je na pr. specifični upor aluminija 0·03094, potem je specifična prevodljivost njegova $= \frac{1}{0{\cdot}03094} = 32{\cdot}35$, to je, aluminij vodi tok 32·35 krat boljše nego živo srebro.

Nastopna tabela kaže specifični upor in specifično prevodljivost nekaterih bolj znanih trdnih teles, vselej z ozirom na živo srebro (Hg) kot jednoto.

Ime prevodnikovo	Specifični upor (Hg = 1)	Specifična prevodljivost (Hg = 1)
Živo srebro	1	1
Aluminij	0·03094	32·5
Svinec	0·2083	4·80
Železo	0·1034	9·67
Zlato	0·02183	45·8
Baker	0·01754	57
Nikelj	0·1319	7·58
Platin	0·06944	14·4
Srebro (mehko)	0·01597	62·6
» (trdo)	0·01730	57·8
Bizmut	1·389	0·72
Cinek	0·0599	16·7
Cin	0·1400	7·14
Grafit	12·08	0·0828
Plinovo oglje	67·56	0·0148
Novo srebro	0·3184	3·14
Nikelin	0·455—0·555	2·2—1·8
Patentni nikelj	0·364	2·75
Platinovo srebro	0·261	3·83
Manganov baker 12%	0·460	2·194
Manganov baker 30%	1·135	0·881
Nikljev manganov baker	0·498	2·007

Čim večji je potemtakem specifični upor kake tvarine, tem slabše vodi električen tok. Navedene številke kažejo, da je srebro najboljši

prevodnik, za njim sledi baker, potem železo i. t. d. Grafit in oglje prevajata tok sedemsto, oziroma štiritisočkrat slabše nego baker, a vendar veljata še kot dobra prevodnika. Izborna sposobnost bakra za prevajanje galvanskega toka je vzrok, da se ta tvarina tako pogostoma rabi v električni tehniki. Za dolge proge je seveda baker predrag in zato jemlje država za telegrafske daljnovode železne ali bronaste žice, ki so dokaj cenejše, a tok tudi približno šestkrat slabše vodijo, nego bakrene žice.

Kakor vemo, stavlja živosrebrni steber, ki je dolg 1·063 m in ima prerez 1 mm², upor 1 ohma. Če je tak steber dolg 1 m, mu je upor $\frac{1}{1{\cdot}063} = 0{\cdot}9410$ ohma. Za vsak drug materijal, oziroma za 1 m dolge in 1 mm² prereza imajoče žice dotičnega materijala najdemo upor, ako število 0·9410 množimo s specifičnim uporom poskušanega materijala z ozirom na živo srebro. Naslednja razpredelnica obsega nekaj približno natančnih takih številk, po katerih lahko hitro cenimo upor poljubne žice.

Upor žice (v ohmih), pri 1 m dolžine in 1 mm² prereza:

Ime	Upor v ohmih (izokrogljen).
Aluminij	1/35
Svinec	1/5
Železo	1/12
Zlato	1/49
Baker	1/61
Nikelj	1/9
Platin	1/16
Srebro (mehko)	1/66
Srebro (trdo)	1/62
Bizmut	1 1/5
Cinek	1/18
Cin	1/8
Novo srebro	1/4
Nikelin	1/3
Nikljev manganov baker	1/3

Iz teh podatkov lahko izračunamo upor kake dane žice. Tako je na pr. upor bakrene žice, ki je dolga 20 m in ima 0·5 mm v prerezu, jednak

$$\frac{20}{0{\cdot}5} \times \frac{1}{61} = 0{\cdot}655 \text{ ohma.}$$

Tekočine prevajajo tok dokaj slabše, nego kovine. Večinoma pridejo v poštev samo vodne raztopine solij in kislin. Njihova specifična

prevodljivost je zavisna vedno od koncentracije in od temperature. Naslednje številke se nanašajo na toploto 18° C in na živo srebro kot jednoto.

Ime tekočine	Specifična prevodljivost (Hg = 1)
Žveplena kislina 30·4 odstotna	0·00006914
Raztopina grenke soli s 17·3% grenke soli . . .	0·00000456
Raztopina cinkovega vitrijola s 323·7% cinkovega vitrijola	0·00000452
Nasičena raztopina kuhinjske soli	0·00002015
Octova kislina 16·6 odstotna	0·000000152

Kemično čista voda ne vodi električnega toka in je skoraj popoln izolator. A najmanjše primešanine tujih tvarin provzročijo, da voda precej dobro začne prevajati električne toke.

Prevodljivost pa je v vsakem slučaju zavisna tudi od toplote. Pri kovinah prevodljivost oslabi, ako temperatura narašča, pri kapljevinah se pa z večjo temperaturo izboljša. Kakor kapljevine, obnaša se tudi oglje. Pri čistih kovinah narašča upor pri vsaki stopinji približno za $^1/_3$ odstotka, pri zlitinah pa upor bolj počasi napreduje, pri nekaterih, na pr. pri manganovem bakru in pri nikljevem manganovem bakru se celo nič ne izpreminja, dokler ne postane toplota izredno visoka.

Dosedaj smo upoštevali samo jednostavne, ne v posamične veje razcepljene prevodnike. V praksi se prevodniki čestokrat cepijo in razraščajo; tedaj moramo poznati tudi upor razcepljenih tokovih krogov.

Kirchhoff je razširil Ohmov zakon na razcepljene tokove kroge in našel:

1.) Na vsakem mestu, kjer se zjedini več žic, mora biti vsota intenzitet vseh tokov, ki tja pritekajo, jednaka vsoti intenzitet vseh tokov, ki od tam gredo.

Ta zakon pravi, da v vsaki sekundi ravno toliko elektrike od zjedinišča odteče, kolikor je priteče do njega, kajti drugače bi se tu elektrika kopičila.

2.) V vsakem popolnoma sklenjenem delu razcepljenega sistema mora biti vsota vseh naponskih izgub jednaka elektromotorski sili, ki v tem delu faktično deluje.

IV. Električne merske jednote.

C. g. s.-sistem. Dina (Dyne). Erg. Watt. Elektrostatična jednota. Kilowatt. Wattske, kilowattske ure. Gauss. Ampère. Coulomb. Volt. Volt-ampère. Ohm. Farad.

Vsako fizikalno količino moremo meriti s povsem poljubnim merilom. Elektromotorske sile lahko merimo z odkloni magnetne igle, s posameznimi galvanskimi elementi, na pr. z Daniellovimi itd. Jakost toka merimo s kubičnimi milimetri pokalnega plina ali z grami bakra, katere je električni tok izločil iz vode, oziroma raztopine. Novejša fizika pa je jela glede merila bolj strogo postopati in vpeljala je mere, ki niso več poljubne, temveč v strogo določeni odvisnosti stoječe. Sedaj izražamo vse fizikalne količine v jednotah, ki so na določen in omejen način izpeljane od maloštevilnih temeljnih jednot. Gauss in Wilhelm Weber sta najprvo stopila pred svet s takim merskim sistemom, kateremu pravimo absolutni merski sistem.

Praktično merjenje vseh fizikalnih količin nas dovede slednjič vselej do merjenja dolžine, časa in mase. Zato veljajo jednote dolžine, časa in mase tudi za temeljne jednote absolutnega merskega sistema. Jednota dolžine je jeden centimeter, jednota časa jedna sekunda in jednota mase jeden gram, in sicer je centimeter stoti del dolžine meterske palice, ki je uradno shranjena v Parizu, gram je tisočni del mase koščeka platinovega iridija, ki je tudi v Parizu shranjen kot «kilogramme des archives», sekunda pa je $\frac{1}{86400}$ del srednjega solnčnega dne.

Absolutni merski sistem, pri katerem so centimeter, gram in sekunda temeljne jednote, se imenuje in piše: «c. g. s.-sistem».

Iz teh temeljnih jednot izvajamo druge, katere označujemo potem kot izpeljane jednote.

V električni vedi so torej običajne nastopne jednote:

1.) Ploskvena jednota = 1 cm^2.

2.) Prostorninska jednota = 1 cm^3.

3.) Hitrost. Absolutna jednota hitrosti je ona, pri kateri se dolgostna jednota prehodi v 1 sekundi.

4.) Pospešba. Pospešba telesa je razmerje med prirastkom njegove hitrosti in časom, v katerem je telo dobilo ta prirastek.

Absolutna jednota pospešbe je torej ona, pri kateri se hitrost telesa v jednoti časa (v 1") poveča za hitrostno jednoto (1 cm v 1").

5.) Sila. Sila, ki deluje na kako maso, je produkt iz te mase in pospešbe, ki jo je masa vsled sile dobila.

Po našem sistemu je torej jednota sile ona sila, ki podeli masi 1 g jednoto pospešbe. Ta jednota sile ima posebno ime in se zove «1 dina». Vse sile merimo z dinami.

Naše uteži so sile; predstavljajo nam namreč silo, s katero deluje zemlja na dotično utež, na pr. na jeden kilogram.

Teža, sila jednega kilograma je tedaj jednaka masi jednega kilograma, množeni s pospešbo, ki bi jo privlačnost naše zemlje dala tej prosto gibljivi masi. Znano je, da je pospešba povprečno 9·81 m ali 981 cm v jedni sekundi. Ker ima masa jednega kilograma 1000 g in ker znaša omenjena pospešba 981 pospešbenih jednot (centimetrov) v c. g. s.-sistemu, je sila jednega kilograma jednaka 981.000 din.

Sedaj lahko razložimo jednoto za množino ali kvantiteto elektrike. Za jednoto električne množine nam velja množina elektrike, ki vpliva na jednako, v razdalji 1 cm stoječo električno množino, s silo 1 dine. To je takozvana električna jednota za množino ali kvantiteto elektrike.

V praksi rabimo drugo jednoto, ker nam je ravnokar omenjena premajhna. Ta praktična jednota je približno tritisočmilijonkrat večja, nego elektrostatična jednota ter je dobljena na drugi podlagi, katero hočemo pri točki 9. opisati. Po imenu jo že poznamo; to je namreč 1 coulomb.

6.) Delo. Delo je produkt iz sile in poti, po kateri se je telo v meri sile premaknilo. Jednota dela je potemtakem ono delo, katero opravi jednota sile (1 dina), če premakne maso za 1 cm. To jednoto dela zaznamenujemo z besedo «1 erg».

Če se na pr. dvigne 1 kg na višino 1 m (100 cm), se je napravilo delo

$$981000 \times 100 = 98{,}100.000 \text{ ergov.}$$

«1 kilogram-meter», navadna praktična jednota za delo, je torej 98,100.000 ($= 9{\cdot}81 \times 10^7$) ergov.

7.) Efekt sile. Ako sila kako delo opravi, imenujemo razmerje med narejenim delom in časom, v katerem je bilo delo dovršeno, efekt sile.

Absolutna jednota efekta je tedaj ona, pri kateri se jednota dela opravi v jednoti časa, torej 1 erg v 1 sekundi. Ta jednota je za navadno rabo premajhna, kakor je kilogram-meter premajhen za praktično mehaniko, tako da so vpeljali večjo jednoto, «konjsko silo». V c. g. s.-sistemu vzamemo 10 milijonkrat (10^7 krat) večji efekt za jednoto, kakor smo jo zgoraj opisali, in to novo jednoto zovemo «1 watt» v proslavo izboljševatelja parnega stroja in izumitelja kondenzatorja, James Watt-a (por. 19. januvarija 1736, um. 25. avgusta 1819).

1 watt je torej oni efekt, v katerem se napravi v 1 sekundi 10 milijonov ergov.

V praksi je tudi watt še premala jednota in zato je bolj običajen tisočkratni znesek jednega watta, ki se zove 1 kilowatt.

Stroj ima na pr. efekt jednega kilowatta, če napravi v jedni sekundi 1000×10 milijonov ergov.

Sedaj lahko primerjamo našo navadno konjsko silo, ki se v praksi še vedno splošno rabi, z opisano novo jednoto 1 kilowatta. Jedna konjska sila je oni efekt, pri katerem se v 1 sekundi napravi delo 75 kilogram-metrov. Pri točki 6.) smo zvedeli, da je

$$1 \text{ kgm} = 98{,}100.000 \text{ ergov}$$

ali po zgorenjem

$$1 \text{ kgm} = 9{\cdot}81 \text{ wattov.}$$

Torej je 1 konjska sila (HP ali PS) jednaka $75 \times 9{\cdot}81 = 736$ wattov, ali

$$1 \text{ HP} = 736 \text{ wattov} = 0{\cdot}736 \text{ kilowatta.}$$

Če se delo vrši dalje nego 1 sekundo, dobimo to večje delo, če delo jedne sekunde množimo z vsem v sekundah povedanim časom, med katerim se je delo vršilo. Da si tako delo predočujemo, množimo čestokrat znak efekta z znakom časa in tedaj dobimo «wattske ure», «kilowatske ure» i. t. d Jedna kilowattska ura (1 ura = 60×60 sekund) je na pr. jednaka delu

$$60 \times 60 \times 1000 \times 10 \text{ milijonov ergov} =$$

$$= 36 \times 10^{12} \text{ ergov} =$$

$$= \frac{36 \times 10^{12}}{9{\cdot}81 \times 10^7} \text{ kilogram-metrov} =$$

$$= 3{\cdot}67 \times 10^5 \text{ kilogram-metrov.}$$

8.) Magnetizem. Dva magnetična delca se privlačujeta s silo, ki je jednaka produktu množine njunega magnetizma, deljenemu s kvadratom njune oddaljenosti.

Po našem sistemu, v katerem je jednota sile 1 dina, jednota dolžine pa 1 cm, se to pravi:

Jednota magnetizma je ona množina magnetizma, ki na jednako, v razdalji 1 cm bivajočo silo vpliva s silo 1 dine.

Pravi magnet ima vedno dva pola, severni in južni pol. Produkt iz množine severnega magnetizma magnetovega in razdalje njegovih polov zovemo magnetični moment dotičnega telesa.

Jednota magnetičnega momenta je torej po našem izvajanju ona, katero kaže magnet, ki ima pola 1 cm narazen in pri katerem je množina magnetizma na vsakem polu jednaka jednoti.

9.) Jakost toka. Pri določitvi te jednote se oziramo na vzajemnost, ki vlada med magneti in galvanskimi toki, ter prikrajamo jednoto za jakost toka po jednoti za magnetični moment. Vzajemnost med magneti in galvanskim tokom je označena v takozvanem Biot-Savart-ovem zakonu, po katerem se obnaša tokov krog povsem tako kakor magnet, čigar magnetični moment je jednak jakosti toka, množeni s ploskvijo, katero tok obkrožuje.

Jednoto jakosti predstavlja potemtakem tok, ki ima, obkrožujoč ploskev jednega kvadratnega centimetra, iste magnetične učinke, kakor magnet, čigar magnetični moment je jednoti jednak.

V praksi pa ne rabimo te jednote, temveč 10krat manjšo. Imenujemo jo «1 ampère».

Jeden ampère je torej $^1/_{10}$ jednote tokove jakosti po c. g. s.-sistemu.

10.) Množina elektrike. Jakost toka ni, kakor že vemo, nič druzega kakor množina elektrike, ki teče v časovni jednoti skozi vsak prerez provodnikov.

Po tem velja ona električna množina za jednoto, ki tvori tekoča jedno sekundo skozi prerez, jednoto jakosti ali intenzitete.

To jednoto električne množine smo že parkrat imenovali; ona je «1 coulomb». Jeden coulomb je torej = 1 ampère × 1 sekunda. Jedna ampèrska ura je ravno tako jednaka

$$60 \times 60 = 3600 \text{ coulombov.}$$

11.) Elektromotorska sila. Vsak tok ima določen efekt, ki more v jedni sekundi opraviti gotovo delo. Delo izražamo v obče s tem, da množimo premagano breme z dolžino poti.

Tako na pr. dobimo delo, katero opravi določena množina vode (recimo 10 kg), padajoča z višine 30 m na višino 12 m nad zemljo, ako množimo padajočo množino vode (10 kg) s potjo, po kateri pada. tedaj z 18; v tem slučaju je delo

$$10 \times 18 = 180 \text{ kgm.}$$

Slično postopamo pri določevanju efekta galvanskih tokov. Kar je pri vodi množina, je tu jakost toka; kar je pri vodi diferenca višine, je tu diferenca potencijalov, rekše elektromotorska sila.

Efekt galvanskega toka je torej vedno:

$$\text{Elektromotorska sila} \times \text{jakost toka.}$$

Iz tega lahko izvajamo pojem za jednoto elektromotorske sile. Jednota elektromotorske sile je ona, ki tvori jednoto efekta (1 watt), goneč skozi tokov krog jednoto toka (1 ampère).

Tej jednoti elektromotorske sile pravimo «1 volt». Torej je:

$$1 \text{ volt} \times 1 \text{ ampère} = 1 \text{ watt.}$$

Mesto besede «watt» rabimo večkrat izraz «volt-ampère», če hočemo označiti efekt galvanskega toka.

Ker je po zgorenjem

$$1 \text{ HP} = 736 \text{ wattov,}$$

je

$$1 \text{ volt} \times 1 \text{ ampère} = \frac{1}{736} \text{ HP.}$$

12.) Potencijal. Ker izraz «elektromotorska sila», kakor smo to že razložili, ne pomeni ničesar druzega, nego diferenco potencijalov, zato je jednota potencijala jednaka jednoti elektromotorske sile, jednaka 1 voltu.

13.) Upor. Po Ohmovem zakonu je upor tokovega kroga jednak razmerju njegove elektromotorske sile in njegove jakosti, ali

$$\text{Upor} = \frac{\text{Elektromotorska sila}}{\text{Jakost toka}}.$$

Praktična jednota upora je potemtakem oni upor, pri katerem tvori jednota elektromotorske sile (1 volt) jednoto tokove jakosti (1 ampère), ali

$$\text{Jednota upora} = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ampère}}$$

14.) Kapaciteta. Kapaciteto prevodnika smo imenovali razmerje med množino njegove elektrike in njegovim potencijalom.

Jednoto kapacitete predstavlja torej oni prevodnik, ki ima, če je napolnjen z jednoto električne množine (z 1 coulombom), ravno potencijal 1 volta.

Tako jednoto kapacitete zovemo «1 farad». Torej je

$$1 \text{ farad} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ volt}}.$$

S tem smo opisali najvažnejše, v električni tehniki in vedi veljavne količine ter pokazali, da stojé v tesni in jednostavni zvezi z mehaničnimi jednotami sile, dela in mase.

Večje in manjše mnogokratnike navedenih jednot označujemo s predpostavljenimi grškimi izrazi.

Meg pomeni milijonkratno jednoto; tako je

1 megohm = 1 milijon ohmov.

Mikro pomeni milijonski del jednote; torej je

1 mikroampère = 1 milijonina ampèra,
1 mikrocoulomb = 1 » coulomba,
1 mikrovolt = 1 » volta,
1 mikrofarad = 1 » farada.

Mili pomeni tisočni del jednote:

1 milivolt = 1 tisočina volta,
1 miliampère = 1 » ampèra.

Za praktično uporabo pridejo osobito jednote za jakost, elektromotorsko silo in upor v poštev. Te je treba najprej in najbolje poznati, te največkrat določevati. Ker so te tri količine združene v jednačbi Ohmovega zakona, zadošča, da poiščemo in natančno doženemo dve izmed njih, potem dobimo tretjo brez težav potom računa.

To se je zgodilo glede jakosti toka in glede upora. Obe količini so razni raziskovalci točno in tako jednostavno določili, da jih znamo vselej in vnovič najti brez posebnih ovir in težav.

Jakost toka se je določila s poskusom, koliko pokalnega plina, ali koliko bakra ali srebra izloči tok 1 ampèra v 1 sekundi. F. in W. Kohlrausch sta našla, da razvije 1 ampère v 1 sekundi 0·1740 cm^3 pokalnega plina pri normalnem tlaku in normalni temperaturi, ali 0·3284 mg bakra ali 1·118 mg srebra.

Iz teh raziskovanj sestavimo nastopno razpredelnico:

Tok 1 ampèra razkroji ali izloči					
	mg srebra	mg bakra	mg vodika	mg vode	cm^3 pokalnega plina pri 0° in 760 mm tlaka
v 1 sekundi	1·1181	0·3284	0·01039	0·0933	0·1740
v 1 minuti	67·09	19·70	0·623	5·60	10·44
v 1 uri	4025	1182	37·42	336	626

Če hočemo torej določiti jakost toka, treba ga je le vpreči v primeren aparat (voltomer), kjer razkraja dotično sol; po množini izlo-

čenega, oziroma razkrojenega srebra, bakra i. t. d. zvemo natanko, koliko intenzitetnih jednot, tedaj koliko ampèrov ima naš tok.

Jednoto upora so tudi jedenkrat za vselej točno fiksirali. V to služi, kakor že vemo, živosrebrni steber, imajoč pri prerezu 1 mm² dolžino 106·3 cm. Ako konstruiramo tak «normalen ohm», lahko vsak hip merimo upor toka na ohme.

Elektromotorsko silo tokovega proizvodnika sedaj takoj najdemo z jednostavnim računom, ko smo po zgoraj označenem načinu določili tokovega kroga jakost v ampèrih in tokovega kroga skupni upor v ohmih. Produkt teh dveh količin daje iskano elektromotorsko silo v voltih, vsaj je

$$1 \text{ volt} = 1 \text{ ampère} \times 1 \text{ ohm}.$$

Kjer ne gre za natančne mere, določamo elektromotorsko silo tudi s pomočjo stalnih in zanesljivih elementov, ki imajo znano in trajno elektromotorsko silo. Tako obdrži Latimer-Clarkov element pri 15° C svojo elektromotorsko silo neizpremenjeno jednako 1·438 volta; tudi kadmijevi elementi, kateri imajo elektromotorsko silo 1·019 volta, rabijo nam za primerjalne elemente, ko hočemo določiti elektromotorsko silo kacega tokobudnika.

Istotako so za določevanje kapacitet zgradili natančne normale, s katerimi se hitro in točno poišče kapaciteta, izražena v faradih, oziroma mikrofaradih.

V. Učinki galvanskega toka.

A) Učinki toka v tokovem krogu.

Ioule-ov zakon. Joule-ova toplota. Elektrolit. Elektroliza. Elektroda. Anoda. Katoda. Ioni. Anion. Kation. Sekundarni procesi elektrolize. Voltomer. Polarizacija. Polarizacijski toki. Sekundarne baterije ali akumulatorji.

Ko teče galvanski tok po spojni žici ali po drugih sklenjenih prevodnikih, ogreva te prevodnike. To se kaže osobito pri trdnih prevodnikih, torej v prvi vrsti pri kovinah in pri oglju. Čim dalje časa se pretaka galvanski tok po prevodniku, tem več toplote mu podeli, to je, v 2, 3, 4 . . . sekundah razvija tok 2-, 3-, 4krat toliko toplote kakor v jedni sekundi.

Nastala toplota je tudi zavisna od upora, ki ga nahaja električni tok v prevodniku. Pri večjem uporu prevodnikovem je segrevanje njegovo tudi večje; če je upor 2-, 3-, 4krat večji, je tudi nastala toplota v prevodniku 2-, 3-, 4krat večja. Segrevanje torej narašča sorazmerno z uporom.

Poleg teh dveh faktorjev vpliva na segrevanje tudi jakost toka. Pri 2-, 3-, 4krat jačjem toku se razvije 4-, 9-, 16krat več toplote. Segrevanje prevodnika potemtakem narašča s kvadratom tokove jakosti.

Segrevanje prevodnikovo, oziroma jednega dela prevodnika, je torej zavisno od treh količin, od časa, upora in jakosti toka. V vsakem kosu prevodnikovem je toplota ki se v njem razvije v določenem času, recimo v 1 sekundi, jednaka uporu dotičnega prevodnikovega kosa, množenemu s kvadratom tokove jakosti, ali v obče, nastala toplota je jednaka produktu iz upora, kvadrata tokove jakosti in časa. Ta zakon je prvi utemeljil Anglež James Prescott Joule in zato se po njem imenuje Joule-ov zakon, a dotična toplota je Joule-ova toplota.

Ako je tok dovolj močen in upor dovolj velik, začne prevodnik žareti. Po vrsti postane rdeč, rumen in bel, slednjič pa se celo stopi. Čim manjša je masa prevodnikova, tem hitreje in ložje mu raste temperatura; čim tanjša je torej spojna žica, tem prej začne žareti.

Opisano lastnost galvanskih tokov uporabljamo čestokrat. Zdravilstvu služi pri galvanokavstičnih operacijah; tehnika posega po njej pri razstreljevanju in električni kurjavi, pri žarnicah in obločnicah in slednjič pri topljenju kovin in drugih težko raztopljivih teles.

Ako rabimo mesto trdnih prevodnikov razkrojne tekočine za prevajanje tokov, potem električni tok tekočino razkroji. Da se ta proces začne, treba je s polov na pr. galvanske baterije izpeljati dve žici ali ploči v tekočino, tako da je jedna žica ali ploča zvezana s pozitivnim, druga pa z negativnim polom. Tekoče prevodnike zovemo elektrolite; proces razkrajanja je elektroliza, kovinska konca, ki molita v tekočino in po katerih vstopa vanjo in izstopa galvanski tok, imenujemo elektrode, in sicer je elektroda, prihajajoča od negativnega (cinkovega) pola katoda, ona od pozitivnega pa anoda.

Najnavadnejše vodeče tekočine so raztopine kislin, kakor žveplene, solne in solitarne kisline v vodi ali pa raztopine kovinskih solij v vodi. Vsaka kovinska sol, na pr. žveplenokisli baker (bakreni vitrijol), sestoji iz kisline (tu žveplene kisline) in kovinskega oksida (tu bakrovega oksida); kovinski oksid sam pa je spojina kovine in kisika. Če elektroliziramo tako solno raztopino, se kovina vselej izloči na negativni elektrodi, ostanek soli pa se poda na pozitivno elektrodo. Pri našem zgledu se posede torej baker na negativno elektrodo.

Sestavini elektrolita, katerega razkroji električni tok, se imenujeta iona; po Faraday-evem nasvetu zaznamenujemo ono sestavino, ki se po anodi poleže, z besedo anion, drugo na katodi stoječo pa kation.

Po zgorenjem velja torej izrek: Pri vsakem elektrolitičnem razkrojevanju se kovina izloči na katodi.

H kovinam spada v tem oziru tudi vodik. Pri žvepleni kislini $H_2 SO_4$ je na pr. vodik H_2 kation, ostanek SO_4 pa anion. Pri vodi, katero galvanski tok tudi razkraja, se poleže vodik vedno po negativnem polu.

Označeni procesi so pa čestokrat več ali manj prikriti, ker se v premnozih slučajih razkrojene sestavine takoj po oproščenju zopet med seboj na razne načine združujejo, tvoreče nove spojine. Posebno se to rado pripeti na pozitivni elektrodi, kjer se posedajo kisik, klor in druge spojenja željne tvarine; te se takoj lotijo kovine, iz katere sestoji elektroda, ali pa tekočine krog nje. Ako na pr. vzamemo kot elektrolit raztopino bakrenega vitrijola (žvepleno-kislega bakrovega

oksida), za elektrodi pa dve bakreni ploči, potem se začne razkrajati bakreni vitrijol. Na negativnem polu se izloča baker, ki se poseda po elektrodni ploči; na pozitivnem polu pa kisik oksidov in žveplena kislina. Kisik se takoj loti elektrodne ploče in tvori z njenim bakrom bakreni oksid, ki se potem s prosto žvepleno kislino spoji v žveplenokisli bakreni vitrijol. Prvotni bakreni vitrijol se torej na jedni strani razkraja, na drugi strani pa se tvori nov bakreni vitrijol. Ta proces se toliko časa vrši, dokler ni baker pozitivne elektrode povsem porabljen. Bakreni vitrijol se je napravil na pozitivni elektrodi vsled sekundarnega procesa.

Kemični učinki galvanskega toka, katerim pravimo elektroliza, so obratni pojavi, kakor jih opazujemo pri proizvajanju elektrike potom kemičnih procesov: Pri ektrolitičnem razdruženju spojin se porablja in troši elektrika, pri kemičnem spajanju pa se elektrika tvori. Na tem stoji delovanje galvanskih elementov. V njih se na pr. žveplena kislina spaja s cinkom in dotična kemična energija se pretvarja v električno. Ob jednem se pričnó sekundarni procesi, katere bodemo pri opisovanju galvanskih elementov z raznimi zgledi podrobneje pojasnili.

Množina izločenih kovin ali plinov, se ravna po jakosti toka, ki jih izloča na elektrodih. Dvakrat, trikrat . . . jačji tok bode izločil tudi dvakrat, trikrat . . . več gramov kovine ali kubičnih centimetrov kisline. Recimo, da kak tok izloči iz vode v jedni minuti 5 cm^3 pokalnega plina, drugi tok pa proizvaja v istem času 10 cm^3 te zmesi, potem je jakost toka v drugem slučaju dvakrat večja nego v prvem.

Aparati, s katerimi merimo jakost toka neposredno po izločenih množinah kake tvarine (pokalnega plina, bakra, srebra i. t. d.), se imenujejo voltomeri ali voltometri.

Če na takem aparatu jedenkrat za vselej določimo, koliko dotične tvarine razkroji jednota toka v jednoti časa, torej 1 ampère v 1 sekundi, potem lahko zmerimo jakost vsakega drugega toka v ampèrih. Natančni poskusi učé, da izloči 1 ampère v 1 sekundi 0·09328 mg (= 0·1740 cm^3 pri normalnem tlaku in normalni temperaturi) pokalnega plina, torej v 1 minuti 10·440 cm^3. Isti tok izloči v 1 minuti 19·69 mg bakra ali 67·10 mg srebra. Kadar merimo s takim voltomerom jakost danih tokov, je treba samo množino v jedni minuti razvite snovi deliti z ravnokar navedenimi številkami, ki veljajo za pokalni plin, oziroma za baker in za srebro. Dotične voltomere razločujemo s posebnimi imeni, kakor: pokalno-plinov, bakrov ali srebrov voltomer.

Čuli smo ravnokar, da se na elektrodnih pločah vsled sekundarnih procesov polegajo sestavine, iz katerih je tekočina zložena, in sicer na katodi kovine in vodik, na anodi pa kisline in kisik. Za take poskuse nam

rabi posebna posoda — stanica —, v katero nalijemo primerno tekočino in postavimo dotični ploči kot elektrodi. Tako pripravo imenujemo razkrojna stanica. Recimo, da pošljemo galvanski tok skozi raztopino solitarno-kislega srebra, v kateri bivata dve ploči od platina. Solitarno-kislo srebro se začne razkrajati; samočisto srebro se poleže po jedni platinski ploči in jo povsem prevleče. Sedaj prav za prav ne stojita več dve platinski ploči v tekočini, temveč jedna srebrna in jedna platinska, torej dve različni kovini. A kadar stojita dve različni kovini v tekočini, pojavlja se vselej elektromotorska sila in naša priprava je postala galvanski element. Vsled elektrolize se je torej vzbudila elektromotorska sila, ki tudi proizvaja galvanski tok. Pa ne samo tedaj, ko nova kovina prevleče jedno elektrodo, ampak tudi v drugih slučajih nastane elektromotorska sila med elektrodama. Ako na pr. vtaknemo obe platinski elektrodi v nakisano vodo, ter spustimo galvanski tok skozi to pripravo, potem se jedna elektroda prevleče z vodikom, druga s kisikom. Človek bi menil, da ta dva plina nikakor ne izpreminjata platinskih elektrod, a vendar je tako. Pri vsaki elektrolitični razkrojbi dobita elektrodi neko novo stanje, ki je vzrok, da tako izpremenjeni elektrodi delujeta elektromotorsko jedna proti drugi. Za to stanje rabimo izraz polarizacija in pravimo, da sta elektrodi polarizirani. Kadar torej teče skozi razkrojno stanico galvanski tok, se elektrodi polarizirata.

Poskusi kažejo, da je mer novega toka, ki se zove polarizacijski tok, ravno nasprotna meri onega toka, ki smo ga prvotno pognali skozi stanico, rekše polarizirajočega toka.

Že med tem časom, ko teče polarizirajoči tok, postaneta elektrodi v stanici elektromotorsko delavni, in zato teče že med polariziranjem iz razkrojne stanice po spojni žici tok, ki je prvotnemu toku nasproten in ki prvotni tok slabi.

Vse to priča, da je treba Ohmov zakon za slučaj, če tok ne teče samo po kovinskih prevodnikih, temveč tudi po stanicah s tekočinami, v toliko izpremeniti, kolikor vpliva nasprotna elektromotorska sila. Tedaj bodemo Ohmov zakon tako-le pisali:

$$\text{Jakost toka} = \frac{\text{Elektromotorska sila elementa (baterije)} - \text{Elektromotorska sila polarizacije}}{\text{Skupni upor}}$$

Jakost polarizacije je zavisna od kakovosti elektrod in od kakovosti tekočine. Dokler so plinaste plasti na elektrodah zelo tanke, je tudi elektromotorska sila polarizacije mala. Čim večja pa postaja debelost plinastih plastij, tembolj se ojačuje jakost polarizacijskega toka. Vendar dospemo kmalu do neke skrajne meje, do nekega maksimuma. Ko dospe jakost

polarizacijskega toka do te meje, ostane njegova jakost na stalni višini. Vsak polariziran element ima svoj maksimum elektromotorske sile.

Polarizirani elementi se zovejo tudi sekundarni elementi. Ako pošljemo iz tacega sekundarnega elementa tok po spojni žici, teče novi tok po elementu samem v nasprotno mer, kakor jo je poprej imel polarizirajoči tok. Vsak tok pa razkraja tekočino, tedaj mora polarizacijski tok tudi tekočino razkrajati in proizvajati elektrolitične učinke. Ker teče v mer nasprotno prvotnemu toku, se na oni ploči, ki je bila prej prevlečena z vodikom, poseda kisik in na oni, ki je bila s kisikom obdana, se kaže vodik. Vodik in kisik pa se spajata v vodo. Debelost plinovih plastij torej hitro gine in tok začne pojemati. Ko sta plinovi plasti povsem porabljeni, je ob jednem tudi tok prenehal. Polarizacijski tok polarizirane stanice ima torej le kratko, določeno trajnost; ko poneha kemična izprememba na pločah, izgine tudi tok.

Sekundarne elemente družimo na razne načine in jih spajamo zaporedno ali pa vzporedno. Združba takih elementov se zove sekundarna ali polarizacijska baterija. Ko je v taki bateriji tok pošel, treba jo je vnovič polarizirati, ali kakor pravimo napolniti. V praktičnem življenju zovemo označene baterije akumulatorje. O teh važnih faktorjih moderne elektrotehnike bodemo v posebnem poglavju obširneje govorili.

B) Učinki galvanskega toka izven tokovega kroga.

a) Magnetični učinki.

Trajni in temporarni magneti. Magnetna indukcija. Kotvica magnetova. Elektromagnetizem. Silokazne črte. Poljska jakost. Ampère-ovo plavarsko pravilo. Koercitivna sila. Histereza železa. Ampèrski ovoji. Solenoid. Magnetna permeabiliteta.

Že v časih, ko je električna veda ležala še v povojih, so fiziki zasledovali medsebojne odnošaje med električnim tokom in magneti. Vsi so slutili, da mora biti neka zveza med pojavi elektrike in magnetizma, a dolgo je trajalo, preden so bili najdeni in utemeljeni dotični zakoni. Veda, ki nas uči o vseh odnošajih med elektriko in magnetizmom, se zove elektromagnetizem.

O magnetih samih nam ni treba mnogo klicati v spomin. Znano je, da imamo trajne jeklene magnete (permanentne magnete), ki vedno obdrže svoj magnetizem, in začasne (temporarne magnete), ki samo toliko časa kažejo svojo moč, dokler je v njihovi bližini drugo magnetno telo. Vsak magnet ima nadalje dva pola. Zelo v navadi

so podkovasti magneti, ki se odlikujejo po priročni obliki in veliki jakosti. Ako obesimo magnetno palico tako, da se more prosto sukati in gibati, postavlja se vedno v strogo določeno mer. Oni konec palice, ki kaže proti severnemu polu zemlje, imenujemo severni pol (N), nasprotni konec pa južni pol (S). Poleg te važne lastnosti ima magnet še druga, obče znana svojstva. Druge magnete kakor tudi nemagnetno železo privlačuje k sebi, oziroma odbija. Zakoni privlačevanja in odbijanja dveh magnetnih polov so povsem isti, kakor pri dveh električnih telesih. Istoimenski poli magnetov se odbijajo, raznoimenski privlačujejo. Da magnet privlačuje tudi nemagnetno železo, so vzrok učinki, ki so povsem slični električni influenci. Ako prinesemo kos nemagnetnega železa v bližino magneta, postane to železo tudi magnet, prav tako, kakor postane neelektrično telo poleg električnega potom influence električno. Zato tudi pri magnetih pravimo, da provzročuje vsak magnet v kosu nemagnetnega železa magnetizem z magnetno influenco ali indukcijo. Vsak pol magnetov influencira v bližnjem mehkem železu obratni magnetni pol. Raznoimenski poli pa se privlačujejo, torej potegne magnet mehko, sedaj tudi magnetno železo k sebi. Potegnjeno železo zovemo kotvo ali kotvico magnetovo.

Kotvica veže pri podkovastem magnetu oba pola in tedaj pravimo, da je tak magnet sklenjen ali tudi brezpolaren, ker nema prostih polov.

Sile magnetove delujejo po vsem bližnjem prostoru krog magneta. Njihove meri opazujemo, če položimo na magnet list papirja, ter ga potresemo z železnimi opilki. Ti opilki se čudovito pravilno urede po črtah, ki se stekajo proti vsakemu polu. Ker te črte kažejo, v kaki meri deluje sila magnetova, pravimo jim črte silokaznice. Čim bolj goste so silokazne črte, tem večja je na dotičnem mestu jakost magneta, ali kakor pravimo, poljska jakost.

Ako prinesemo v bližino magnetnega pola mehko železo, se silokazne črte proti železu obrnejo in ga v gostem številu pronicujejo, tako da postane poleg železa in v železu samem število silokaznic mnogo večje, nego v bližnjem prostoru. V tem slučaju pravimo, da mehko železo silokazne črte magnetnega polja v sebi koncentrira.

Leta 1820 je Oersted opazoval, da galvanski tok odklanja magnetno iglo ali magnetnico. Mer tega odklona je Ampère učil spoznavati s slovečim pravilom, ki je znano pod imenom plavarsko pravilo:

Ako si mislimo človeka, plavajočega v meri pozitivnega toka in gledajočega na severni pol magnetnice, odklanja se ta k njegovi levi roki.

Kmalu po Oerstedovi epohalni iznajdbi so našli, da kaže vsak prevodnik, po katerem teče električen tok, v svoji bližini jednake

magnetne sile, kakor jekleni magneti. Če je to istina, potem se morajo pač tudi krog žice, po kateri kroži galvanski tok, železni opilki tako urediti, da nam kažejo magnetne silokaznice, kakor smo to opazovali pri navadnem magnetu. Ta pridomišljaj nam potrdi priprost poskus. Če vtaknemo premočrtno žico pravokotno skozi vodoraven papir, ki je potresen z železnimi opilki, urede se opilki v koncentričnih krogih okoli žice, ako spustimo električen tok po žici. Magnetne silokaznice tokove so torej krogi, ležeči v pravokotni ravnini okoli žice, oziroma okoli vsakega kosa žice. Pri sklenjenem krožnem prevodniku gredo potemtakem silokaznice deloma pravokotno skozi ravnino kroga, deloma pa poševno; pri žični spirali, ki je sestavljena iz samih krogov, je iz istih vzrokov mer silokaznih črt v obče vzporedna z osjo spirale. To obnašanje električnega toka je kmalu rodilo misel, da je tok tudi v stanu proizvajati magnetizem. Skušnja je takoj pokazala, da je to istina. Ako ovijemo krog palice od mehkega železa izolirano žico — spiralo — ter po žici spustimo galvanski tok, se železo pomagneti; jeden konec palice kaže severni, drugi konec pa južni pol. Če tok prejenja, izgine takoj tudi magnetizem železne palice. Magnet, ki je še le vsled vpliva električnega toka postal magneten, se zove elektromagnet. Pola njegova določimo po zgornjem Ampère-ovem pravilu, ki ga za ta slučaj takole prikrojimo:

Ako si mislimo človeka, plavajočega v žični spirali v meri pozitivnega toka in z obrazom obrnjenega proti magnetni palici, potem je oni konec palice severni pol, ki leži ob levi roki. Če gledamo na magnetno palico v meri njene dolžine, kakor na pr. gledamo skozi daljnovid, je po ravnokar navedenem pravilu na onem koncu severni pol, krog katerega teče tok nasprotno meri urnih kazalcev, na koncu, katerega obkrožuje tok v meri urnih kazalcev, pa južni pol.

Da povečamo učinke, upognemo železno palico v podobo podkve; taki podkovasti magneti močno nadkriljujejo jeklene trajne magnete.

Rekli smo, da magnetizem v železni palici takoj preneha, ko preneha tok. To ni povsem istina, kajti nekaj časa vendar le traja, da magnetizem popoloma izgine. V vsakem, tudi nemagnetnem železu so namreč molekuli že s početka magnetni, a ker imajo čisto različne lege in meri, se magnetizem nikjer ne javlja. Ko pa dotično železo pomagnetimo, se postavijo molekuli vsi v jedno in isto mer. Magnet je torej kos železa, v katerem so vsi molekuli jednako obrnjeni. Pri mehkem železu se to obračanje jako hitro in rado izvrši, dočim se molekuli jekla zelo upirajo. Jekleni molekuli so tako trdno zvezani, da se vsaki izpremeni svojih merij ustavljajo z neko silo, kateri pravimo koercitivna sila. Ker ima jeklo veliko koercitivno silo, ga težko

magnetujemo, rekše, težko mu obrnemo molekule vse v jedno in isto mer. A ko se je to zgodilo, potem molekuli tudi vztrajajo v novi legi, ali, kar je jedno in isto, jeklo postane trajen magnet. Mehko železo pa ima neznatno koercitivno silo. Zato ga naglo pomagnetimo, a potem tudi magnetizem hitro izgubi. Vendar pa molekuli nekaj hipov potrebujejo, da se vrnejo v prvotno lego nazaj. Iz tega sledi nastopno zanimivo dejstvo: Če sile, ki magnetizirajo mehko železo, počasi naraščajo, železo vsled svoje koerticivne sile ne pride istočasno do vrhunca svoje magnetljivosti in nekoliko zaostane; ko električni tok pojema, pojema tudi magnetizem, a zopet ne istomerno, temveč nekoliko počasneje. Pri jednaki tokovi sili je torej magnetizem pri rastočem toku manjši, kakor pri pojemalnem. Ta pojav, katerega je prvi opazoval in utemeljil Warburg, imenujemo zaostajanje ali histereza železa.

Magnetna sila — ali kakor tudi pravimo — magnetni moment žične spirale je tem večji, čim več ovojev ima spirala in čim jačji je električni tok, ki kroži po njej.

Ako izrazimo jakost toka v ampèrih, potem se produkt iz števila ovojev in jakosti toka imenuje «število ampèrskih ovojev». Potemtakem lahko rečemo, magnetni moment spirale je tem večji, čim večje je število ampèrskih ovojev.

Po Ampère-ovem nasvetu imenujemo žične spirale solenoide.

Tudi število silokaznic, ki gredo skozi solenoid, je tem večje, čim večje je število ampèrskih ovojev, kajti število silokaznic je značilno merilo za magnetno jakost, torej tudi za magnetni moment.

Če vtaknemo v spiralo palico mehkega železa in spustimo po spirali električen tok, se železo pomagneti. Število silokaznic, ki gredo skozi spiralo, to je skozi železno jedro, postane dokaj večje, ker ima pomagnečeno železo tudi svoje silokaznice. Razne vrste železa imajo različna števila silokaznic in sicer imenujemo razmerje, v katerem stoji število silokaznic žične spirale po vtiku železa, proti številu silokaznic v prazni spirali, magnetno prevodljivost ali magnetno permeabiliteto dotičnega železa. Recimo, da ima na pr. prazna žična spirala (tuljava) 5 silokaznic; ako vtaknemo vanjo železno jedro, potem gre morebiti skozi 8000 silokaznic (iz števila ampèrskih ovojev moremo število silokaznic izračunati). V tem slučaju bi bila magnetna prevodljivost našega železa $\frac{8000}{5} = 1600$. Poskusi so pokazali, da je permeabiliteta za

mehko železo	1600—2300
zelo mehko, odjenjano železo . . .	2600—3500
trdo jekleno žico	320
kaljeno jekleno žico	470
trdo železno žico	450—670

Kakor pri železu, tako govorimo tudi pri drugih tvarinah o magnetni prevodljivosti. Za zrak je prevodljivost jednaka 1, ker zrak ne poveča števila silokaznic, ko napolnjuje tuljavo.

Znano je slednjič, da spirale, po katerih kroži električen tok, palico od mehkega železa toliko časa vlečejo v sebe, dokler ne pride sredina železne palice do sredine solenoida. To svojstvo žičnih tuljav je tehnika čestokrat uporabljala; nekateri električni motorji prvih časov so zgrajeni z uporabo navedene zanimive lastnosti.

Do sedaj smo načrtavali učinke galvanskega toka na magnete. Obratno vplivajo tudi magneti na galvanske toke ter jih istotako odklanjajo in vrte, kakor galvanski toki magnete. Ako našo žično spiralo tako obesimo, da se prosto giblje, lahko pokažemo, kako vpliva nanjo magnetizem, osobito pa magnetizem naše zemlje. Prosto obešen solenoid, ki se more sukati krog vertikalne osi, se pod vplivom zemeljskega magnetizma tako naravna, kakor magnetna igla. Njegova os, to je njegova podolžna mer, se uleže v ravnino magnetnega meridijana; jeden konec kaže proti severu, drugi pa proti jugu. Oni konec take na desno navite spirale je po naših poprej navedenih pravilih južni pol, v katerega vstopa pozitivni tok; drugi konec, pri katerem tok izstopa, je severni pol. Oba pola se imata povsem jednako, kakor navadni magnetni poli. Istoimenske pole odbijata, raznoimenske pa privlačujeta.

Elektromagnetni učinki med toki in magneti so podlaga zelo širni uporabi v tehniki in znanosti. Na njih stoje električni motorji in najfinejši merski aparati, kar jih pozna veda, namreč raznovrstni galvanometri.

---

b) Medsebojni učinki galvanskih tokov (elektrodinamični učinki).

Elektrodinamika. Paralelni in križajoči se toki. Ampère-ova teorija magnetizma.

Proučujoč magnetne učinke galvanskih tokov si je genijalni Ampère jel domnevati, da morata tudi dva galvanska toka vplivati drug na druzega. To misel so poskusi na sijajen način potrdili. Z najbistrejšimi eksperimenti in duhovitim izvajanjem je Ampère ustanovil novo stroko električne vede in jo zval elektrodinamiko.

Ako hočemo medsebojno učinke galvanskih tokov primerjati, treba imeti pregibljive galvanske toke, torej žice in žične petlje, ki

so tako obešene, da jih lahko sučemo okoli določene osi, kadar se po njih pretaka galvanski tok.

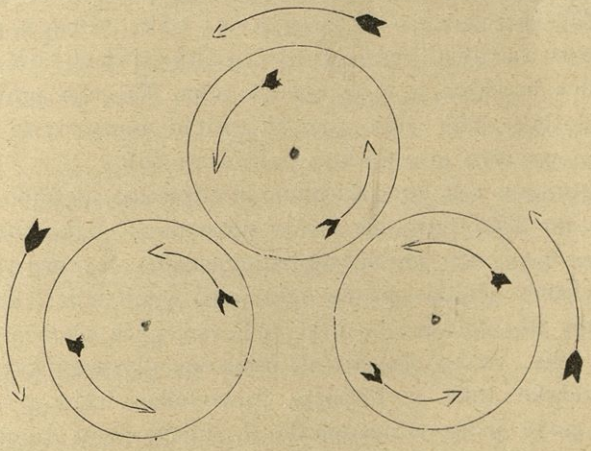
S takimi pripravami dokažemo za paralelne toke zakon: Dva paralelna, istomerna toka se privlačujeta, dočim se dva paralelna, a v nasprotni meri tekoča toka odbijata.

Za toke, ki se križajo, je našel Ampère pravilo:

1.) Dva križajoča se toka se privlačujeta, če v obeh teče tok proti križališču ali od križališča; dva križajoča se toka se odbijata, če teče v jednem tok proti križališču, v drugem pa od njega.

2.) Dva križajoča se toka se skušata vselej tako postaviti in naravnati, da sta paralelna in da teče njiju tok v isto mer.

Analogija med tokovimi krogi, (osobito solenoidi) in magneti je dovedla Ampère-a do povsem nove teorije magnetizma. Rekel je namreč, magneti niso ničesar druzega nego solenoidi. Njihovi molekuli so obkroženi z mnogimi, paralelnimi toki, ki imajo vsi jednako mer. Ti mali toki se v sredi prereza deloma uničujejo, ker se pripeti, da teko pri dveh sosednjih molekulih v nasprotno mer, kakor kaže nastopni obrazec:



Narisani trije krogi nam predstavljajo tri molekule. V vsakem krogu ima tok mer puščic, tedaj v vsakem delcu isto mer. Očividno pa je, da si tokove veje na notranjih straneh nasprotujejo, ker je notranja puščica jednega molekula nasprotna notranji puščici druzega. Na notranjih straneh se torej toki uničujejo, a na zunanjih straneh teko v

isto mer. Zato smemo reči, da kroži okoli vsacega magneta tok, ki je vsota obkrajnih molekularnih tokov.

Južni pol magneta leži potem na onem koncu, na katerem ga obkrožujejo toki v meri urnih kazalcev, severni pol pa tam, kjer teko toki nasprotno meri urnih kazalcev.

Sedaj si lahko razlagamo, zakaj da vpliva tok na magnetno iglo. Če hiti tok mimo igle in nad njo, tedaj križa njene toke. Po prejšnjem hoče te toke naravnati in spraviti v isto mer, kakršno ima sam. Zato odklanja magnetnico.

c) Indukcija ali navod.

Primarni in sekundarni toki. Magnetoindukcija. Lenzov zakon. Istomerni, izmenični in vrtinčasti toki. Samoindukcija. Mimobežni ali ekstra-toki. Indukcijski aparati ali transformatorji.

Leta 1831. je našel F. Faraday, čigar ime bode vedno slovelo med prvimi elektriki vseh narodov in dob, nov učinek galvanskega toka. Opazil je namreč, da more električni tok izven svojega tokovega kroga v bližnjem, sklenjenem prevodniku proizvajati nove toke. Ko sklenemo prvi tok ali pa ko ga prekinemo, vselej nastane v bližnjem sklenjenem prevodniku hipen tok.

Tako proizvajanje električnih tokov v drugem prevodniku zovemo navod ali indukcijo. Vzbujajoči tok je prvotni, primarni, navajajoči (inducirajoči) ali glavni tok, vzbujeni pa je drugotni, sekundarni ali navedeni (indukcijski) tok.

Zanimiva in važna je mer novega toka. Tu velja pravilo:

Indukcijski tok ima pri sklenitvi nasprotno mer, pri prekinjenju pa isto mer kakor primarni tok.

Ako primarni tok hitro sklepamo in odpiramo, dobimo indukcijske toke, ki ravno tako hitro menjavajo svojo mer. Take toke, ki svojo mer zelo brzo menjavajo, imenujemo meromenjalne ali izmenične toke.

Indukcijskih učinkov pa ne opazujemo samo tedaj, kadar glavni tok sklepamo ali odpiramo, temveč tudi vselej, če se menjuje jakost primarnega toka. Vsako ojačenje ali oslabenje glavnega toka provzroči tedaj indukcijske toke v bližnjem prevodniku; celo premikanje ali odmikanje jedne žične spirale ali tuljave proti drugi tuljavi zadošča, da nastane hipen indukcijski tok. Mer tacega toka je ista, kakor pri glavnem toku; ako se tuljavi oddaljujeta, ima navedeni tok isto mer, kakor pri prekinjenju glavnega toka; če tuljavi približujemo drugo drugi, ima indukcijski tok glavnemu toku nasprotno mer.

Mnogobrojni odnošaji, ki vladajo med galvanskimi toki in magneti, pač opravičujejo vprašanje, ali ne morejo morebiti magneti istotako

inducirati galvanskih tokov, kakor toki sami? To je tudi istina — in s tem pridemo do pojavov, ki so v zadnjem desetletju pripomogli elektriki do onega ogromnega vpliva in do one širne uporabe, ki jo danes občudujemo v tej stroki, do pojavov, ki so podlaga modernega razvitka elektrotehnike. Zovemo jih magnetoindukcija.

Ker po Ampère-ovi teoriji krožijo okoli magneta mnogoštevilni, a isto mer imajoči toki, tedaj mora približevanje magneta na sklenjen tokov krog, recimo na žično tuljavo, prouzročiti hipen indukcijski tok; ravno tako mora oddaljevanje magneta biti povod postanku momentnega toka v žični tuljavi.

Okoli južnega pola magnetovega teko toki v smer urnih kazalcev, torej teko v žični tuljavi obratno, če se ji magnet bliža; nasprotno mer imajo inducirani toki, če se jim severni pol približuje. Obratne meri od ravnokar navedenih opazujemo, če severni, oziroma južni pol od tuljave oddaljujemo. V obče velja torej zakon:

Pri vsakem premikanju magneta ali toka v bližini žičnega kroga nastane v tem krogu električen tok. Pri tem je vse jedno, če se giblje magnet, oziroma tok, proti žičnemu krogu, ali pa žični krog proti magnetu, oziroma žičnemu krogu. Mer nastalega indukcijskega toka je vselej taka, da bi ta tok vsled svojih učinkov na magnet, oziroma primarni tok, dal poslednjemu gibanje v nasprotno mer.

Če tedaj približujemo severni pol, ima indukcijski tok tako mer, da bi severni pol odbijal; če oddaljujemo severni pol, ima indukcijski tok tako mer, da bi severni pol pritegoval k sebi.

Ta zakon je našel Lenz in po njem se imenuje Lenzov zakon. Ž njim lahko v vsakem slučaju določimo mer indukcijskega toka.

Sedaj znamo proizvajati električne toke na jako jednostaven način. Treba je le magnet ali pa žično tuljavo, po kateri kroži električen tok, zaporedoma približavati ali oddaljevati žičnemu krogu; tedaj nastajajo v tem prevodniku neprenehoma električni toki, ki svojo mer menjujejo — izmenični toki. Ako priredimo posebno pripravo, ki nastale toke odpeljuje, ob jednem pa naravnava v isto mer, potem lahko s premikanjem magnetov vzbujamo tudi električne toke, ki imajo isto mer — istomerne toke.

Z uporabo jeklenih magnetov dobimo stroje za proizvajanje električnih tokov, katerim pravimo magnetoelektrične mašine.

Kakor v žicah, tako nastanejo tudi v razsežnih kovinskih masah indukcijski toki, če se v njihovi bližini gibljejo magneti ali toki. V razsežnih kovinskih masah nastale sekundarne toke imenujemo Foucaultove toke ali vrtinčaste toke. Ti toki so včasih neprijetni, osobito pri grajenju dinamo-strojev, ker moramo za njih proizvajanje žrtvovati

nekoliko dela. Zato jih skušamo na različne načine preprečiti, in sicer v prvi vrsti s tem, da železne mase induktorjev razkosamo na izolirane žice ali ploče, ki branijo kroženju vrtinčastih tokov.

Glede elektromotorske sile indukcijskih tokov so pokazale skušnje,

1. da je elektromotorska sila sekundarnih tokov tem večja, čim večja je jakost primarnega toka, oziroma magneta.

2. da je zavisna elektromotorska sila indukcijskega toka od hitrosti, s katero izpreminja primarni tok, oziroma magnet, svojo jakost ali pa svojo lego.

3. da je elektromotorska sila induciranega toka tem večja, čim večje je pri sicer jednakih razmerah število ovojev inducirane tuljave.

Poleg indukcije z magneti ali s tuljavami pa poznamo še tretjo, zanimivo vrsto indukcije, takozvano samoindukcijo, katero je tudi Faraday našel in prvi proučil.

Kakor namreč električen tok v svoji bližini toke inducira, tako jih tudi inducira tok v svoji lastni progi. Najlažje to stvar razumemo, ako vzamemo spiralno ovito žico, ter skozi njo spustimo galvanski tok. Potem teče tok po ovojih, ki leže vzporedno drug poleg druzega. V onem hipu, ko tok prekinemo, inducira vsak ovoj nov tok v bližnjem ovoju; ravno to se zgodi, ko glavni tok sklenemo. Take indukcijske toke, ki nastanejo na lastni progi prevodnikovi, zovemo mimobežne toke ali ekstra-toke.

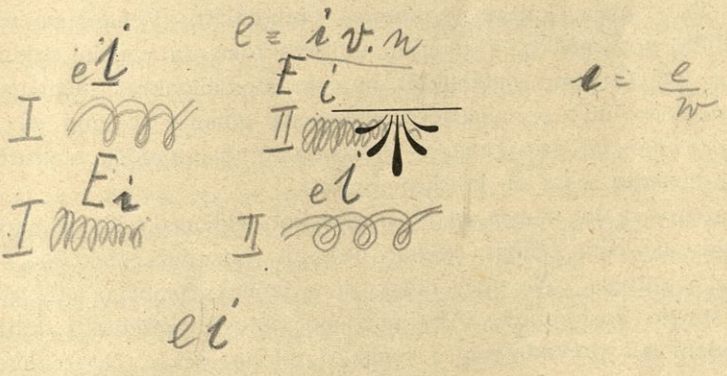
Ko glavni tok sklenemo, ima nastali mimobežni tok nasprotno mer proti navajajočemu toku; zato slabi prvotni tok in zato tudi nema noben tok v onem hipu, ko ga spustimo v prevodnik, svoje polne moči; to dobi še le sukcesivno in nekoliko trenotkov pozneje. Ko pa glavni tok prekinemo, inducira s svojo polno silo tok v žici; ker ta novi tok v isto mer teče, kakor navajajoči tok, pojavi se z veliko silo, z jakim sunkom, — to se pravi, pojavil bi se, ko bi ne bila žica prekinjena. Ako je pa navedeni tok pri prekinjenju dovolj močan, se lahko pripeti, da porabi zrak za svojo pot in tedaj opazimo svetlo iskro, ki švigne med pretrganima koncema prevodnikovima.

Ako torej primarno tuljavo, po kateri kroži električni tok, približamo drugi, sekundarni tuljavi, nastane v tej indukcijski tok, kadarkoli sklenemo ali pa prekinemo glavni tok. Čim večje je število ovojev na sekundarni spirali, tem večja je napetost sekundarnega toka. Navadno vtaknemo jedno tuljavo v drugo, ker je ta oblika najprikladnejša. S takimi aparati moremo vzbujati indukcijske toke silne napetosti, ako smo število ovojev na sekundarni tuljavi zadostno pomnožili. Tuljavi za primarni tok damo nekaj sto ovojev, sekundarni pa časih 20000—30000 ovojev jako tanke žice. Označene priprave imenujemo navodila, in-

dukcijske aparate ali transformatorje. Med njimi se odlikuje oblika, katero je izumel pariški mehanik Ruhmkorff; po tem izumitelju zovemo dotično pripravo Ruhmkorffov indukcijski aparat.

Moderna elektrotehnika se transformatorjev čestokrat in uspešno poslužuje. Ker je elektromotorska sila ali napetost sekundarnih tokov tem večja, čim večje je število sekundarnih ovojev, in čim večja je jakost primarnega toka, lahko s pomočjo indukcije pretvarjamo primarne toke male napetosti (z malo volti) a velike jakosti v sekundarne toke silne napetosti pa male jakosti. Ako obratno napravimo sekundarno spiralo iz maloštevilnih ovojev debele žice, primarno pa iz mnogoštevilnih ovojev, potem so razmere jakosti in napetosti tudi obratne; če teče po primarni žici tok velike napetosti in male jakosti, inducira v sekundarni spirali toke male napetosti a velike jakosti.

Po naših prejšnjih pravilih je v jedni sekundi razvita energija električnega toka jednaka produktu iz njegove napetosti in njegove jakosti. Ako se pri induciranju tokov poveča jeden teh dveh faktorjev, se ob jednem drugi za toliko zmanjša, da ostane predmet sam neizpremenjen. Indukcija torej ne poveča množine električne energije, pač pa jo pretvori v drugo obliko. — Pretvorniki se rabijo danes povsodi, kjer se poslužujemo izmeničnih tokov z veliko napetostjo. Pozneje bodemo o njih še obširneje govorili.



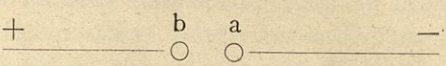
VI. Električni tresaji. Hertzovi in Teslini poskusi.

Električni tresaji ali oscilacije. Stoječi električni valovi. Brzina širjenja električnih valov. Teslina luč.

Izmenični toki, katere proizvajamo mehaničnim potom, nimajo posebno kratke trajnosti ali kratkih perijod, kajti naša mehanična sredstva za prekinjenje in sklenjenje tokov so več ali manj pomanjkljiva. Če prekinemo navajajoči tok v tuljavi 500krat v jedni sekundi, smo dosegli že lep uspeh; v indukcijski tuljavi dobimo potem izmenične toke, katerih perijoda traja $^1/_{500}$ sekunde. Več nego 5000 perijod v jedni sekundi pa z našimi mehaničnimi sredstvi sploh komaj proizvajamo. Tu je meja, katere ne moremo prekoračiti. Vendar pa nam daje priroda pripomočke, s katerimi tvorimo toke, ki v jedni sekundi svojo mer 100.000krat, milijonkrat in celo stomilijonkrat menjavajo! Taka neizrečeno hitro se menjajoča električna gibanja zovemo *električne tresaje* ali *oscilacije*. Proizvajamo jih s pomočjo električne iskre, kar hočemo sedaj ob kratkem opisati.

Opazujmo v ta namen znano leydensko steklenico. Ko je napolnjena, biva na jedni oblogi, recimo notranji, pozitivna elektrika, na vnanji pa negativna. Na obeh ploskvah je jednaka množina elektrike, jednako število coulombov. Ako notranjo oblogo zvežemo z dobrim elektrovodom ali prevodnikom z zunanjo oblogo, rekše, če steklenico izpraznimo s primernim izpraznjevalcem, potem steče pozitivna elektrika od znotraj na zunaj, kjer se združi z negativno elektriko vnanje obloge — steklenica se je *izpraznila*. To združenje se izvrši vselej še poprej, preden sta se oba prevodnika, pozitivni in negativni, dotaknila. Napetost elektrike je tolika, da v zadnjem hipu premaga upor zraka in da se tedaj, ko sta si konca prevodnikov že blizu, združita obe elektriki po zraku in sicer v podobi svetle *iskre*. Elektrika teče torej po prevodniku, v zadnjem hipu pa tudi po zraku. Iskra traja silno malo časa, a vendar lahko sledimo, kako se vrši njen skok. Recimo, da znači

v naši sliki črka b konec onega prevodnika, ki pride od pozitivne obloge leydenske steklenice, črka a pa konec prevodnika, ki prihaja od negativne obloge.



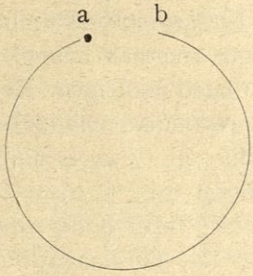
Na obeh oblogah je določena naponska razlika; ta požene elektriko po prevodnikih in po zraku. Tok skoči v podobi iskre od b do a. S tem se izjednači in uniči jeden del elektrike na obeh oblogah in njuna naponska diferenca postane manjša. Elektromotorska sila, ki spravi elektriko v gibanje, v tok, je tedaj vsak trenotek nekoliko manjša in jakost toka pri izpraznjenju steklenice zelo hitro ponehava. Ker pa nastanejo pri vsaki izpremembi tokove jakosti v prevodniku mimobežni toki, morajo se tudi pri našem poskusu pokazati taki toki. V onem hipu, ko se prične izpraznilni tok, se pojavi tudi mimobežni tok. O njem že vemo, da mu je mer nasprotna meri prvotnega toka; tekel bode torej od a proti b. Prvotni tok je kmalu tako slab, da ga zmaga naš mimobežni tok. Elektrika se je po tem takem najprej gibala od b proti a, takoj za tem pa od a proti b. Nastali mimobežni tok pa hitro izpremeni, rekše izgubi svojo jakost in pri tej izpremembi nastane takoj nov mimobežen tok, ki ima zopet nasprotno mer, in ki hitro premaga prejšnji mimobežni tok, tako da teče od b proti a. Temu mimobežnemu toku se godi jednako, kakor prejšnjim: vzrok je zopetnemu mimobežnemu toku, ki ima zopet nasprotno mer i. t. d. — Izpraznilni tok torej ne gre neposredno od b do a, temveč izpremenjema skače ob b proti a, potem od a proti b, od b proti a i. t. d.

Ta nepričakovani rezultat je torej povod, da je izpraznjenje oscilatorično, da se pojavljajo električni tresaji. Pogoj, da tresaji nastanejo, je, da morajo vsakateri mimobežni toki biti tako silni, da zmagajo prejšnje vzbujajoče toke. Če je ta pogoj izpolnjen, potem se vselej javljajo oscilatorična izpraznjenja na leydenskih steklenicah, na konduktorjih in na indukcijskih aparatih. V določenem, silo kratkem času se obrne mer toka med obema oblogama. Čas, ki preteče med jednim obratom toka do prihodnjega obrata, imenujemo perijodo električnih tresajev. Oscilirajoče izpraznjevanje leydenske steklenice je prvi opazoval Feddersen, ki je dognal s poskusi, da znaša perijoda približno jedno milijonino sekunde. Tako hitro se pri teh steklenicah giblje elektrika semtertja.

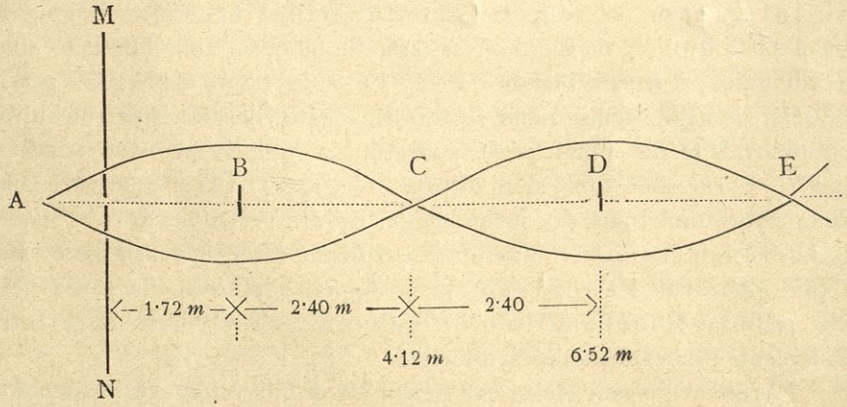
Ravnokar opisani električni tresaji so dobili veliko važnost, odkar je genijalni Hertz z njih pomočjo eksperimentalno dokazal, da se električno-indukcijske sile, ker potrebujejo določen čas za svoje širjenje, od primarnega prevodnika dalje valovito širijo v prostoru. V ta namen

je postavil Hertz nasproti kovinski steni indukcijski aparat ter ž njim proizvajal električne tresaje. Od te priprave, ki je bila 13 m oddaljena od stene, bi moralo po Hertzovem domnevanju iti valovje električne sile do stene, od tod pa nazaj do aparata, tako da bi nastali stoječi valovi. Pri takih valovih se vrste točke, v katerih gibanje miruje (vozli) s točkami, v katerih je gibanje najjačje (vrhi ali hribi).

Hertz je potem izumel posebno, zelo jednostavno pripravo, s katero je preiskoval pot domnevanega valovja. Ta priprava je bila krogasta žica, stoječa na leseni podstavi, ter pri a b prekinjena. Konec a je bil zakrožen, konec b pa je imel fino ost. Razdaljo med a in b je bilo mogoče izpreminjati s posebnim vijakom. Ta aparat je Hertz imenoval «sekundarni prevodnik». V njem proizvaja indukcija tudi tresaje, ki se kažejo v iskrah, katere preskakujejo med a in b. Veličina isker, to je razdalja med a in b, pri kateri se še iskre kažejo, velja potem kot merilo za jakost javljajoče se električne sile.



S sekundarnim prevodnikom oborožen je šel Hertz od stene proti primarnemu prevodniku. Ko se je nekoliko od stene oddalil, je opazil, da se delajo iskre med točkama a in b sekundarnega prevodnika, katere so provzročevale v njem električne sile, bivajoče v prostoru. Ob steni ni bilo videti nikakih isker; a čim bolj se je priprava oddaljevala, od stene, tem močneje iskre so se prikazovale. Najjačje so bile pri točki B (glej spodaj stoječi obrazec), približno 1·72 *m* oddaljeni od stene. Od te točke naprej so postajale iskre vedno manjše in slabše, dokler



niso pri točki C, ki je bila 4·12 *m* od stene oddaljena, zopet izginile. Od te točke dalje so iskre vnovič naraščale; pri točki D, 6·52 *m* od

stene, bi bile dosegle zopet svoj maksimum, ko bi pri poskusu ne bila nekoliko motila bližina primarnega prevodnika.

Ta poskus nam kaže direktno, da se električna sila valovito širi; na nastopnem obrazcu vidimo stoječe valovje, katero tvorijo tja in nazaj idoči vali. MN nam predstavlja kovinsko steno, ki valove reflektira, pikičasta črta AE pa pot, po kateri je Hertz premikal sekundarni prevodnik.

Poleg dejstva, da se električne sile s stoječimi vali širijo, nas ta poskus tudi pouči o brzini širjenja električne sile. V točki B je vrh, v točki C vozel električnega stoječega vala. Razstoj med B in C meri 2·4 *m*. Ker pa sestoji stoječi val iz vrha in dola, znaša pri našem poskusu njegova dolžina $2{\cdot}4 \times 4 = 9{\cdot}6$ *m*. Ako sedaj poznamo čas ali trajnost tresajev naših valov, lahko takoj dobimo brzino njihovega širjenja. Kakor so pokazali računi, je znašala pri poskusu trajnost primarnih tresajev blizu 3·10 stomilijonine jedne sekunde. Od tod je po znanem fizikalnem zakonu:

$$\text{Brzina širjenja električnih valov} = \frac{9{\cdot}6\ m}{3{\cdot}1 \text{ stomilijonine sekunde}},$$

to je 310·000 *km* v 1 sekundi.

Dobljeni rezultat je velikega pomena, kajti to je ona hitrost, s katero se širi tudi svetloba! Elektrodinamični (indukcijski) učinki prehité torej prostor z jednako hitrostjo, kakor svetlobni vali. Iz tega sklepamo, da se tudi električni učinki širijo s tresenjem eterja. Slednjič lahko rečemo: Svetlobni vali in elektrodinamični vali so jedno in isto, namreč tresenje eterja, samo veličina valov je različna. Svetlobni vali, ki vplivajo na naše oko, so dolgi med 4 do $7^1/_2$ desettisočine jednega milimetra; nekoliko daljši valovi (do 8 ali 9 tisočin jednega milimetra) se javljajo še kot toplotni učinki na finih aparatih. Potem nastane dolg presledek in še le valovi, ki so več centimetrov ali celo metrov dolgi, se nam javljajo kot elektrodinamični valovi. Razlika je torej samo stopnjevata. Trajnost tresenja naših elektrodinamičnih valov meri sto ali tisoč milijonin sekunde, pri svetlobnih valih pa je dokaj krajša in znaša le bilijonine sekunde. Torej v obče: Elektrodinamični vali z zelo kratko trajnostjo tresenja se nam javljajo kot svetlobni vali; svetlobni vali z razmerno dolgo trajnostjo tresenja pa se nam ne kažejo več kot svetloba, temveč kot elektrodinamični indukcijski učinki.

Če je to istina, potem se morajo z električnimi vali v obče jednaki poskusi izvajati, kakor s svetlobnimi. Tudi to je Hertz eksperimentalno dokazal. Elektrodinamične vale je s kovinskimi zrcali reflektiral in lomil, kakor svetlobne trakove, ter s tem neovržno dognal sličnost obeh prirodnih pojavov.

Električne sile se torej širijo kakor valovito gibanje, in sicer nastanejo v eterju transverzalni vali. Ako nastane kje v prostoru električno gibanje — recimo, da smo postavili cinek in baker v žvepleno kislino in zvezali njuna pola, ali da smo izpraznili leydensko steklenico — potem se električno gibanje širi po eterju v transverzalnih valovih. Ko zadene ob kak prevodnik, se premika gibanje dalje ob tem prevodniku, a vrši se vedno še v osamljajočem mediju, v dielektriku, in sicer s hitrostjo svetlobe. Prevodnik torej v istini vodi električno gibanje, a le v tem smislu, da sili električne vale, — ki se tresejo vedno le v dielektriku —, da ostanejo ob njegovi površini in da se ne razkrope. V prevodnik ne prodere električno gibanje. Tvarine, katerim pravimo prevodniki, potemtakem ne vodijo električnega gibanja, temveč naši izolatorji so pravi pravcati prevodniki. Ravno zato se elektrika kaže na prevodnikih elektrike, dočim je na nevodečih tvarinah navadno ne moremo dokazati.

Električne tresaje je tudi Hrvat Nikola Tesla, ki živi v Ameriki, porabil za proizvajanje cele vrste velezanimivih in čudovitih fenomenov. Tesla ni delal s tako brzimi tresaji, kakor Hertz, temveč jemal je počasnejše tresaje, kakoršni nastanejo pri izpraznjenju velikih leydenskih steklenic. Zato pa se je posluževal mnogo večjih naponov nego Hertz, ter proučeval pojave, ki se kažejo pri takih, vedno še precej hitrih tresajih velike napetosti. Našel je najprej krasne svetlobne učinke, ki so bili doslej neznani. Izmed teh naj omenimo samo poskuse z Geisslerjevimi cevmi.

Ako zvežemo dve kovinski ploči, ki stojita druga drugi nasproti, s Teslinimi toki, potem bivajo v vsem prostoru med njima zelo jake električne sile. Geisslerjeve cevi, katere prinesemo v tak prostor, se takoj bliščeče zasvetijo. To obnašanje Geisslerjevih cevij je rodilo v Tesli upanje, da mu bode mogoče vpeljati novo, vse druge nadkriljujočo električno razsvetljavo. V prostoru, katerega bi hoteli na ta način razsvetliti, bi vzidali v dve nasprotni steni velike kovinske ploče ter jih zvezali s Teslinimi toki. Potem bi se na vsakem kraju tega prostora svetila Geisslerjeva cev, katero bi prosto, brez žice prenašali in postavljali na poljubna mesta. Žal, da smo še precej oddaljeni od te idealne razsvetljave.

Jako čudno je, da imajo električne oscilacije visoke frekvence zelo neznatne fizijologične učinke do človeškega telesa. Navadni, počasi se menjajoči indukcijski toki provzročujejo hude udarce v človeškem telesu ali pa celo smrt, če je njih napetost velika. Hitrih oscilacij, kakoršne sta uporabljala Hertz in Tesla, pa telo komaj ali celo nič ne čuti. Najbrže taki tresaji ne prodero v notrino prevodnikovo, tedaj tudi ne v notrino človeškega telesa, temveč se širijo le po površini; od tod izvira njihova neškodljivost.

Proizvajanje električnih tokov.

I. Galvanski elementi.

Vvod. Najstarejše priprave za proizvajanje tokov. Voltovski ali galvanski element. Voltov steber. Galvanska baterija. Stalni elementi. Daniellov element. Smeejev element. Grovejev element. Bunsenov element. Element s kromovo kislino. Grenetov element. Meidingerjev element. Callaudov element. Leclanchéjev element. Fleischerjev element. Elementi s klorovim srebrom. Suhi elementi. — Stikanje elementov. Zaporedno ali vrstno stikanje. Vzperedno stikanje. Meševito stikanje.

V prirodi se vrše neprestane izpremembe in prikazni. Ni ga mesta na zemlji, kjer bi natora le jeden trenotek počivala in spala. Ko išče radovedni človeški um vzrokov tem vednim izpremembam, prodira globlje in globlje v skrivno delavnico prirode, a naposled so mu zaprta vrata in brezupen mora obstati pred njimi. Za njimi leži nekaj, česar ne moremo dalje dognati in čutiti. V tej zadregi si pomagamo z besedami in pravimo, energija je zadnji in tajni vzrok vsem izpremembam na zemlji in sploh na čutnem svetu. Več o energiji ne vemo. V navadnem govoru jo čestokrat zamenjavamo in identificiramo z «naturno silo» ali «naturno močjo» — izrazi, ki se sicer popolnoma ne krijejo, a pomagajo drug drugemu v sili.

Energija se nam javlja v raznih oblikah. Sedaj ji pravimo toplota, svetloba in luč, drugod je mehanična energija, časih je magnetizem, potem pa zopet kemična in električna energija. Moderna veda uči, da med temi prirodnimi silami ni temeljne razlike, temveč da je mogoče pretvoriti jedno v drugo. Če torej pričnemo proizvajati električno silo, treba nam je le vzeti jedno izmed naštetih energij, ter jo izpremeniti v električno energijo. Tehnika potem prevzame nalogo, da izvrši to izpremeno na najbolj ekonomičen in jednostaven način.

Najstarejše priprave za proizvajanje električnih tokov pretvarjajo kemično energijo v električno. Znano je, da se pri kemičnem razkrojevanji javlja in osvobaja energija in sicer navadno kot toplota,

redkeje kot mehanična energija Če pa so pogoji ugodni, javlja se prosta energija tudi kot električni tok in sicer tedaj, ako so razkrajajoče se tvarine prevodniki elektrike in ako so mase tako neugodno razvrščene, da more tok izven njih krožiti od jedne do druge.

Tem pogojem najlažje zadostimo, ako postavimo kovinsko palico ali ploščo v tekočino, ki kovino razjeda, na pr. cinek v razredčeno žvepleno kislino. Pri spajanju kovine s kislino se osvobaja kemična energija, ki ima nagnjenje, izpremeniti se v električno, ako ji otvorimo primerno pot za kroženje izven razkrajajočih se tvarin. To bi se zgodilo, ako bi zvezali iz tekočine moleči konec cinka z žico in to zopet vtaknili v tekočino; potem bi električni tok lahko krožil od cinka po žici in po tekočini zopet do cinka nazaj. Taka priprava pa bi bila še jako nepopolna in malouspešna; še le tedaj se nam posreči, izpremeniti velik del kemične energije v električno, če postavimo cinku v tekočini še kako drugo kovino, recimo baker, nasproti, ter njuna prosta konca izven tekočine zvežemo z žico.

Na ta način dobimo najjednostavnejšo pripravo za proizvajanje električnega toka. Izumil jo je leta 1800. profesor grof Alessandro Volta v Paviji.

V stekleni čaši sta vzporedno postavljeni dve kovinski ploči, ne da bi se dotikali; jedna je od cinka, druga od bakra. Čaša je do $^3/_4$ višine nalita z razredčeno žvepleno kislino. Iz tekočine moleča konca cinka in bakra sta zvezana z žico. Takoj ko konca združimo z žico, nastane električni tok, ki hiti po žici od bakra do cinka, v tekočini pa od cinka do bakra. Vsled kemičnih procesov med kovinama in žvepleno kislino se torej začne sklenjen električen obtok; delovanje te priprave lahko primerjamo z vodno sesaljko, ki stiska vodo na jednem koncu v cev, na drugem koncu pa isto vodo zopet posrkava iz nje, tako da voda neprestano kroži po sesaljki in cevi.

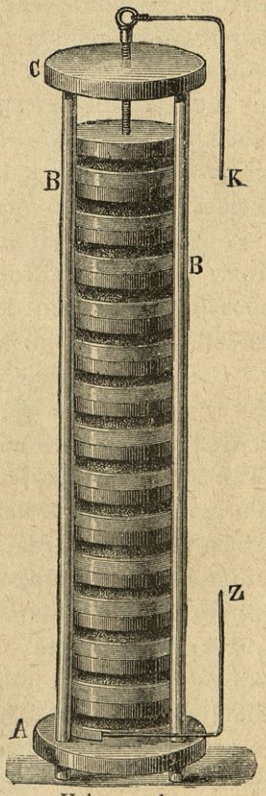
Vsako pripravo, ki kakor ravnokar opisana s pomočjo dveh kovin in primerne kapljevine proizvaja električne toke, imenujemo voltovski ali galvanski element (člen). Prosta, iz tekočine moleča konca kovinskih ploč, ki sta zvezana z žico, nazivamo pola. Na jednem in sicer na bakrenem koncu se zbira pozitivna elektrika, to je pozitivni pol, na drugem in sicer na cinkovem koncu pa negativna elektrika, in to je negativni pol. Tok teče torej od pozitivnega pola po žici proti negativnemu polu.

Kakor pri galvanskem elementu, tako bodemo pozneje tudi pri drugih proizvodnikih električnih tokov imenovali oni del, iz katerega tok izstopa ali izvira, pozitivni pol, oni del pa, na katerem se tok vrača k proizvodniku nazaj, negativni pol.

Cinkovo in bakreno pločo zovemo elektrode. Zica, katera veže oba pota, je polarna ali spojna žica; po njej teče vnanji del toka, in zato ji pravimo vnanja tokova pot.

Volta je ravnokar opisanemu proizvodniku električnih tokov dal tudi še drugačno obliko in konstruiral pripravo, katero so v prvih desetletjih našega stoletja rabili pri vseh električnih poskusih in katera še danes biva po fizikaličnih kabinetih kot zanimiv spominek na ono otroško dobo električne vede. To je Voltov steber, katerega nam kaže slika 1.

Slika 1.



Voltov steber.

Na leseni ploči stoje navpik tri steklene palice, razvrščene v krogu in druga od druge jednako oddaljene. Na zgornjem koncu so zopet zvezane z leseno pločo. Med te steklene palice so vznasad naložene jednako velike okrogle elektrode od cinka in bakra; mesto čaše z razredčeno žvepleno kislino so vtaknjene med elektrode pločice od sukna, ki je z žvepleno kislino premočeno. Razvrstitev je potem naslednja: Na leseni temeljni ploči leži ploča od cinka, na njej sukno, na tem ploča od bakra, potem pa zopet cinek, sukno, baker itd., tako da končujemo s pločo od bakra. Prva cinkova in prva bakrena ploča tvorite prvi element, prihodnji par drugi element itd.

Ker se bakrena ploča prvega elementa dotika cinkove ploče drugega elementa, sta oba člena — in potem tudi vsi ostali členi — tako v zvezi, da se njihovo delovanje sumira. Na spodnji cinkovi in na zgornji bakreni ploči ste privarjeni posebni žici; ako ju sklenemo, priredimo toku vnanjo pot.

Mesto bakrenih ploč moremo rabiti tudi srebrne, zlate ali platinove. Stari fiziki so časih vse svoje srebrnjake in tolarje porabili za konstrukcijo Voltovih stebrov.

Naslikana sestava posamičnih elementov se splošno imenuje galvanska baterija ali galvanski lanec. Način, kako so člani združeni, je velevažen in se zove stikanje baterij; o stikanju hočemo pozneje še obširneje govoriti.

Zdaj ko poznamo prvotne proizvodnike električnih tokov, hočemo v kratkem opisati kemične procese, ki se vrše v njih. Za vzgled vzemimo Voltov člen. Med cinkom in žvepleno kislino se prične kemično spajanje in kemična energija se pretvarja v električno — nastal je elek-

tričen tok. Ta pa ima, kakor bodemo še pozneje natančneje čuli, lastnost, da razkraja sestavljene kapljevine. Tok gre v tekočini od cinka skozi razredčeno žvepleno kislino proti bakru. Na tej poti loči vodo v njeni sestavini, v kisik in vodik. Osvobojeni kisik se v družbi z žvepleno kislino loti cinka in se spaja ž njim, tako da nastane cinkov vitrijol (bela galica), ki se v žvepleni kislini raztaplja in ne škoduje proizvajanju toka. Vodik potuje na bakreno ploščo ter jo v podobi plinastih mehurčkov vedno gosteje pokriva. Vsled tega ima baker zmirom manj neposredne dotike s tekočino, in električni tok vidno slabi; poleg tega osvobojeni vodik celo škoduje delovanju elementa, ker zaradi svojega sorodstva s kisikom temu brani spajanje s cinkom. Slednjič je plinasta vodikova kožica, k se uleže na negativni baker, pozitivno električna, in zato nastane v kapljevini celo nasprotni električni tok, namreč od vodikove kožice skozi tekočino proti cinku. To prikazen imenujemo polarizacijo. Ona vpliva tako močno na razvoj električnega toka, da element kmalo izgubi svojo moč in da je treba vzeti nove elektrode in nove tekočine.

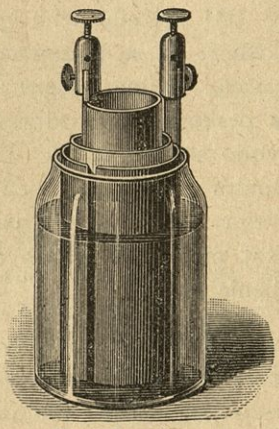
Voltovi in sorodni členi nam dajo torej le nekoliko minut krepke toke, potem pa hitro izgube svojo moč. Zato niso porabni za praktične električne svrhe, in dokler niso bili iznajdeni trajnejši proizvoditelji električnih tokov, ni bil mogoč nikak napredek na električnem polju.

Prvo zboljšanje, če tudi ne v navedenem smislu, se je posrečilo Sturgeon-u, ki je l. 1830 predlagal, da naj se cinkova elektroda amalgamira, to je prevleče z zlitino cinka in živega srebra. Tak amalgam ima isti uspeh, kakor samočisti cinek, a ima to prednost, da ga žveplena kislina ne razkraja, dokler ne kroži po elementu električni tok, torej tedaj, ko element ni sklenjen. Sturgeon je po tem takem izdatno omejil porabo drazega cinka. Osem let pozneje pa je Daniell preprečil tudi polarizacijo, glavni vzrok oslabljenju električnega toka pri Voltovih členih. Daniell je namreč podal vodiku v onem trenotku, ko postane prost, toliko kisika, da se vodik ni mogel več polegati po bakreni elektrodi, temveč da se je s ponujenim kisikom takoj spojil v vodo, ki ne škoduje proizvajanju toka. Poglejmo, kako je Daniell to učinil. Cinek in baker je postavil v dve različni kapljevini, prvega v razredčeno žvepleno kislino, drugega pa v vodno razstopino bakrenega vitrijola (modre galice). Ta vitrijol sestoji iz bakra, kisika in žveplene kisline. Električni tok razkraja bakreni vitrijol v njegove sestavine; baker postane prost in se uleže na bakreno ploščo, žveplena kislina gre k cinku in tam nadomešča uže porabljeno žvepleno kislino, osvobojeni kisik pa se naglo in poželjivo spoji s škodljivim vodikom v nedolžno vodo. Tako je polarizacija nemogoča. Ker pa imamo dve kapljevini, ki se ne smeta pomešati, je treba obe držati ločeni, a vendar tako, da se ne zapre pot električnemu toku. Da bi to dosegel, je Daniell ločil obe

kapljevini s porozno glinasto steno — diafragmo —, ki tekočinama ne dovoljuje združenja, a električnemu toku daje priliko, da kroži skozi njene brezštevilne fine luknjice.

Tako smo dospeli do stalnih elementov in kot prvega te vrste podrobneje opišemo Daniellov element (sl. 2).

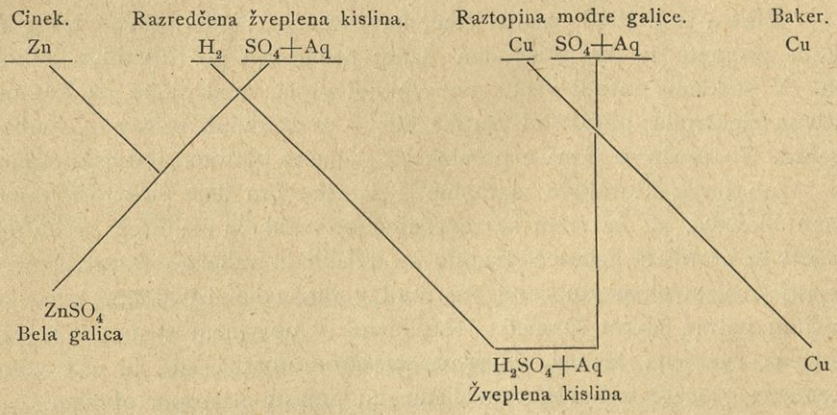
Slika 2.



Daniellov element.

V cilindrasti stekleni posodi stoji valjasto zavita bakrena pločevina. Sredi nje je postavljena diafragma, namreč glinasta stanica, ki je cilindrasta in spodaj zatvorjena posoda od slabo žgane gline; v njej se nahaja cinkov cilinder. Vnanji prostor med stekleno in glinasto posodo, v katerem biva bakrena elektroda, je napolnjen z nasičeno raztopino bakrenega vitrijola, glinasti cilinder pa z razredčeno žvepleno kislino. Pri razkrajanju modre galice osvobojeni baker se zbira in polega na bakreni elektrodi, osvobojena žveplena kislina pa pronicuje potom endosmoze skozi diafragmo, kjer nadomešča ono žvepleno kislino, kar se je porabi pri tvorjenju cinkovega vitrijola. V elementu se tedaj porabljajo cinek, bakreni vitrijol in žveplena kislina, na novo pa se delajo cinkov vitrijol, baker in žveplena kislina. Zato ni treba pri cinkovem cilindru nadomeščati žveplene kisline; le tam pa tam moramo pridejati nekoliko kosčkov modre galice, da se raztopi v tekočini in vzdržuje njeno nasičenost. Element daje potem toliko časa stalne električne toke, dokler je kaj kristalov bakrenega vitrijola v njem in dokler ni cinkova elektroda popolnoma snedena, to je, v cinkov vitrijol izpremenjena.

Načrtane kemične procese v Daniellovem elementu nam pregledno kaže naslednji obrazec:



V kemično spajanje so po tem obrazcu stopili Zn, O, SO_3 in Aq, jeden od drugega ločeni pa so bili Cu, O, SO_3.

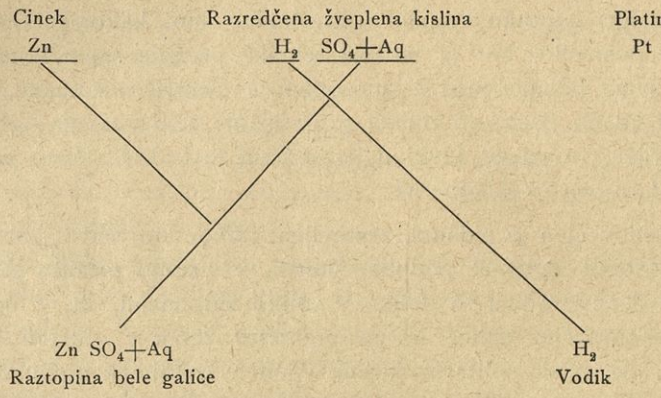
Da ne trosimo cinka po nepotrebnem, je treba cinkovo elektrodo jako skrbno amalgamirati. V ta namen napravimo živosrebrno močilo, sestoječe iz 12 utežnih delov živosrebrnega oksidula, raztopljenih v 100 utežnih delih gorke vode; temu pridenemo še toliko solitarne kisline, da se raztopina popolnoma učisti. To močilo namažemo s čopičem, ki ima jeklene ščetine. po cinkovi elektrodi, katero smo poprej s peskom dobro zdrgnili, z razredčeno solno kislino razjedkali in s čisto vodo skrbno sprali. Dobro je tudi, če žvepleni kislini v glinastem cilindru primešamo med izdatnim tresenjem nekoliko žveplenokislega živega srebra. — Pri amalgamiranju je treba velike opreznosti; če zajde kaj močila v prasko ali rano na roki, lahko nastane nevarno zastrupljenje krvi.

Elektromotorska sila Daniellovega elementa je 1·124 voltov, ali približno jeden volt.

Daniell je s svojo epohalno iznajdbo otvoril novo in jako plodonosno dobo za konstrukcijo stalnih elementov. Pred šestdesetimi ali petdesetimi leti je moral vsak elektrik, ki je hotel imeti kaj veljave, izumeti nov element. Tudi lajiki-amaterji so spravili lepo število novih galvanskih členov na dan. Celo Luis Bonaparte, poznejši francoski cesar Napoleon III., je izumel dva galvanska člena. Vsi nebrojni elementi, ki so bili konstruirani po Daniellovi iznajdbi, pa so si podobni v tem, da na več ali manj spreten način odstranjujejo polarizacijo, rekše, da depolarizirajo bakreno elektrodo.

V nastopnem hočemo opisati nekatere izmed teh elementov, ki se odlikujejo bodi-si po svojem historičnem interesu ali pa so za praktično uporabo še danes važni.

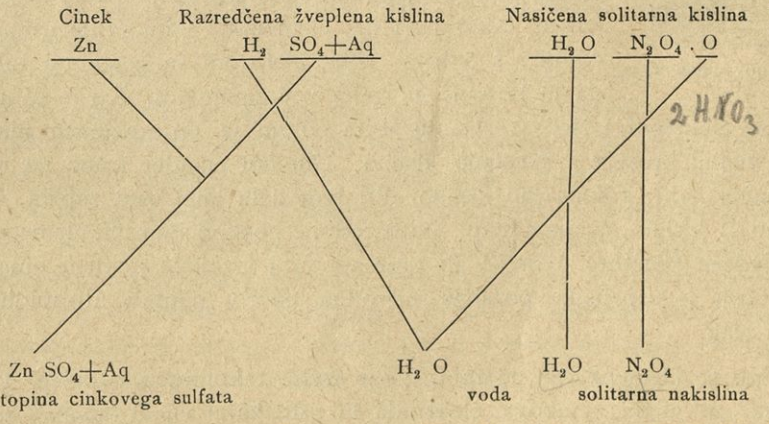
Smee je l. 1840. izumel člen, katerega so dolgo rabili v telegrafskem prometu in ki je še dan danes priljubljen po fizikalnih kabinetih. V stekleni posodi visite dve cinkovi pločí, med njima pa kot pozitivna elektroda ploča od platine ali — iz štedilnih ozirov — tudi iz srebra. To pločo je Smee prevlekel z gobasto platino (platinsko črnjo), ki se obarja iz kloridove raztopine. Platinska črn daje elektrodi baržunasto površje, na katerem se razvijajoči se vodikovi mehurčki ne morejo prijeti in obdržati, temveč dvigajo se kviško in vzhajajo v zrak. Smee je pri svojem elementu torej odstranil polarizacijo fizikalnim, a ne kemičnim potom kakor Daniell. Kapljevina v opisanem elementu je razredčena žveplena kislina. Njegova elektromotorska sila je 1·3 volta. Kemične procese v Smeejevem členu naj pojasni nastopni obrazec:



V zvezo so stopili Zn, O, SO_3, Aq; ločeni so bili H_2, O.

Pri Daniellovem elementu daje modra galica potrebni kisik za oksidacijo vodika. Anglež Grove pa je izročil to nalogo solitarni kislini ter ž njo vpeljal novo vezilo za škodljivi vodik. Konstrukcija Grovejevega elementa je v principu jednaka Daniellovemu, samo da je Grove nadomestil baker s platino, modro galico pa s solitarno kislino in da je postavil cinek v vnanji prostor, platino pa v glinasti cilinder. Ker je platina jako draga, jo rabi Grove le v tenki pločevini, zviti kakor črka S; pritrjena je na porcelanski ploči, ki daje tenki pločevini dovolj opore, ob jednem pa popolnoma pokrije glinasti cilinder, da ne morejo uhajati škodljivi in neprijetni hlapi solitarne kisline.

Kemični procesi v tem elementu se takole vrše:



V zvezo so torej stopili: Zn, O, SO_3, Aq.; ločeni so bili N_2O_4, H_2 O.

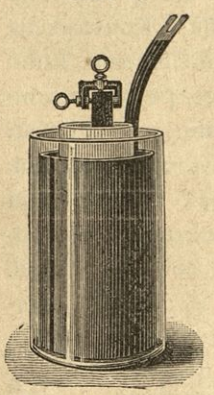
Jakost Grovejevega elementa je zelo velika; elektromotorska sila njegova znaša 1·9 voltov.

Ker je opisani člen predrag, ni našel vkljub svoji jakosti širše uporabe. Že Grove je skušal nadomestiti platino z ogljem, o katerem

je znal, da ima istotako krepko elektrobudno silo, kakor platina, a to se mu ni posrečilo, ker je tedanja tehnika poznala samo lesno oglje, ki vsled svoje luknjičavosti ni sposobno za električne namene. Ko je pa sloveči kemik Bunsen izumel proizvajanje zelo gostega oglja, se je takoj poprijel Grovejeve ideje in konstruiral je l. 1842. člen, kateremu pravimo Bunsenov element.

Bunsenov člen je jednako sestavljen, kakor Grovejev, samo da je Bunsen postavil oglje v podobi cilindra v vnanjo posodo elementa; pozneje je Archereau to obliko v toliko izpremenil, da je oglju dal podobo prizmatične palice in ga premestil zopet v glinasti cilinder. Umeje se, da pride solitarna kislina v obeh slučajih k oglju, žveplena kislina pa k cinku. Slika 3. nam predstavlja Bunsenov element v tej novejši in popravljeni obliki.

Slika 3.



Bunsenov element.

Elektromotorska sila Bunsenovega elementa je približno jednaka z elektromotorsko silo Grovejevega člena. Vsled svoje jakosti in primerne cene se Bunsenov element še danes pogostoma rabi. Zato se hočemo pri njem še nekoliko pomuditi in opisati, kako je treba v praksi postopati ž njim.

Žveplena kislina se razredči s 15 deli vode; solitarna kislina naj bode čista in naj ima 40° Bé. V obeh posodah morata kapljevini stati jednako visoko. Cinkov cilinder se kakor pri Daniellovem elementu skrbno amalgamira, potem se postavi na svoje mesto kakor prvi del elementa. Vanj pride glinasti cilinder z ogljem. Obe elektrodi se postavita tako, da ju pozneje ni treba več premikati. Ko je to urejeno, se elektrodi z žico zvežeta in še le potem se po steklenem lijaku nalije vnanji prostor z žvepleno kislino. Glinasti cilinder treba na jednak način naliti s solitarno kislino. Pri tem delu imej usta zaprta, ker uhajajo iz kisline strupeni hlapi. Zato tudi ne postavljamo teh elementov v obljudene prostore, temveč jih zapremo vsaj v zaprte steklene omare, iz katerih je izpeljana posebna odvodna cev v dimnik ali sploh v prosti zrak.

Ko se element več ne rabi, ga je treba takoj vzeti narazen. Odvijó se vsi vijaki; cinkova elektroda in pritiskalni vijaki (spojke) se s trdo ščetjo osnažijo, potem pa polože v čisto vodo. Oglje se vzame iz glinastega cilindra in solitarna kislina se spravi v steklenice. Če element drugi dan zopet rabimo, ostane žveplena kislina lahko čez noč v vnanji posodi elementa. Glinasto diafragmo moramo skrbno oprati v čisti vodi n tudi ogljik naj se umije. Na dnu kupice ležeča usedlina cinkove ga-

lice se vrže proč in posoda se osnaži. Tako je element pripravljen za novo sestavljenje in novo delo.

Da med rabo elementa uredimo nepravilno kipenje kislin, obdamo oglje, glinasto stanico in vnanjo posodo z 2 *cm* širokim robom od parafina, ki obema kislinama dovoljuje jednako dviganje, a jima zabranjuje prekipevanje. Rob najložje napravimo, če vtaknemo imenovane dele za trenotek v raztopljen parafin.

Hlapi kislin se nekoliko zmanjšajo, ako vlijemo na solitarno kislino debelo plast olja, žvepleni kislini pa priciknemo nekaj kapljic živosrebrnega močila. Žvepleno kislino je treba vsake 3—4 dni zamenjati z novo, svežo, ako je element neprestano v rabi.

Dupré je Bunsenov element napolnil z drugimi kapljevinami, ki so pri rabi manj neprijetne, kakor solitarna kislina. V vnanjo posodo je dal 30odstotno vodno raztopino dvojno-žveplenokislega kalija, v stanico pa zmes 600 delov vode, 400 delov nasičene žveplene kisline, 500 delov natronovega solitarja in 60 delov dvojno-kromovokislega kalija. Učinek je tako čvrst, kakor pri Bunsenovem členu, a element ostane celih 6 dni stalen in porabljiv.

Poleg solitarne kisline je tudi kromova kislina uže dolgo časa znana kot krepek depolarizator. L. 1842. je berolinski fizik Pogendorff opozoril na njeno porabljivost pri galvanskih elementih. Kromova kislina ima mnogo kisika, katerega rada oddaja. Zato v elementu hitro oksidira nastali vodik. Ker je čista kromova kislina predraga, je Poggendorff mesto nje rabil raztopino dvojno-kromovokislega kalija, kateri se pridene nekaj žveplene kisline. Navadno se vzame 370 gramov žveplene kisline na jeden liter vode in 130 gramov dvojnokislega kalija. Kemijski presnutki v tem elementu so precej komplicirani. Tu omenjamo le toliko, da žveplena kislina razkraja dvojno-kromovokisli kalij, pri tem pa kromovo kislino osvobaja. Iz kromove kisline se loči jeden del kisika ter se spoji z vodikom; kot zaostanek biva v raztopini kromov galun.

Elementi s kromovo kislino se odlikujejo pred Bunsenovim členom s tem, da so brez duha in da imajo še večjo napetost, kajti njih električna sila je s pričetka 2 volta. Tudi ni pri njih diafragma potrebna; s tem odpade jeden del v elementu in zato je snaženje kakor tudi sestavljanje bolj jednostavno. Vendar pa je njihovo delovanje omejeno na krajši čas in stalnost je izdatno manjša kakor pri drugih do sedaj opisanih členih.

Jako pripravno obliko je dal elementom s kromovo kislino Grenet, ki je l. 1856 konstruiral svoj steklenični element.

Trebušnata steklenica s širokim vratom je pokrita z lesenim (v novejšem času ebonitnim) pokrovom, ki nosi na spodnji strani dve paralelno pritrjeni ploči od oglja. Sredi pokrova se nahaja kovinska tu-

ljava, po kateri se gori in doli premika medena palčica. Na spodnjem koncu te paličice je cinkova elektroda tako pritrjena, da biva vedno na sredi ogljenih plošč in paralelno ž njima. Vrh pokrova sta dva vijaka, zaznamujoča oba pola, v katera se privijó polarne žice. Jeden vijak je v kovinski zvezi z obema pločama od oglja, drugi pa s kovinsko tuljavo, torej tudi s cinkovo elektrodo. Da zamoremo cinek pritrditi v poljubni višini, ima tuljava na zgornjem koncu mal naravnalni vijaček, ki drži paličičo, oziroma cinek, v zaželjeni legi.

Trebušnata steklenica se z navedeno kapljevino tako visoko napolni, da se cinkova elektroda ne moči več v njej, če je dvignjena do skrajne višine. Kadar hočemo element rabiti, spustimo cinek navzdol v tekočino.

Grenejev člen se povsodi uspešno rabi, kjer potrebujemo močne električne toke za malo časa, kakor n. pr. pri javnih in šolskih predavanjih, pri zdravniškem opazovanju itd. Ker kromova kislina cinek tudi tedaj razkraja, kadar je element odprt, je treba po vsaki rabi cinkovo elektrodo dvigniti iz kapljevine.

Vsi dosedaj opisani elementi dajo relativno močne toke. Ker pa potrebuje ona panoga elektrotehnike, ki je danes v prvi vrsti navezana na delovanje z elementi, to je telegrafija (in telefonija), le bolj slabe toke, so se elektriki že zdavnaj trudili, kako konstruirati element, ki bi tej nalogi odgovarjal ceno, priprosto in sigurno. S početka je telegrafija najbolj rabila Smee-jeve, pozneje pa Daniellove člene; vedno prizadevanje in iskanje pa je rodilo slednjič celo vrsto elementov z malo jakostjo a veliko trajnostjo, tedaj ravno take, kakoršne potrebujejo brzojavne naprave.

Najbolj znan člen te vrste je Meidingerjev element, katerega je izumel l. 1859. profesor Meidinger v Karlsruhe. Pri Daniellovem elementu je glinasta diafragma vir mnogoterih neprilik. Rada se ubije in tudi luknjice se ji časih hitro zaglotijo. Ta nedostatek je Meidinger odpravil s tem, da se je diafragmi popolnoma izognil. Cinkovo elektrodo je obesil nad bakrovo, a prvo je obdal s tekočino, ki je specifično lažja nego raztopina modre galice; lažja kapljevina plava nad težjo, kakor n. pr. plava olje nad vodo. S tem umetnim zavinkom ostaneta v elementu obe kapljevini ločeni, ne da bi morali devati kako steno vmes.

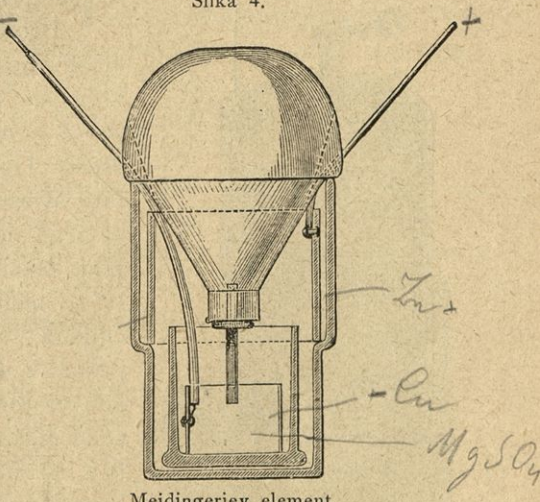
Slika 4. nam kaže podolžni presek Meidingerjevega elementa v obliki, kakoršna je bila do novejšega časa najbolj navadna.

V sliki vidimo cilindrasto, stekleno vnanjo posodo, ki je v zgornjem delu nekoliko širša, kakor v spodnji tretjini. Na prehodu iz večje v manjšo širino nastane rob, na katerem sloni cinkova elektroda. Na dnu vnanje posode stoji druga valjasta steklena posoda, v kateri biva negativna elektroda v podobi valjasto zavitega bakrenega ali pa tudi

svinčenega obročka. Na njem je pritrjena žica, ki vodi tok iz posode na prosto. Ker gre skozi tekočino, v kateri se nahaja tudi cinek kot pozitivna elektroda, mora biti z gutaperčo dobro izolirana. Na zgornjem robu vnanje posode leži glava steklenega balona, ki se navzdol zožuje. V navzdol obrnjenem vratu tiči probkov zamašek, v tej pa steklena cevka, ki moli nekoliko v stekleni cilinder, stoječ na dnu vnanje posode. Cinkova elektroda ima za prevod toka tudi posebno žico pritrjeno. Stekleni balon napolnimo s kristali modre galice, vtaknemo mu zamašek v vrat in ga zvrnemo v vnanjo posodo, kakor kaže slika.

Poprej pa smo še v vnanjo posodo nalili raztopino grenke soli (žvepleno-kisle magnezije). Ta kapljevina prodira skozi stekleno cevko v balon in tam po malem raztaplja modro galico. Nastala raztopina leze navzdol in napolnjuje stekleni cilinder, v katerem je bakrena elektroda, in se dvigne naposled do steklene cevke. Dokler je raztopina krog bakra nasičena, se raztop v balonu ne vrši dalje; ko pa kapljevina v malem cilindru oslabi, prileze zopet nekaj koncentrirane raztopine iz balona navzdol, dočim se oslabela raztopina dviga v balon, kjer se vnovič navzame modre galice. Po tem takem se kapljevina krog bakrene pločevine vzdržuje sama v koncentriranem stanju. Osvobojena žveplena kislina se pomika proti cinku, kjer se vrše nam uže znani presnutki.

Slika 4.



Meidingerjev element.

Elektromotorska sila Meidingerjevega elementa je 1 volt.

Delovanje njegovo je jako stalno in traja več mesecev ali celo več let. Zato se ga telegrafske uprave poslužujejo v ogromnem številu.

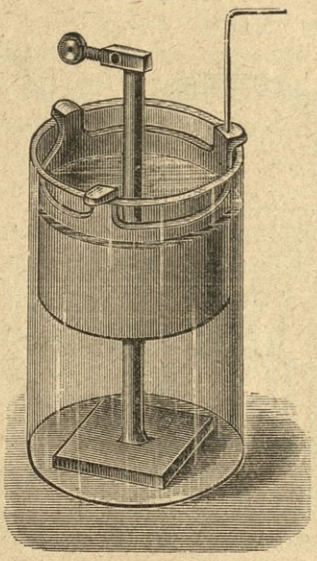
Callaud je l. 1861. dal Meidingerjevemu elementu še bolj jednostavno obliko in je poslednjega izpodrinil v mnogih državah. Slika 5. pojasnjuje Callaudov element.

Na zgornjem robu steklenega cilindra visi s tremi nosovi cinkov cilinder, ki sega nekako do srede posode. Na dnu stekla leži štirioglata svinčena ploča, imajoča na sredi svinčeno vertikalno palico. V posodo se nasuje nekoliko kristalov bakrenega vitrijola, potem pa se posoda napolni z raztopino cinkovega vitrijola. Svinčena elektroda nadomešča baker, a njeno delovanje je nekoliko šibkeje. To pa velja le za prvi čas, kajti kmalu se svinec pokrije z oborino čistega bakra, ki se osvo-

baja iz modre galice in od tedaj je svinčena elektroda postala prav za prav bakrena elektroda. Zaradi večje specifične teže ostane raztopina modre galice na dnu posode in treba je le paziti, da se ne dvigne do cinka. Umeje se samo ob sebi, da moramo Meidingerjev kakor tudi Callaudov element skrbno varovati pred vsakim tresenjem, drugače se nam tekočine pomešajo in električni tok preneha.

Kakor je praktična potreba za telegrafični promet dovedla do raznih izprememb cinkovo-bakrovih elementov, tako so tudi cinkovo-ogljeni členi dobili sčasoma druge in prikladnejše oblike. Izmed vseh členov te vrste je pač najbolje znan element, ki ga je francoz Leclanché izumel l. 1868. Leclanché je porabil rjavi manganovec kot oksidacijsko sredstvo, rekše kot krepek depolarizator, in ž njim dosegel nepričakovane uspehe.

Slika 5.



Callaudov element.

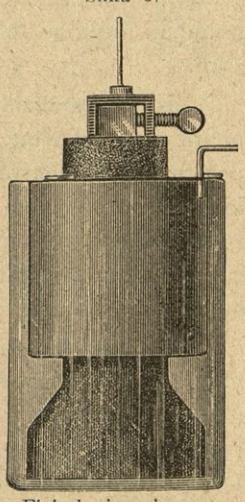
Leclanché je postavil v glinasto cilindrasto posodo pravokotno pločo od oglja, krog nje pa natlačil zmes rjavega manganovca in ogljenih retortnih ostankov (ogljeno pšeno). Ogljena ploča služi za odvod in nosi zato svinčeno glavo z vijakom. Zrnata zmes ne sega do vrha glinaste stanice, temveč na vrhu ostane par centimetrov visok prostor, ki se nalije s smolo, da ne morejo zrna iz cilindra. Stanica stoji v štirioglati stekleni posodi z okroglim, na jednem kraju izbočenim vratom. Na tem mestu se vtakne v posodo cinkova elektroda, imajoča podobo palice, ki nosi na prostem koncu privarjeno odvodno žico. Kot tekočina pride v vnanjo posodo raztopina salmijaka (kloramonija). Rjavi manganovec je kisikova spojina manganova, ki pod določenimi pogoji rada oddaja svoj kisik in oksidira bližnje sestavine. Zato je De la Rive uže l. 1843. predlagal, da bi se rjavi manganovec uporabljal kot depolarizator, a še le Leclanchéju se je posrečila praktična konstrukcija tacega elementa. V sklenjenem elementu se salmijakov klor oprošča in spaja s cinkom v klorov cinek. Salmijak ima tedaj jednako vlogo, kakor v prejšnjih elementih žveplena kislina. Ko je klor izstopil iz salmijaka, se ostali amonij razkroji v amonijak in vodik. Amonijak uhaja iz elementa v zrak, vodik pa se spaja z jednim delom kisika rjavega manganovca, tako da nastane voda. Poleg teh glavnih in nameravanih preosnov pa se vrše še druge, ki delovanju elementa škodujejo, osobito pa v slučaju, če se člen preveč napenja in izkorišča. Rjavi manganovec daje svoj kisik le tedaj jednakomerno na razpolaganje, če

dohaja vodik do njega zmerno in počasi. Zato se Leclanchéjev element povsodi tam z uspehom rabi, kjer hočemo imeti kratko trajajoče in večkrat prekinjene toke, torej pri domačih električnih zvoncih in pri domačih telegrafskih zvezah. V tej uporabi traja element leto in dan, ne da bi ga bilo treba na novo polniti in snažiti. Lahko torej razumemo, da je na milijone Leclanchéjevih elementov nastavljenih in da se z njegovim izdelovanjem peča razširjena industrija.

Ker se tudi pri nas povsodi nahaja v domači porabi, hočemo tu podati nekoliko pravil, kako se ta element nastavi in snaži.

Steklena vnanja posoda se do $^1/_4$ višine nalije z dežnico, v katero se dene po velikosti elementa 60—120 *g* salmijaka v koscih. S sukanjem in dviganjem glinastega cilindra lahko nekoliko pospešimo raztop salmijaka in odženemo zračne mehurčke. Ko se je salmijak raztopil, vtaknemo v posodo cinkovo palico in dolijemo vode do $^3/_4$ višine. Pri tem je treba skrbno paziti, da ostanejo vsi deli zunaj raztopine popolnoma suhi. Ko je treba priliti kapljevine, vzamemo navadno le vodo; čez več mesecev trajne porabe dodenemo elementu nekoliko kosčkov salmijaka. Ako je bil člen že par let v rabi in se je njegova moč izdatno zmanjšala, ga vzamemo narazen. Cinek skrbno očistimo, stanico z ogljem in manganovcem operemo v topli, s sodo nakisani vodi, potem pa ga zopet sestavimo ter prilijemo nove salmijakove raztopine.

Slika 6.



Fleischerjev element

V novejšem času je nemški telegrafski uradnik Fleischer element jako zboljšal s tem, da je povečal površino cinkove elektrode. Slika 6. nas uči, da ima pri Fleischerjevem elementu cinek obliko cilindra, ki visi s tremi nosovi na robu vnanje posode. Mesto glinaste stanice z ogljem in rjavim manganovcem nahajamo pri Fleischerjevem elementu masiven cilinder, ki je na poseben način zgrajen in spečen iz fino zmletega oglja in rjavega manganovca. Ker je važno, da se cinek in oglje nikjer ne približata, ima opisani cilinder širše podnožje z jednakim premerom, kakor notranja svetloba posode. Ko vtaknemo cilinder v steklo, se nam centrira, in vsaka dotika s cinkom je nemogoča.

Fleischerjev element je danes vpeljan pri mnogih državnih telefonskih zvezah. Ker je ploščina cinkova večja, nego pri Leclanchéjevem elementu, je tudi notranji upor manjši, torej jakost toka večja, kakor pri njegovem francoskem izvirniku.

Poleg naštetih raztopin se rabijo še druge tekočine. Tu naj navedemo elemente s klorovim srebrom, ki se rabijo v razne električne igračice, n. pr. za razsvetljavo prsnih igel, za male žarnice v laseh gledaliških plesalk, za razne čarobne efekte na odru itd. Klorovo srebro je l. 1859. predlagal Marie-Davy za konstrukcijo elementov. Pri členih, katere je izumel Waren de la Rue, se klorovo srebro stopi ter vlije v obliko malega cilindra, v katerem tiči srebrna žica. Cilinderčki se ovijo s prgamentnim papirjem in vtaknejo v poskusno stekleničico, napolnjeno z raztopino kuhinjske soli. V raztopini stoji tenka paličica od cinka. Pri razkrajanji se klor loči od srebra in prodira k cinku, ž njim tvoreč klorov cinek, ki se raztaplja.

Jeden tak členčič nima mnogo električne energije v sebi. Ako jih pa več združimo na primeren način ter jih spravimo v plosko škatljico, moremo toliko električne sile nositi v žepu, da nam napaja malo žarnico na prsih, laseh ali kje drugod. Žarnica je po pregibljivih prevodnikih v zvezi z elementi. Skrivno prekidalo omogoči nositelju take igračice, da poljubno otvarja in sklepa električni tok, rekši, da prižiga in ugasuje žarnice.

Klorovosrebrni elementi so na vse strani zavarovani in zaprti, da ni mogoče tekočine razliti. V premnogih slučajih so taki elementi zelo pripravni in elektrotehnika se je že zgodaj pečala z vprašanjem, kako konstruirati element, katerega lahko obračamo na razne strani, ne da bi se razlilo kaj kapljevine. Dotični poskusi so rodili tako zvane suhe elemente, pri katerih so kapljevine nadomeščene z več ali manj gostimi tvarinami, ki se ne morejo razliti iz posode.

Prvotne konstrukcije suhih elementov so bile malo rabljive. Navadno so bile osnovane na Leclanchéjevem elementu, v katerega je bilo natlačeno žaganje, napojeno s salmijakovo raztopino. Da se žaganje ni raztresalo, je bil člen na vrhu zalit s smolo ali drugo jednako tvarino. Drugi poskušalci so kapljevino želatinizirali, to je, pridejali so ji želatine, kleja ali smolnih tvarin, ki se strdijo in vsako izlivanje onemogočijo. Prvi, v istini porabni suhi element je sestavil dr. Gassner jun. v Mogunciji. Iz salmijaka, cinkovega oksida, raznih indiferentnih snovij in vode je zmešal posebno testo, s katerim je svoj element napolnil mesto običajne salmijakove raztopine.

Iz teh kratkih podatkov o suhih elementih je razvidno, da se pridevek «suhi» nanaša prav za prav le na vnanjost teh členov. Od zunaj so v istini suha, trdna telesa, a znotraj biva vedno nekaj mokrote, ki je posrkana od kake porozne, želatinozne ali pa testu podobne mase.

Stikanje elementov. Omenili smo ravnokar, da dobimo močnejši električen tok, ako združimo na primeren način več posamičnih

elementov v jedno skupino. Taki skupini pravimo galvanska baterija, galvanski lanec ali tudi galvanski slop.

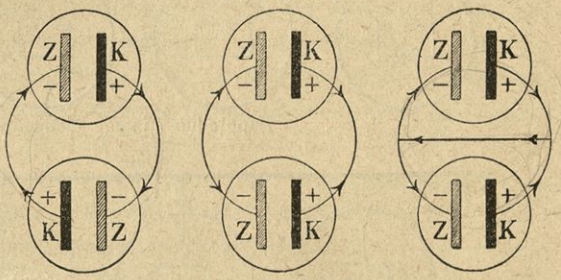
Elemente je mogoče na razne načine sestaviti v jedno skupino. Vsako tako povezavanje in sestavljanje imenujemo stikanje; v širšem pomenu pa rabimo ta izraz sploh v vseh onih slučajih, kedar združujemo elektrobudnike med seboj ali pa s prevodniki in pripravami, do katerih vodijo električni toki.

Ker pa sloni vse stikanje na onih odnošajih, ki jih nahajamo pri galvanskih baterijah, hočemo stikanje elementov takoj na tem mestu, kjer zaključujemo popis galvanskih členov, nekoliko podrobneje opisati.

Vsak galvanski člen moremo primerjati z vodno sesaljko, ki stiska vodo na jednem koncu v cev, na drugem koncu cevi pa vodo zopet vase posrkava, tako da kroži voda neprestano skozi sesaljko in skozi cev.

Pri našem primeru veljaj element za sesaljko, spojna žica pa za cev. Vsled elektrobudnih sil v elementu se tok iz pozitivnega pola požene v spojno žico, leti dalje po vsej žici in po pripravah, ki so morebiti ž njo v zvezi, potem pa beži na negativni pol, ki podpira in pospešuje kroženje s tem, da tok nekako vase posrkava. V elementu samem žene elektroda (cinek), ki je zvezana z negativnim polom, električni tok skozi tekočino proti elektrodi pozitivnega pola, od koder mora vnovič v spojno žico. Tako nastane kroženje, ki traja toliko časa, dokler delujejo elektrobudne sile v elementu.

Slika 7.—9.



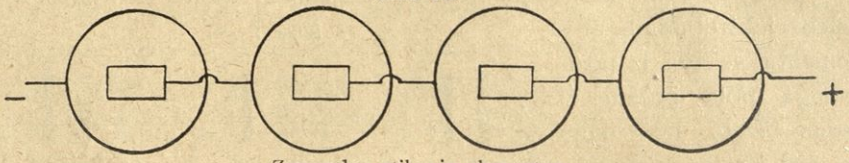
Raznovrstna zveza dveh elementov.

Kako tedaj sklepamo dva elementa? Očividno je, da je to mogoče na dva načina. V prvem slučaju (sl. 7.—9.) sklenemo pozitivni pol K spodnjega elementa z negativnim polom Z zgornjega, pozitivni pol zgornjega člena pa z negativnim polom spodnjega elementa. Pritiskalnemu delovanju spodnjega pozitivnega pola pomaga srkanje zgornjega negativnega pola; istotako povečuje pritisk zgornjega pozitivnega pola sesanje spodnjega negativnega pola. Na tak način staknjena elementa delujeta torej v istem smislu in provzročujeta kroženje toka v meri načrtanih puščic. Stikanje pri katerem je zvezan pozitivni pol prvega člena z negativnim polom druzega elementa itd., se zove zaporedno ali tudi vrstno stikanje.

V drugem slučaju pa kaže slika, da je zvezan pozitivni pol spodnjega elementa z istoimenskim polom zgornjega člena, negativni pol spodnjega elementa pa z negativnim polom zgornjega. Pritiskalni učinki

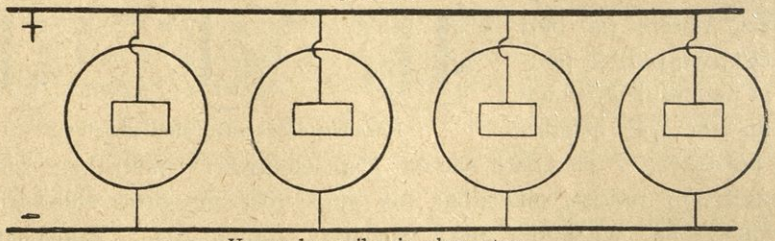
pozitivnih polov imajo torej nasprotne meri in istotako sesalni učinki negativnih polov. Če sta učinka obeh elementov jednaka, ne more nastati električen tok; če sta pa različna, zmaga seveda jačji element in tedaj opazujemo tok, ki kroži v smislu delovanja močnejšega člena, a je za toliko slabši, kolikor znaša nasprotno delovanje slabšega elementa. Tako stikanje bi torej le izjemoma dajalo električne toke. Vender si lahko hitro pomagamo, ako vvedemo v sklepni krog še jedno žico, kakor je razvidno iz tretje slike. Zvežimo žici, ki družita istoimenska pola obeh členov, z novo žico, tedaj preide pritiskalni učinek obeh pozitivnih polov na to žico, in oba elementa stiskata svoja pozitivna toka vanjo. Drugi konec naše žice je pod sesalnim vplivom obeh negativnih polov; tedaj tlačita oba elementa na jedni strani svoj pozitivni tok v spojno žico na njeni drugi strani pa ga srkata iz nje. Končni

Slika 10.



Zaporedno stikanje elementov.

Slika 11.



Vzporedno stikanje elementov.

rezultat je torej neprestano kroženje električnega toka po spojni žici. Stikanje te vrste se imenuje vzporedno ali paralelno.

Kar smo tu pokazali na dveh elementih, velja za poljubno število členov. Sliki 10. in 11. kažeta najprej zaporedno, potem pa vzporedno stikanje štirih elementov.

Za elektrika je vprašanje, kako stikati elemente ali druge proizvodnike električne sile, temeljne važnosti. Da spoznamo razlike obeh stikalnih metod, nam zopet izvrstno pomaga naš primer s sesaljko. Ako postavimo n. pr. 4 sesaljke tako zaporedoma, da druga sesaljka ravno isto vodo posrkava in dviguje, katero je posrkala in dvignila prva, da nadalje tretja na isti način zajema iz druge itd., torej tako, da je tlakovno ustje vsake sesaljke zvezano s sesalnim ustjem naslednje sesaljke, potem se bode dotični vodni tok pretakal zaporedoma po vseh smrkih. Recimo, da dvigne vsaka sesaljka po jeden kubični meter vode v jedni minuti, potem ne spravijo vsi štirje smrki skupaj nič več vode

kvišku, kakor jedna sama sesaljka, kajti vsaka dvigne le ono vodo, katero ji je njena prednica podala, torej v jedni minuti jeden kubični meter. Mislimo si nadalje, da stlači vsaka sesaljka svoj kubični meter vode jeden meter visoko, potem so spravile vse štiri sesaljke vodo samo štiri metre navzgor. Z zaporednim stikanjem sesaljk torej nismo povečali množine dvignjene vode, a tlakovne učinke smo sumirali: štirje smrki so pognali vodo štirikrat više, nego bi to zamogla jedna sama sesaljka. — Sedaj pa združimo sesaljke na drug način. Postavimo jih v skupno, široko cev, iz katere vse najedenkrat sesajo vodo vase ter jo tlačijo v skupno odtočno cev. Vsak smrk dvigne iz skupne cevi jeden kubični meter vode na visočino jednega metra, vsi štirje smrki torej štiri kubične metre, a samo jeden meter visoko. Sesaljke so bile vzporedno združene; s takim stikanjem se ne poveča tlakovna višina, a množina dvignjene vode je večja in sicer primerna številu sesaljk.

Slični odnošaji bivajo pri združenju elementov. Ako staknemo več elementov zaporedno, delujejo raznoimenski, staknjeni poli v skupnem smislu in vsak nov element poveča tlak; dva člena dajeta dvojni napon ter kažeta dvojno elektromotorsko moč, trije elementi trojno itd. Pri zaporednem stikanju se po tem takem sumirajo elektromotorske sile posamičnih elementov, tako da je n. pr. pri štirih jednakih členih med prostim negativnim potom prvega in med prostim pozitivnim potom zadnjega člena naponska razlika štirikrat večja, kakor pri jednem samem elementu. Z zaporednim stikanjem členov povečamo torej njihove naponske učinke.

Pri vzporednem stikanju delujejo elementi skupno na spojno žico in tlačijo združeno svoje električne sile vanjo; s tem povečajo jakost toka, a tlak ostane isti, kakor pri jednem samem elementu.

Glede jakosti toka se pa vendar ne more splošno trditi, da bi tako naraščala, kakor raste število staknjenih elementov, kajti jakost ne zavisi samo od tlakovnega učinka, temveč tudi od upora, ki ga najde električni tok pri svojem kroženju. Ako staknemo n. pr. šest elementov zaporedno, postane tlak sicer šestkrat večji kakor pri pojedinem členu, a tok, ki mora preteči vseh šest elementov zaporedoma, je premagal na svoji poti šestkrat večji upor kakor v jednem samem elementu. To je notranji upor, kateremu se pridruži še vnanji upor spojne žice. Kadar so pa elementi vzporedno staknjeni, se razdeli pot toka na vseh šest členov; cesta njegova je šestkrat širša in zato najde tudi šestkrat manjši upor kakor pri jednem samem členu. Vzporedno stikanje zmanjša torej notranji upor baterije primerno s številom elementov, če so le-ti med seboj jednaki.

Sedaj lahko znamo, kak vpliv ima stikanje na jakost toka. Jakost je zavisna od naponske razlike in od skupnega upora v tokovem

krogu — torej je treba napraviti veliko naponsko razliko in tem manjši upor. Razmerje med tema dvema količinama določuje vnanji upor. Recimo, da je ta jako velik in da staknemo naših šest elementov zaporedno. S tem povečamo naponsko razliko, ob jednem pa tudi notranji upor. Ker pa je pri našem zgledu vnanji upor zelo velik, se skupni upor le malo izpremeni, ko mu je prirasel notranji upor. Količina «upor» ostane razmerno skoraj ista, in zato smo prav naredili, da smo povišali skupni tlak; zaporedno stikanje je v tem slučaju na svojem mestu.

Drugi pot naj bode vnanji upor neznaten. Ako ostanemo pri zaporednem stikanju, povečamo tudi napon, ob jednem pa zopet notranji upor. Ta znaša sedaj glavni del vsega upora in njegovo povečanje se takoj pozna. Pomnoženje napona nam malo pomaga, ker ob jednem narašča tudi skupni upor. Naših šest elementov nam torej ne daje skoraj nič močnejšega toka, kakor jeden sam člen. Zato v tem slučaju rajše popustimo povečanje napona, ker ž njim raste upor; rajše skušamo upor skrčiti in zato staknemo elemente vzporedno. Tu zmanjša vsak element notranji, torej tudi skupni upor, za zdatni znesek in jakost toka se pomnoži.

To razmotrivanje pouči elektrika, kako stikanje mu je uporabljati v konkretnih slučajih. V obče velja pravilo: Z danim številom elementov dosežemo največjo jakost toka, čim bolj je notranji upor baterije jednak vnanjemu uporu.

Tem pogojem ne moremo vselej ustreči z zaporednim ali pa vzporednim stikanjem vseh elementov. Treba je časih uporabljati tudi mešovito stikanje, pri katerem razdelimo člene na več skupin; člene vsake skupine staknemo med seboj vzporedno, posamične skupine pa zaporedno. Na ta način si pomagamo pri raznih nalogah.

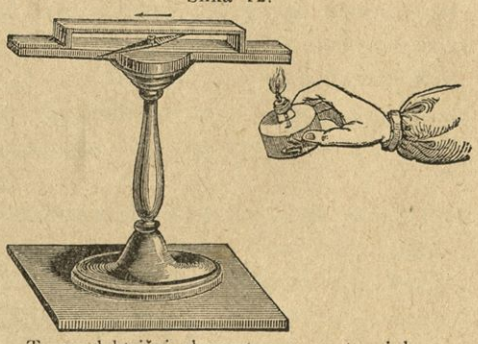
O stikanju bodemo pozneje še čestokrat govorili, kajti primerno stikanje je jeden glavnih stebrov, na katerem sloni moderna uporaba elektrike.

II. Termoelektrični elementi.

Seebeckov element. Gülcherjev steber.

Nemški fizik Seebeck je l. 1822. našel, da postane električni tok, ako segrejemo spojišči dveh različnih kovin. Na palico od bizmuta je privaril bakreni locenj, da je dobil pravokoten okvir. Sredi okvira je pritrdil magnetno iglo, ki se na jekleni osti prosto giblje. (Slika 12.) Okvir je postavil tako v ravnino magnetnega meridijana, da je bival z iglo v isti ravnini. Potem je segrel jedno spojišče, drugo pa je pustil pri prvotni temperaturi. Magnetnica se je takoj odklonila iz pravokotnikove ravnine in s tem dokazala prisotnost električnega toka, trajajočega toliko časa, dokler imata spojišči obeh kovin različni temperaturi.

Slika 12.



Termoelektrični element z magnetno iglo.

Baker in bizmut moremo nadomestiti tudi z druzimi kovinami. Nastala elektromotorska sila je zavisna od temperature, kakor tudi od tvarine in strukture kovin. Seebeck je te razmere podrobno proučil ter razvrstil kovine v nastopno termoelektrično naponsko vrsto: + Antimon, arzen, železo, cinek, srebro, zlato, kositar, svinec, baker, platina, kobalt, nikelj, bizmut —.

Antimon in bizmut sta v tej vrsti najbolj oddaljena in zato tvorita najjačje termoelektrične toke; vendar pa je v obče jakost termoelektričnih tokov zelo majhna. Elektromotorska sila termoelektričnega elementa, sestoječega iz srebra in bakra je n. pr. le 0·002 delov Daniellovega člena.

V novejšem času je R. J. Gülcher sestavil termoelektrični element, ki ima to prednost pred starimi, da se tako hitro ne obrabi in ne sežge. Segreva se s plinom. Ako združimo več elementov na primeren način skupaj, se jakost toka seveda poveča. Največje take baterije Gülcherjevih členov dajejo tolike električne toke, kakor dva Bunsenova elementa. Pri tem porabijo vsako uro samo za 1—2 krajcarja plina. Zato se v časih z uspehom rabijo v malih laboratorijih, v galvanotehnične svrhe, za zdravniške namene itd.

V obče pa imajo termoelektrični elementi danes še tako neznaten pomen v elektrotehniki, da se nam na tem mestu ni treba intenzivneje nanje ozirati. Omenili smo jih le zaradi popolnosti, da poznamo tudi te vrste proizvodnikov električnih tokov.

III. Dinamo-stroji.

Tipala magnetov ali črte silokaznice. Drsalni obroči. Kolektor, komutator ali menjalo. Pixiijev stroj. Magnetoelektrični stroji. Alliance-stroj. Siemensov induktor. Wildejev stroj. Dinamoelektrični princip. Grammejev obroč. Vrtinčasti toki. Grammejevi dinami. pl. Hefner-Alteneckov bobnasti induktor. Siemensovi stroji. Edisonov stroj. Manšesterski tip. Multipolarni stroji. Stroji z notranjimi poli. Stroji za istomerne in za izmenične toke. Stroji za vrtilne toke. Stikanje dinamo-strojev. Stikanje v glavni tok. Stikanje v stranski tok. Mešano stikanje.

Opisane galvanske, oziroma termoelektrične baterije nam dajejo električne toke, ki so pač rabljivi in priročni za razna znanstvena raziskovanja in za vse one praktične namene, pri katerih ne potrebujemo velike jakosti in silne napetosti. Moderna elektrotehnika pa se ne more zadovoljiti s takimi slabimi toki. Njene naloge so postale širše in večje; ona danes deluje s toki, katerih bi s pomočjo baterij nikdar ne mogli proizvajati. V to svrho je bilo treba močnejših proizvodnikov, kakoršne nam podajajo novodobni električni stroji. Še le tedaj, ko se je posrečilo konstruirati priprave za silne toke, povzpela se je elektrotehnika na svoje sedanje stališče.

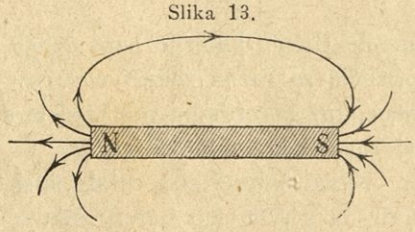
Stroji, s katerimi proizvaja sedanja elektrotehnika svoje toke, sloné na vzajemnem delovanju magnetizma in električnih tokov, torej na onih prikaznih, katere smo uže označili z imenom indukcija. Pojave indukcije moramo tedaj najpreje poznati, ako hočemo razumeti delovanje električnih strojev.

Vpliv vsacega magnetnega pola (kakor tudi vsake žice, po kateri kroži električni tok) sega v daljavo, oziroma se kaže v vsem prostoru krog magneta. Ta vpliv nas opominja na zakurjeno peč, ki tudi pošilja svojo gorkoto izven sebe v bližnji prostor. Pri peči zapazimo toplotne trakove s svojim čutom, pri magnetu pa to ni mogoče, pač pa lahko dokažemo z drugimi sredstvi njegov vpliv na vnanje. Če približamo magnetnemu polu drug magnetni pol, se odbijata ali pa privlačujeta; če potisnemo železnih koscev ali opilkov v bližino magneta,

jih potegne nase in razvrsti z neko čudovito pravilnostjo — vse to priča, da sega vpliv magneta čez meje njegovega telesa. Tu si pa ne smemo misliti, da magnet vselej le takrat stegne svojo nevidno moč do tujega predmeta, kadar se mu ta približa in ga «podraži», temveč magnet napolnjuje s svojim vplivom neprestano ves bližnji prostor, tako kakor greje zakurjena peč neprestano svojo okolico. Za boljše pojmovanje te prikazni si lahko predstavljamo, da ima magnet ves čas razprostrta v bližnji prostor neka «tipala» ki vplivajo takoj na vsako železo, ki zajde med nje; ta podoba sicer ne odgovarja strogim znanstvenim pojmom, a je za praktično porabo in jasno pomisel dobrodošla.

Recimo torej, da izvirajo iz vsacega magnetnega pola premnoga tipala, ki segajo v bližnji prostor. Ta tipala imajo svoje simpatije in antipatije in so jako protivne naravi. Če zadene tipalo jednega pola na tipalo kacega druzega, a istoimenskega pola, se mu sovražno umakne; na jednak način bežé tudi tipala, ki izvirajo na istem polu, drugo pred drugim; na svojem prostem koncu se torej vsako tipalo kolikor mogoče oddali od soseda, kakor kaže slika 13.

Slika 13.



Če pa se srečata v prostoru tipali dveh raznoimenskih polov, se takoj prijateljsko približata, uležeta se lepo drugo na drugo in tako tesno sprimeta, da se celo skrčita. Zato se tudi pri jednem in istem magnetu skušajo združiti tipala jednega pola s tipali drugega pola; pri magnetni palici (sl. 13.) se torej zasučejo posamične nitke krog pola nazaj, da se ujamejo s tipali na drugem koncu, ki so na isti način zasukane nazaj čez svoj pol.

Naša tipala pa se ne raztegajo samo v prazni ali zračni prostor krog magneta, temveč prodirajo rada tudi skozi trdne tvarine, osobito pa skozi železo, ki jim je dokaj ugodnejša pot nego zrak. Ko to znamo, smemo sedanjo podobo nekoliko razširiti. Mislimo si, da gredo tipala tudi skozi magnetovo telo in sicer od južnega pola proti severnemu. Na tem polu proderó iz magneta ven in se razprostró v bližnji prostor, potem se pa vračajo nazaj proti južnemu polu, ki jih potegne in posrka zopet vase. Lahko bi te prikazni tudi tako tolmačili, da nepoznana sila tlači skozi magnet nekako tekočino ali fluidum, ki na severnem polu teče iz magneta v prostor, od koder ga južni pol posrkava nazaj v magnet. Ta pomisel seveda ne odgovarja istini, kajti v magnetu je opisano razmerje stalno stanje in nema gibanja, kakor bi ga imel naš domnevni obtok. Vkljub temu bodemo govorili o magnetnem toku, ker nam ta izraz dobro služi za predstavljanje in slikanje dotičnih pojavov.

Sedaj raztegnimo našo podobo še dalje, ter recimo: Po notrini magneta se poganjajo tipala od južnega pola proti severnemu, zunaj pa od severnega pola proti južnemu. Ko zadenejo ta tipala v prostoru na kako magnetljivo telo, na pr. železo, je takoj proderó, in v telesu nastanejo jednake razmere, kakor v magnetu, ki je razposlal svoja tipala. Nitke vstopijo na jednem koncu v telo, gredo po njem in izstopijo na drugem koncu iz njega. Po prejšnjem je oni konec, v katerega stopijo tipala, južni pol, drugi konec pa, kjer tipala telo zapuščajo, severni pol. To se pravi: Če približamo na pr. kosček železa severnemu polu, se pomagneti ter dobi na onem koncu, ki je proti temu polu obrnjen, svoj južni pol (tu stopijo tipala, prihajajoča iz severnega pola, v železni kosček), na drugem koncu pa dobimo severni pol.

Rekli smo, da tipala napolnjujejo ves prostor krog magneta. Neposredno pri magnetu so najbolj gosta, a čim dalje pridemo od magneta, tem redkejša so.

Slikane razmere je najprvi proučil in opisal sloveči Faraday. Meri, v katerih se javlja vpliv magneta na njegovo obližje, je imenoval črte silokaznice — to so naša «tipala», — prostor, v katerem se nahajajo silokaznice, pa magnetno polje. Vendar nam služi zadnji izraz običajno le za oni prostor, v katerem so silokazne črte še tako goste, da imajo za praktično porabo kaj pomena. Čim jačje je magnetno polje, tem gosteje so silokaznice v njem sejane. Najbolj goste so sploh na polih; na podkovastih magnetih, pri katerih stojita pola drug drugemu nasproti, se pa v največji množini nahajajo med tema poloma, vežoče ju premočrtno. Sploh nam služi število silokaznih črt na ploskovni jednoti za merilo intenzitete magnetnega polja.

Silokaznice ne vplivajo samo na železo, ampak tudi na druge kovine; tedaj pa njihovi učinki niso magnetni, temveč električni. Če se namreč kovinski prevodnik na primeren način giblje v prostoru, ki je napolnjen s silokaznicami, nastane v tem prevodniku električen tok. Pod vplivom silokaznih črt se torej izpremeni mehanična sila, ki je potrebna za gibanje prevodnika, v električno silo, v električen tok.

Pogoji za postanek električnega toka so pa naslednji: Ako se sklenjen prevodnik — recimo da ima podobo obročka — tako giblje v magnetnem polju, da se izpreminja število silokaznih črt, katere seče gibajoči se obroček, nastane v njem elektromotorska sila, ki proizvaja električni tok; jakost toka je pri istih razmerah zavisna od števila presekanih silokaznih črt. Zato moremo elektromotorsko silo povečati z ojačenjem magnetnega polja ali pa tudi s povečanjem hitrosti prevodnikove.

Mer električnega toka določimo z nastopnim pravilom: Ako gledamo v meri silokaznic na obroček in ako ga premikamo tako, da se število sekanih silokaznih črt zmanjšuje na prevodniku, teče v njem inducirani električni tok kakor kazalec na uri; če pa število sekanih silokaznic narašča, teče inducirani tok obratno od kazalcev na uri.

Poprej smo govorili o jednem samem kovinskem obročku, katerega pregibljemo v magnetnem polju. Mesto jednega samega obročka denemo sedaj več ali mnogo ovojev (sl. 14.), torej celo spiralo. Če te združene ovoje na opisani način premikamo v magnetnem polju, nastane v vsakem obročku električen tok; ker so pa obročki tako zvezani, kakor smo to opisali pri zaporednem stikanju elementov, se toki posamičnih obročkov sumirajo in končni rezultat je dokaj jačji električen tok, kakor pri jednem samem obročku. Ako naš spiralni ovoj na jednem samem mestu presekamo, dobimo dva pola, od katerih upeljemo dobljeno električno silo v druge kraje.

Slika 14.

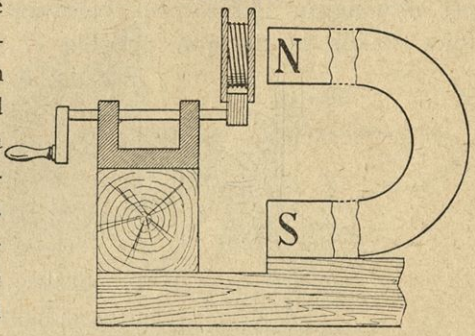


Zdaj vemo dovolj, da zgradimo stroj, ki nam bode proizvajal električne toke. Vzemimo ovoj kovinske žice in ga nataknimo na leseno tuljavo, katero zopet pritrdimo na primerno vratilo z vitlom (sl. 15.) Nasproti žičnemu ovoju postavimo jeklen magnet, ki naj ima svoj severni pol n. pr. pri črki N. (V vseh naših slikah je severni pol označen s črko N, južni pa s črko S.) Če sedaj vitel zasučemo, se žična spirala začne oddaljevati od magnetnega pola; število sekanih silokaznic pojema, in v spirali nastane električen tok določene meri. Ko smo prekoračili polovico vrteža, se spirala zopet začne bližati magnetnemu polu, število sekanih silokaznih črt narašča in nastali električni tok ima ravno nasprotno mer, kakor v prvi polovici vrteža. V teku jednega vrteža smo torej dobili dva električna toka, ki menjavata svojo mer, torej dva izmenična toka.

Pri našem stroju pa leti spirala le malo časa v toliko jakem magnetnem polju, da smemo primeren učinek pričakovati, kajti na svojem potu se vendar le preveč oddali od pola, kjer so silokazne črte najbolj goste. Poskusimo odpomoči temu nedostatku. Mesto magnetne palice uporabimo podkovast magnet (sl. 15.) in izkoristimo še južni pol S, ki poprej ni prišel v poštev. Potem bode spirala tudi ob južnem polu dobila tokov impulz in ne bode več hodila zastonj po spodnji polovici pota, kakor v prvem slučaju. Zavrtimo! A kaj je to? Sedaj dobimo dokaj slabši električen tok, kakor pri prvem stroju! Pri podkovastem magnetu stojita oba pola prav blizu skupaj in sorodna tipala

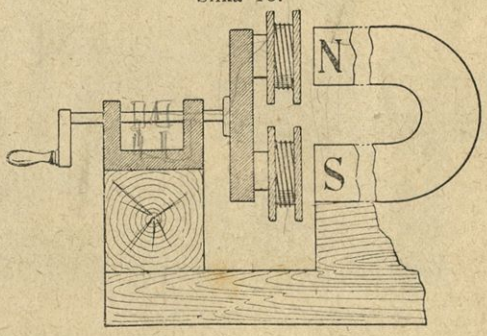
imajo priliko, združiti se na najkrajši poti. Mesto da bi šla skozi spiralo, silijo skoraj premočrtno od pola do pola, torej pred spiralo; žica seka le malo silokaznic in učinek je neznaten. Vendar si lahko pomagamo; treba je le tipala primorati, da gredo skozi žično spiralo. To se zgodi, ako v tuljavo, ki je ovita z žico, vtaknemo kratko železno jedro, to pa pritrdimo na železno ploščo. Ob jednem uporabimo rajše dve tuljavi, (sl. 16.), kateri postavimo na skrajnih točkah naše nove železne plošče. Magnetna tipala gredo — kakor smo že omenili — dokaj rajše skozi železo, nego skozi zrak. Ploča jih odvrača od prvotne meri med obema poloma in jih spravlja na pot, ki vodi skozi tuljavi. Če sedaj vitel zavrtimo, dobi vsaka spirala električni tok, ki pri vsakem polu-vrtežu izpremeni svojo mer; rezultat so torej izmenični toki.

Slika 15.



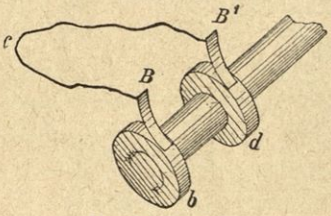
Ti toki pa bivajo samo v spirali, za odvod in porabo njihovo pa nismo še ničesar ukrenili. Da se to zgodi, je treba zvezati najprvo obe spirali; po jeden žični konec vsake spirale združimo tako, da sta zavoja zaporedno staknjena, ostala dva prosta konca tvorita pa pozitivni in negativni pol stroja. Končno je treba le še od obeh polov žice dalje napeljati v vnanji tokov krog. Ker se vitel suče, se žica vnanjega tokovega kroga ne more neposredno pritrditi na spiralah, kajti pri vrtenju bi se žica namotala na vratilo ali na vitel. Zato moramo skrbeti, da zvežemo pole s prevodniki samo električno, a ne tudi mehanično. Kako se to zgodi, kaže sl. 17. Na os vitla nataknemo dva izolirana kovinska obročka *b* in *d*, ter zvežemo jednega s prvim, ostalega pa z drugim polom na spiralah. Na ta način smo pola prav za prav prestavili v obročke. Z obročkov-polov posnamemo električni tok s pomočjo dveh elastičnih peres B in B', ki držeta vzmetno na obročkih, ter ga napeljemo v vnanji tokov krog *c*. Opisano pripravo za odpeljavo toka imenujemo drsalni kontakt.

Slika 16.



Tok, ki se pretaka po vnanjem krogu, pa ni istomeren, kakor n. pr. tok galvanske baterije. Pri vsakem poluvrtežu izpremeni svojo mer in mi dobimo prav za prav le menjajoče se tokove udarce — izmenične toke. V premnogih slučajih pa izmeničnih tokov ne moremo rabiti in želimo si istomernih tokovih impulzov. Istomerne toke dobimo, če drsalne obroče tako razvrstimo, da vsako pero v istem trenotku zamenja svoj obroč, ko električni tok izpremeni svojo mer. Ono pero, ki n. pr. pri jednem impulzu dobi dohajajoči tok, ne bode potem pri prihodnjem nasprotnem tokovem impulzu odvajalo odhajajočega toka, kakor se to zgodi pri sliki 17., temveč v tem hipu je pero zamenjalo svoj obroč in se uleglo na oni, ki sedaj oddaja dohajajoči tok. Jedno pero dobiva torej neprestano le dohajajoče, drugo pero pa odhajajoče toke. Slika 18. nam te razmere zadostno pojasnjuje.

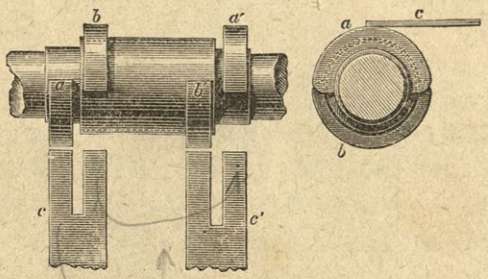
Slika 17.



Drsalni kontakt.

Vsak drsalni obroč je razrezan na dva poluobroča, ki sta nekoliko odmaknjena drug od druzega. Obe polovici pa nista več v električni zvezi, temveč poluobroča *a* in *a'* sta za-se sklenjena z jedno tuljavo, poluobroča *b* in *b'* pa zopet zase z drugo tuljavo. Peresi *c* in *c'* sta toli široki, da lahko dršeta po jedni ali pa po drugi polovici vsacega poluobroča. Recimo, da v tem hipu biva v *a* in *a'* odhajajoči, v *b* in *b'* pa dohajajoči tok, potem je očividno, da pero *c* sprejema iz *a* odhajajoči, iz *b'* pa dohajajoči tok. Ko se vitel do polovice zavrti, se mer toka v spiralah obrne; poluobroča *a* in *a'* dobita sedaj dohajajoče, poluobroča *b* in *b'* pa odhajajoče toke. V tem trenutku začne pero *c* drsati ob *b*, torej sprejema zopet odhajajoče toke, pero *c'* pa se nasloni na *a'* in napeljuje nanj dohajajoče toke. Vsako pero dobiva torej neprestano toke iste meri. Poluobroči pač vedno menjavajo svoje pole, peresi pa jih obdržita neizpremenjene; jedno pero je zmiraj pozitivni, drugo pa negativni pol. Opisana priprava, ki torej mehaničnim potom pretvarja izmenične toke v istomerne, se zove komutator ali tokovo menjalo.

Slika 18.



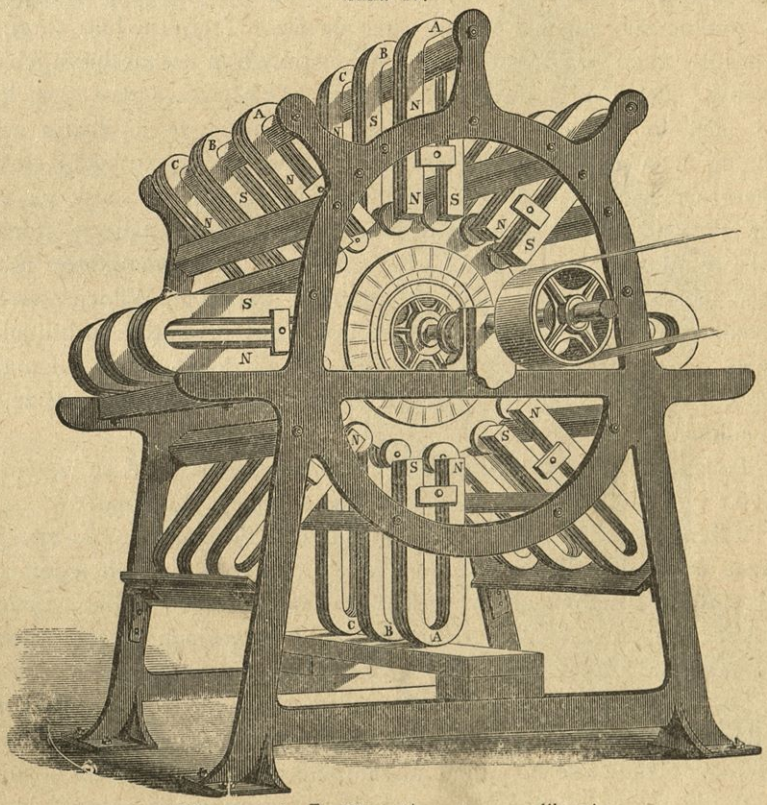
Komutator ali tokovo menjalo.

Prvi, ki je po teh načelih zgradil stroj za proizvajanje električnih tokov, je bil Pixii. — L. 1832. se mu je na podlagi Faradajevih raziskovanj o magnetnem polju in o silokaznih črtah posrečilo sestaviti stroj,

ki je danes le še častitljiv praded poznejšim dinamo-strojem v širšem pomenu, to je onim strojem, ki eneržijo gibanja pretvarjajo v električno energijo.

Stroji z jeklenimi magneti, kakoršen je Pixiijev model, se imenujejo magnetoelektrični stroji. Razumljivo je, da je nova iznajdba obudila veliko senzacijo in da je kmalu jela vplivati na razvoj elektrotehnike. Najprvo so se zanjo zanimale tvrdke, ki so galvanoplastično

Slika 19.



Alliance-stroj v približno $^1/_{10}$ naturne velikosti.

srebrile in zlatile razne kovinske izdelke. Vsled tega se je krog l. 1854. osnovala v Parizu družba «Compagnie l'Alliance» ter uredila tvornico za grajenje magnetoelektričnih strojev. Mašine te družbe — «Alliance-stroji» imenovane — so imele veliko jakost in kmalu jih nahajamo v različnih porabah, osobito pri obrežnih majakih, kjer so jim napajale obločne svetilnice. Slika 19. nam predstavlja Alliance-stroj v $^1/_{10}$ naturne veličine. Postavili smo ga na to mesto samo iz historičnega interesa; v današnji elektrotehniki nema nobenega pomena več.

Pri tem stroju vidimo, da je uporabljenih mnogo podkovastih magnetov, oziroma magnetnih baterij, ki imajo pri N svoj severni, pri S svoj južni pol. Številu magnetnih polov odgovarja število tuljav z žičnimi spiralami.

Velike magnetoelektrične mašine pa imajo izdatne nedostatke. Ker je učinek jeklenega magneta primeroma majhen, je treba mnogo velikih in težkih magnetov. S tem pa neprijetno narašča veličina mašine, njena teža in tedaj tudi cena. Poleg teh nedostatkov magneti kmalu oslabé, in razmerje med dobljeno električno energijo in neporabljeno gonilno silo postaje vedno neugodnejše. Treba je bilo torej najprej misliti, kako se otresti dragih, malouspešnih in nezanesljivih jeklenih magnetov. Zakaj bi mesto njih ne rabili elektromagnetov, ki so dokaj jačji in stalnejši, nego jekleni? Ta misel se je kmalu vrinila tehnikom, a nihče se je ni hotel prav poprijeti, ker so tedaj elektromagnete vzbujali le z galvanskimi baterijami, katerih so se pa vsled slabih izkušenj ogibali, kjer so le mogli. Prvi korak dalje je storil H. Wilde v Manchestru l. 1866. Za vzbujanje elektromagnetov ni vzel baterij, temveč posebno magnetoelektrično mašino. Wildejev stroj je bila velika magnetoindukcijska mašina, pri kateri so bili jekleni magneti nadomeščeni z elektromagneti. Ti so dobivali tok od malega stroja z jeklenimi magneti, katerega je vrtila ista os parne mašine, kakor veliki stroj.

Tuljave z žičnimi spiralami in železnimi jedri vred se zovejo induktor (navodič), kotva ali armatura (oprema) stroja.

Važen korak v napredku se je posrečil Nemcu Wernerju Siemensu, ki je dosedanjo okorno obliko tuljav in njihovih jeder izpremenil v drugo, mehanično in električno bolje rabljivo obliko. Siemensova kotva je železen cilinder, ki ima na dveh straneh izrezana globoka utora, tako da kaže v počeznem prorezu podobo dvojnega T.

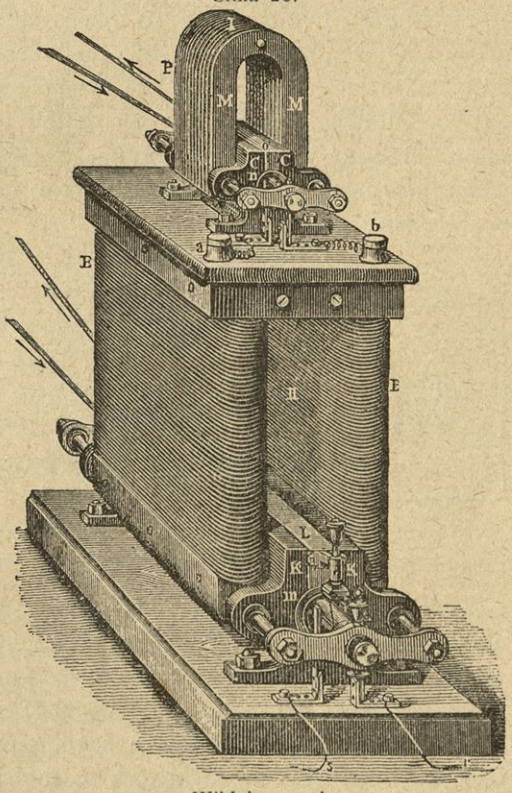
Po izrezanih utorih je navita izolirana žica in sicer v toliki množini, da utora popolnoma izpolni in da dobimo slednjič popolnoma valjasto telo. Cilinder se suče med magnetnimi poli, ki ga telesno objemajo.

Wilde je porabil Siemensovo zboljšano armaturo in sestavil končno stroj, ki ga kaže sl. 20. Na tem stroju zapazimo dva ploska elektromagneta E, E. Njuna pola nosita spodaj železna polarna čevlja K, K, ki puščata med seboj valjast kanal. V tem kanalu se suče Siemensova kotva; goni jo jermen, ki se vidi v zadnjem delu slike. Elektromagneta vzbuja majhen magnetoelektričen stroj, stoječ vrh večje mašine. Njegovi jekleni magneti so M, M, ki imajo tudi svoje čevlje C, C, med katerimi se vrti Siemensova armatura, gnana od posebnega jermena.

Pri dosedanjih strojih je treba torej jeklenih magnetov ali pa elektromagnetov, katerim vzbudimo magnetizem s posebnim magneto-

električnim strojem. Elektromagnetom moramo na vsak način od drugod dovajati potrebne elektrike. To pa je nekako tako, kakor bi na pr. lastnik tvornice za olje posebej kupoval olja za mažo svoje stiskalnice ali kakor bi zidar, ki zida tik vode, za apno dovažal potrebno močo od drugod. Naš stroj proizvaja velike množine elektrike in vendar iščemo za elektromagnete tujih električnih virov! Zakaj bi ne jemali električne sile od svojega lastnega aparata — tako so se jeli tehniki popraševati, in s tem se bližamo novejši dobi v razvoju elektrotehnike. L. 1867. sta Anglež Charles Wheatstone in že imenovani Werner Siemens v Berolinu istočasno, a nezavisno drug od druzega, razvila in uporabila princip, da naj stroj sam daje potrebno elektriko, ter mahoma predrugačila dotedanje obzorje glede grajenja električnih mašin. Wheatstone je svoje raziske objavil 14 dni pozneje nego Siemens in zato velja poslednji — vsaj v Nemcih — za prvega izumitelja te ženijalne ideje.

Slika 20.



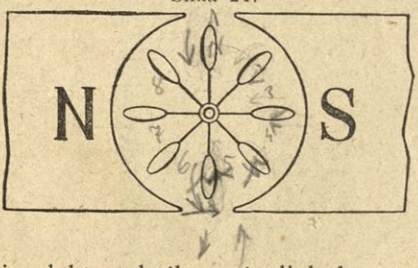
Wildejev stroj.

Siemens se je v prvi vrsti opiral na dejstvo, da biva v vsakem kosu železa nekoliko magnetizma — takozvanega remanentnega magnetizma. Vsak elektromagnet ima torej neznatno množino magnetizma v sebi, če tudi ne kroži po njegovih ovojih nikak električen tok. Mala trohica remanentnega magnetizma v železu pa zadošča, da inducira v sukajoči se armaturi nekoliko slabih tokov. Te inducirane toke napeljemo po primernih žicah krog elektromagneta, ki postane vsled tega jačji, nego je bil poprej. A če je elektromagnet postal močnejši, bode tudi močnejše toke induciral v armaturi. Iz armature gredó sedaj vnovič jačji toki krog magneta, ta pa takoj zopet močneje inducira armaturo itd.; to vzajemno ojačevanje se vrši, dokler ne doseže

železo vrhunec svoje magnetljivosti, oziroma dokler ne dospe do svojega sitišča. To je sloveči dinamoelektrični princip, po katerem se danes gradijo vse električne mašine. Ker se pri teh strojih uporabljena sila ali delo (δύναμις) takorekoč direktno pretvarja v električno energijo, je imenoval Siemensnove stroje dinamoelektrične, krajše tudi dinamo-stroje ali kar samo dinamo.

Prvo, še jako nepopolno dinamoelektrično mašino je zgradil leta 1867. Anglež Ladd; sploh so imeli začetni poskusi, kakor to vidimo pri vsaki iznajdbi, še razne otročje bolezni. Posebno neprijetno je pa bilo, da se je železo vsled hitre menjave magnetične polaritete prehudo ogrelo. Molekuli železa se niso hoteli pri menjavi polov dovolj hitro sukati in zato je trebalo notranjega dela, ki se je pojavljalo v segrevanju. Siemens je moral svoje stroje z vodo polivati, tako vroče so postale žice in železo.

Slika 21.



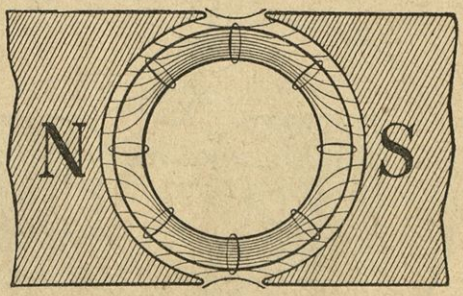
Sedaj je pomagal Belgijec Zénobe Théophile Gramme z novo iznajdbo. Gramme je bil modelni mizar pri «Compagnie l'Alliance» v Parizu in se je kot priprost amatér jel zanimati za elektriko. Konstruiral je l. 1870. novo armaturo v podobi kolobarja, takozvani Grammejev obroč, s katerim je elektrotehniko pripeljal do nepričakovane popolnosti.

Uže l. 1860. je dr. Antonio Pacinotti v Florenci zgradil električen stroj, ki je imel kotvo v podobi obroča. Njegovi stroji so se rabili po raznih kabinetih, a do večjega praktičnega pomena se niso povspeli. Isto idejo, katera je vodila Pacinottija pri sestavi njegovega obroča, porabil je Gramme, ne da bi poznal poskuse in dela Pacinottijeva. A mej tem ko laški fizik ni znal svoje znajdbe uporabiti in izkoristiti, je Gramme s svojo samostojno novo iznajdbo otvoril elektrotehniki nova, ogromna polja, sebe pa je postavil med prve elektrotehnike vseh narodov.

Da bodemo Grammejev obroč bolje razumeli, oglejmo si poprej sliko 21., ki nam predstavlja dva nasproti stoječa magnetna pola in sicer je N severni, S južni pol. Med obema poloma biva jednakomerno magnetno polje; silokazne črte gredó zelo na gostem in premočrtno od severnega pola proti južnemu. V tem magnetnem polju se suče osem sklenjenih kovinskih obročkov, ki sede v jednaki daljavi na prečkah osrednjega vretena. Najvišji obroček zaznamenujmo s številko

1, druge pa štejmo v smislu gibanja urnega kazalca, torej na desno stran. Opazujmo najprej obročke štev. 1 do 5. Skozi obroč štev. 1 gre največ silokaznic, kajti on stoji pravokotno na teh črtah. Obroček štev. 2 objema že manj črt, ker je proti njim nagnjen, obroček štev. 3 pa ne ujame celo nobene silokazne črte, kajti on leži popolnoma v meri črt. Obroček štev. 4 objema zopet nekoliko črt, obroček štev. 5 pa jih obseza ravno toliko kot štev. 1, torej največje možno število. Če tedaj našo pripravo z obročki tako sučemo, da zavzame vsak obroček zaporedoma lego 1, 2, 3, 4 in 5, je naravno, da bode magnetno polje induciralo v vsakem obročku električne toke, ker se število sekanih silokaznic izpreminja. Kako mer pa bode imel nastali tok? Po našem prejšnjem pravilu najdemo to mer, če gledamo v meri silokaznic, to je od severnega pola na obroček. V legah 1, 2, do 3 pojema število sekanih črt, torej bode v prvi četrtini vrteža tokova mer slična z gibanjem urnih kazalcev. V legah od 3 do 4 in 5 pa število sekanih silokaznih črt narašča, torej bode tokova mer obratna poti urnega kazalca — a pomniti je treba, da obroček v drugi četrtini vrteža obrača drugo plat proti nam; obrat toka je torej le navidezen; ker vidi naše oko v obrnjenem obročku toke drugače teči, je to dokaz, da gredo toki faktično sedaj še vedno v isti meri, kakor poprej, po obročku. Na vsej poti od 1 do 5 se giblje torej nastali električni tok v isti meri. Sedaj dalje k drugi polovici. Pri štev. 5 objema obroček maksimum silokaznih črt, potem pa vedno manj, dokler se pri štev. 7 ne uleže v mer črt, tako da nobene ne seče. Število črt, idočih skozi obroček, se je torej v tej tretji četrtini vrteža zmanjšalo in mer toka se je od 5 dalje izpremenila, postala je jednaka z gibanjem urnega kazalca. Ta izpremememba je faktična v primeri s prejšnjo, ker nam kaže obroček še vedno isto plat. Od lege 7 dalje vnovič narašča število sekanih črt; električni tok dobi nasprotno mer, a ker opazovalčevemu očesu obrača od lege 7 dalje zopet nasprotno plat, ima tok faktično še vedno isto mer, kakor v legah od 5 do 7. Vsa druga polovica vrteža je označena s toki jednake meri; vendar pa imajo ti toki nasprotno mer s toki prve polovice, ker se je pri legi 5 menjala tokova mer. Pri štev. 1 se tok zopet obrne in stvar se zopet ponavlja.

Slika 22.

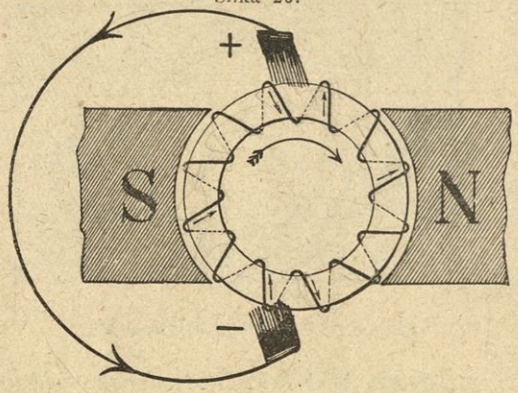


Pot silokaznic skozi železni obroč.

Naša priprava pa ne izkorišča magnetnega polja dovolj intenzivno, kajti silokazne črte uhajajo v mnogem številu mimo obročkov. Zato položimo v magnetno polje železen kolobar (sl. 22.); silokazne črte gredo dokaj rajše po železu, nego po zraku, zato hitro zapuste svoje dosedanje meri in se stlačijo v železni obroč, kjer zavzamejo lege, kakoršne nam predstavlja naša slika. Vsak obroček objema potem črte na jednak način, kakor smo to pri prejšnji sliki opisali, a preseka jih dokaj več, nego tedaj, ko nemamo železnega kolobarja. V obče pa je postanek tokov ravno isti; v prvi polovici vrteža imajo jedno, v drugi polovici pa obratno mer obtoka.

Naravno pa je, da silokazne črte ne izpremene svoje lege, če železni obroč sučemo. Zato nam ni treba malih tokovodnih obročkov, katere smo poprej zaznamenovali s številkami 1—8, potiskati okoli po železnem kolobarju, temveč nataknemo jih nepremično nanj in jih sučemo z njim vred.

Slika 23.

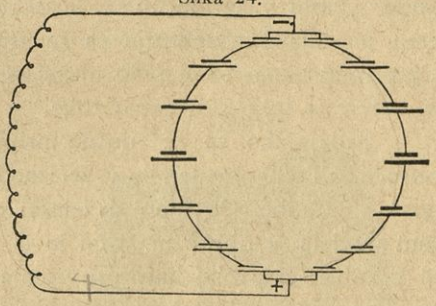


Po posamičnih obročkih krožijo toki, a med obročki samimi nemamo še nobene zveze. In vendar bi bilo jako ugodno, ko bi jih mogli združiti k skupnemu delu. To se lahko zgodi, če ovijemo železni obroč z nepretrgano spiralo, njena konca pa skupaj zvežemo. Posamični ovoji spirale predstavljajo potem prejšnje obročke, ki niso bili v nikaki medsebojni zvezi, dočim je tu konec vsacega obročka sklenjen s pričetkom prihodnjega obročka. Namesto ločenih prevodnikov smo tedaj uporabili jednega samega, nepretrganega (slika 23.). Da železni obroč ne odvaja tokov, ki pri sukanju nastanejo v spiralah, smo obroč poprej ovili s kako izolirajočo tvarino, predno smo navili nanj žične spirale. Začnimo torej obroč sukati v meri naslikane puščice. V vsakem posamičnem zavoju spirale nastane električen tok, ki ima mer puščice na naši sliki. Očividno je, da so zavoji jedne, kakor tudi druge obročeve polovice zaporedno staknjeni, a desna polovica je v nasprotni meri staknjena nego leva. Desna stran vseh zavojev ima svoj skupni tok, leva ravno tako, a oba skupna toka tečeta drug proti drugemu kvišku, ter zadeneta na najvišjem delu obroča skupaj — tu bode nastal pozitivni pol. Na sličen

način lahko rečemo, da oba toka na najvišjem spodnjem delu obroča skupno izvirata — tu je negativni pol.

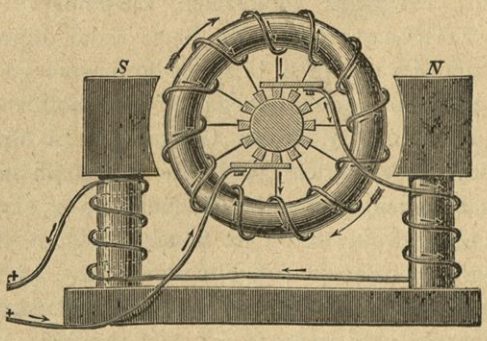
Vsak posamični zavoj moremo primerjati z galvanskim členom, vse zavoje jedne strani pa z galvansko baterijo. Obe bateriji sestojita po tem takem iz jednakega števila zaporedno staknjenih elementov (sl. 24.), a jedna baterija je v nasprotno mer staknjena z drugo ali protistaknjena. Naravno je, da v tem položaju ne dobimo nikacega toka; to se še le zgodi, če zvežemo z žico oni dve, v sliki z znakom + in — zaznamovani točki, v katerih je jedna baterija v zvezi z drugo. Obe bateriji pošiljate potem svoje toke skupno v žico spojnico; pri znaku + teče tok v žico, pri znaku — pa se vrača tok v zavoje nazaj. To lahko napravimo pri bateriji, a kako bodemo odvajali toke pri našem obroču? Če so ovoji od gole žice, je treba samo dve kovinski ščeti ali pa dve kovinski vzmetni peresi pritisniti na označena pola, kakor kaže slika 23.; tok vstopi potem v zgornjo ščet, teče po prevodniku in se vrača skozi spodnjo ščet v ovoje nazaj.

Slika 24.



Opisani obroč s spiralnimi žičnimi ovoji je shematična podoba Grammejevega obroča. V praksi pa ta oblika še ni rabljiva. Jedna sama in redka lega žice namreč ne zadošča, treba je napraviti mnogo tesnih, drug na drugem ležečih ovojev. Umeje se, da moramo vsak ovoj izolirati od sosednjega, zgornja lega pa bi morala biti na vrhu gola, da ostane v kovinski zvezi z drsalnim peresom. Ne glede na to, da je iz mehaničnih vzrokov težko posamične žice izolirati na spodaj in na stran, zgornjo plast pa obdržati golo, bi tudi pero kmalu zgornje žice razčesalo in preglodalo, zato bi se naša priprava za praktične namene ne dala z uspehom rabiti. Služila nam je dobro za razlago in razumevanje, sedaj pa jo je treba še dalje predrugačiti.

Slika 25.



Pred vsem skrbimo za primerno odvodno pripravo. Iz kovine izrežemo toliko prog, kolikor ima obroč zavojev, potem pa zložimo proge

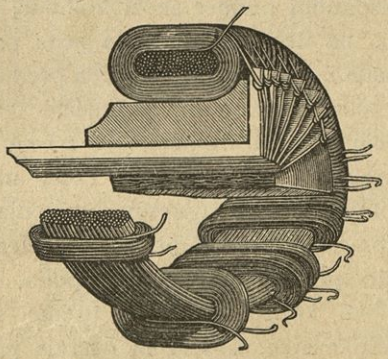
kakor sektorje cilindra skupaj, ali tako, kakor so na pr. zložene doge pri sodu, da tvorijo votel valj. Dobljeni valj nataknemo na os našega obroča. Počezni prorez tacega cilindra kaže sl. 25. Vsaka proga mora biti od sosednje, kakor tudi od osi skrbno izolirana, kar pa v naši šematični sliki ni označeno. Opisana priprava je kolektor stroja. Vsak žični ovoj na obroču zvežemo sedaj z jednim nabiralnikovim sektorjem, potem pa pritisnemo drsalni peresi tako na cilinder, da se vzmetno dotikata najvišje in najnižje proge, kakor to jasno predočuje naša slika štev. 25. Ko se obroč vrti, se odtakata oba stranska toka v najvišji sektor, od koder gresta v zgornje peró in dalje v žico spojnico; po spodnjem peresu in najnižjem sektorju pa se vračata v obročeve ovoje nazaj. Pri tej pripravi smo torej pole obročeve prenesli na drugo telo, na cilinder, iz katerega lažje odvajamo toke.

Sedaj smo se že močno približali dovršeni formi Grammejevega obroča. Treba je le še v železnem kolobarju napraviti nekatere varnostne naredbe. Oglejmo si železni obroč nekoliko podrobneje. Pri našem modelu je obroč masiven in iz jednega kosa skovan. Ta obroč pa ni poraben za stroje, kajti pri vrtenju se tako silno ogreje, da se vnamejo in pokvarijo izolirajoči ovitki žic. Vzrok tej prikazni je naslednji. Predstavljajmo si za jeden hip, da je obroč votel; potem lahko rečemo, da je sestavljen iz neštevilnih dotikajočih se obročkov, kakor so na pr. pri nekaterih puškah cevi zvarjene iz žične spirale. Ti obročki se obnašajo slično, kakor poprej opisani kovinski ovoji na kolobarju; ko se vrte skozi silokaznice, nastanejo v njih električni toki, takozvani vrtinčasti toki. Ko bi se sedaj odprtina sredi obročkov vedno bolj zmanjševala, prišli bi zopet do masivnega kolobarja, katerega torej lahko smatramo sestavljenega iz premnogih obročkov z neizrečeno malimi luknjicami. V železu Grammejevega obroča krožijo po tem takem neštevilni električni toki, a odvajati jih ne moremo, ker je obroč sam v sebi sklenjen. Vendar pa porabijo ti «izgubljeni» toki dokaj gonilne sile in ogrevajo obroč na nevaren način. Naloga naša je torej, da zabranimo postanek neljubih nam tokov, pri čemer seveda ne smemo obtežiti silokaznim črtam njihove poti skozi obroč. Po kakih potih pa tekajo naši «nebodi jih treba»-toki? Vsak tok, ki nastane vsled sekanja silokaznih črt, obkrožuje te črte in jih objema kakor obroč; ravnina teh obročev pa stoji pravokotno na meri silokaznih črt.

Ako tedaj železni obroč razdelimo v mnoge koncentrične, dobro izolirane pasove, potem nismo silokaznim črtam zagradili poti, pač pa smo pretrgali pot tokom, ki se hočejo gibati v ravninah, stoječih pravokotno na meri silokaznih črt, torej približno v počeznem prerezu kolobarja. Zelezni obroč najlažje tako razkosamo, da ga naredimo iz železne žice, iz katere se navije obroč zahtevane debelosti in sicer prav

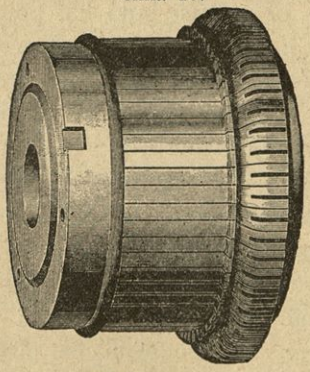
tako, kakoršni so na pr. kupljeni povezki železne žice. Izolacija se napravi s pokostom, s katerim se prevleče vsaka žična lega. Pokost steče med posamične žice in izolira vsak zavoj posebej. Ko je izolacija suha, se ves obroč popolnoma poveže z ozkimi platnenimi povoji, ki se končno še s pokostom napojé, da je kolobar popolnoma izoliran nasproti žičnim ovojem. Omenili smo že, da ne zadošča jeden sam ovoj, kakor ga vidimo na sliki 25., temveč mesto vsake spirale postavimo tuljavo z mnogimi ovoji. Vsa vretena so tako med seboj zvezana, da se žica vedno v istem smislu vije krog obroča. Od vsake točke, kjer ste zvezani dve sosednji tuljavi, je izpeljana žica odvodnica do pripadajočega sektorja na kolektorju. Pomnoženje ovojev ne predrugači opisanih dogodkov na obroču, pač pa postane napetost toka vsake polovice dokaj

Slika 26.



Jedro Grammejeve kotvice prerezano in z nataknjenimi žičnimi ovoji (tuljavami).

Slika 27.



Kolektor.

večja, ker se je pomnožilo število zaporedno staknjenih spiral. Prerezan Grammejev obroč nam lepo kaže slika 26. Na njej vidimo iz žic sestavljen, a zaradi lažjega razumevanja prerezan obroč, na katerega so tuljave nataknjene. Najprej opazimo jedno pričeto tuljavo; za to sledi več dovršenih tuljav, zgornji del slike pa kaže kompletno armaturo. Spirale so od bakrene žice, ki je skrbno s svilo omotana, da so ovoji proti obroču in jeden proti drugemu zanesljivo izolirani; konec vsake tuljave in pričetek sosednje sta skupno pritrjena in privarjena na bakreno, v ravnini obroča radijalno stoječo progo, ki se ob osi pravokotno in horizontalno upogne. Med obročem in temi horizontalnimi kraki je primeren lesen vložek, ki omogočuje stalno pritrditev obroča na osi (vratilu). Novejši stroji nimajo teh vložkov, temveč masivna zvezda od tombaka veže obroč z vratilom. Ravnokar imenovane horizontalne proge segajo do kolektorja, ozir. do njegovih posamičnih sektorjev. Uredbo kolektorja nam kaže slika 27. Njegove proge so navadno od bakra ali brona. Skrbno so ostružene in na desni strani imajo vzvišen rob z zarezami za vzprejem horizontalnih

krakov, ki prihajajo od obroča. Posamične kolektorjeve proge so jedna proti drugi, kakor tudi proti osi izolirane s sljudo ali kako drugo primerno tvarino.

Na kolektorju držejo ščeti, ki jemljo tok iz njega. Prvotno so bile sestavljene iz več listov medene pločevine, ki so vzmetno drsali ob kolektorju; pozneje so jemali prožne bakrene žice, ležeče vzporedno in vštric. Take ščeti se lepo uležejo na kolektor in sigurno odvajajo toke. V novejšem času uporabljajo tudi tkanine od bakrene žice, ki se posebno dobro podajajo in na kolektor ulegajo, poleg tega pa ga jako malo obrabijo.

Predno završimo popis Grammejevega obroča, nam je še neke posebnosti omeniti. Železni obroč se pod vplivom elektromagnetov pomagneti in dobi svoja pola, ki ležita ravno nasproti elektromagnetom. Ko bi v naši sliki 25. potegnili horizontalni premer skozi kolobar, bi bil na levem koncu premera severni, na desnem koncu pa južni pol. Pravokotno na ta premer, torej vertikalno, potegnimo še jeden premer. Ob njegovih koncih se nahajajo one točke, pri katerih izpeljujemo toke v vnanji tokov krog. Ta vertikalni premer zovemo *nevtralno premo*. Tako je v naši skici, a nekoliko drugače je stvar v istini. Poleg magnetnega polja, ki nastane vsled vpliva elektromagnetov, se pojavi namreč še drugo magnetno polje. Ovoji armature magnetizirajo železni obroč tudi sami zase. Ko bi ne bilo prvega magnetnega polja, bi ovoji provzročili v obroču na zgornjem koncu nevtralne preme severni, na spodnjem pa južni pol. Silokaznice, katere bi nastale pod jedinim vplivom ovojev v obroču, bi torej imele pravokotno mer na silokaznice, katere provzročujejo poljski magneti sami zase. Ko stroj deluje, se pojavljata vedno obe magnetni polji skupaj in istočasno ter tvorita *rezultujoče magnetno polje*, čigar silokaznice so nekoliko zasukane v meri vrtenja obroča. Pola obročeva, ki nastaneta od elektromagnetov, ne stojita več koncem horizontalnega premera, temveč njun premer se je pod vplivom kotvinega pola nekoliko nagnil v meri sukajoče se armature. Ker je nevtralna črta zopet pravokotna na premeru teh rezultujočih polov, se je tudi ona za isto toliko nagnila. Zato moramo potem tudi ščeti nekoliko naprej potisniti. Kot, za kareregа se je nevtralna črta nagnila, zovemo *premični kot*. Njegova veličina je zavisna od gostote silokaznic, od množine železa in od hitrosti vrtenja. Vendar ni nikdar večji nego 30°. Praktično ga najdemo, če ščeti toliko časa premikamo ob periferiji kolektorja, da preneha letenje isker.

Grammejev obroč in v njem inducirane toke smo precej na drobno in široko opisali. Stvar je morebiti nekoliko dolgočasna in mučna, a ker je razumevanje tega obroča neobhodno potrebno za razumevanje

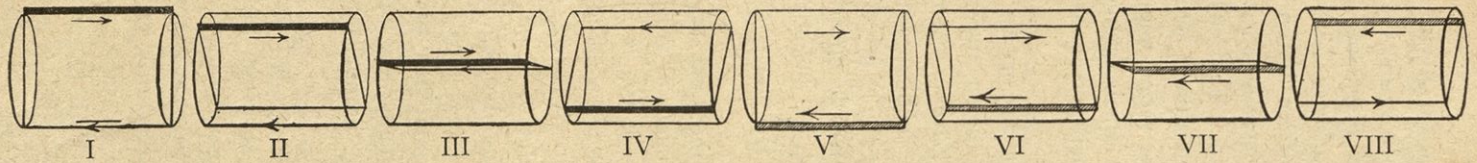
najvažnejših modernih dinamo-strojev, naš čas vsekako ni izgubljen. — Če se še jedenkrat ozremo nazaj na toke, ki se pojavljajo v obročevih spiralah, zapazimo takoj veliko razliko v primeri s prej opisanimi armaturami in njihovim delovanjem. Siemensova cilindrasta kotva dobiva posamične tokove impulze, katere smo morali mehaničnim potom s komutatorjem zravnati v isto mer če smo hoteli dobiti istomerne toke. Pri Grammejevem obroču pa je stvar povsem drugačna. Tudi tukaj se sicer mer tokov v vsaki spirali menjava, ko stopi spirala iz jedne polovice v drugo, a vendar vidimo, da vse spirale jedne strani neprestano pošiljajo toke na zgornji del obroča, od koder ga drsalna peresa vodijo dalje. Tok je torej v vnanjem tokovem krogu neprestano istomeren in zibeži njegovi skoraj popolnoma izginejo.

Gramme je s svojo iznajdbo prekosil stroje tvrdke Siemens & Halske, ki je že tedaj slovela po vsem svetu, kajti njena mašina je bil prvi, praktično porabljivi dinamoelektrični stroj. Zato je razumljivo, da imenovana firma ni hotela zaostati. Pričelo se je blagodejno tekmovanje in rezultat tega je bila nova armatura, katero je inženér, voditelj tvrdke Siemens & Halske, pl. Hefner-Alteneck zgradil, porabivši Grammejev princip in prvotni Siemensov cilindrasti induktor. Tako je nastala bobnasta kotva, ki je danes poleg Grammejevega obroča najvažnejša armatura.

Kakor si lahko mislimo, da je obročasta kotva z mnogimi tuljavami nastala iz obroča, ki ima samo dve, diametralno nasproti stoječi spirali, tako si tudi lahko razlagamo, da izvira bobnasta kotva iz Siemensove cilindraste armature. Vsak podolžni presek železnega cilindra je pravokotnik; pri starem cilindrastem induktorju tvorijo vsi zavoji, če tudi so mnogobrojni, jedno samo pravokotniško žično tuljavo, ki pa ni namotana na polni cilinder, temveč v oba utora, podobo dvojnega T imajočega valja. Pri bobnastem induktorju pa niso zavoji naviti v jednem samem podolžnem preseku, ampak žica je namotana krog mnogih podolžnih presekov cilindra. Prednost tega navijanja je v tem, da se zaporedne indukcije hitreje vrše, da je vsa oblika kompaktneja in da so zavoji bolje izkoriščeni.

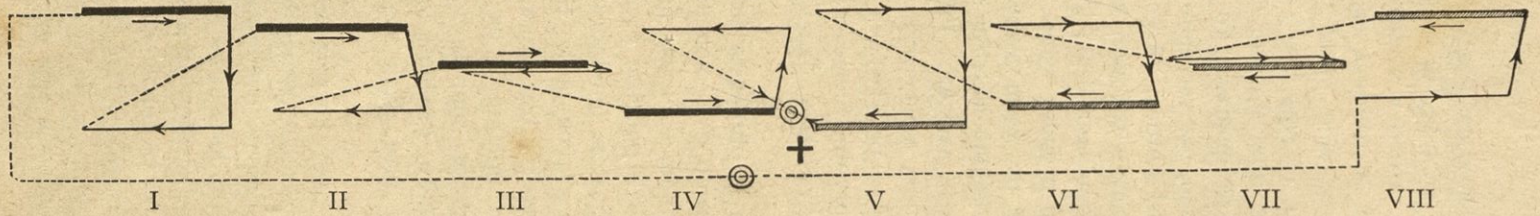
Kakor Grammejev obroč, tako hočemo tudi bobnasti induktor podrobneje opisati. Stvar pa je nekoliko težavnejša, ker se zavoji krog valja težko narišejo dovolj pregledno na dvodimenzijski ravnini papirja. Slika 28. nam kaže osem valjev, pri katerih so sprednji polukrogi končnih ploskev narisani z nekoliko debelejšimi črtami. Okoli vsacega valja je položen jeden sam žični ovoj, ki je popolnoma v sebi sklenjen. Če cilinder vrtimo, pride ta ovoj sukcesivno v lege štev. I do VIII. Oglejmo si sedaj ono stran pravokotniškega ovoja, ki leži pri I vrh cilindra in ki je z močnejšo črto risana. Ta močnejša črta se s cilindrom vrti proti

Slika 28.



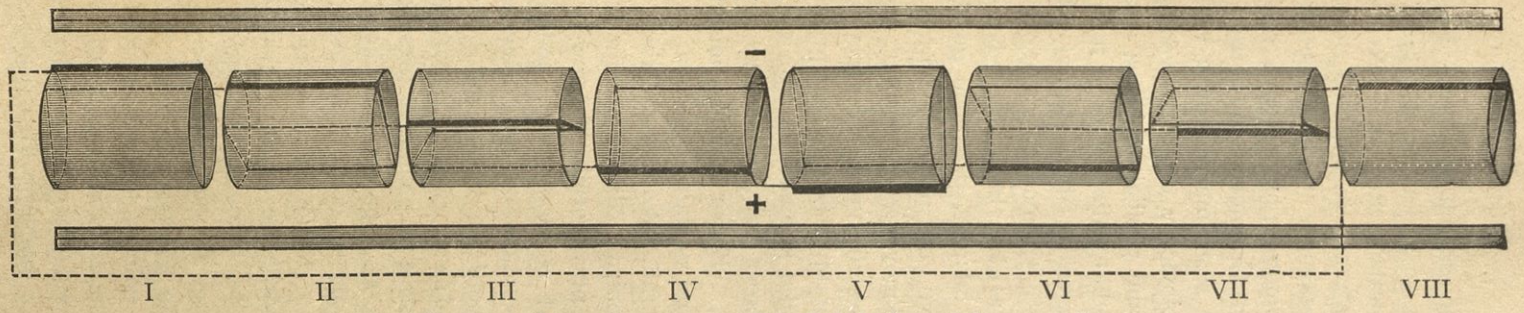
Smer induciranih tokov pri raznih legah žičnih ovojev.

Slika 29.



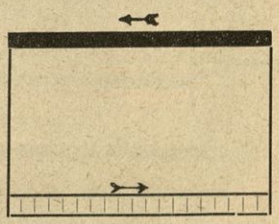
Zveza osmerih jednakomerno okoli valja navitih ovojev.

Slika 30.



Ovoj osmerih na skupno os nataknjenih bobničev z jedno samo žico.

sprednji strani, potem se obrne na drugo, nevidno plat cilindra, kjer je označena z izprečrtkano črto. Recimo dalje, da stoji spodnja stran nasproti severnemu polu magneta; zato jo bodemo nazivali severno polovico, dočim nam bode zadnja stran veljala za južno. Če hočemo določiti mer toka, moramo po našem pravilu gledati na ovoj v meri silokaznih črt, torej od severnega pola. Debelo risana polovica ovoja seka te črte in jih v prvi četrtini vrteža objema vedno manj, torej teče v njej tok kot kazalec na uri; to mer kaže tudi narisana puščica. Ko stopi naša polovica ovoja v drugo četrt vrteža, seka vedno več črt in tok teče obratno kot urni kazalec. A ker se je ovoj obrnil navzdol, nam obrača svojo drugo plat; obrat toka je torej le navidezen in faktično teče tok še vedno tako, kot kaže puščica pri valju IV. Pri legi V stopi ovojeva polovica na južno stran, ne da bi nam pokazala druge ploskve. Ker sedaj število sekanih črt zopet pojema, dobi tok mer kazalca na uri; tok se je torej faktično obrnil v nasprotno mer. To mer obdrži pri vrtenju v legah VI, VII in VIII, in sicer iz istih vzrokov, kakor poprej na severni strani. Te razmere veljajo za debelo, oziroma izprečrtkano risano polovico celega pravokotniškega ovoja. Ravno tako lahko si na podlagi našega pravila predočujemo, da teče tok v drugi, tenko risani pravokotniški polovici zmiraj nasprotno, kakor tok v debeli polovici. Ker sta pa obe polovici zvezani v skupen pravokotnik, rekše, ker sta obe polovici zaporedno staknjeni, ima ves ovoj istomerni tok, kakor jasno priča slika št. 31.



Slika 31.

Sedaj velja ovoje tako skleniti, da nastaneta v njih dva nasprotna toka, kakor pri Grammejevem obroču.

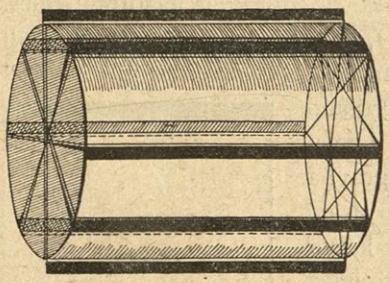
Naših osem valjev nataknimo na jedno skupno os in ovijmo vsak valj z jednim ovojem, kakor pri sliki 28. Levo stranico vsacega pravokotnika pa izpustimo in jo nadomestimo z žico, ki sega neposredno k nasprotnemu ovoju. Na sliki 29., v kateri so cilindri izpuščeni, je to šematično označeno. Prosti konec tenko risane stranice je s pikčasto črto zvezan z debelo stranico prihodnjega ovoja. Tokove puščice nas sedaj prepričajo, da so prvi štirje ovoji I do IV zaporedno staknjeni in isto velja za ovoje V do VIII. A prva skupina je drugi protistaknjena, kajti med IV in V se tok obrne; iz tenke stranice IV teče tok nasproti toku v debeli stranici V. Z znakom + označeno vezišče obeh mest je ona točka, proti kateri gredó toki iz obeh skupin.

Če slednjič zvežemo prosta konca prvega in zadnjega ovoja z žico (v naši sliki s pikčasto črto), potem vidimo, da iz vezišča — oba toka izvirata. Točka + je torej pozitivni, točka — negativni pol obeh protistaknjenih skupin.

Ko bi sedaj naše cilindre še dalje vrtili, bi se pri IV in VIII tok obrnil, ker stopijo pravokotnikove stranice v drugo polovico vrteža. Potem bi cilindri VIII, I, II, III tvorili jedno skupino, cilindri IV, V, VI in VII pa drugo skupino. Vselej pa bi ostal pozitivni pol na najnižji debeli stranici, negativni pol pa na najvišji debeli stranici. Kakor pri Grammejevem obroču, lahko tudi tukaj napravimo dve prožni peresi, segajoči mimo vseh osem valjev, da držeta po najvišji, oziroma na najnižji stranici cilindra. (Slika 30.)

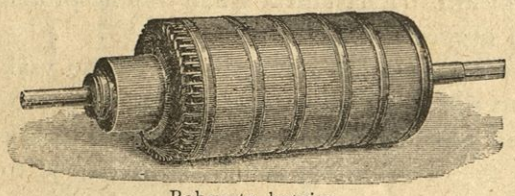
Če so one stranice, ki so v naših slikah risane debelo, tudi iz debelejše žice, potem bodeta peresi zmiraj drsali samo po najvišji, oziroma najnižji žici, tedaj po oni, kjer se družita protistaknjena toka. Slika 30. nam more torej veljati za slično šematično podobo tokovih razmer pri bobnastem induktorju kakor slika 23. pri Grammejevem obroču.

Slika 32.



Končno nam še preostaje, da pokažemo, kako se ovoji naših osmerih valjev navijejo na jeden sam cilinder. V ta namen ne potegnemo žice, ki jo predstavlja pikčasta črta, po najkrajšem potu od ovoja do ovoja, kakor smo to storili v sliki 29., temveč potegnemo jo na levo krožno ploskev cilindra, odtod pa po cilindrovem plašču vzporedno z debelo stranico (sl. 30). Potisnimo sedaj vseh osem valjev v jednega samega skupaj in predočujmo si pikčaste črte na cilindrovih plaščih kot elastične, ki se pri tej proceduri popolnoma skrčijo, potem dobimo jeden sam cilinder z osmimi ovoji, a poleg jedne debele žice leži zmeraj po jedna tenka, kakor kaže slika 32.

Slika 33.



Bobnasta kotvica.

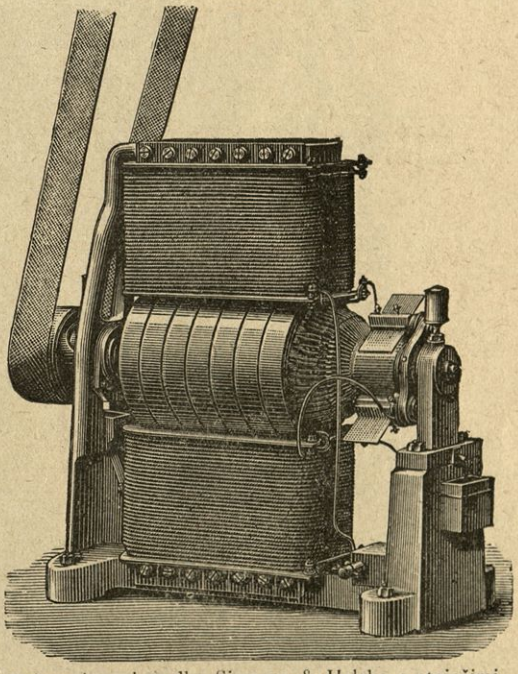
V praksi seveda navadno ne ostanemo pri osmih ovojih, ampak njih število je dokaj večje. Slika 33. nam kaže dovršen Hefner-Alteneckov bobnast induktor. Skozi njega gre vratilo: šest obročev drži ovoje skupaj. Kolektor se vidi na levi strani slike.

Ovoji na tej kotvi so sicer jako priprosti, a vendar jih je na prvi hip težje razumeti, nego prozorne in priproste svitke na Grammejevej kotvi. Zato je mogla firma Siemens & Halske nekaj časa varovati svojo iznajdbo kakor tajno. No danes je bobnasta armatura skupno blago vseh električnih tvrdek, ki jo uporabljajo poleg Grammejevega obroča pri zgradbi svojih strojev.

Tudi pri bobnastem induktorju bi se železni valj ogrel, ko bi bil iz masivnega železa. Treba ga je, kakor pri obročasti kotvi, razčesati na posamične dele. S početka so delali cilinder iz žice, katero so toliko časa navijali krog lesene duše, da so dobili podobo valja. V novejši dobi pa je Amerikanec Weston izumel jedro iz tenkih železnih pločic. Vsaka ploča je krožna ploskev, ki ima v središču luknjo, da se potisne na valj. Posamične železne pločice so izolirane druga od druge s tenkim papirjem, ki se vtakne med nje. Dve močni končni ploči, katere nategnemo z vijaki, drže vse skupaj na valju.

Slika 34. veljaj za zgled starejše mašine z bobnastim induktorjem, kakor jo je gradila tvrdka Siemens & Halske. Stroj ima dva pločasta elektromagneta, ki tesno objemata na sredi stoječo bobnasto kotvo. Na desni strani vidimo kolektor z zgornjo in spodnjo pločasto ščetjo.

Slika 34.

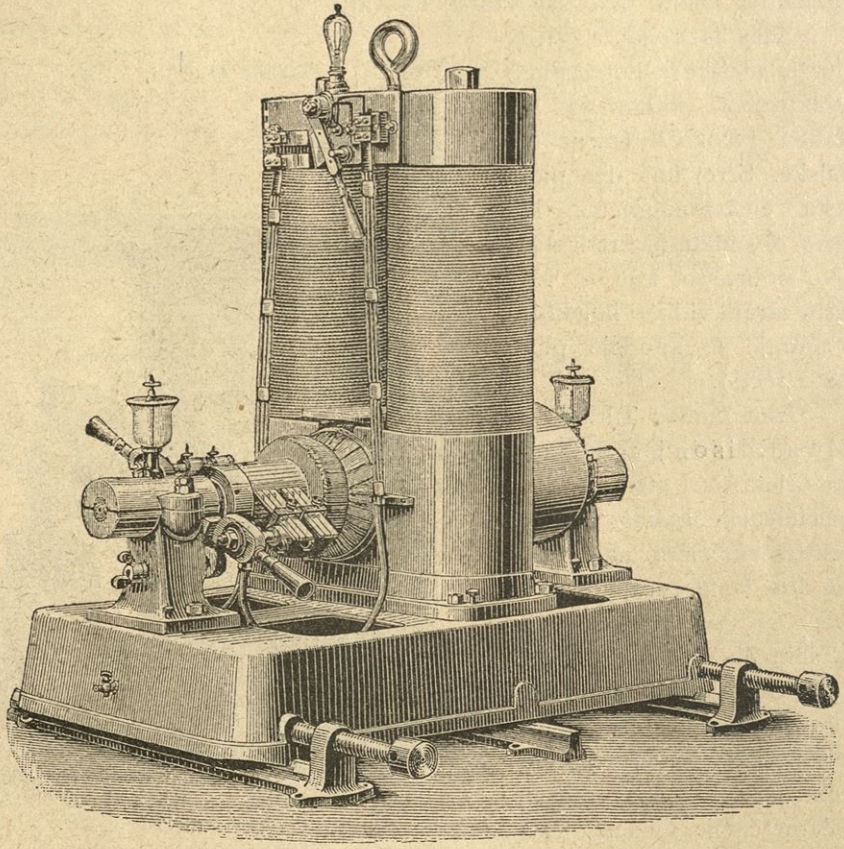


Bobnasti stroj tvrdke Siemens & Halske s stoječimi magneti in osrednjim induktorjem.

Amerikanec Thomas Alwa Edison je zgradil dinamoelektričen stroj, ki je v mehaničnem kakor tudi v električnem oziru nadkriljeval dotedanje evropske modele. Njegov stroj se vidi na sliki 35. Bobnasti induktor se nahaja pri tej mašini jako nizko, da tem sigurnejše leži in teče. Vertikalna elektromagneta imata močne polarne čevlje, njuna zgornja konca pa veže krepek jarem. Ta stroj ima mnogo več železa v sebi, kakor prejšnje mašine. S tem je Edison vpeljal nov princip v grajenje dinamoelektričnih strojev. Iz prejšnjega vemo, da gredó silokazne črte dokaj rajše po železu, nego po zraku. Čim boljšo pot damo tem črtam, tem več črt se podá nanjo, tem jačje bode magnetno polje in tem silnejša bode indukcija. Ker je Edison povečal prerez železnega jedra in polarnih čevljev, in ob jednem do skrajne meje skrčil zračni prostor med bobnom in čevlji, je dosegel nepričakovan uspeh, ob jednem pa vzbudil evropske elektrotehnike na novo tekmovanje.

Edisonov princip sta teoretično utemeljila Angleža brata Hopkinson. Od sedaj je veljala parola: Le veliko železa, pa malo bakra! Vsak konstruktér se je trudil, da priskrbi silokaznim črtam čim širšo in kolikor možno kratko pot. Mesto kovnega železa za elektromagnete so posegli po litem železu, ki sicer ne vodi silokaznih črt tako lahko, kakor kovno železo, a zato dobiva večje dimenzije, in mogoče je uliti

Slika 35.



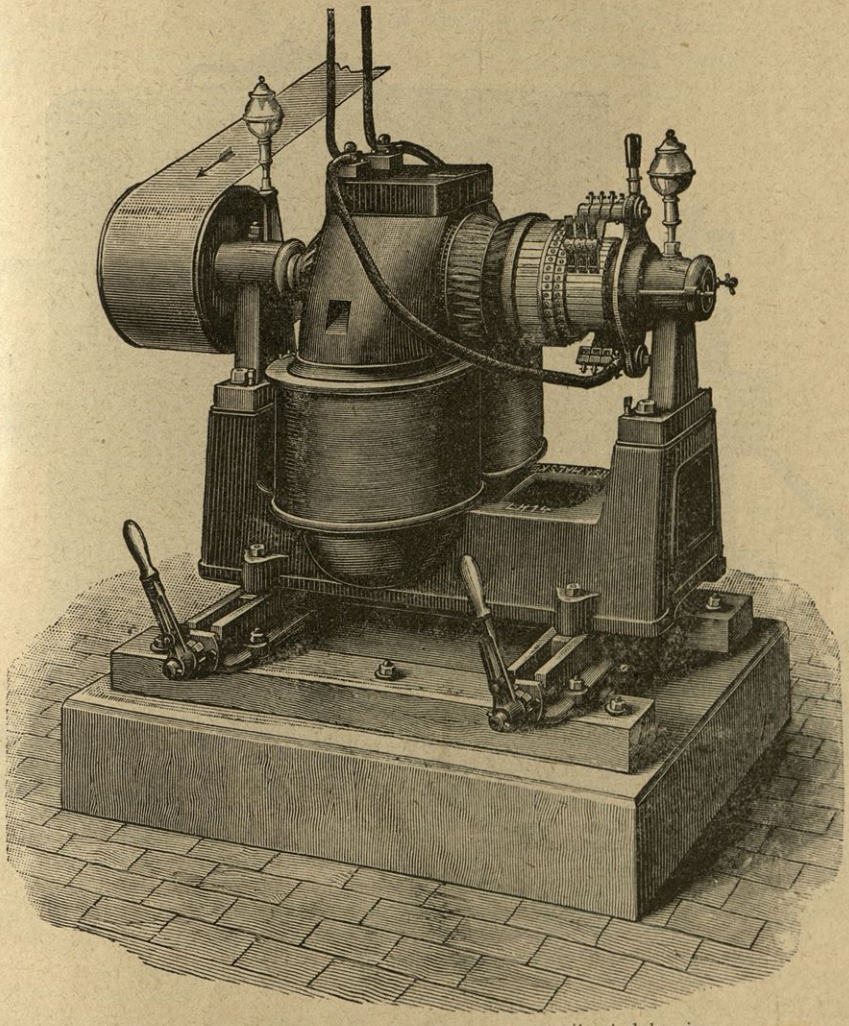
Edisonov stroj s spodnjim induktorjem.

jedra in stojalo iz jednega samega kosa, kar neizrečeno povečuje trdnost in trajnost stroja. Vse novejše mašine kažejo vsled tega bolj stisnjeno in čokato podobo nego prvotni stroji.

Izmed mnogobrojnih novejših tipov, ki skušajo te nove nazore na različne načine uporabiti, naštejemo tu nekatere glavne zastopnike. V podrobno opisovanje se ne moremo spuščati, ker bi s tem prekoračili tesne meje, ki so nam stavljene v naši knjigi.

Siemens & Halske, kakor tudi Gramme, sta gradila stroje, ki kažejo obratno Edisonovo konstrukcijo (slika 36). Elektromagneta stojita na močni veliki ploči; njuni jedri sta ž njo vred ulita iz jednega kosa. Oba sta zelo debela a kratka. Polarna čevlja objemata boben,

Slika 36.



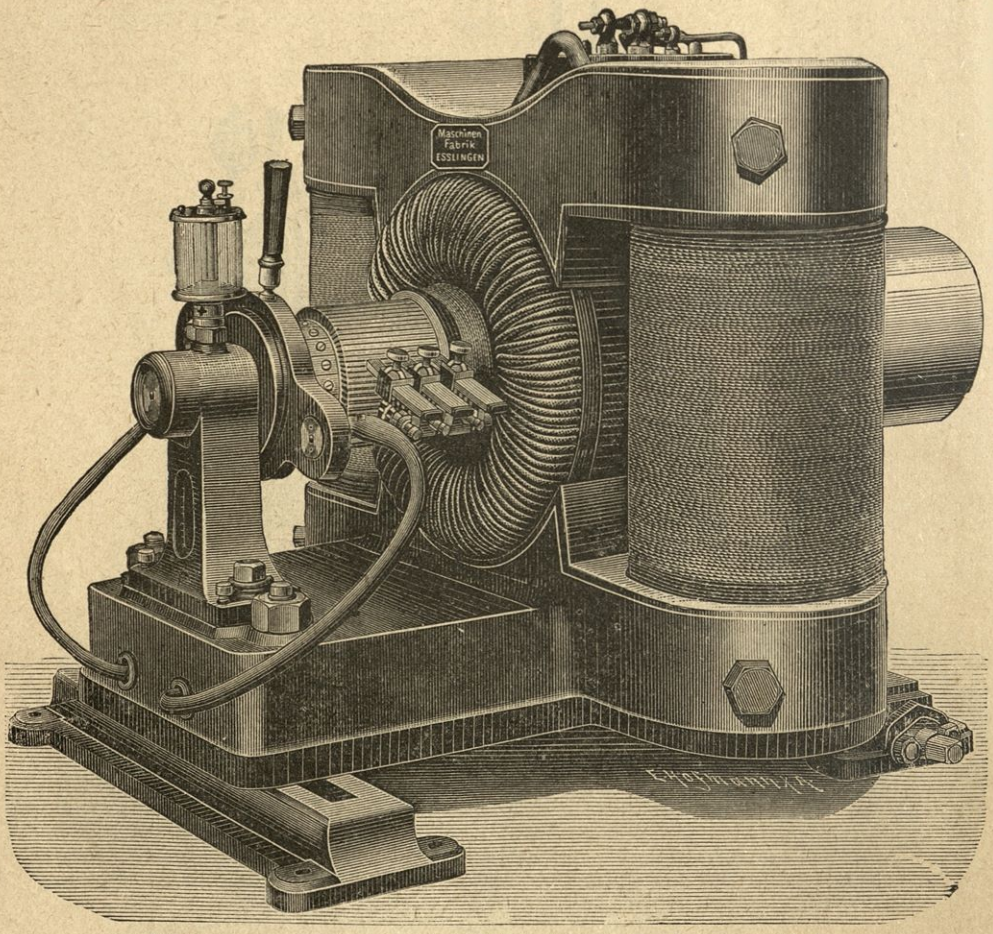
Dinamo-stroj tvrdke Siemens & Halske z zgornjim induktorjem.

čegar vratilo nosi na levem koncu kolo za jermen, na desnem pa znani kolektor s ščetmi.

Jako razširjeni so tudi stroji tvrdke Mather & Platt v Manchestru; po tem zgledu zgrajene mašine se zovejo odtod »Manche-

sterski tip« (slika 37). Pri teh strojih stojita jedri elektromagnetov na močni železni temeljni ploči, na vrhu ju pa veže krepek jarem. Spodnja ploča tvori jeden, zgornja pa drugi polarni čevelj, oziroma pol. Silokaznice imajo torej jako kratko, ugodno pot, in ker je bobnasta kotva na nizkih blazinah, je tudi stojnost stroja razmerno velika in ugodna.

Slika 37.

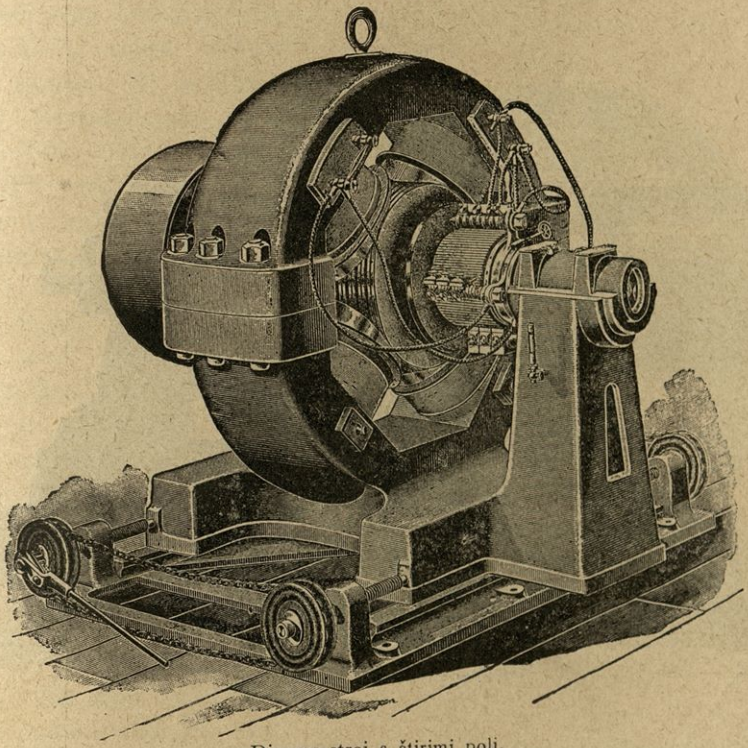


Dinamo-stroj tvornice «Maschinenfabrik Esslingen». Manchesterski tip.

Do sedaj opisani dinamoelektrični stroji imajo po dva pola. V raznih slučajih pa se z uspehom uporablja tudi več polov, in tedaj dobimo tako zvane multipolarne ali mnogopolarne stroje. Pri Grammejevej armaturi smo dokazali, da pošilja vsaka obročeva polovica, ki leži nasproti jednemu polu elektromagneta, svoj tok k skupnemu odvodišču. V kotvi nastaneta torej dve protistaknjeni tokovi veji. Če je

pa več polov — seveda zmiraj v sodem številu, torej štiri, šest, osem i. t. d. — potem nastane vselej v onem delu obroča, ki je ravno nasproti vsakaterega pola, delni tok. Njegova jakost je jednaka četrtini, šestini, osmini i. t. d. jakosti celega stroja in zato je možno tudi tanjšo žico uporabljati za ovoje. Vsak delni tok se izliva v bližnje odvodišče, ležeče med njegovim in prihodnjim polom. Kolikor je polov, toliko je odvodišč, tedaj tudi toliko ščetij na kolektorju; stroj s štirimi poli ima na pr. štiri ščeti, ki pošiljajo po dva toka v vnanji tokov krog. Da te

Slika 38.



Dinamo-stroj s štirimi poli.

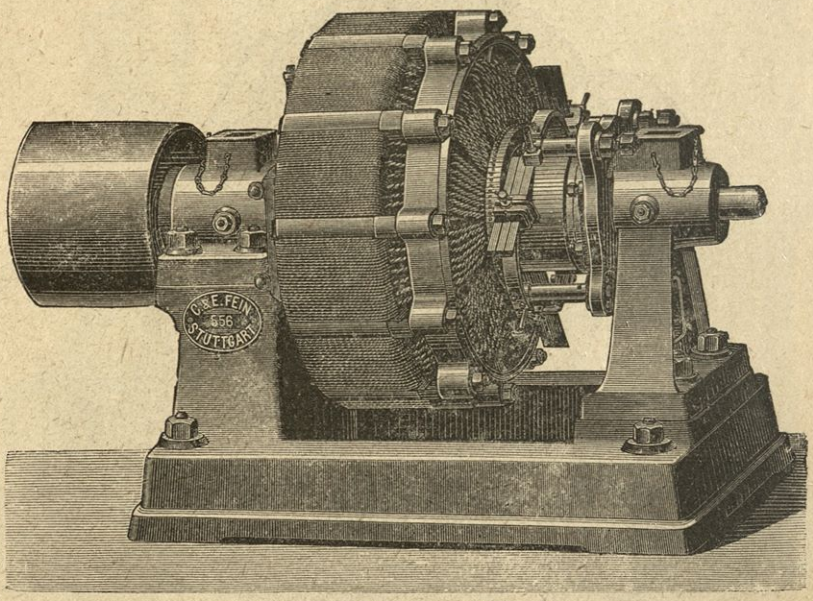
tokove veje združimo, treba ščeti pozitivnih polov in istotako ščeti negativnih polov z žico zvezati, to je paralelno stakniti. Včasih — in tu odločuje namen stroja — so ščeti tudi zaporedno staknjene. Pri manjših mašinah je čestokrat to stikanje že v obroču izpeljano, tako, da se končno ne glede na število polov rabita vedno samo dve ščeti.

Slika 38. kaže štiripolarno mašino, ki je zgrajena na podlagi opisanih razmer. Močni vnanji obroč nosi štiri elektromagnete, med katerimi se vrti bobnasta armatura.

Kedar gre za proizvajanje večjih električnih sil, vzamemo še več elektromagnetov. Zato v takih slučajih rajše uporabljamo Grammejev obroč. Damo mu jako velik premer, elektromagnete pa postavimo noter v njegovo sredo. Magnetni poli ne stoje torej več na periferiji kotve, temveč znotraj nje in zato se zovejo ti stroji mašine z notranjimi poli.

Stroji z notranjimi poli imajo razne prednosti, osobito kar se tiče hitrosti vrtenja. Inducirani električni toki so pri jednakih razmerah tem jačji, čim več silokaznic sekajo ovoji v istem času; elektromotorska sila stroja se torej povečuje s hitrejšim vrtenjem. Silo bi tudi lahko po-

Slika 39.



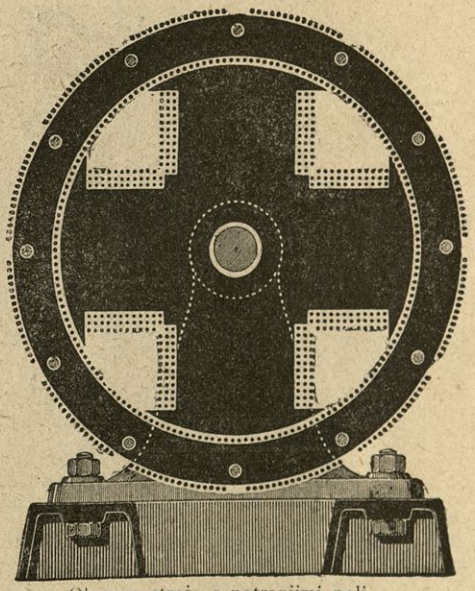
Dinamo-stroj z notranjimi poli.

večali s pomnoženjem žičnih ovojev, a s tem bi narasli troški in izguba v stroju bi postala večja. Treba je torej večje hitrosti vrtenja, a stopnjevanje v hitrosti ima svoje meje, katere iz mehaničnih vzrokov ne smemo prekoračiti. Čim hitreje se kotvina os vrti, tem hitreje bežé žične tuljave skozi magnetna polja; hitrost tuljav je torej merodajna za naše razmere. Očividno pa moremo hitrost premikanja žičnih ovojev tudi pomnožiti, če povečamo premer obroča. Na večjem obroču ima vsaka točka periferije tudi večjo hitrost, in tedaj ni treba, da bi se os tako hitro sukala kakor pri kotvah z malim premerom. Čim večji pa je obroč, tem dalje bi morali iti z elektromagneti, ko bi jih

po dosedanji navadi postavili zunaj armature. Vsa mašina bi postala dokaj razsežnejša in okornejša. A tega ni treba, saj imajo pri večjem obroču elektromagneti prostor v obroču samem; tako dobimo stroje z notranjimi poli.

Notranjepolarno mašino predstavlja slika 39. Uredbo posamičnih delov pojasnjuje slika 40. Tu vidimo, da stoje štirje elektromagneti, katerih jedra tvorijo jednakokrak križ, kakor prečke kolesa na skupnem pestu. Pesto je pritrjeno na železnem skupnem stojalu, ter je prevrtano. Skozi njegovo luknjo gre vratilo armature. Na vratilu je s klini pritrjeno kolo, ki nosi ob platišču horizontalne igle; na teh iglah je pritrjen obroč, ki torej sega črez križ elektromagnetov, kakor pokrovec črez škatlo. Od posamičnih tuljav Grammejevega obroča vodijo žice do kolektorja.

Slika 40.



Obrazec stroja z notranjimi poli.

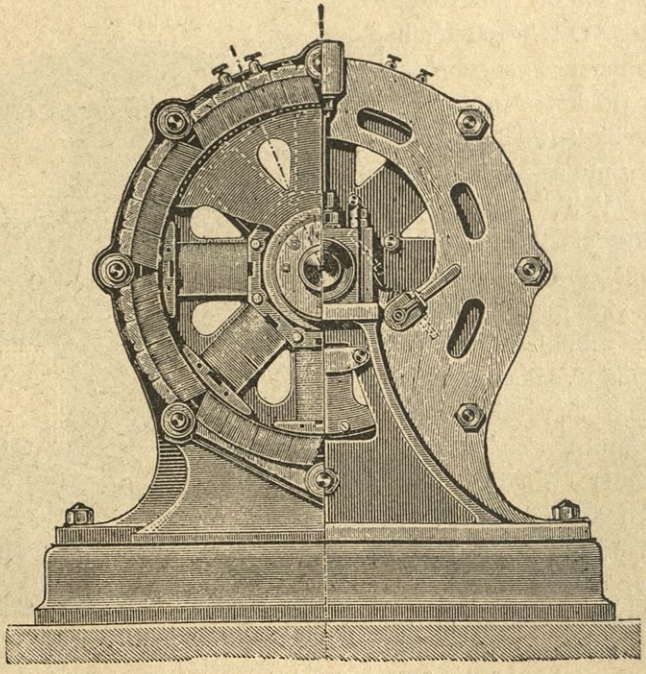
Pri velikih modelih teh strojev zapazimo še neko drugo uprostitev. Veliki obroč ni ovit z mnogimi žičnimi spiralami, temveč obdaja ga samo jeden ovoj, ki pa ne sestoji več iz žice, ampak iz debelih bakrenih šin. Vsaka šina je proti sosednji in proti obroču skrbno izolirana, na vnanjo stran pa gola. Vnanji obod obroča je natanko ostružen in tedaj leže vzmetne ščeti takoj na obroču, kjer neposredno jemljejo toke iz ovojev — kar smo že videli pri naši šematični sliki 23.

Do sedaj opisani električni stroji dajó istomerne toke, bodi-si s pomočjo posebnega komutatorja, ali direktno, ako je kotva Grammejev obroč ali pa Hefner-Alteneckov boben. A elektrotehniki so že zgodaj spoznali, da je za nekatere razmere izmenični tok celo ugodnejši, nego istomerni. Odkar pa so jeli izmenični tok z velikim uspehom uporabljati za napeljave v daljavo in odkar znamo na jako priprost način pretvarjati visoko napete njegove toke v toke nizke napetosti in obratno, je grajenje dinamoelektričnih strojev za izmenične toke postalo važna naloga elektrotehnike. Sprva so delali take stroje, ker so bili poleg onih z istomernimi toki tudi porabni v nekatere svrhe,

pozneje so jih konstruirali, ker so za razne namene celo nadkriljevali stroje za istomerne toke, sedaj pa jih gradijo, ker so s temi popolnoma istovrstni.

Prva potreba strojev za izmenične toke je nastala, ko je mladi ruski častnik Pavel Jabloškov l. 1878. prvi srečno rešil dolgo iskani problem o »deljenju električnega toka«. Njegova »sveča«, o kateri bodemo še pozneje govorili, je zahtevala izmenične toke in Gramme se je takoj lotil konstrukcije takih strojev. Njegovo mašino kaže slika 41. Spominja nas na ravnokar opisane stroje z notranjimi poli. Elektro-

Slika 41.

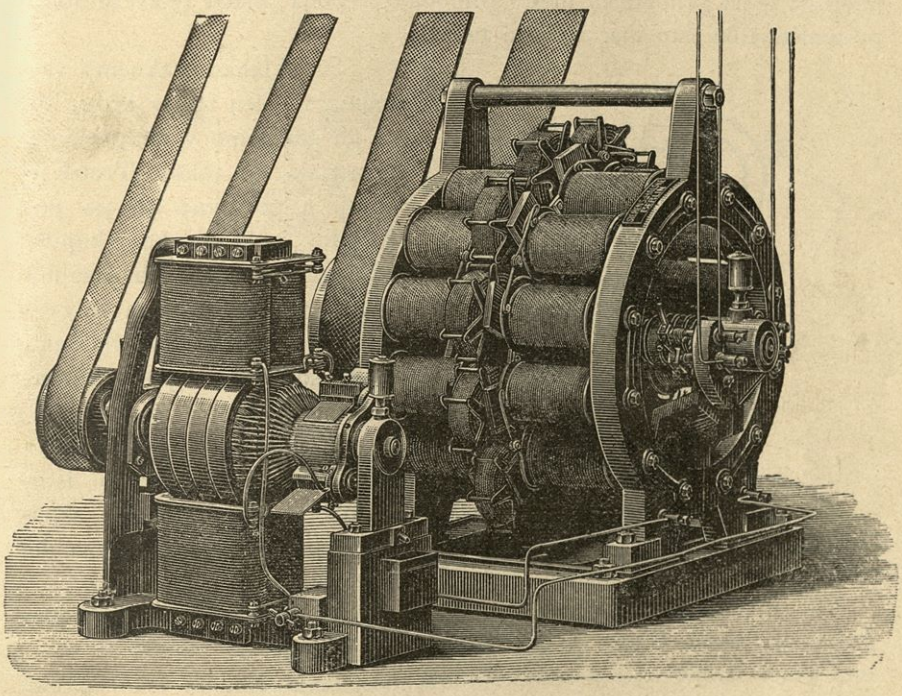


Grammejev stroj za izmenične toke.

magnetov je osem, oni stoje radialno kakor prečke v kolesu in njih poli se zaporedoma menjavajo. Na periferiji jih objema obročasta armatura. Prva razlika je pri vrtenju. Kotva je namreč nepremično pritrjena, elektromagneti pa se sučejo. Poleg tega je obroč drugače ovit z žico, kakor pri Grammejevi armaturi, kajti zaporedne tuljave gredó istočasno mimo raznoimenskih polov. Zato je treba tuljave premenjema navijati v jedno in potem v obratno mer, nadalje pa konec vsake tuljave stakniti s pričetkom prihodnje; tudi bi se lahko navile vse tuljave v isti meri, a potem se mora pri posamičnih tuljavah, recimo pri drugi, njen

začetek stakniti z začetkom prejšnje (prve) in njen konec s koncem sledeče (tretje) tuljave, tedaj v obče pričetki skupaj in konci po dva in dva skupaj. Induktor Grammejevega stroja, kakoršnega kaže naša slika, ima 32 popolnoma ločenih žičnih tuljav, ki so razdeljene v 8 skupin; vsaka skupina se v določenem času nahaja ravno nasproti jednemu elektromagnetnemu polu. Ko stoji n. pr. jedna skupina tuljav nasproti severnemu polu, se na obeh straneh te skupine nahajata skupini, ki imata južna pola nasproti. Končne žice vsake tuljave vodijo do separatnih pritiskalnih vijakov na stojalu stroja; zato moremo iz mašine odpeljati pri vsakem vrtežu 32 izmeničnih posamičnih tokov, ali pa

Slika 42.



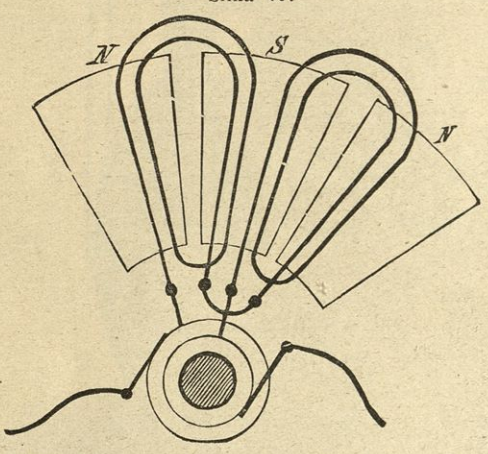
Stroj za izmenične toke tvrdke Siemens & Halske. Na levi strani majhen dinamo za istomerne toke, ki vzbujajo elektromagnete glavnega stroja.

tudi toke stakniti vzporedno, oziroma zaporedno. — Elektromagneti dobivajo svoje toke od posebne male mašine za istomerne toke, kajti izmenični tok ne more proizvajati polaritete. Od te pomožne mašine, katere pa v sliki ne vidimo, gre tok po drsalnih obročih do magnetov.

Ker je Gramme zgradil stroj za izmenične toke, je seveda tudi tvrdka Siemens & Halske takoj jela misliti na konstrukcijo boljše mašine

te vrste. Zgradila je stroj, ki se od Grammejevega jako razločuje. Slika 42. kaže stroj imenovane tvrdke. Dva venca premih elektromagnetov sta na primeren način utrjena v krepko in močno stojalo. V vsakem vencu so magneti tako postavljeni, da se njih poli menjavajo, oba venca pa sta tako drug proti drugemu obrnjena, da stoje severni poli jednega venca nasproti južnim polom druzega venca. V ozkem vmesnem prostoru med obema vencema nastanejo tedaj magnetna polja velike jakosti a menjajoče se meri. V njem se giblje venec ploskih tuljav, katerih število je jednako številu magnetnih polj. Tuljave nemajo železnega jedra. Med seboj so tako zvezane, kakor kaže šematična slika 43. Tu vidimo, da so zaporedne tuljave zaporedno staknjene. Njih veličina je tako umerjena, da, ko se jedna polovica tuljave nahaja v jednem magnetnem polju, je druga že na primernem mestu prihodnjega polja; vsled te zveze dobé posamični toki isto mer v vsaki tuljavi.

Slika 43.



Zveza tuljav v stroju za izmenične toke tvrdke Siemens & Halske.

Sedaj lahko staknemo vse tuljave v jeden tokov krog, ali pa jih staknemo v skupine, da nam dajo več tokov. Treba je tedaj le pozitivne ali pa negativne pole vsake skupine izpeljati do posebnih drsalnih obročev, ostali poli pa se zvežejo z jednim samim drsalnim obročem, kot skupnim povratiščem tokov.

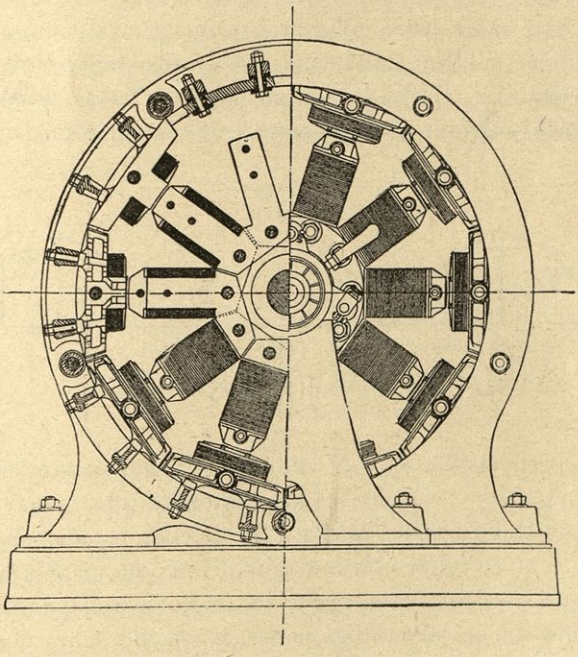
Elektromagnete vzbudimo s posebnim strojem za istomerne toke, katerega zapazimo pri sliki 42. poleg velike mašine.

V novejšem času je budapeštanska firma Ganz & Co. jako razširila polje za izmenične toke; ona gradi stroje, ki reprezentirajo višino sedanje tehnike v tej stroki. Inžener tvrdke, Madjar Zipernowsky, porojen Slovak, je l. 1882. nastopil s strojem, pri katerem ni bilo posebne mašine za polarizacijo elektromagnetov. V to svrho potrebni tok je vzel od stroja samega in sicer je odcepil tok nekaterih ovojev, obrnil ga je s komutatorjem v istomeren tok in to tokovo vejo je izpeljal v elektromagnete. To so takozvane «samobudne mašine» tvrdke Ganz & Co. Slika 44. kaže, da ima ta stroj obročasto, stalno pritrjeno armaturo; posamične tuljave molé radijalno proti središču obroča. Votlina vsake tuljave ima železno, tudi iz ploč sestavljeno jedro in vnanji konci vseh jeder so

z železnimi pločastimi progami med seboj v magnetni zvezi. Na vratilu sede, kakor prečke v kolesu, navajajoči elektromagneti. Jedra so jim tudi sestavljena iz listov železne pločevine. Prosti vnanji konci elektromagnetov stoje ravno nasproti prostim jedrom induciranih tuljav. Na vratilu je poleg elektromagnetov nabit tudi komutator, ki dobiva jedno vejo izmeničnega toka, da jo naravnava v istomeren tok, katerega potem pošilja v elektromagnete.

V Ameriki je tvrdka Westinghouse Company jako povzdignila grajenje strojev za izmenične toke. Njen inžener Stanley je sestavil mašino, pri kateri se vrti kotva, a elektromagneti so stalno pri-

Slika 44.



Konstrukcija stroja za izmenične toke tvrdke Ganz & Co.

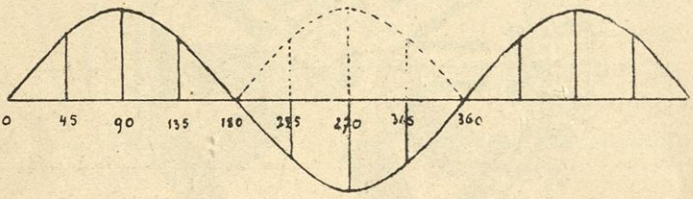
trjeni, torej ravno obratno kakor pri strojih ogrske firme. Ker se inducirane tuljave sučejo, treba je toke odvajati od njih z drsalnimi obroči — kar ima pri jakih tokih dokaj neprilik in nedostatkov. Ameriška tvrdka Brush Electric Co. je vsled tega zopet posegla po onem sistemu, pri katerem se sučejo elektromagneti, a kotvice so nepremično pritrjene. Dotične «Brushove mašine za izmenične toke» se odlikujejo tudi s tem, da se posamične tuljave lahko jemljo iz stroja, kar je za poprave priporočilno in prijetno. Tuljave isto tako

nemajo železnih jeder, kakor poprej navedeni sorodni stroji firme Siemens & Halske.

Navedli smo nekatere karakteristične tipe dinamo-strojev za istomerne in izmenične toke, a morali smo se omejiti na glavne zastopnike, kajti število tvrdek, ki danes gradijo dinamo-mašine, je jako veliko in vsaka ima svoje posebnosti, s katerimi dela reklamo. Za naš namen take podrobnosti nemajo pravega pomena; le pri opisovanju uporabe električnih tokov bodemo tam pa tam še opozarjali čitatelja na jeden ali drugi zgoraj ne našteti sistem, ki je izumljen v posebne, specijalne svrhe.

Sedaj je umestno, da si še jedenkrat ogledamo pojave in ponašanje obeh vrst tokov, namreč istomernega in izmeničnega toka. V ta namen si hočemo tok predstaviti z grafično sliko. Mislimo si najprej, da se vrti samo jedna tuljava, oziroma samo jeden, diametralno si nasproti stoječ tuljavni par memo dveh magnetnih polov, kakor nam to n. pr. kažeta sliki 15. in 16. na strani 25. Ko se tuljava jedenkrat na okoli zasuče, napravi pot 360 stopinj. Te stopinje zaznamenujemo na

Slika 45.



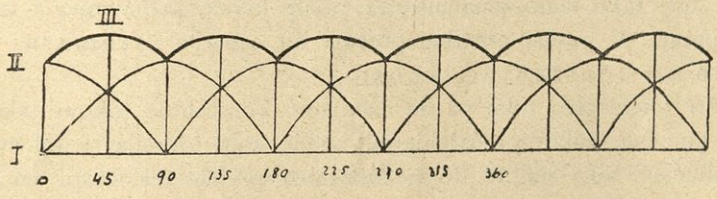
horizontalni premi (slika 45.). V dobljenih točkah postavimo pravokotnice, ki nam kažejo veličino elektromotorske sile, pojavljajoče se v tuljavi na dotični stopinji vrteža. S početka je eletromotorska sila jednaka ničli; ko se tuljava bliža magnetnemu polu, pa sila hitro narašča. Pri 45° vrteža ima že izdatno veličino, a ko je tuljava ravno nasproti magnetnemu polu, je jakost toka največja; od tod dalje zopet pojema, in ko je tuljava napravila pot 180°, je njen tok vnovič jednak ničli. Ako zvežemo krajišča pravokotnic s črto, dobimo krivuljo, ki je natančen izraz indukcijskih postopkov v dotični tuljavi. Krivulja je takozvana sinusova krivulja, ki pa v naši sliki ni dovolj strogo narisana. Od 180° dalje, torej v drugi polovici vrteža, pa nastane bistvena razlika, če delamo z istomernim ali pa izmeničnim tokom. Pri istomernem toku začne njegova jakost zopet naraščati, a naraščaj se vrši v istomer, torej na isti strani horizontalne preme. Tok narašča, pride pri 270° v svoj maksimum in potem zopet pojema do 360°. Za izraz toka v drugi polovici vrteža dobimo tedaj jednako in na isti plati horizontalne

preme ležečo krivuljo, kakor za tok v prvi polovici vrteža; kaže nam jo pikičasta črta v naši sliki.

Čas, katerega traja jeden popoln vrtež, zovemo perijodo vrteža. Ko je dovršen prvi vrtež, se prične drugi, in tudi za tega velja jednaka krivulja. Iste razmere se pojavljajo pri vsakem sledečem vrtežu in tedaj nastane pri trajnem sukanju tuljave v njej tok, katerega predstavljajo pri istomernem toku zaporedoma sledeči si loki na isti strani horizontalne preme.

Drugačne razmere pa se kažejo pri izmeničnem toku, ko stopi tuljava v drugo polovico vrteža. Tudi tu jame tok naraščati, a ker teče v nasprotno mer, je treba v naši sliki izmenjati stran in stopiti pod horizontalno premo. Krivulja se torej pri 180° obrne na spodnjo plat horizontalne preme; jakost toka tu zopet narašča, kakor v prvi polovici vrteža, samo mer mu je nasprotna. Pri 270° dobi svoj maksimum, potem pa se vrača proti ničli nazaj, katero doseže pri 360°, tedaj koncem svojega vrteža. Te razmere se ponavljajo pri vsakem prihodnjem vrtežu, in ako se to sukanje nepretrgano vrši, dobimo trajno in nepretrgano valjavico.

Slika 46.



Ako zvežemo tuljavna konca z vnanjim tokovim krogom, pretaka se tudi po tem krogu tok, katerega moremo na popolnoma jednak način grafično narisati, kakor smo to ravnokar storili s toki v jedni, oziroma v dveh tuljavah.

Naše krivulje kažejo, da tokova jakost v jedni perijodi zelo omahuje. Tako je n. pr. istomerni tok najprej jednak ničli, potem doseže svoj maksimum in pade zopet na ničlo. Od tod, torej od 180° dalje, tok vnovič narašča, dobi pri 270° največjo jakost in izgine pri 360°. Ti veliki zibeži pa nastanejo samo tedaj, če uporabljamo le jedno tuljavo ali pa samo jeden tuljavni par. A znano nam je že, da se to v praksi nikdar ne zgodi. Na obroč natikujemo vedno več tuljav in tedaj se nam posreči, da premagamo omenjeno omahovanje toka. Slika 46. nam te nove razmere jasno predočuje za istomerne toke. Mesto jednega para nataknili smo na obroč dva para tuljav, ki sta pritrjena na krajiščih dveh pravokotno drug na drugem stoječih obročevih premerov, torej križema. Tuljave so potemtakem za 90° narazen postavljene.

Vsak tuljavni par provzroča tok, ki je označen z znano nam krivuljo, imajočo svoj maksimum in svoj minimum. A ker sta tuljavna para za 90° narazen, sta tudi njuni krivulji na horizontalni premi za 90° premaknjeni druga proti drugi.

Tok jednega, recimo, prvega tuljavnega para je pri 0° jednak ničli, dočim ima tok drugega para v istem trenotku svoj maksimum; tok prvega para narašča in doseže pri 90° svoj maksimum, a tok druzega para je padel v tej točki na ničlo itd. Elektromotorski sili obeh tokov sta nekako vznasad položeni in se tedaj sumirata. To sumiranje elektromotorskih sil v posamičnih momentih vrteža je na naši sliki grafično izvršeno. Iz obeh krivulj izvira nova, nad prvotnima ležeča krivulja, ki je izraz za vsoto prvotnih tokov v obeh tuljavnih par h, torej tudi v vnanjem tokovem krogu. Slika kaže, da so loki nove krivulje že bolj izploščeni, nego loki posamičnih prvotnih krivulj. Zibeži rezultirajočega toka so torej manjši, kakor pri jednem samem tuljavnem paru.

Ako vzamemo več nego 4 tuljave, ako torej ovijemo obroč s mnogimi ovoji, predstavlja tok krivulja, ki je sestavljena iz mnogih posamičnih še bolj izploščenih lokov. Končno moremo število tuljav tako povečati, da se rezultirajoča krivulja zelo približa premi črti, rekše, tok tako malo omahuje, da zibeže komaj zaznavamo z najfinejimi aparati. V praksi pravimo potem, da imajo istomerni toki stalno ali konstantno jakost.

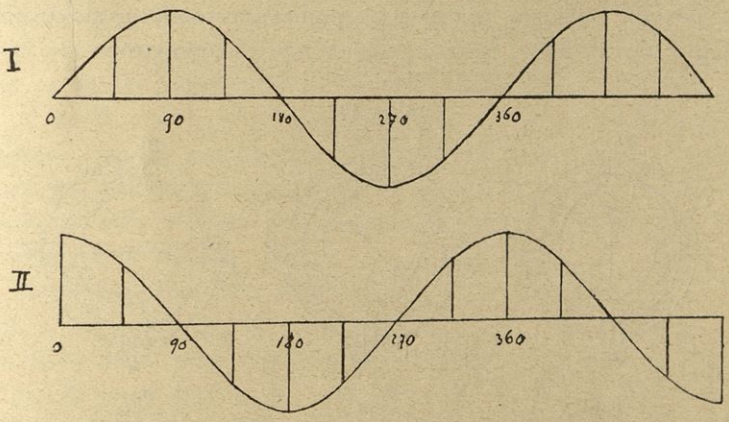
Pri izmeničnem toku pa ne nahajamo konstantne tokove jakosti v istem pomenu, kakor pri istomernih tokih, kajti krivulja se od svojega maksimuma vselej nagne do horizontalne preme ter stopi na njeno drugo stran. Prava tokova jakost ima torej v vsakem trenotku drugo vrednost, in zato ne moremo kar kratko in malo govoriti o splošni tokovi jakosti. Ko rabimo pri izmeničnem toku izraz: tokova jakost, razumevamo s tem le povprečno jakost za časa jedne perijode, tedaj ne maksimum in tudi ne minimum, temveč srednjo vrednost iz vseh posamičnih jakostij.

Dva istomerna, v skupno žico poslana toka se sumirata, kakor smo to opazovali na sliki 46. Tam sta imela oba toka isto jakost in isto mer. Možni so pa tudi slučaji, da se družita dva toka, ki sta različne jakosti; tudi taki toki se sumirajo, čeravno ne tako jednostavno, kakor pri našem zgledu. Slednjič pa se lahko celo pripeti, da imata toka nasprotne meri; tedaj je rezultujoči tok jednak diferenci obeh prvotnih tokov. V obče se torej lahko trdi, da je v slučaju, če tečeta istočasno po skupni žici dva istomerna toka, jakost toka v žici jednaka vsoti ali pa diferenci obeh posamičnih tokov ali obeh tokovih vej.

Vsa drugačna pa je stvar pri dveh izmeničnih tokih. Dva izmenična toka se lahko razločujeta v treh stvareh. Prvič je morebiti njuna

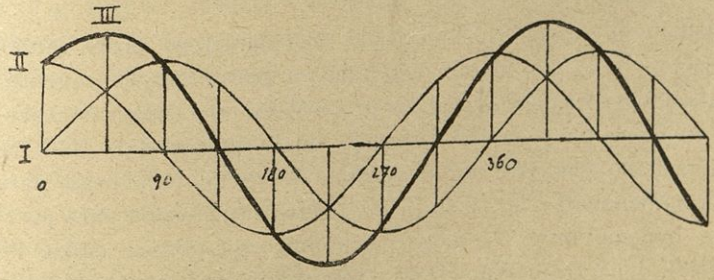
jakost različna, kakor pri istomernih tokih, drugič sta lahko različni njuni perijodi; jeden ima na pr. perijodo $^1/_{100}$ sekunde, tovariš pa perijodo $^1/_{500}$ sekunde. A če sta tudi perijodi jednaki, se tretjič pripeti, da oba toka ne dosegata v istem času svoj maksimum in tudi ne svoj minimum, da torej ne menjavata v istem času svoje meri. To razliko zaznamenujemo s tem, da pravimo, izmenična toka imata različni fazi. Slika 47. riše dva izmenična toka, zaznamenovana z I in II, pri katerih sta fazi za 90° različni. Vsak tok teče tu po svoji lastni žici.

Slika 47.



Ako izpeljemo toka I in II v skupno prevodno žico, dobimo sliko 48. Jakosti obeh tokov se adirata in iz obeh izvira krivulja III, ki je na podobi z debelejšo črto označena.

Slika 48.



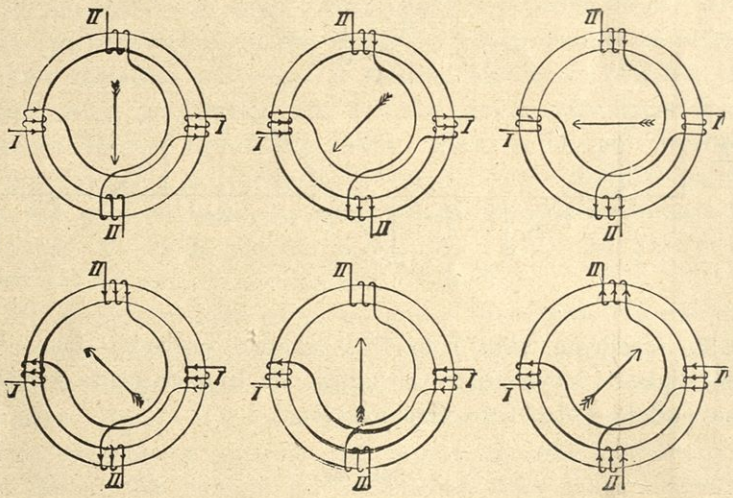
Slika nas tudi uči, da je maksimalna tokova jakost v rezultanti večja, nego maksimalna tokova jakost v vsakem posamičnem toku, a vendar manjša, kakor vsota obeh. Tudi perijoda rezultante je ravno tolika, kakor perijoda vsacega posamičnega toka. Faza rezultante pa je različna in drugačna, nego je pri tokih I in II, kajti rezul-

tanta ne seče horizontalne preme v istih točkah, kakor krivulji I in II; ona torej nema istodobno svojega minimuma in isto tako ne svojega maksimuma kakor prvotna dva toka.

V obče nas uči ta zgled: Ako spustimo dva izmenična toka iste perijode a različnih faz v žico, ima rezultirajoči izmenični tok drugo fazo, kakor jo ima vsak posamični izmenični tok; faza se premakne.

Faza, oziroma fazna razlika je nov, velevažen moment, na katerega se moramo pri izmeničnih tokih ozirati. Čestokrat je ta diferenca vzrok neljubim komplikacijam, a na drugi strani je uporaba fazne razlike postala velikega praktičnega pomena v moderni elektrotehniki in nas privede do nove, jako zanimive vrste dinamo-strojev.

Slika 49.



Mislimo si jednakoramen križ, ki nosi na koncu vsake rame jedno žično tuljavo tako da imamo dva tuljavna para, katera se vrtita pred poloma podkovastega magneta in proizvajata dva izmenična toka. Ker stojita tuljavna para za 90° narazen, imata tudi nastala toka za 90° različni fazi. Polarni žici, kateri vodita od prvega tuljavnega para, hočemo zaznamenovati z I, I, polarni žici druzega tuljavnega para pa z II, II. Te žice ovijemo krog železnega, nepremičnega obroča (slika 49.), in sicer žici I, I na dveh diametralno nasprotnih mestih obroča ob njegovem horizontalnem premeru, žici II, II pa istotako ob njegovem vertikalnem premeru, kakor je narisano na sliki.

Obroč nosi sedaj četvero ovojev, ki so po 90° oddaljeni drug od druzega. Vsa naprava kaže torej dva popolnoma ločena tokova kroga in potrebuje štiri prevodne žice.

Ako se križ s tuljavami vrti, se tvorijo v njih toki, ki tekó po prevodnih žicah in končno po ovojih obročevih. Ovoj pomagneti obroč in tvorita se v obroču severni in južni pol. Pri vrtenju tuljav se to magnečenje neprestano izpreminja; slika 49. nam bode dotične procese pojasnila. Isti obroč je šestkrat naslikan, da se razmere v njem lažje pregledajo.

Oglejmo si najprej prvi obroč. Male puščice v žici njegovi nam značijo, da kroži tok po tuljavah I, I, ležečih ob horizontalnem obročevem premeru, dočim je drugi par II, II ravno brez toka. V tem hipu je tok prvih dveh tuljav dosegel svoj maksimum. Tuljavi proizvajata v obroču navzgor severne pole, ki tvorijo na najvišjem delu obroča skupni severni pol; ravno tako nastane na najnižjem delu obroča južni pol, o čemer se lahko prepričamo s pomočjo Ampère-ovega plavarskega pravila. V sredi obroča stoji magnetna igla, ki je v naši sliki označena s puščico. Severni pol obroča pritegne nase južni pol igle, južni obročev pol pa severni pol igle, tako da se magnetna igla — ost puščice predstavlja njen severni pol — postavi navpično na premer, ki nosi naši tuljavi I, I.

Kmalu po tem (glej drugi obroč) začne v tuljavah I, I, tok pojemati, a v tuljavah II, II v isti meri naraščati. Sedaj imata oba tuljavna para nekaj toka. Prvi par hoče obdržati svoja pola, a drugi par hoče tvoriti za-se severni in južni pol. Zgornja tuljava na pr. tvori po Ampere-ovem pravilu (mer toka je zopet z malimi puščicami zaznamenovana) na levo stran južni pol, ki uničuje stari severni pol leve tuljave; na desno stran pa tvori zgornja tuljava severni pol, ki se s severnim polom desne tuljave sestavlja v skupni severni pol. Na sredi med obema zadnjima tuljavama nastane torej severni pol, ali *severni pol, ki je prej ležal na najvišjem delu obroča, se je premaknil v zmislu gibanja urnega kazalca za* $^1/_8$ *kroga dalje*. Ž njim ob jednem se je tudi magnetna igla za $^1/_8$ kroga zasukala, kakor je razvidno na drugem obroču naše slike.

Za temi dogodki izgubita tuljavi I, I svoj tok popolnoma (glej tretji obroč), a v tuljavah II, II dobi tok največjo jakost. Zato se pola za $^1/_8$ kroga dalje pomakneta; severni in južni pol imata isto lego, kakor na urni cifrenici številki III in IX. Ravno tako se zasuče magnetna igla.

V prihodnjem času (glej četrti obroč) pojema tok II, II, a tok I, I začne naraščati v *nasprotno mer*. Severna pola obeh tokov se združita v skupni severni pol, ki ima lego med številkama IV in V urne cifrenice. Njemu sledi seveda magnetna igla.

Pri petem in šestem obroču se je severni pol še dalje premaknil v zmislu gibanja urnih kazalcev in ž njim vred magnetna igla, ki je končno

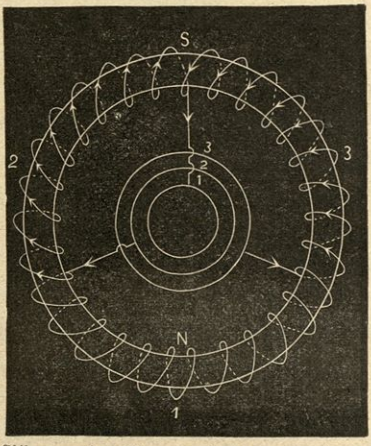
napravila cel vrtež 360°. Rezultat naših obeh raznofaznih izmeničnih tokov, ki sta izpeljana po nepremičnih ovojih krog nepremičnega železnega obroča, je torej tak, da se magnetna igla v sredi obroča neprestano vrti.

Magnetno iglo lahko nadomestimo s kosom nemagnetnega železa, Železo se vsled magnetne indukcije pomagneti in začne se isto tako sukati, kakor magnetna igla. Celo druge, nemagnetne kovine se začno v obroču vrteti, kajti v njih nastanejo Foucaultovi toki in te toke, rekše njih nositelje, privlačujejo potujoči obročevi poli k sebi.

Izmenični toki z različnimi fazami tvorijo torej vrtenje, in to gibanje se lahko izpremeni v delo. Taki skupaj delujoči izmenični toki so postali velikega pomena; dali so jim posebno ime: Vrtilni ali mnogofazni toki.

Ako imamo dva tuljavna para, pri katerih je fazna diferenca $90^0 = \frac{180^0}{2}$ ali pri katerih so vali premaknjeni za $^1/_4$ cele valove dolžine, nastanejo dvofazni toki; troje tuljavnih parov, katerih fazna razlika znaša $60^0 = \frac{180^0}{3}$, (ali pri katerih sta vala druzega toka za $^1/_3$, oziroma za $^2/_3$ cele valove dolžine premaknjena nasproti valu prvega toka) tvorijo trofazne toke; četvero tuljavnih parov s fazno razliko 45^0 ali $\frac{180^0}{4}$ bi dalo četverofazne toke itd. V vsakem slučaju provzročijo mnogofazni toki, ako jih na primeren način izpeljemo krog železnega obroča, premikanje ali potovanje pola okrog obroča in vrtenje železa ali kovine, gibčno pritrjene sredi obroča.

Slika 50.



Slika ovojev Grammejevega obroča za proizvajanje trofaznega toka.

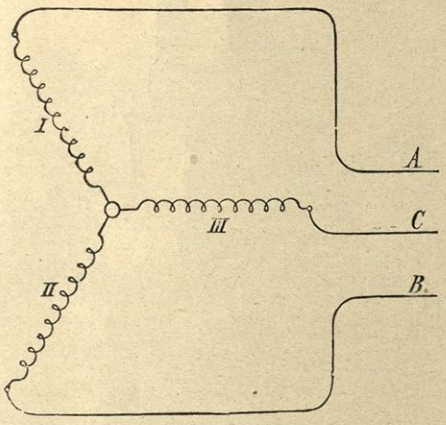
Mnogofazne toke moremo proizvajati z navadnimi dinamo-stroji, ako pri Grammejevem obroču na poseben način staknemo posamične tuljave. Slika 50. nam kaže dotično uredbo za trofazne toke.

V sliki vidimo navadni Grammejev obroč, ki se na običajen način suče med dvema magnetnima poloma N in S. Na osi obroča so pritrjeni trije drsalni obročki 1, 2, 3. Na treh mestih, ki ležé po $^1/_3$ kroga narazen, se odcepijo od obročevih ovojev žice ter gredó posamič do jednega drsalnega obročka. Znano nam je, da nastanejo v ovojih Grammejevega obroča izmenični toki; po vsaki tretjini

obroča krožijo torej tudi izmenični toki. Ker pa obročeve tretjine druga za drugo hité memo polov, je postanek in tek v njih nastalih tokov časovno različen in vselej za $^1/_3$ vrtilnega časa premaknjen.

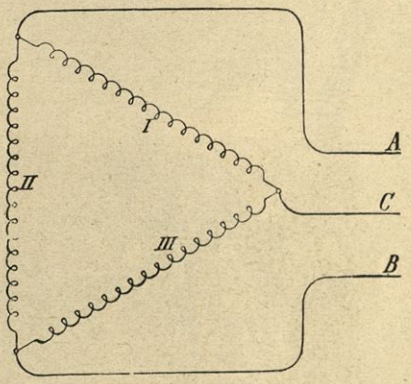
Dobljene trofazne toke lahko pretvorimo s pomočjo transformatorjev, katere hočemo pozneje podrobneje opisati, v trofazne toke z višjo ali pa tudi z nižjo napetostjo; treba je le posamične toke spustiti v navadne transformatorje, a iz njih prihajajoče toke vnovič primerno združiti v trofazni tok. Za zvezo takih sekundarnih trofaznih tokov poznamo dvoje vrst stikanja, namreč zvezdasto stikanje (slika 51.) in trikotniško stikanje (slika 52.). Spirale I, II, III pomenijo žične tuljave. Čitatelj koj izprevidi, da so stroji Grammejevega obroča na sliki 50. trikotniško staknjeni. Lahko bi jih seveda tudi staknili zvezdasto, a prvi način je navadno tudi pripravnejši.

Slika 51.



Zvezdasto stikanje za trofazne toke.

Slika 52.



Trikotniško stikanje za trofazne toke.

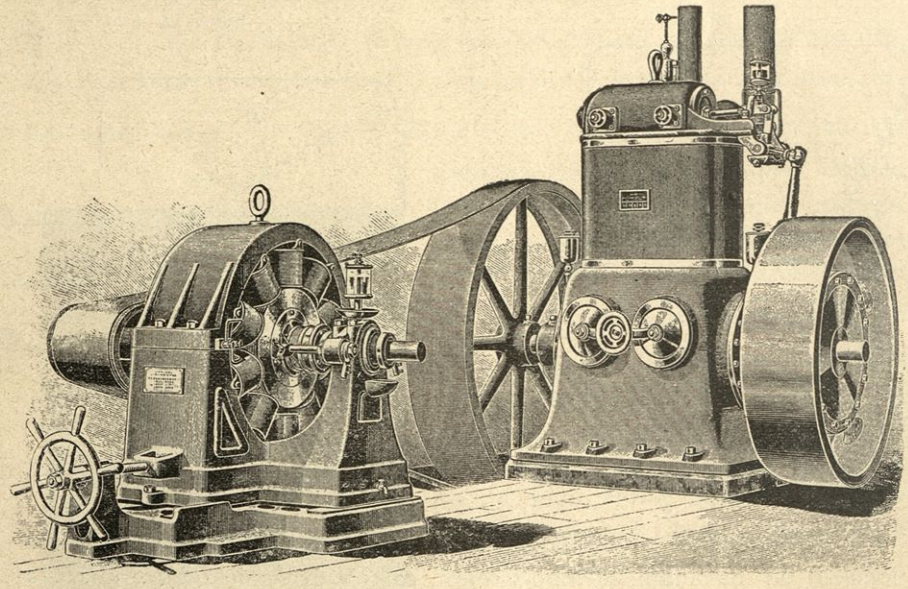
Stroji, kateri proizvajajo vrtilne toke, se torej bistveno ne razločujejo od navadnih dinamo-strojev, samo odvažanje tokov, ki nastajajo v obročevih tuljavah, je različno in posebno. Pozneje, ko bodemo opisovali električne motorje, se bodemo še podrobneje pečali z vrtilnimi toki in njih učinki.

Preden zapustimo opisovanje dinamo-strojev, hočemo predstaviti še dva dinama, ki sta v zvezi z gonilnim motorjem. Slika 53. kaže dinamo, katerega žene parna mašina s pomočjo jermena, slika 54. pa predočuje slučaj, v katerem sta dinamo in parni motor neposredno zvezana. Zamašnjak parnega stroja in dinamo imata jedno in isto vratilo. Taka zveza je dokaj sigurnejša, kakor zveza z jermeni, pri katerih se lažje pojavljajo neprilike in motenje v delovršbi, kakor pri direktni zvezi.

Stikanje dinamo-strojev. Na strani 29. smo se seznanili s Siemensovim dinamo-električnim principom, ki pravi, da je nepotrebno pri dinamo-električnih strojih dovajati elektromagnetom toke od drugod, ker mašina sama lahko daje električne toke za vzbujanje poljskih magnetov; treba je le induktor in elektromagnete na primeren način zvezati, ali kakor pravijo elektrotehniki, stakniti. Pravilno stikanje teh dveh strojnih delov je odločilnega pomena za uspešno uporabo dinamo-strojev, in zato je hočemo podrobneje opisati.

Jeden način stikanja nam kaže že slika 25. na str. 33. Od zgornje kolektorjeve drsalne vzmeti je izpeljana žica krog obeh elektromagnetov. Tok pride torej iz obroča, leti okoli elektromagnetov in se povrne zopet po spodnji kolektorjevi vzmeti v obroč nazaj.

Slika 53.

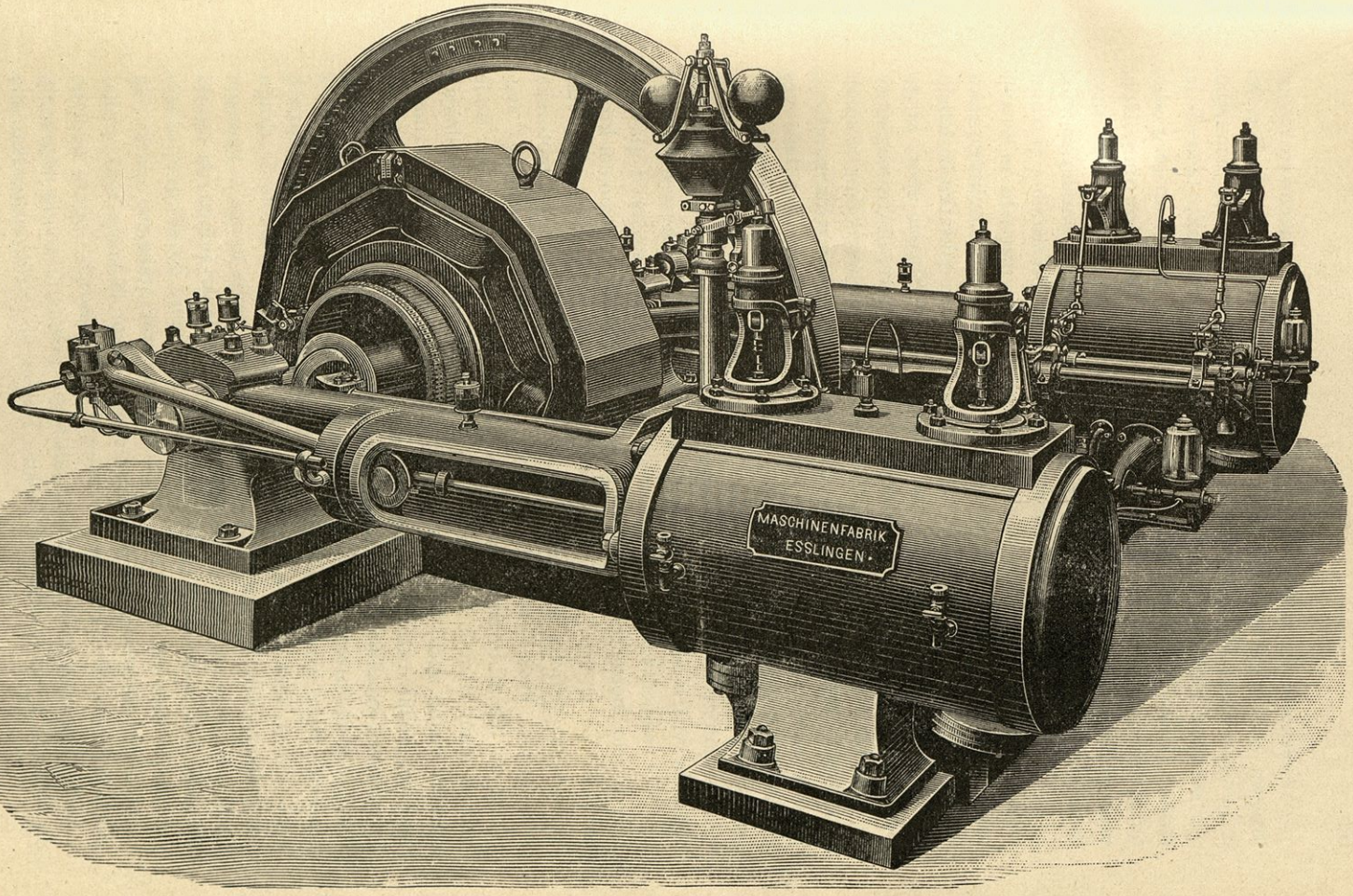


Parni stroj in dinamo-stroj, zvezana z jermenom.

Pri tem stikanju kroži torej ves tok, kolikor ga stroj proizvaja, okoli elektromagnetov. Poljski magneti dobivajo isti glavni tok, kakor ga dobiva vnanji tokov krog z vsemi svojimi aparati, svetilnicami, motorji itd. Ker se v tem slučaju uporablja ves glavni tok za vzbujanje elektromagnetov, se to stikanje zove «stikanje v glavni tok», in mašine te vrste so «dinamo-stroji z glavnim tokom».

Druga vrsta stikanja ne uporablja vsega toka za vzbujanje elektromagnetov, ampak od glavnega toka odcepi postranski tok, in tega izpelje okoli poljskih magnetov.

Slika 54.



Parni in dinamo-stroj, neposredno zvezana.

Kolektorjevi vzmeti sta neposredno zvezani z glavnim tokovim krogom. Od tega kroga pa je odcepljena stranska veja tanjše žice, ki je navita okoli elektromagnetovih tuljav. Poljski magneti torej ne dobé vse vzbujene električne sile; po njih ne teče glavni tok, temveč le stranska veja. To je »stikanje v stranski tok«; mašine, imajoče tako ovite elektromagnete, so «dinamo-stroji s stranskim tokom». Opisano stikanje je uporabljal že vrstnik Siemensov in prav za prav prvi izumitelj dinamo-električnega principa, Wheatstone, pri svojih dinamih.

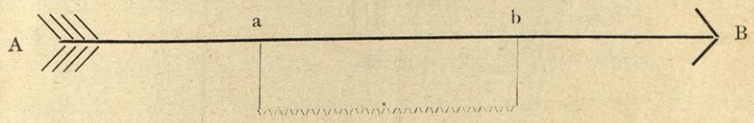
Oglejmo si sedaj razlike obeh stikalnih metod. Pri strojih z glavnim tokom teče jeden in isti tok skozi kotvo, poljske magnete in vnanji tokov krog. Naredimo najprvo upor v vnanjem tokovem krogu jako majhen; to se na pr. zgodi, če zvežemo pola mašine s kratko in debelo žico, rekše, če napravimo takozvani kratki stik. Skupni upor, ki ga tvorijo potem vsi deli naše naprave, to je upor kotve, elektromagnetov in vnanjega tokovega kroga, postane sedaj tako majhen, kakor je sploh le mogoče; upor je dosegel svoj minimum. Če pa je upor najmanjši, je tokova jakost največja — prišla je na svoj maksimum. Ker teče ves glavni tok krog poljskih magnetov, dobé ti svojo največjo jakost; s to največjo jakostjo inducirajo zopet toke maksimalne jakosti v kotvi. Elektromotorska sila je torej hitro narasla in dospela do svojega vrhunca. V tem slučaju lahko nastane nevarnost za stroj. — Pri malem uporu v vnanjem tokovem krogu proizvaja potemtakem mašina z glavnim tokom zelo močne toke. Drugače pa je stvar, ako upor v vnanjem krogu narašča. Če je upor večji, je glavni tok slabši; v poljskih magnetih vzbujeni magnetizem je slabši in zato je tudi proizvajana elektromotorska sila manjša. Poskusimo sedaj z našim strojem napajati nekoliko svetilnic; od teh zahtevamo, da goré vedno jednakomerno, naj jih bode več ali manj vdjanih v tokov krog. Pri zaporedno staknjenih svetilnicah narašča vnanji upor, kedar je v njem vtaknjenih več svetilnic, a zmanjšuje se, kedar nekaj svetilnic izločimo. V prvem slučaju, ko potrebujemo več svetilnic, je poraba toka večja — a naša mašina daje manj toka; v drugem slučaju, ko gori manj lučij, je potreba toka manjša, a stroj proizvaja sedaj večjo elektromotorsko silo — torej ravno narobe svet. Poleg tega nedostatka imajo stroji z glavnim tokom še drugo neugodnost. Vsled velike občutljivosti za izpremembe upora v vnanjem tokovem krogu se namreč pri teh mašinah tudi lahko pripeti, da poljski magneti zamenjajo svoje pole, ali kakor pravimo, da se prepolarizirajo. V vnanjem tokovem krogu so čestokrat staknjeni aparati, ki razpošiljajo od sebe toke nasprotne meri, kakor jo imajo toki, prihajajoči iz stroja. To je na pr. mogoče pri akumulatorjih, katere bodemo v prihodnjem poglavju opisali, a tudi še pri nekaterih drugih pripravah, do katerih vodimo električne toke. Dokler je elektromotorska sila

tacega protitoka slabša, kakor elektromotorska sila dinamo-stroja, zmaguje dinamo in tok ima ves čas zahtevano normalno mer. Če pa mašina za jeden trenotek iz katerega koli vzroka obstane, ali pa ako jame tako počasi teči, da je njen tok slabši, nego sovražni tok, potem zmaga ta protitok; po tokovem krogu, torej tudi po mašini, začne krožiti tok v nasprotnem smislu. Vsled tega zamenjajo elektromagneti svoja pola; v istem trenotku pa izpremeni tudi stroj sam mer svojega toka in požene v vnanji tokov krog toke iste meri, kakor jo je imel protitok — kar je čestokrat pogubonosno za vtaknjene priprave.

Ker teče pri mašini z glavnim tokom ves tok skozi poljske magnete, dočim morata obe obročevi polovici vsled vzporednega stika njunih žičnih ovojev vzdržati vsaka le polovico tokove jakosti, se uporablja za te ovoje tanjša žica, nego za ovoje krog poljskih magnetov. Ti zahtevajo razmerno malo, če tudi debelejše žice. Vsled manjše uporabe žice so mašine z glavnim tokom cenejše, kakor druge. Gradijo jih posebno za napajanje zaporedno staknjenih obločnic in za prenašanje sil v daljne kraje.

Pri strojih s stranskim tokom pa so razmere povsem drugačne, nego pri ravnokar opisanih mašinah. Da te razmere prav spoznamo, hočemo si najprej ogledati, kake jakosti toka nahajamo v glavnem in postranskem prevodniku. Slika 55. nas bode o tem poučila.

Slika 55.



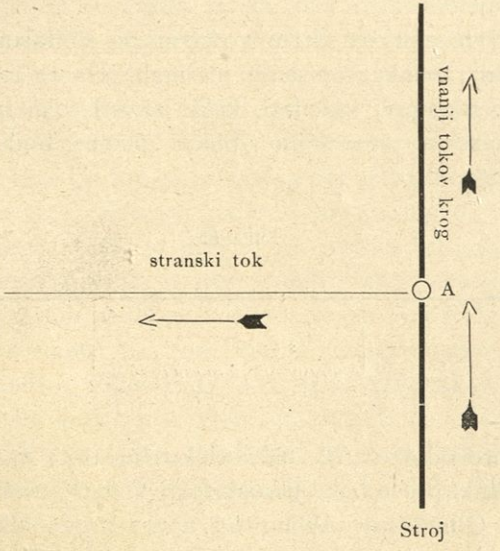
Po glavnem prevodniku AB teče električni tok; v točkah a in b je priklopljen stranski prevodnik. Jakost toka v tem stranskem prevodniku je zavisna po Ohmovem zakonu od upora prevodnikovega in od naponskih razlik v točkah a in b. Ta naponska diferenca pa je zopet zavisna od jakosti glavnega toka v AB in od upora, ki ga tvori daljica ab. Čim večji je upor daljice ab — jakost glavnega toka naj ostane pri našem poskusu neizpremenjena — tem večja je naponska razlika v točkah a in b, tem večja je torej tudi jakost toka v stranski žici. Ako je torej glavni tok vedno isti, potem narašča in pojema jakost stranskega toka, kakor narašča in pojema upor daljice ab. Uporabimo sedaj te podatke pri mašini s stranskim tokom. Naponska diferenca na obeh koncih magnetnih ovojev je zavisna od upora v vnanjem tokovem krogu; ž njim narašča, ž njim pojema. Če torej svoj

stroj na kratko staknemo, rekše, če postane upor vnanjega tokovega kroga med onima dvema točkama, pri katerih se odcepljujejo zavoji poljskih magnetov, neznaten, potem je tudi naponska razlika obeh toček malenkostna. Po stranski žici, ki je ovita krog magnetov, kroži slab, za omagnečenje malo uspešen tok. Inducirajoči učinek poljskih magnetov na kotvo izgine skoraj popolnoma; lahko se reče, da v tem slučaju stroj ne daje nikakega toka.

Porabimo sedaj naš stroj za napajanje zaporedno staknjenih svetilnic, kakor smo to storili pri stroju z glavnim tokom; če gori več lučij, je upor v glavnem krogu večji; zato naraste tudi naponska razlika med točkama a in b, ob jednem pa se poveča jakost toka v stranski žici, ali kar je jedno in isto, jakost magnetnega polja.

Če nekaj svetilnic izločimo, se upor zmanjša, ž njim vred se zmanjša tokova jakost v stranski žici, rekše jakost magnetnega polja.

Slika 56.



Jakost toka v glavnem tokovem krogu torej narašča, če narašča število priklopljenih svetilnic; če pa število svetilnic pada, pada tudi jakost toka. To se pravi, stroj s stranskim tokom se do gotove meje sam regulira.

Tudi nevarnost prepolariziranja je pri takih strojih odstranjena, kajti okoli poljskih magnetov kroži tok vedno v istem smislu, naj bode mer toka v vnanjem tokovem krogu ta ali ona; o tem nas prepriča pogled na šematično sliko 56.

Slika kaže, da prihaja tok iz stroja po debeli, vertikalni žici v meri pridejane puščice. Pri točki A se od njega na levo odcepljuje žica

stranskega, poljskim magnetom namenjenega toka; puščica označuje njegovo mer. Če se sedaj v vnanjem tokovem krogu, torej pri naši sliki v vertikalni žici, mer toka obrne, je očividno, da bode po stranski žici imel tok še vedno isto mer. Polariteta magnetov ostane torej neizpremenjena, stroj se ne more prepolarizirati.

Ker je treba za ovoje poljskih magnetov pri strojih te vrste mnogo tenke žice, je mašina s stranskim tokom vedno dražja, nego stroj z glavnim tokom.

Iz opisanih črtic smo razvideli, da je elektromotorska sila vsakega dinama zavisna od upora v vnanjem tokovem krogu; pri strojih z glavnim tokom narašča ta sila, ako se upor zmanjšuje, pri mašinah s stranskim tokom pa pojema, ako vnanji upor narašča. Ker pa zahtevajo skoraj vse priprave, katere imamo vprežene v vnanji tokov krog, stalno napetost električnih tokov, bi bili naši stroji, čeravno se deloma sami regulirajo, v obče vendar samo tedaj uporabni, kedar ima ves vnanji tokov krog stalen upor, ali pa tedaj, kadar s posebnimi pripravami skrbimo za to, da ostane upor neizpremenjen.

Priprav za umetni upor imamo dovolj, in najbolj jednostavna bi bila stvar, ko bi jih vtaknili v glavni tokov krog ter z njihovo pomočjo vzdrževali skupni upor na stalni višini. To bi bilo sicer priprosto, vendar pa jako drago sredstvo. Vtakjneni upor použije dokaj energije, in parni stroj, ki goni dinamo, bi velik del svoje moči potratil na ljubo našemu umetnemu uporu. Zato je treba na drug, bolj ekonomičen način vzdržavati napetost na stalni višini. Ker se upor v stroju samem ne izpreminja, treba je računati le z uporom v vnanjem krogu. Če hočemo, da dobivajo njegovi aparati, svetilnice i. t. d. vedno jednako napet tok, moramo v prvi vrsti skrbeti, da biva na pričetku vnanje tokove poti, torej na polarnih vijakih, stalna napetost.

Naša naloga je torej, da vzdržimo na polarnih vijakih konstantno tokovo napetost, to je, stalno elektromotorsko silo. Recimo, da smo z načinom, katerega hočemo nekaj vrst nižje opisati, to zahtevano stalno napetost na polarnih vijakih dognali, potem je očitno, da vsaka izpremememba upora v vnanjem tokovem krogu vpliva na jakost toka, kajti po Ohmovem zakonu so količine: jakost, napetost, oziroma elektromotorska sila, in upor v tesni, medsebojno zavisni zvezi. Če se pa jakost toka v vnanjem tokovem krogu izpremeni, se izpremeni seveda tudi jakost toka v notranjem tokovem krogu, rekše v kotvici stroja. A ker ima kotvica stalen upor, ki se ne izpreminja, se mora v kotvici ob jednem izpremeniti elektromotorska sila.

Vsa stvar se torej suče okoli vprašanja, kako izpreminjati elektromotorsko silo kotvice, oziroma, kako jo vzdržavati na stalni višini.

Regulacijo elektromorske sile v kotvici, rekše stalne napetosti na polarnih vijakih, moremo uprizarjati na dva načina, namreč z bolj ali manj hitrim vrtenjem kotvice ali pa z ojačevanjem, oziroma oslabljevanjem poljskih magnetov.

Če hočemo, da se dinamo urneje suče, treba je bolj pognati parno mašino. A ker je iz mehaničnih ozirov skoraj nemogoče, parni stroj tako občutljivo urediti, da bi se dovolj urno prilagojeval vsem hipnim izpremembam upora v vnanjem tokovem krogu, rajše posežemo po drugem navedenem sredstvu in izpreminjamo magnetne učinke poljskih magnetov.

Te učinke pa zopet lahko izpremenimo na dva načina. Pri prvem skrbimo za to, da moremo poljubno povečavati ali zmanjšavati število delavnih ovojev krog elektromagnetov, pri drugem pa pustimo število delavnih ovojev neizpremenjeno, a zato izpremenimo jakost toka, ki kroži po ovojih. Prva metoda se rabi večinoma le pri električnih motorjih, druga pa je v splošni navadi.

Ako hočemo označeno drugo metodo uporabiti pri strojih z glavnim tokom, pri katerih leže ovoji poljskih magnetov v vnanjem tokovem krogu, moramo pomisliti, da bi nam umetni upor požrl — kakor smo že omenili — dokaj gonilne sile; naš dinamo bi delal neekonomično in z veliko izgubo. Da se tej izgubi izognemo, ne izpeljemo pri teh mašinah vsega glavnega toka krog poljskih magnetov, temveč jeden del toka odcepimo in ga s posebno žico napeljemo memo elektromagnetov. V to stransko vejo vtaknemo potem regulacijski upor. Tok se sedaj razcepi na dva dela. Glavni del gre krog elektromagneta, mali, stranski del pa kroži po tenki stranski žici in po vdejanem uporu. Čim jačji je ta upor, tem manjša je jakost toka v njem, tem večja pa v glavni žici krog magnetov, in tem večji njen inducirajoči učinek. S primerno izpremembo regulacijskega upora moremo potemtakem napetost na polarnih vijakih vzdržati na stalni stopnji.

Bolj jednostavne so razmere na strojih s stranskim tokom. V stransko žico vtaknemo izpremenljiv upor, katerega z roko ali s samodejno pripravo tako izpreminjamo, da ostane polarna napetost vedno jednaka. Če se napetost od svoje normalne višine oddali, treba le upor toliko povečati ali pa zmanjšati, da se zopet pokaže pravilna napetost. Primerne aparate za tak posel bodemo pozneje opisali.

Vse te priprave pa imajo to napako, da jih je treba ali samo z roko ali pa deloma s pomočjo toka regulirati. Naravno je torej, da so elektrotehniki že zgodaj skušali stvar tako urediti, da bi dinamo samodejno in brez vnanje pripomoči reguliral svojo napetost. Francoski učenjak Marcel Deprez je prvi pokazal, kako se to doseže. Njegova metoda, katero so tudi kmalu vsestransko izboljšali, obstoji v tem, da

uporabimo oba opisana stika, torej stik v glavni in stik v stranski tok. Krog magnetov navijemo potemtakem dvojne ovoje; jedni dobivajo glavni tok, drugi pa stranski. Ako so ovoji pravilno preračunani, se pri velikem vnanjem uporu, kakor to vemo iz prejšnjih podatkov, vzbudi tok v stranski žici; če se pa vnanji upor zmanjšuje, začne tudi glavni tok sodelovati pri vzbujanju poljskih magnetov in vzdrži napetost na isti višini. Tako pomagajo ovoji drug drugemu in napetost ostane stalna. Vendar vtaknemo za vse slučaje v stransko žico še majhen umeten upor, da ž njegovo pomočjo odstranimo še zadnje morebitne nestanovitnosti pri napetosti in polarnih vijakih.

Vsled dvojnih ovojev pravimo tem mašinam stroji z mešanimi ovoji, zvezni stroji ali «compound-stroji».

Akumulatorji.

Sekundarni elementi. Plantéjev element. Kapaciteta. Formiranje elementov. Faure-ov akumulator. Uporabni efekt akumulatorjev. Volckmar-Faure-ov akumulator. De Khotinskyjev in Correnso v akumulator. Pollakov in Tudorjev akumulator. Stanično stikalo. Jednovito stikalo. Dvojnato stikalo. Wadell-Entzev akumulator.

Ako pošljemo električen tok skozi stanico, v kateri stojita n. pr. platinovi elektrodi v razredčeni žvepleni kislini, se elektrodi značilno izpremenita, ali kakor smo v «Vvodu» rekli, *polarizirata*. Na negativni elektrodi se poleže vodik, na pozitivni pa kisik. Tako izpremenjeni elektrodi začneta druga proti drugi delovati elektromotorsko; če ju zvežemo s spojno žico, teče po tej žici galvanski tok, katerega imenujemo *polarizacijski tok*. Prvotni galvanski tok je tedaj našo stanico pretvoril v galvanski člen, ki ima svojo določeno elektromotorsko silo. Tak člen nosi ime *sekundarni element*. Njegov tok, sekundarni tok, ima nasprotno mer proti primarnemu, kateri ga je provzročil.

Mislimo si, da smo napravili označeni sekundarni element in ga ločili od primarnega. Po spojni žici med platinskima pločama teče sedaj nov tok, ki izvira na ploči, pokriti z vodikom; ta elektroda je torej pozitivni pol, a druga negativni. Kakor hitro pa kroži tok po elementu, prične se njegovo elektrolitično delovanje na žvepleno kislino. Iz žveplene kisline se izločita vodik in kisik; prvi potuje na pločo, ki je prevlečena s kisikom, drugi pa na pločo z vodikom. V obeh slučajih se vodik poželjivo druži s kisikom, to je, iz vodika in kisika nastane *voda*. Plinasta obloga jedne in druge ploče torej hitro gine, ž njo pa tudi vzrok in vir polarizacijskega toka. V kratkem se je ves kisik jedne in ves vodik druge ploče spojil v vodo, obe ploči imata zopet čisto kovinsko površino in sekundarni tok je prenehal. Čim več vodika in kisika je primarni tok odložil na elektrodah, čim dalje je torej trajalo takozvano *polnjenje*, tem več časa traja tudi polarizacijski tok.

Polarizacija pa ne nastane samo tedaj, ako stojita dve platinovi elektrodi v žvepleni kislini, temveč vselej, kadar elektroliziramo kako tekočino med dvema jednakima ali pa nejednakima elektrodama. Ako postaneta elektrodi vsled elektrolize tudi kemično diferentni, potem je dotična priprava še dokaj ugodnejša.

Prve uporabne sekundarne elemente je l. 1859. zgradil Francoz Gaston Planté. Za elektrodi je vzel svinčeni pločí ter ju potopil v razredčeno žvepleno kislino. Ko je spustil primarni tok skozi to stanico, so nastali nastopni glavni procesi: Žveplena kislina $H_2 SO_4$ se je razkrojila v vodik H_2 in v SO_4, ki ne more bivati sam za-se. Od SO_4 vzame svinec takoj 1 atom taka kisika; po dva kisikova atoma se spojita z 1 atomom svinca v svinčeni superoksid $Pb O_2$; ostalina SO_3 poseže hitro po vodi, nahajajoči se v raztopini, in tvori zopet $H_2 SO_4$, t. j. žvepleno kislino Posledica elektrolize je torej, da se na oni svinčeni elektrodi, ki je zvezana z negativno pločo primarne baterije, izloči prosti vodik, na pozitivni elektrodi pa je nastal svinčeni superoksid. Če je bila negativna elektroda slučajno kaj oksidirana, jo vodik razkisa, rekše reducira in tedaj dobi dotična elektroda čisto kovinsko lice.

Dobili smo torej galvanski element:

Z vodikom pokrit svinec | Žveplena kislina | Svinčeni superoksid.

Elektromotorska sila tacega elementa je 2·2 — 2·4 volta. Če sklenemo element z vnanjim tokovim krogom, začne po tej vnanji poti in po elementu samem krožiti tok. Vsak tok pa razkraja žvepleno kislino. Zato se tudi v našem elementu prikaže na svinčenem superoksidu vodik, na svinčeni pločí pa kisik. Vodik reducira svinčeni superoksid v svinčeni oksid Pb O, ki se takoj z žvepleno kislino spoji v svinčeni sulfat $Pb SO_4$. Isto tako se svinčena pločа oksidira v svinčeni oksid Pb O, ki se tudi takoj izpremeni v svinčeni sulfat $Pb SO_4$. Obe pločí sta sedaj pokriti s svinčenim sulfatom; postali sta popolnoma jednaki in tok je prenehal.

Množina vse elektrike, kolikor je sekundarni tok more oddati v vnanji tokov krog, je k večjemu jednaka, nikdar pa ne večja, kakor je bila množina elektrike, ki smo jo pri polnjenju spustili v stanico.

Vsak sekundarni element se more le do določene meje napolniti z elektriko. Največja polnitev, katero more element še zdržati, se zove kapaciteta sekundarnega elementa.

Kapaciteta je zavisna od mase svinca, ki se izpremeni v svinčeni superoksid, torej od teže in kakovosti elementa, osobito pa od površine negativne pločе, na kateri se tvori superoksid.

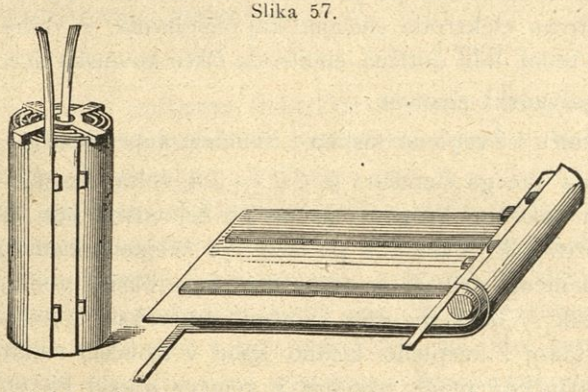
Planté je gradil svoje sekundarne elemente na jako priprost način. Vzel je dve dolgi in široki svinčeni pločí, položil jih je drugo

na drugo, a izoliral jih je z ozkimi in tenkimi trakovi od kavčuka. Potem je obe ploči tako skupaj povil, kakor kaže slika 57.

Svinčeni ploči tvorita cilinder; da se ta valj ne odvije, ga je Planté prijel in utrdil s kavčukovim križcem, ki leži vrhu valja. Vsaka ploča ima na jednem koncu svinčen trak, ki rabi pozneje za pol. Dobljeni cilinder se postavi v stekleno kupo, ki je nalita z razredčeno žvepleno kislino (20 delov vode na jeden del žveplene kisline). Kupico pokriva še poklopec od kavčuka, skozi katerega molita polarna traka na zunaj.

Vzemimo sedaj več takih sekundarnih elementov pa jih staknimo vzporedno, to je, zvežimo vse notranje svinčene ploče med seboj in isto tako tudi vse vnanje. Potem lahko vso vrsto ob jednem polnimo z baterijo, ki ima nekoliko višjo elektromotorsko silo kakor jedna naših sekundarnih stanic. Tako zadoščata že dva Bunsenova elementa; ako sta dovolj časa vprežena, dobi vsak sekundarni člen maksimum svoje polnitve. Če potem sekundarne elemente zaporedno staknemo, se njihove elektromotorske sile sumirajo. Ko bi imeli 50 stanic, je elektromotorska sila cele zaporedno staknjene baterije 50krat večja, kakor elektromotorska sila posamičnega elementa, torej približno 100 voltov. Po temtakem lahko električen tok neznatne elektromotorske sile, torej male napetosti, pretvorimo v tok z velikim naponom. Umeje se, da ostane pri tem skupna energija (produkt iz tokove jakosti, napetosti na polarnih vijakih in iz trajanja polnitve) neizpremenjena; le posamične faktorje moremo izpreminjati na troške ostalih. Ako torej jemljemo iz sekundarne baterije toke večje jakosti in napetosti, nego smo jih spustili vanjo, potem je trajanje dotičnega sekundarnega toka manjši, nego je bil čas polnilnega toka.

Slika 57.



Izdelovanje Plantéjevega akumulatorja iz svinčenih pločevin.

Prvotni Plantéjevi elementi so le malo časa dajali električen tok in niso bili uporabni za širše praktične naloge. Da more sekundarni člen v večji meri ustrezati nalogi, katero mu stavimo danes, ga je treba poprej še na poseben način obdelati ali formirati. Pri vsakem sekundarnem elementu se mora jedna svinčena ploča s kisikom oksidirati in kolikor le mogoče izpremeniti v svinčeni superoksid. Okisavanje

se vrši večinoma le na površju; ako pa skrbimo, da prodira kisik globlje v ploščo, da jo oksidira skozi in skozi, dosežemo mnogo večji in primernejši uspeh. V ta namen je treba svinec nekako zrahljati, da kisik lažje prodira vanj. Planté je to dosegel z neprestanim, teden za tednom trajajočim polnjevanjem in izpraznjevanjem stanice. Vsled tega je kisik vedno globlje oksidiral ploščo, pri vsaki novi polnitvi se je nekaj več svinca izpremenilo v svinčeni superoksid. Tudi se je pokazalo, da je koristno, ako polnimo stanico vsak dan v drugi meri, to je, ako vsak dan menjavamo mer primarnega toka. Tedaj se narejeni svinčeni superoksid z vsakim nasprotnim tokom izpremeni zopet v svinec in sicer zrnate, porozne oblike, tako da pri prihodnji polnitvi kisik mnogo lažje prodira v to razrahljano maso. Planté je več mesecev neprestano polnil in izpraznjeval svoje elemente in še le tedaj jih je privedel do maksimalnega učinka; stoprav tedaj so dobili tako kapaciteto, kakoršna je v soglasju s težo njihovega svinca. Po tem obdelovanju ali formiranju zadošča jedna sama polnitev, da je element uporaben.

Dokler so elektrode kemično izpremenjene, toliko časa daje element električne toke. Ako je element odprt, se kemična izpremememba precej časa vzdrži. Na ta način torej lahko električno energijo v obliki kemičnih izpremememb shranjujemo. Sekundarni členi so elektroshrambe in zato jim pravimo nabiralniki ali akumulatorji.

Dolgotrajno formiranje, kakoršnega zahtevajo Plantéjevi akumulatorji, je Faure na bistroumen način okrajšal. Obdal je namreč obe svinčeni elektrodi s plastjo surika ali minija, ki je že sam na sebi svinčena kisikova spojina. Minij je živo rdeče barvan prah, ki je spojina svinčenega oksida PbO in svinčenega superoksida PbO_2, ki ima torej znak Pb_2O_3. Faure je minij pomešal z vodo, s to kašo pa je na debelo namazal obe elektrodi. Minijevo plast je s klobučevino pokril, da ni odpadla. Ko je potem element polnil, se je gobasti minij na pozitivni elektrodi vsled vpliva kisika popolnoma izpremenil v svinčeni superoksid, to je, iz $Pb_2O_3 + O$ je nastalo 2 PbO_2, dočim se je minij na negativni ploči z vodikom reduciral v čist svinec. Ker je minij gobast in zrahljan, imajo plini dovolj prilike, da prodirajo vanj, proces se torej hitro vrši in po 2 do 3 polnitvah dobi akumulator že maksimum svoje kapacitete. Ako ga tedaj izpraznimo, potem ga vsaka nova polnitev privede do popolne moči. Učinek Faure-ovih akumulatorjev je torej zavisen jedino le od množine minija, ki se razkraja na svinčenih pločah.

Faure-ovi akumulatorji so gledé hitrega formiranja daleč nadkriljevali Plantéjeve, a pokazalo se je, da je njih trpežnost dokaj manjša. Treba je bilo še novih iznajdeb, preden so dospeli do sedanje, splošno uporabne oblike.

Podrobno raziskovanje je namreč dognalo, da kemični procesi v elementu niso tako jednostavni, kakor smo jih poprej očrtali. Ko je akumulator formiran, je njegova pozitivna ploča pokrita s svinčenim superoksidom, ki je čokoladne barve, negativna ploča pa ima kovinsko površje, a ker je zrahljano, gobasto, je sive barve. Ako element sklenemo, da gre izpraznilni tok po njem, potem se javlja na rjavi pozitivni ploči vodik, ki reducira superoksid v svinčeni oksid Pb O, kajti $PbO_2 + H_2 = PbO + H_2O$.

Svinčeni oksid se takoj spoji z žvepleno kislino v žveplenokisli svinec Pb SO_4, in ostanek je pa voda, kajti

$$PbO + H_2\ SO_4 = Pb\ SO_4 + H_2O.$$

Na pozitivni elektrodi nastaneta potemtakem 2 molekula vode, in sicer jeden molekul pri redukciji svinčenega superoksida, drugi pa pri tvorjenju sulfata.

Na negativni ploči, kjer je čist svinec, se napravi vsled nastalega kisika svinčeni oksid PbO, ki se potem tudi z žvepleno kislino izpremeni v žveplenokisli svinec, ostanek pa je tudi tu voda.

Kemični procesi pri izpraznjevanju so torej naslednji:

1.) Jeden molekul žveplene kisline se razkroji kakor kaže formula

$$H_2SO_4 = SO_3 + O + H_2.$$

Ker SO_3 ne more zase eksistirati, vzame iz raztopine jeden molekul vode in tvori zopet H_2SO_4. Iz razstopine je torej izstopil 1 molekul vode, O in H_2 pa gresta na elektrodi.

2.) Na obeh elektrodah se tvori svinčeni sulfat, ob jednem pa nastaneta ob pozitivni ploči 2, na negativni ploči 1 molekul vode, skupaj torej 3 molekuli, ki pomnožé vodo v raztopini. Ko teče izpraznilni tok po elementu, prikazuje se v njem vedno več vode, dočim žveplena kislina gine v raztopini.

Po izpraznjenju element zopet napolnimo. Obe elektrodi najdemo pokriti s svinčenim sulfatom. Žveplena kislina se razkraja in posledica je opisanemu procesu ravno obratna. Iz raztopine stopi 1 molekul vodika na negativno pločo in na njej se vrši proces

$$PbSO_4 + H_2 = H_2SO_4 + Pb.$$

Na pozitivni ploči nastopa kisik, ki se spaja s sulfatom. Iz raztopine se izloči 1 molekul vode in končni proces je

$$PbSO_4 + O + H_2O = PbO_2 + H_2SO_4.$$

Iz tega vidimo, da bivata po polnjenju na elektrodah zopet svinec Pb in svinčeni superoksid PbO_2. Raztopina žveplene kisline pa je sedaj

bolj koncentrirana, kajti 2 molekula vode sta jo zapustila, zato pa sta prišla vanjo 2 nova molekula žveplene kisline.

Pri polnjenju postaja torej žveplena kislina vedno bolj gosta, pri izpraznjevanju pa zmiraj bolj redka. Ker ima gostejša žveplena kislina večjo specifično težo, nego bolj redka, moremo z areometrom, ki določa specifično težo žveplene kisline, vsak hip dognati, kako daleč je že dospela polnitev elementov.

Ono pločo, na kateri se tvori svinčeni superoksid, imenujemo pozitivno, ono pa, ki ima po dovršeni polnitvi gobast, čist svinec, negativno pločo.

Žveplena kislina razjeda in načenja obe elektrodi, če tudi je element odprt, ter ju počasi izpreminja v žveplenokisli svinec, ali kakor pravimo, žveplena kislina sulfatira ploči. Ta proces posebno škoduje pozitivni ploči, ker nastanejo na njej lokalni električni toki med svinčenim superoksidom in sulfatom, ki uničujejo delotvorni superoksid.

Sulfat tudi počasi trga in odločuje minij od plošč ter s tem zmanjšuje njih delotvorno plast. Odpadki minija ležé na dnu posode in ker je minij dober prevodnik toka, veže vodilno obe ploči, če se jih dotika. Tako lahko nastanejo kratki stiki, ki uničijo stanico.

Glede trajnosti je tudi važno, s kako močnimi toki polnimo akumulatorje. Če je tok prejak, se vzhajajoča plina vodik in kisik prebujno razvijata in ploča ne more vseh porabiti za oksidacijo, oziroma redukcijo; plini torej uhajajo brez koristi v zrak. Če je pa primarni tok preslab, potem se premočno javljajo lokalni toki. Za vsako veličino plošč je torej potreben določen tok. Tvornice vselej povedó, s kakim tokom treba polniti njihove akumulatorje.

Važno je vprašanje, koliko shranjene električne sile nam daje akumulator, ko ga izpraznjujemo. Razmerje med oddano in med vpeljano energijo je uporabni efekt akumulatorja. Ta uporabni efekt je tem večji, čim boljše je element zgrajen in čim skrbneje formiran.

Da določimo množino shranjene energije, treba meriti polarno napetost elementa med polnjenjem in jakost toka, s katerim element polnimo. Produkt teh dveh količin daje električno energijo (v wattih), ki smo jo v jedni sekundi dovedli akumulatorju. Ako ta produkt množimo s časom polnitve, dobimo vso shranjeno in nakopičeno energijo. Za ta končni produkt rabimo izraz wattske ure, ako računamo čas po urah.

Ravno tako je energija, katero daje stanica pri izpraznitvi, produkt iz napetosti akumulatorja pri izpraznitvi, jakosti toka in časa izpraznitve. Tudi to energijo izražamo z wattskimi urami.

Razmerje med številom wattskih ur pri polnitvi in številom wattskih ur pri izpraznitvi je torej uporabni efekt akumulatorjev.

To naj nam pojasni konkreten slučaj. Recimo, da smo polnili akumulator 10·16 ur s tokom 5 ampèrov. Napetost akumulatorja je bila 2·15 volta. V akumulator dovedena energija je torej

$$10{\cdot}16 \times 2{\cdot}15 \times 5 = 109 \text{ wattskih ur.}$$

Pri izpraznitvi je kazal akumulator srednjo napetost 1·88 volta, ter je dajal tok 6·5 ampèra. Izpraznjevali smo ga toliko časa, dokler je dajal še uporabne toke, in sicer 7·35 ur. Oddana energija je bila tedaj

$$7{\cdot}35 \times 1{\cdot}88 \times 8{\cdot}5 = 90 \text{ wattskih ur.}$$

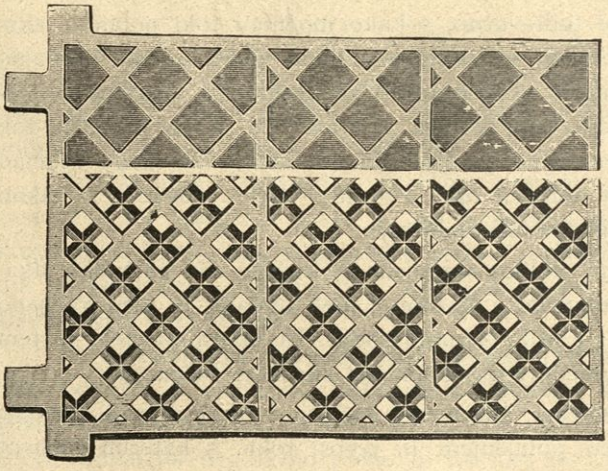
Razmerje obeh, to je

$$\frac{90}{109} = 0{\cdot}826$$

je uporabni učinek našega akumulatorja. Ta znaša potemtakem 82·6%.

Novejši akumulatorji so toliko skrbno zgrajeni, da nam dajó zanesljivo 80 do 85% energije, ki so jo prejeli od primarnega toka.

Slika 57.

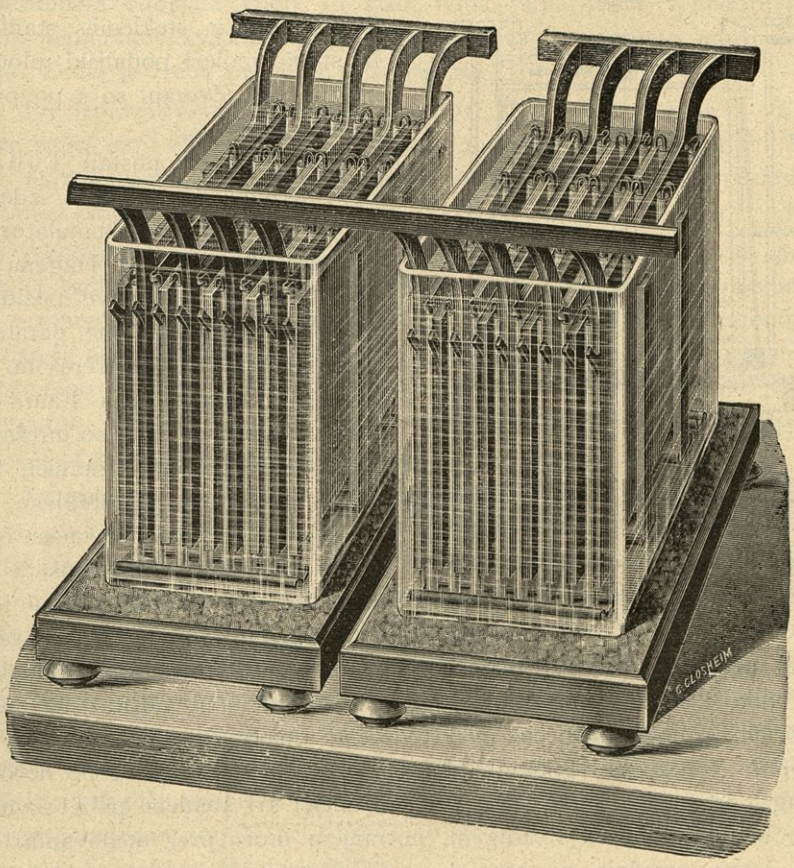


Sedaj, ko poznamo glavne principe, ki so odločilni pri akumulatorjih, hočemo nekatere glavne zastopnike podrobneje opisati.

Faure-ov akumulator je imel ravne ploče. Da minij ni odpadal, sta bili ploči s tkanino prevlečeni. Vendar je bila vsa priprava še primitivna in trebalo je še dokaj poskusov in žrtev, preden so konstrukterji dospeli do sedanje oblike. Faure je poslal jednega svojih akumulatorjev na Angleško. Vožnja je trajala nepričakovano dolgo, ker si je angleški carinski urad domneval, da je v dotičnem zaboju dinamiten stroj, katerega hočejo Fenijci utihotapiti na otok. Zato so pošiljatev dolgo zadržavali. Ko so elektrotehniki delali poskuse z oproščenim akumulalatorjem, pokazalo se je, da jim je dal skoraj vso električno energijo, kar so je na Francoskem shranili vanj.

Navdušenje za novo iznajdbo je bilo torej veliko in mnogo izumiteljev se je jelo pečati ž njo. Nemški bankir Volckmar se je združil s Sellon-om v izkoriščanje akumulatorskega principa, ter dal elektrodam obliko mreže. V njenih petljah je minij — «aktivna masa», tako so ga imenovali — dokaj sigurneje stal, kakor na gladkih pločah Faure-ovih. Oba izumitelja sta se zvezala s Faure-om, a imenovana trojica je prodala leta 1882. svoje patente družbi «Electrical Power

Slika 58.



Pollakov akumulator.

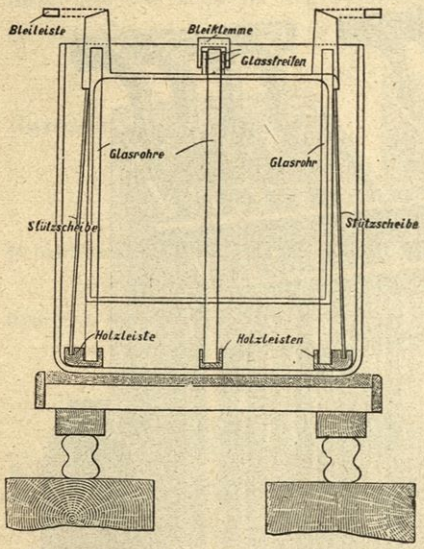
Storage Company», ki je jela potem fabricirati akumulatorje s Volckmarjevo mrežo in Faure-ovo aktivno maso.

Da še bolje prepreči odpadanje minija, je kapitan de Khotinsky vrezal v vsako pločo mnogoštevilne, paralelne utore, ki so imeli prerez z obliko ⌐¬; v te utore je natlačil minija. Correns pa je sestavil

vsako ploščo iz dveh mrež z pravokotnimi petljami. Križišča jedne mreže stoje ravno na sredi petelj druge mreže. Aktivna masa ima v teh petljah sigurno lego in spravi se je mnogo vanje. Slika 57. nam kaže svinčeno mrežo Corrensovo.

Pollak, čigar akumulatorje gradi frankobrodska akumulatorska tvornica, uporablja svinčene plošče, ki imajo na obeh platéh mnogo žebljičkov ali čepov, med katere se namaže aktivna masa.

Slika 59.



Sestava akumulatorjev «Akumulatorske tvornice A. = G.» v Hagenu.

Slika 58. predočuje dve stanici Pollakovih akumulatorjev. Plošče stoje v steklenih stanicah Iz stanic moleči podaljški plošč so njihovi poli. Zvezani so s povprečnimi drogovi.

Jako važni se postali Tudorjevi akumulatorji, katere izdeluje od l. 1890 dalje «Akumulatorska tvornica A. = G.» v Hagenu na Westfalskem. Tudorjeve pozitivne plošče imajo horizontalne paralelne utore s trapezastim prerezom. Ti utori so napolnjeni s Faure-ovo maso. Negativne plošče so mrežaste- Kako stoje plošče v stanici, riše slika 59. Stanice so steklene, ali pa v novejšem času s svincem obiti leseni zaboji. Na dnu posode leže ob obeh straneh leseni letvi (v sliki «Holzleisten»), ki imata po dva utora vrezana. V vnanjem stoji na vsaki strani steklena plošča (v sliki «Stützscheibe» imenovana). Stekleni šipi nosita na svojih zgornjih robovih svinčene elektrode, ki imajo posebne pomolje, da morejo sloneti na steklenih ploščah. Da se svinčene plošče ne dotikajo druga druge, so med vsak par vtaknjene tri steklene palice; vnanji dve imata podnožek v drugem, notranjem utoru prej imenovanih lesenih letev, osrednja pa stoji v utoru posebne lesene letve, ki leži na sredi stanice. Trakovi od trde gume drže zadnje palice skupaj, da ne zlezejo plošče narazen. Podaljški (poli) pozitivnih plošč so privarjeni na palico od svinca, isto tako tudi poli negativnih elektrod. Število negativnih plošč je vedno za jedno večje, nego število pozitivnih plošč, tako da stoji vselej jedna pozitivna elektroda med dvema negativnima.

Vsaka stanica je s steklenimi ali porcelanastimi nogami dobro izolirana od mize, na kateri stoji.

Akumulatorji morajo imeti poseben prostor, ker so njihovi kisli hlapi neprijetni in škodljivi. Tudi se časih pojavljajo raznesljivi plini in zato je treba take lokale skrbno zračiti.

Ako polnimo akumulator s predpisanim tokom, dobi v malo minutah napetost 2·09 volta. Ta napetost traja med polnjenjem kakih 6 ur, v prihodnjih 4 urah pa naraste počasi na 2·34 volta. Ko je ta efekt dosežen, moramo s polnjenjem prenehati, kajti ko bi še dalje spuščali tok v stanice, bi se tekočina brez koristi razkrajala ter po nepotrebnem oddajala vodik in kisik. Oba plina vreta v podobi plinastih mehurčkov kvišku, raztopina se »kuha« in postane mlečnobelkasta. Tedaj je treba prekiniti primarni tok.

Pri izpraznitvi je s početka napetost 1·95 volta, v teku 6—7 ur pa se zniža na 1·75 volta če jemljemo normalni tok iz baterije. Ko pade napon na označeno število voltov, je treba izpraznjevanje prekiniti in stanice vnovič napolniti.

Akumulatorji najdalje trajajo, če jih s predpisanim tokom polnimo in tudi izpraznjujemo. Vendar pa jih ne uničimo, če jih izpraznimo tudi z mnogo večjo tokovo jakostjo. Le kratek stik jih takoj ugonobi. Najmanjši akumulatorji, katere gradijo tvrdke, zahtevajo pri polnjenju maksimalno tokovo jakost 5 ampèrov, a pri izpraznjevanju dajo 6 ampèrov. Pri največjih do sedaj uporabljenih akumulatorjih ima polnilni tok 1104, izpraznilni tok pa daje 1430 ampèrov.

Za polnjenje akumulatorjev rabijo nam dinamo-stroji za istomerne toke, osobito pa stroji na stranski stik. Ker je namreč tok akumulatorjev nasproten toku, ki ga daje dinamo, se akumulator le tedaj napolni, ako ima dinamo večjo elektromotorsko silo kakor akumulator. Če iz katerega koli vzroka pade tokova jakost v dinamo-stroju, jo premaga tok iz akumulatorja. Tedaj pa menjajo magneti v mašini svojo polariteto in tok teče iz stroja v nasprotno mer. Mesto da bi akumulatorje polnil, jih izpraznjuje. Kakor vemo iz prejšnjih poglavij, se pri strojih s stranskim stikom elektromagneti ne morejo nikdar prepolarizirati; tok teče vedno v isti meri okoli magnetov in zato se glavni tok stroja nikdar trajno ne obrne; to se zgodi k večjemu samo za jeden hip, kar pa ne škoduje toliko.

Pri vsaki akumulatorski bateriji moramo narediti primerne priprave za stikanje, ki omogočijo, da zvežemo

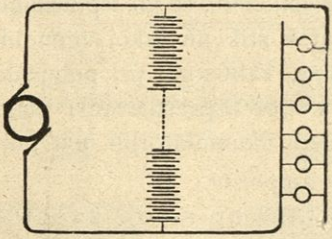
1) akumulatorje z dinamo-strojem, kateri naj stanice polni;

2) akumulatorje z vsemi aparati, (žarnicami, obločnicami, motorji i. t. d,), katere naj preskrbujejo s tokom, in

3) dinamo-stroj z akumulatorji, ob jednem pa z vsemi aparati, ki sicer od akumulatorjev dobivajo tok.

Vse te zveze se morejo izvrševati z jednostavnim, hitrim premikanjem kakega vzvoda ali zamaška. Poleg tega mora biti v polnilnem kakor tudi v izpraznilnem tokovem krogu aparat, s katerim merimo napon toka (voltomer) in aparat, ki kaže tokovo jakost (ampèromer). Obe pripravi sta važna kontrola, ki nam vsak trenotek pove, če je akumulator v redu. Za regulacijo tokove jakosti je staknjen v tokov krog regulacijski upor, ki je prirejen za močne toke. Ker slednjič napetost vsake stanice polagoma pojema, a na polarnih vijakih cele baterije hočemo imeti stalno napetost, treba vvesti še pripravo, ki nove stanice priklopuje ali izločuje, rekše stika in raztika. Če imamo na primer 60 akumulatorjev in ako rabimo za naše svetilnice napetost 100 voltov, staknemo s pričetka, ko ima vsaka stanica 1·95 voltov napetosti, le 52 stanic. Kakor pa pade napon vsake stanice na 1·80 volta, moramo 56 stanic stakniti. Aparat, ki stanice stika in raztika, se zove stanično stikalo.

Slika 60.



Vzporedno staknjena akumulatorska baterija in žarnice.

Najbolj jednostaven stik dinamo-stroja, akumulatorske baterije in nekaj žarnic nam kaže šematična slika 60.

Krog na levi strani obrazca pomeni drsalni obroč dinamo-stroja. Na njem ležita vzmetni peresi, od vsakega peresa gre žica do jednega pola akumulatorske baterije, ki ima zaporedno staknjene stanice; ploče posamičnih stanic so označene s paralelnimi črtami. Od polov baterije vodi žica dalje do žarnic, katere so zaznamenovane v sliki z malimi krogi. Vse žarnice so vzporedno staknjene med seboj. Ker veže pozitivni pol dinamo-stroja, akumulatorske baterije in vse pozitivne pole žarnic jedna in ista žica, vse negativne pole imenovanih delov pa zopet druga žica, je očividno, da so dinamo, baterija in žarnice vzporedno staknjeni.

Ako hočemo nekatere stanice sedaj izločiti od sodelovanja, ali pa obratno, priklopiti jih k delu, rekše, ako jih hočemo stakniti ali raztakniti, treba vvesti že imenovano stanično stikalo. Njegov princip je jako jednostaven. Poli vsake stanice vodijo do kovinskega kontakta v podobi gumba. Premičen kazalec, kateremu pravimo tudi kontaktni navod, se potem polaga na gumbe; če ga postavimo na prvi gumb, smo pripregli ali staknili vse stanice, če ga pa denemo n. pr. na 5. gumb, smo izpregli ali raztaknili 4 stanice. Te ne pridejo več v poštev, ker tok kroži le po ostalih stanicah in po žarnicah. Imenovani gumbi so navadno razvrščeni na posebni, okrogli ploči, kakor številke na cifrenici. Od vsacega pola je izpeljana žica do primernega gumba, od osi kazal-

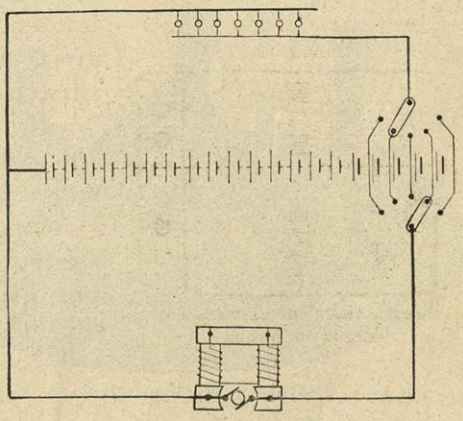
čeve pa se cepi žica v vnanji tokov krog. Kazalec ima držalo, s katerim ga postavljamo na zahtevani gumb. Stanična stikala te vrste zovemo jednovita stikala.

Ako opisano pripravo nekoliko razširimo, moremo stvar tako urediti, da dinamo napaja svetilnice s tokom, ob jednem pa pošilja morebitne preostanke svojih tokov v akumulatorje. S tem ustrežemo vsaki zahtevi; istodobno razsvetljujemo žarnice in polnimo baterijo.

Razvrstitev dinama, akumulatorjev, stikala in žarnic v tem slučaju kaže slika 61.

V sliki opazimo spodaj dinamo-stroj, nad nijm akumulatorsko baterijo in na vrhu vrsto žarnic. Na desni strani baterije ste dve stikali, označeni s kontaktnimi vzvodi. Spodnje stikalo velja za polnjenje, zgornje pa za izpraznjevanje. Sedaj lahko napetost pri polnjenju in napetost pri izpraznjevanju reguliramo vsako samo zase in povsem nezavisno drugo od druge, ako staknemo ali pa raztaknemo toliko stanic, da ostane napetost na isti višini. Pri naši sliki je samo jedna stanica izločena iz polnilnega toka, dočim tri stanice ne morejo toka pošiljati k žarnicam.

Slika 61.



Dvojnati stanični stik.

Slika nas nadalje uči, da ima pol vsake stanice dva kontaktna gumba. Mesto dveh gumbov lahko naredimo samo jednega, in tedaj moremo obe stikali montirati na jedni sami okrogli ploči. Paziti je treba le, da kontaktna vzvoda ne ovirata drug druzega v premikanju. Taka združena priprava se vidi na sliki 62. Imenujemo jo dvojnato stanično stikalo. Mesto gumbov se nahajajo na njej radialne proge, po katerih dršeta kontaktna vzvoda. Vsak vzvod ima pokončno držalo za premikanje. Ob periferiji se končuje vsaka kontaktna proga v pritiskalen vijak, ki prime žico, prihajajočo od stanicnega pola. Jeden kontaktni vzvod dovaža polnilni tok v stanice, drugi pa pošilja izpraznilni tok k svetilnicam.

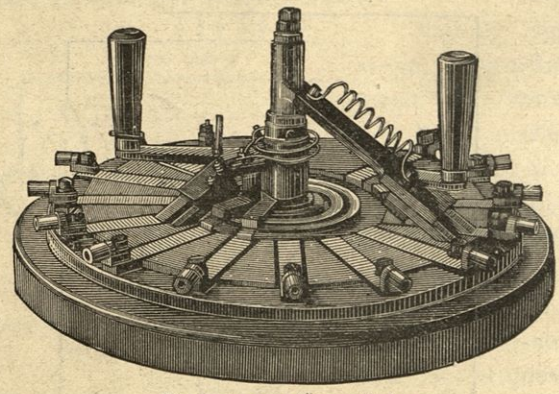
Stikala, voltomere in ampèromere pritrdimo na posebni vertikalni deski, ki se zove deska stikalnica.

Velike električne centrale zahtevajo velike akumulatorske baterije. Slika 63. naj nas pouči, kako je nastanjena velika akumulatorska baterija. Posamične stanice stoje v štirih vrstah na močnih lesenih kozah.

V ozadju slike vidimo žice, ki so od vsake stanice izpeljane do aparatov na deski stikalnici.

Pozneje bodemo čuli, da pri velikih centralah z istomernim tokom navadno ne zadoščata dve prevodni žici za vnanji tokov krog, namreč jedna, ki pelje tok do svetilnic, druga pa, ki vodi tok nazaj. Iz ekonomijskih ozirov vzamemo po troje ali časih celo po petero prevodnikov. V prvem slučaju imamo trovodni, v drugem pa peterovodni sistem. Pri trovodnem sistemu je treba n. pr. dveh dinamo-strojev; ako pa uporabljamo akumulatorje, izhajamo tudi z jednim samim dinamom. Slika 64. kaže, kako se to godi. Dinamo-stroj polni akumulatorsko baterijo, ki ima toliko stanic, da je njena napetost primerna zahtevani napetosti med obema vnanjima prevodnikoma. Iz srede baterije je odcepljen takozvani nevtralni prevodnik.

Slika 62.

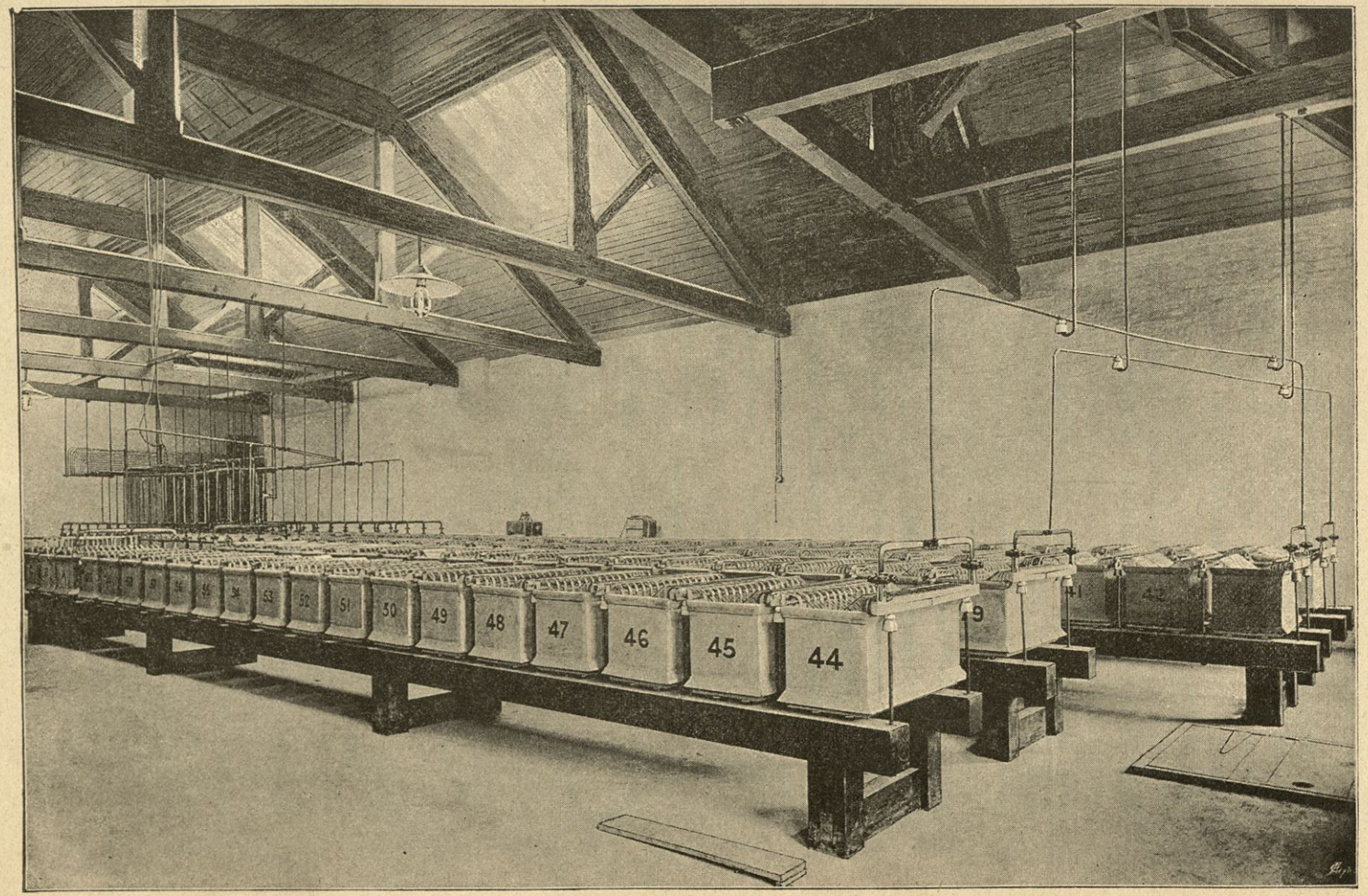


Dvojnato stanično stikalo.

Akumulatorjem je v dveh slučajih odkazana važna vloga. Prvič morajo shranjevati energijo, ki bi sicer brezkoristno uhajala. V tvornicah na pr., kjer tekó velike parne mašine, se lahko takim strojem priklopi dinamo, ne da bi glavno delo bilo vsled tega na škodi. Dinamo polni akumulatorsko baterijo, ki potem na večer napaja svetilnice. Tvornica si preskrbi luč takorekoč s podnevnimi odpadki svoje sile.

Drugič pa so akumulatorji ogromnega pomena za velike centrale, ki delajo z istomernimi toki. Vsaka centrala mora biti zgrajena za maksimalno dnevno uporabo električne energije. Ta maksimalna potreba pa se pokaže v obče le za malo ur na dan, večinoma na večer od mraka do 10. ure. Drugače je potreba razmerno jako neznatna in stroji se večinoma popolnoma ne izkoriščajo. Ako pa vzamemo akumulatorje na pomoč, lahko postavimo dokaj manjše mašine, kakor jih zahteva maksimalna uporaba. Stroji polnijo po dnevi, ko nimajo druzega dela, akumulatorje, zvečer pa pomagajo akumulatorji in pošiljajo s strojem vred električne toke po mestu, tako da oba faktorja skupno zmagujeta maksimalno potrebo.

S precejšnjim uspehom se akumulatorji rabijo tudi v razsvetljavo železničnih vlakov. Dokler se vlak premika, goni lokomotiva poseben

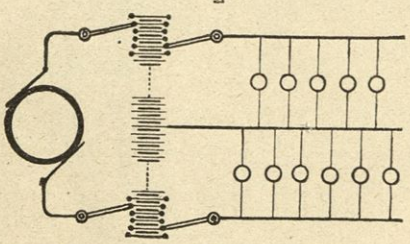


Akumulatorska baterija elektrarne v Hull-u.

dinamo-stroj, ki daje tok za obločne svetilnice ali za žarnice. Ko se vlak ustavi, bi te luči ugasnile — a tedaj pomaga akumulator. Med tem, ko vlak gre, napaja dinamo tudi akumulatorsko baterijo; ko vlak obstane, pošlje samodelno stikalo tok akumulatorjev v svetilnice, ki tedaj dalje gore.

Akumulatorji so dospeli sicer do velike popolnosti, a vendar so še daleč od idealnih shramb za elektriko. Tri napake kvarijo njihovo širšo uporabnost: 1.) visoka cena, 2.) velika teža in 3.) njihova občutljivost in kočljivost. Cena sicer ne pride vselej v poštev, a teža akumulatorjev in njih občutljivost nas ovirata v premnogih slučajih. Vsled ogromne teže jih moramo postaviti v stalne prostore. Prenašati se v obče ne dajo, in vsi poskusi, da bi jih na pr. uporabljali na tramvajskih vozovih, kočijah i. t. d., so se več ali manj izjalovili, ali vsaj niso še privedli do zaželjenega uspeha. Tudi občutljivost se čestokrat neprijetno oglaša. Izpraznilni tok ne sme biti dokaj jačji, kakor je bil polnilni tok, ako nočemo, da akumulatorje kmalu pokvarimo. Premočni toki, katere jemljemo iz njih, zrahljajo in odluščijo aktivno maso od ploč in le prehitro uničijo elektrode.

Slika 64.



Trovodna mreža z jednim samim dinamo, v zvezi z akumulatorsko baterijo.

A ravno pri tramvajskem prometu, pri kočijah i. t. d. je treba akumulatorje črez mero izkoriščati; kadar teče voz po ravnem, uporablja normalno tokovo jakost; če pa pride na krivulje, osobito pa če gre v klanec, zahteva neprimerno več moči. Za take slučaje moramo posegati po akumulatorjih, ki dajo časih do 10krat močnejši tok, kakor pri normalni potrebi. Tega pa svinčeni akumulatorji ne zdrže in od tod dosedanji neuspehi pri električnih železnicah z akumulatorsko delovršbo.

Mesto svinčenih akumulatorjev so poskušali vvesti druge, lažje. Akumulator Wadell-Entzov je zgrajen iz jekla in bakra ter napolnjen z alkalično cinkovo raztopino. Svinčenih delov nema, in zato mu je teža primerno manjša. Negativne ploče so iz jekla ter delé stanico, tudi iz jekla narejeno, v jednake velike oddelke. V teh oddelkih stojé izolirane pozitivne ploče, ki so zgrajene iz bakrenih žic in finega bakrenega prahu. Obdaja in varuje jih odeja pavolnate tkanine. Tekočina je, kakor smo že omenili, kalijev lug, v katerem je raztopljen cinek. Da kalijev lug ne potegne ogljikove kisline iz zraka vase, je tekočina pokrita z oljnato plastjo. Pri polnjenju akumulatorja se izloči na negativni elektrodi cinek, ki prevleče jeklene ploče; na pozitivni

elektrodi pa se tvori kisik, ki oksidira bakreni prah. Pri izpraznjevanju se cinek povrača v alkalično raztopino nazaj, bakrene ploče pa oddajajo svoj kisik. — V Novem Jorku in v Hagenu na Westfalskem so Wadell-Entzovi akumulatorji pri cestnih železnicah že par let v uporabi in kakor se zatrjuje, s povoljnim uspehom. Tudi na Dunaju so delali ž njimi razsežne poskuse. Ker pa ti akumulatorji še niso splošno prodrli, se nam zdi, da praksa ni opravičila velikih nad, ki so jih stavili izumitelji in podjetniki vanje.

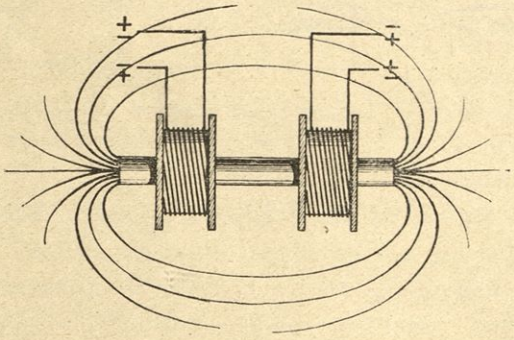
Sprožila se je tudi misel, da bi se uporabljali akumulatorji za izkoriščanje nepravilno in neredno delujočih naturnih sil. Moč vetra in viharja, sila morskih valov in jezov, morska bibavica, plima in oseka, moč padajočega dežja so take prirodne sile, ki časih prideró z ogromnim navalom in neso s seboj nebrojne moči. Ko bi mogli dotične sile na pr. z mlini na veter in drugimi pripravami ujeti, da bi nam gonile dinamo-stroje, in ko bi nadalje dinamo-stroji polnili akumulatorje, bi lahko v njih shranjevali velikansko množino energije, ki bi nam bila vsak hip pri rokah. — V principu se proti takim idejam pač ne more ugovarjati, a praktičnega pomena nemajo danes še za človeštvo, ki se veseli še neizcrpnih zakladov premoga. Kadar pa začne usihati ta vir, potem bodo jednaka vprašanja gotovo prišla na dnevni red — in do ugodne rešitve.

Transformatorji.

Transformacijski koeficijent. Gaulardov ali Gibbsov sekundarni generator. Transformatorji tvrdke Ganz & Co. Polnitev transformatorjev. Brezpolarni transformatorji. Transformator z jedrom. Transformator s plaščem. Heliosov transformator. Oljnati transformatorji. Izpreminjevalci istomernih tokov.

Ako nataknemo na železno jedro žično tuljavo, po kateri teče električni tok, se jedro pomagneti; po njem se gnetejo silokaznice, ki na severnem polu stopajo navzven in se na južnem polu vračajo nazaj. (Slika 65.) Če hite skozi tuljave izmenični toki, število silokaznic z vsakim tokovim valom narašča in pojema.

Slika 65.



Če nataknemo sedaj na našo železno jedro še jedno tuljavo — glej sliko —, sekajo silokaznice ovoje te sekundarne tuljave. Ker se število silokaznic vsak hip izpreminja, javljajo se v tuljavi inducirani toki, katere lahko uporabimo na isti način in za iste namene, kakor primarne toke.

Ako sta obe tuljavi jednaki, je tudi navedeni tok povsem sličen prvotnemu toku; ako pa je druga tuljava različna od prve, sta si tudi toka različna. Mogoče je torej z našo pripravo prvotni tok pretvoriti ali transformirati v tok z drugimi svojstvi.

Pomen in važnost teh transformiranih tokov bodemo spoznali, ako si nekoliko podrobneje ogledamo jedno najvažnejših nalog moderne elektrotehnike, namreč prenašanje električne energije v daljne kraje.

Iz prejšnjih podatkov nam je znano, da je v vsakem prevodniku

Električna energija = Jakost toka × Napon × Čas.

Množina dela, katero opravi tok v jedni sekundi, torej efekt, se meri s produktom iz njegove elektromotorske sile in njegove intenzitete. Prvi faktor se izraža v voltih, drugi pa v ampèrih; produkt obeh so volt-ampèri ali watti. Delo, katerega tok napravi v določenem času, je potemtakem produkt iz števila njegovih wattov in danega časa.

Ako je efekt toka stalen in neizpremenljiv, potem se faktorji, iz katerih je sestavljen, vedno še lahko izpreminjajo. Če postane jeden večji, se mora drugi v istem razmerju zmanjšati, tako da ostane njih produkt jeden in isti. Vsaj je n. pr. produkt $80 = 4 \times 20$ ali pa tudi $= 5 \times 16$; faktorje smo izpremenili, produkt pa je ostal stari. Tako je pri naši formuli o energiji električnega toka. Tok, ki kaže n. pr. napetost 1000 voltov in jakost $^1/_2$ ampèra, ima jednak efekt, kakor tok z napetostjo 2 voltov in jakostjo 250 ampèrov. Produkt je v obeh slučajih jeden in isti, namreč 500 wattov.

Ta zgled priča, da je mogoče brez kakega posebnega dela povečati napetost toka na stroške njegove jakosti, ali pa jakost povečati na stroške tokove napetosti. Vprašanje je le, če je vsa stvar praktično izpeljiva in plodonosna.

Praksa je to vprašanje sijajno potrdila. Danes so aparati, ki nam transformirajo toke velike napetosti a male jakosti v toke male napetosti a velike jakosti, bistven del električnih naprav, ki so prirejene za izmenične toke in za prenašanje električne energije v daljne kraje. Brez takih aparatov — pravimo jim pretvorniki ali transformatorji — bi imela elektrotehnika dokaj bolj omejen delokrog in uporaba jakih tokov bi bila navezana na neznatne oddaljenosti.

Kako pa vodimo električno energijo iz kraja v kraj? Ako hočemo električen tok iz centrale A dovesti do oddaljene točke B, kjer naj n. pr. napaja obločno svetilnico, treba je točki A in B v obče zvezati z dvema žicama. Jedna vodi tok od A do B, druga pa ga pelje od B do A nazaj. Tok doleté na njegovi poti razne izgube in ovire. Osobito pa mu je kvarljiva toplota, ki se javlja po prevodnikih. Po Joule-ovem zakonu namreč segreva vsak tok žico. Za to povsem neproduktivno in nepotrebno segrevanje se uporablja neprestano nekaj energije, katero mora dajati parna mašina, ki goni dinamo-stroj. Toplotna množina, ki se javlja v prevodniku vsako sekundo, je po navedenem zakonu jednaka uporu prevodnikovemu, množenemu s kvadratom tokove jakosti. Čim večja je torej tokova jakost, tem večja, in sicer v kvadratnem razmerju, je razvita, nepotrebna toplota, oziroma nepotrebno delo. Iz praktičnih vzrokov pa moramo zahtevati, da ta izgubljena energija v prevodniku ne prekorači do-

ločene meje, in da ne presega določenega odstotka cele energije. Da to dosežemo, imamo po zgornjem dvoje sredstev. Prvič lahko zmanjšamo upor prevodnikov. Ker je Joule-ova toplota tem manjša, čim manjši je upor, moremo — vsaj teoretično — poljubno znižati brezkoristno potrato energije, ako znižamo upor, rekše ako povečamo prerez prevodnikov. Treba je v tem slučaju jemati debele in debelejše bakrene žice in slednjič celo poseči po bakrenih palicah. A s tem smo vso napravo silno podražili, rentabiliteta je izginila, in stvar je postala praktično neizpeljiva. Črez 2 kilometra daleč že ne moremo tega sistema uspešno uporabljati.

Za večje oddaljenosti nam ne preostaje druzega, kakor zmanjšati jakost toka, katerega hočemo napeljati v daljavo. Z zmanjševanjem tokove jakosti moremo Joule-ovo toploto, torej potrato energije poljubno znižati. Tedaj lahko po razmerno tenkih žicah vodimo električen tok dalje v kraje, kjer bivajo naši odjemalci. Dotični tok bi dospel na mesto B z malo jakostjo, a veliko napetostjo, kajti če zmanjšamo v produktu za električno energijo jeden faktor, moramo povečati druzega. V tej obliki pa naročnik ne more rabiti poslanega mu toka. Njegova jakost je premajhna za obločnico, a napetost mu je tako silna, da je dotika ž njim pogubonosna. Vsaj je že tok, ki ima nad 300 voltov napetosti, življenju nevaren. Tacega gosta pa si menda nihče ne želi v svojo hišo. Če torej pravi francoski pisatelj, da moremo 1000 konjskih sil izpeljati skozi ključavnično luknjo v sobo, je to v teoretičnem oziru istina, a v praksi se bodemo energično branili tacih tokov, ki nas lahko vsak trenutek spravijo na oni svet. Označeno postopanje, po katerem se dajo velike električne energije prenašati v daljavo, ako povečamo tokovo napetost, ob jednem pa znižamo njegovo jakost, je tedaj za prakso v tej obliki še neporabno, če tudi je v svoji priprostosti in jednostavnosti zelo mikavno in vabljivo. Iz te zadrege nam pomagajo pretvorniki ali transformatorji. Centrala proizvaja toke z veliko napetostjo, a malo jakostjo; ti toki gredó po tankih, torej cenenih žicah v daljne kraje. Blizu konsumenta pretvorimo dotični nevarni tok v tok z malo napetostjo pa veliko jakostjo, torej v nenevaren tok, potem pa ga napeljemo na zahtevani kraj. Žice za ta zadnji del tokove poti morajo biti sicer zopet debelejše, a ker je pot kratka, se vsa naprava zaradi tega ne podraži toliko občutno, da bi izginila rentabiliteta.

A tudi v centralah ne proizvajajo zmiraj tako napetih tokov, da bi se kratko in malo dali takoj uporabljati za napeljavo v oddaljene kraje. Težko je namreč zgraditi stroje za velike napetosti; zato rajše proizvajamo toke z manjšo napetostjo, a jih že v centrali transformiramo na večjo napetost; še le potem jih vodimo do odjemališča, kjer jih vnovič transformiramo nazaj na uporabno napetost.

Transformatorje za izmenične toke prav za prav že poznamo. To so naši stari indukcijski aparati, vsem na čelu pa sloveče Ruhmkorffovo navodilo, s katerim je l. 1848 pariški mehanik Ruhmkorff stopil pred svet.

Elektromotorska sila sekundarne spirale v indukcijskem aparatu je zavisna od treh količin: od intenzitete primarnega toka, od števila ovojev na sekundarni tuljavi in slednjič od hitrosti menjav primarnega toka, torej od števila izmen v jedni sekundi. Potem lahko naredimo, da ima sekundarni tok večjo napetost nego primarni; treba je le število sekundarnih ovojev večje napraviti, kakor je število primarnih ovojev. Tudi obratno lahko dosežemo, da dobi sekundarni tok manjšo napetost nego primarni, ako damo sekundarni tuljavi manj ovojev, nego primarni. Slednjič imata obe tuljavi tudi lahko jednako število ovojev; potem je sekundarni tok iste napetosti kakor primarni.

Odločilno je torej razmerje med primarnimi in sekundarnimi ovoji. Razmerje

$$\frac{\text{število primarnih ovojev}}{\text{število sekundarnih ovojev}}$$

se imenuje pretvorni ali transformacijski koeficijent transformatorjev.

Če je ta koeficijent večji nego 1, je več primarnih kakor sekundarnih ovojev, in transformator pretvarja toke večje napetosti v toke manjše napetosti.

Če je koeficijent manjši nego 1, je manj primarnih kakor sekundarnih ovojev, in tedaj nastane iz tokov male napetosti tok večje napetosti.

Če je končno koeficijent jednak 1, imata primarni in sekundarni stroj jednako napetost. V tem slučaju tedaj ne pretvarjamo v pravem pomenu besede električne energije.

Na prvi pogled se nam zdi, da nemajo transformatorji s koeficijentom 1 nikakega posebnega pomena. A to vendar ni tako. Mislimo si primaren tok, v katerega je vpreženih več takih pretvornikov. Vsak transformator ima svoj tokov krog; jeden nam napaja obločnico, drugi žarnico, tretji goni motor, a vsak je od druzega povsem nezavisen, dokler je glavni tok neizpremenjen. Zato nam dajo transformatorji tudi sredstvo, da glavni tok nekako razcepimo v več nezavisnih sekundarnih tokovih krogov. Vsak transformator je potem takorekoč samostojen dinamo-stroj, ki napaja sekundarni tok. Ravno v ta namen so gradili prve, praktično uporabne transformatorje, in sicer s koeficijentom 1. Imenovali so jih sekundarne generatorje. Francoz Gaulard jim

je dal primerno obliko. Gaulard je delil osodo tolikih izumiteljev; umrl je v blaznici v veliki bedi. Podjetje je finansiral angleški bankir Gibbs in zato se dotični aparati imenujejo Gaulardovi in Gibbsovi sekundarni generatorji. L. 1884 so bili prvič v rabi na električni razstavi v Turinu, kjer so kazali razdeljivost električnega toka in njegovo sposobnost za napeljavo v daljne kraje. Dotični elektrovod je bil 80 km dolg. Na raznih krajih so bili vanj vtaknjeni sekundarni generatorji. Primarne tuljave vseh generatorjev so bile zaporedno staknjene. Po glavnem krogu je švigal močno napeti izmenični tok. Glavni prevodniki so bili le 3·7 mm debeli. Od polarnih vijakov vsake sekundarne tuljave generatorjev je bila napeljana žica na dotično mesto, kjer je napajala vdejane svetilnice s tokom.

Dinamo-stroj je proizvajal izmenične toke z napetostjo 5000 voltov, in uporabljenih je bilo 50 sekundarnih generatorjev. Ker so bili zaporedno staknjeni, je dobila primarna tuljava vsacega generatorja napetost 100 voltov. V sekundarni tuljavi je vladala, ker je bil transformacijski koeficijent 1, ista napetost 100 voltov. S to napetostjo je generator pošiljal svoj tok do svetilnic, ki so bile prirejene ravno za 100 voltov napetosti.

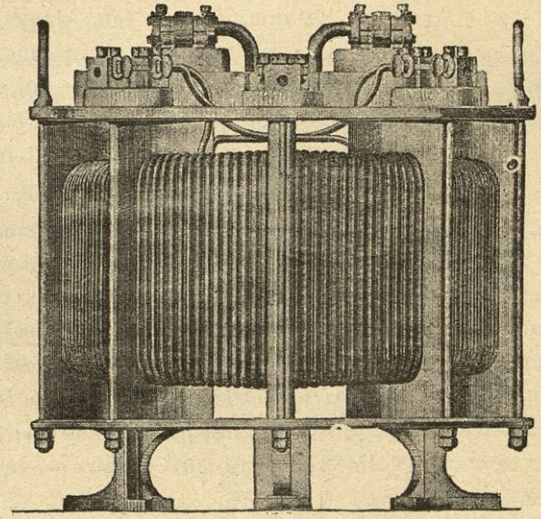
Električni tok je bil torej po tej metodi daleč izpeljan in primerno razdeljen. Vendar pa so kazali označeni sekundarni generatorji velike ekonomične nedostatke, kajti glavna mašina je morala proizvajati vedno isti tok, naj je gorelo več ali manj svetilnic. Uporabljeno delo torej ni stalo vedno v soglasju s porabljenim efektom in zato Gaulardov sistem ni prodrl.

Večje uspehe je dosegla s transformatorji ogrska firma Ganz & Co. Njeni elektriki Zipernowski, Déri in Bláthy so konstruirali transformatorje, pri katerih so primarni ovoji vzporedno staknjeni v glavnem tokovem krogu, ter dosegli s to novo metodo velike uspehe.

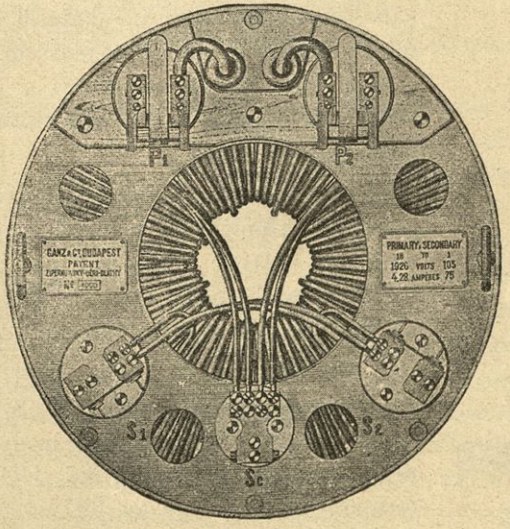
Od vsacega transformatorja terjamo, da pretvarja električno energijo brez velikih izgub, rekše, energija, katero oddajajo polarni vijaki sekundarnih tuljav v sekundarni tokov krog, ne sme biti izdatno manjša nego energija, katero dobivajo polarni vijaki primarnih ovojev iz glavnega toka. Popolnoma se izgube sicer ne dajo odpraviti, ker nastaja prvič v obeh tuljavah nepotrebna, energijo použivajoča Joule-ova toplota, drugič, ker se prijavljajo v jedru Foucaultovi toki, ki tudi energijo použivajo, in tretjič, ker je treba vsled menjav tokove meri premagovati koercitivno silo železa (izgube vsled histereze). Vsled teh izgub na energiji je efekt v sekundarni tuljavi zmiraj nekoliko manjši, nego efekt v primarni. Razmerje med obema efektoma se zove polnitev transformatorja. Gaulardovi sekundarni generatorji so imeli 85odstotno polnitev, to je, od efekta, ki je bil izpeljan v primarno

tuljavo, so dajali polarni vijaki sekundarnih ovojev 85 odstotkov. Pri novejših transformatorjih gre polnitev do 96 %, tako da izgubimo s pretvarjanjem samo 4 % električne energije.

Slika 66.



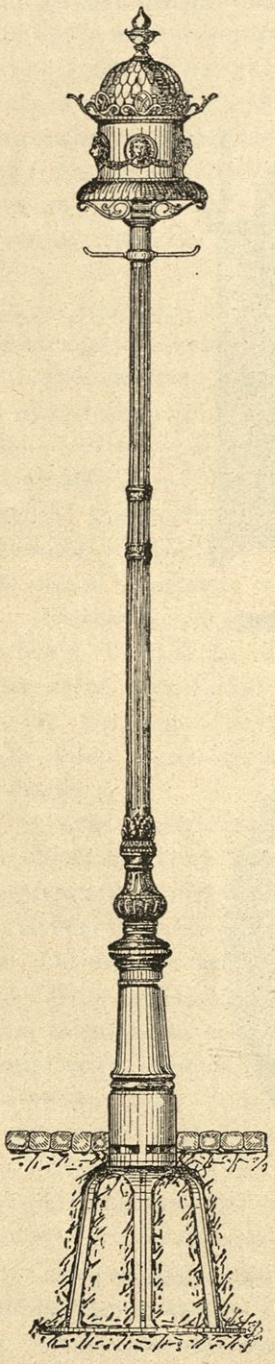
Slika 67.



Transformator z jedrom (tvrdke Ganz & Co.).

Transformatorji tvrdke Ganz & Co. imajo obročasto železno jedro. Ako se tak obroč pomagneti, nema prostih polov, a njegov navajajoči učinek je jednak magnetom s prostimi poli. Zato zovemo pretvornike z obročastimi jedri brezpolarne transformatorje. Sliki 66 in 67. nam

Slika 68.



Stebrič s transformatorjem.

kažeta transformator imenovane firme v horizontalnem in vertikalnem načrtu. Obročasto jedro brani, da silokaznice ne uhajajo v zrak. Da se ne pojavljajo Foucaultovi toki, je jedro sestavljeno iz železne žice ali železnega traku, histereza pa je zmanjšana s tem, da je število menjav v toku kolikor mogoče majhno. Zato gradijo danes stroje za izmenične toke, ki imajo le po 50 perijod v jedni sekundi, tedaj 100 polarnih menjav, dočim sta Gaulard in Gibbs delala še z 250 polarnimi menjavami.

Na jedro je najprej navita tenkožična primarna tuljava, čez njo pa so naloženi debeložični sekundarni ovoji. Obe tuljavi sta skrbno izolirani od jedra in tudi druga od druge. Lesene, radijalno stoječe podpore držé obroč po koncu, a vse tiščita skupaj dve železni ploči. Na zgornji ploči stoje dovodni in odvodni pritiskalni vijaki, potem varnostne in talilne priprave.

V pričetku je tvrdka Ganz & Co. izdelovala transformatorje, pri katerih sta bili obe tuljavi obdani z železnim plaščem. Ta tip, ki je nosil ime transformatorji s plaščem, je firma kmalu opustila in sedaj gradi samo transformatorje z jedri.

Transformatorje postavljajo pod zemljo v obzidane škrinjice ali v kleteh v primerno zavarovane omarice, časi tudi nad zemljo v posebne, prosto stoječe stebriče (slika 68.) ali pa na konzole ob hišnem zidu i. t. d.

Na Nemškem je tvrdka Helios v Kolinu širila transformatorje firme Ganz & Co. ter ustanovila nov tip, ki je cenejši in jednostavnejši, nego prvotni ogerske tvrdke. Heliosovi transformatorji so zgrajeni za 100 polarnih izmen v jedni sekundi, primarni tok pa sme imeti napetost 1000 — 3000 voltov; transformator ga pretvori na 72 (2×36) ali na 100 (2×50) voltov. Najmanjši modeli delujejo z učinkom 95·3%, največji pa s 96·7%. Pri električni

razsvetljavi kanala med Severnim in Vzhodnim morjem so uporabljeni transformatorji tvrdke Helios.

Vsi različni transformatorji, katere danes gradijo električne tvrdke, so skoraj brez izjeme transformatorji z jedri. V principu so si vsi jednaki, razločujejo se le po malenkostnih diferencah v konstrukciji in po vnanji obliki.

V Ameriki je «Westinghouse Co.» kupila Gaulardov patent in jela izdelovati transformatorje po načrtih svojega inženerja Stanley-a, Ganzov patent pa je z dragimi novci nakupila zase «Edisonova družba» — a ne z namenom, da bi dotične pretvornike širila v Ameriki, temveč, da bi se iznebila nevarnega konkurenta za svoje istomerne toke.

Pri vseh transformatorjih je treba paziti na skrbno izolacijo med primarnimi in sekundarnimi ovoji ter med železnim jedrom, ker bi drugače pri visokih naponih preskakovale iskre ter provzročevale izgube na elektriki in nevarnost za življenje. Heliosovi transformatorji so n. pr. izolirani s sljudo, druge tvrdke pa jemljo v ta namen mikanit in stabilit.

Odkar je bila sloveča električna razstava v Frankobrodu (l. 1891.), so jeli rabiti tudi transformatorje, ki vzdržé napetost 30.000—40.000 voltov. Sigurna izolacija za te ogromne napetosti se je najprvo posrečila tvornici Oerlikon v Švici, in sicer tako, da so postavili ves transformator v olje. Olje pronicuje vse pore in izborno osamlja. Take transformatorje imenujemo oljnate transformatorje. Kadar rabimo napetost 10.000 voltov, posežemo že vselej po oljnatem transformatorju.

Pri vsakem transformatorju je povedano število kilowattov, katere mora dajati. To število je produkt iz napetosti v sekundarni tuljavi in največje tokove jakosti, ki sme vladati v sekundarnem krogu. Kadar oddaje transformator svoj največji tok, pravimo, da je popolnoma obtežen.

Upor sekundarne tuljave se napravi tako neznaten, da použije Joule-ova toplota le 1% vse energije, ki jo daje popolnoma obtežen transformator. Zato je tudi naponska izguba na polarnih vijakih sekundarne tuljave celo pri maksimalnih tokih neznatna in polarna napetost te tuljave je skoraj popolnoma stalna, dokler je stalen primarni tok. To je iz ekonomičnega stališča velike važnosti. Transformatorji so izvrstno sredstvo za razdeljevanje električne energije.

Opisani transformatorji izmeničnih tokov nemajo nikakih gibljivih delov; zato ne potrebujejo nikakega nadzorovanja ter delujejo povsem samostalno in točno.

Za istomerne toke ne poznamo še sličnih transformatorjev, čeravno se tudi pri tej vrsti tokov uporabljajo nekaki pretvorniki, seveda v druge namene. Včasih se pripeti, da rabimo nekoliko večjo

napetost, kakor nam jo daje dinamo-stroj. Recimo, da provzročuje dinamo toke s 100 volti napetosti, a s takim tokom hočemo polniti akumulatorsko baterijo, imajočo 80 stanic. Za polnjenje take baterije bi rabili tok z 200 volti. Kje jih dobiti? Tudi za električno železnico rabimo istomerne toke, ki imajo 300—500 voltov napetosti. Naš dinamo-stroj pa dela samo toke z 100 volti napetosti. Tedaj posežemo po vrtečih se pretvornikih, ali kakor jim v tem slučaju pravimo, po izpreminjevalcih. Taka priprava sestoji iz dveh dinamo-strojev, ki imata skupno os. Jeden stroj prevzame nalogo elektromotorja; vanj je napeljan in goni ga tok, katerega hočemo transformirati. Z elektromotorjem se suče drugi dinamo, ki ima kotvo tako ovito z žico, da daje pri istem številu vrtežev toke večje (oziroma manjše) napetosti, kakor prvotni stroj.

Ker pa ne moremo za istomerne toke graditi dinamo-strojev, ki bi dajali toke posebno velike napetosti, je uporaba tacih vrtečih se izpreminjevalcev zelo omejena.

Ravno tak princip uporabljamo, kadar želimo istomerne toke pretvarjati v izmenične toke ali pa obratno. V ta namen pritrdimo na isto os motor za istomerne toke in dinamo za izmenične toke, ali pa motor za izmenične toke in dinamo za istomerne toke. V motor napeljemo v prvem slučaju istomeren tok, a dinamo nam daje izmeničen tok; v drugem slučaju pa dovažamo motorju izmeničen tok, iz ščeti dinama pa jemljemo istomeren tok. Ako hočemo n. pr. z vodilno mrežo, katero napajamo z izmeničnimi toki, polniti akumulatorje, posežemo po označenem izpreminjevalcu izmeničnih tokov v istomerne toke.

Ker pa ima vsak dinamo sukajoče se dele, so te vrste izpreminjevalci dokaj nepripravnejši in nepopolnejši, nego transformatorji za izmenične toke.

V zadnjih letih so se sodbe o uporabi istomernih in izmeničnih tokov izjasnile in danes imata oba toka svoja precej določena delokroga. Izmenične toke in transformatorje uporabljamo s pripoznanimi uspehi pri velikih distancah, za manjše okraje pa dajemo istomernim tokom prednost pred izmeničnimi.

Uporaba električne energije.

I. Prevajanje tokov in njih delitev.

Elektrovodi, tokovodi ali prevodniki. Goli in oblečeni prevodniki. Izolatorski zvonci. Oljnati izolatorji. Opredeni in prepleteni elektrovodi. Jednotni, dvojnati in trojnati kablji. Sestavljanje kabljev. — Delitev toka. Zaporedno in vzporedno stikanje. Dvovodni, trovodni in peterovodni sistem. Nevtralni prevodnik. Delitev istomernih in izmeničnih tokov.

Nobena naturna sila se ne more s toliko lahkoto, jednostavnostjo in sigurnostjo prevajati in napeljavati, kakor elektrika. Po razmerno tenkih žicah beži z ogromno hitrostjo v daljne kraje; noben ovinek, noben jarek in nobena višina ne ovira upogljivih žic; celo do gibajočih se objektov jo prevajamo brez težav. Vrhu tega se lahko deli in cepi v najfinejše veje. V centrali proizvedena sila teče v poljubnih množinah do posamičnih odjemalcev in ni ga skoraj kraja, kamor bi električne sile ne mogli dovesti.

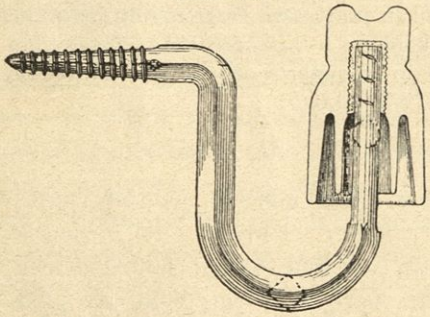
Žice, po katerih prevajamo električne toke, zovemo elektrovode, tokovode ali prevodnike. Ker se premika tok z izvenredno dobrovoljnostjo po danih mu potih, je umevno, da tudi rad uhaja s ceste, ki mu je odločena. Zato moramo paziti, da tok ne hodi po stranskih, prepovedanih potih — moramo ga osamiti ali izolirati.

Dober in zanesljiv izolator je zrak. Dokler je prevodnik samo od zraka obdan, ga tok ne more zapustiti. Ker pa žice ne moremo v zrak pritrditi, treba ji je v določenih presledkih dati trdnih opor. Tam, kjer leži prevodnik na opori, mora biti zanesljivo izoliran. Časih pa žica sploh ni izpeljana po zraku, temveč leži ves čas na svoji podlagi, kakor na pr. pri elektromagnetih, kjer je ovita krog železnega jedra. Tu se vsak ovoj tišči druzega ovoja, žica leži ob žici. Če hočemo, da se tok strogo drži svoje poti, da torej ne prehaja iz ovoja na ovoj, treba žico po

vsej njeni dolžini izolirati. Tako dobimo dvoje vrst izolacije; pri jedni izoliramo le podporne točke, pri drugi pa moramo žice po vsej dolžini obdati z osamljajočo odejo. Prevodniki so torej goli ali pa oblečeni.

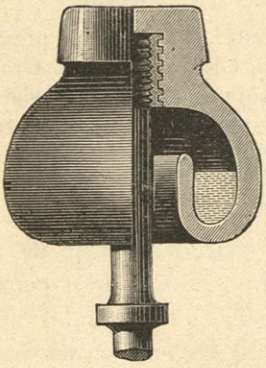
Gole prevodnike sta v večji meri najprvo uporabila Gauss in Weber v Göttingenu, ko sta gradila prvo telegrafsko napravo. Žice te telegrafske proge so bile napeljane črez hišne strehe, na lesenih drogovih. Pokazalo se je kmalu, da je tok uhajal po drogovih, osobito pa tedaj, če so bili mokri. Zato je bilo treba žico izolirati na podporiščih. Položili so pod žico kos klobučevine, ali pa so žico ovili z oljnatim, pozneje z gumastim trakom, kjer se je droga dotikala. Zračna mokrota je s časoma pokrila in napojila ves trak, in tok je zopet uhajal črez vlažni most. Jeli so potem uporabljati cevi od stekla, porcelana ali

Slika 69.



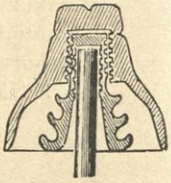
Dvojnat zvonec v podolžnem prerezu.

Slika 70.



Oljnat izolator.

Slika 71.



Oljnat izolator s tremi obroči.

gline; te izolatorje so pritrdili na drog, potem pa ovili žico okoli njih. A ker je mokrota končno oblezla vso cev, je bila izolacija za toke večje napetosti vendar še preslaba. Vedno nujnejše se je kazala potreba, jeden del izolatorja popolnoma obvarovati pred mokroto. Elektrotehniki so torej izolatorje pokrili s strešicami; vklub temu pa se je na tako zavarovane izolatorje zmiraj še polegala mokrota, če ne druga, pa saj kondenzacijska. Pozneje so strešico spravili pod izolator, rekše, dali so mu podobo zvonca. L. 1852. so jeli na Nemškem take zvonaste izolatorje pritrjevati na drogove. Ti so precej dobro izolirali prevodnik, a časih se je vendar še pripetilo, da je tok prehajal na drog, ker so se iz vlažnega zraka polegale saje in prah na porcelan in napravljale toku stransko pot za uhajanje. Da bi se ognili tudi tem skrajnim slučajem, je že l. 1848. Riccardo predlagal dvojnate zvonce. L. 1856 je dobil Clark na Angleškem patent na take izolatorje. Par let pozneje so se jeli širiti po kontinentu ter se kmalu udomačili v elektrotehniki;

danes rabimo povsodi dvojnate zvonaste izolatorje, kakor jih kaže slika 69. Dvojnati zvonci osamljujejo slabejše toke v zadostni meri, a pri jakih tokih vendar ne izhajamo ž njimi. Tu je pomagala angleška tvrdka Johnson & Phillipps, ki je spodnji zvončni rob obrnila na znotraj, da je nastal ob spodnjem robu zvonca obročast kanal (slika 70.), v katerega se nalije nekoliko olja. Na olju se ne more napraviti mokra kožica, in ker spada olje sploh med najboljša osamila, izvršujejo taki oljnati izolatorji svojo nalogo izborno. Stoprav ko je jela elektrotehnika uporabljati toke poprej nepoznane silne napetosti, ni več zadoščal jeden sam oljnati obroč in treba jih je bilo napraviti večje število. Slika 71. kaže oljnat izolator, ki ima tri kanale pripravljene za olje.

Vsak prevodnik električne energije mora imeti določen prerez, ki se ravna po tokovi jakosti in po tokovem uporu, poleg tega pa tudi še po raznih mehaničnih zahtevah. S početka so jemali za prevodnike železno žico, ki je bila pocinkana, da ni rjavela. Kmalu pa so jeli uporabljati bakreno žico, ki tok bolje vodi in ki ne porjavi. Ker je baker drag, se je v prvih časih električnih daljnovodov premnogokrat pripetilo, da so ljudje žice potrgali in prodali, torej pokradli; zato so prišli zopet železni elektrovodi na površje. Za velike razpetine, n. pr. čez reke, soteske itd., se dobro obnaša jeklena žica; v najnovejšem času pa posegajo elektrotehniki po takozvanih trdih bakrih, ki so zlitine bakra s fosforjem, silicijem in kromom. Žice od silicijeve bronze napenja tudi avstrijska telefonska uprava. Za jako napete toke uporabljajo žice od čistega bakra; ako mora biti premer prevodnikov večji nego 5 ali 6 mm, se razcepi žica v posamične pramene, tako da dobimo pravo bakreno vrv, ki se lažje upogiblje in krivi, kakor debela bakrena palica.

Ker ni mogoče izhajati z jedno samo žico za vso prevodnikovo daljavo, je treba posamične žične proge tako skupaj sestaviti in povezati, da je zveza v električnem in mehaničnem oziru povsem zanesljiva. V ta namen se oba konca spiralno ovijeta drug okoli druzega ali s tanjšo žico zadostno povežeta, potem pa solidno zvarita, da je električna zveza sigurna.

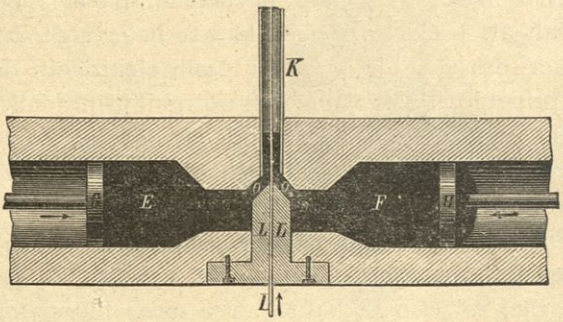
O prevodniških drogovih nam ni treba mnogo omenjati. Navadno se postavljajo leseni drogovi, le v mestih zapazimo zaradi lepote in trajnosti železne drogove, ki so več ali manj okrašeni z raznimi profili in ornamenti.

Oblečeni prevodniki so povsodi tam potrebni, koder leži žica z vso svojo dolžino na podlagi, ki je zmožna odvajati električne toke. Tedaj zavarujemo žico z odejo, ki se ravna po tem, koliko imamo prostora za njo, nadalje po vlažnosti prostora in slednjič tudi po nevarnosti proti mehaničnemu poškodovanju.

Najnavadnejša odeja se napravi, če ovijemo okoli žice osamljajočo nit ali trak tako gosto, da je žica opredena. Stroj za oprejenje je zelo jednostaven. Na krožni pločí je pritrjena tuljava z namotano nitjo. Ploča ima na sredi luknjo, skozi katero se počasi premika žica, katero hočemo opresti. Ako se krožna ploča vrti, vrti se ž njo tuljava z nitjo vred okoli žice in jo oprede na zahtevan način. Umeje se, da združimo več takih jednostavnih strojev v večjo skupino, ki mnogo žic ob jednem ovija.

Če hočemo izolacijo napraviti solidnejšo, ovijemo okoli žice dva traka, in sicer tako, da se ovoji jednega traka prepletó z ovoji druzega. Takim žicam pravimo prepleteni ali prečipkani prevodniki. Stroji za to delo so bolj komplicirani in predaleč bi prišli, ko bi jih hoteli tu podrobneje opisovati.

Slika 71.



Šematična slika stroja za izoliranje žice z gutaperčo.

Kot materijal za oprejenje in za prepletenje elektrodov se jemlje pri finih žicah svila, ki daje zelo tanko odejo. Ako pomislimo, da se časih rabijo žice, ki imajo le $^1/_{20}$ mm v premeru, je jasno, da je v takih slučajih samo svila na pravem mestu. Za žice, ki imajo več nego 0·5 mm v premeru, zadošča cenejši bombaž, ki pa prerad vpija vlažnost. Da mu preprečimo to razvado, ga napojimo s čistim bučelnim voskom ali pa s cenejšim in seveda slabšim gališkim podzemnim voskom (ozokeritom). Tudi parafin, asfalt, katran in smolne tvarine nam rabijo v jednake svrhe.

Ravnokar opisana izolacija žic zadošča tedaj, ako hočemo prevodnike zavarovati samo proti vlažnosti. Proti pravi mokroti pa je treba boljših odej, ki so popolnoma nepremočne in dobro osamljajoče. V ta namen je W. pl. Siemens prvi predlagal in tudi uporabljal znano gutaperčo. Ta smola tvori segreta, plastično, vlečno testo, s katerim ogrnemo prevodnike. Stroj, ki tlači gutaperčo krog žice, kaže šematična slika 71.

Dva horizontalna cilindra E in F sprejmeta vase mehko gutaperčo. Bata G in H potiskata in tlačita mehko maso proti središču, kjer mora lesti v okroglo cev K. Pod to cevjo se nahaja prevrtan kovinski kos L L. Skozi vertikalno luknjo tega kosa se potiska počasi žica navzgor v cilinder K tako, da se giblje natanko v osi cilindrovi. Ob jednem stiskata bata G in H mehko gutaperčo v cev K; iz te cevi stopa tedaj žica, ki je ogrnjena z odejo od gutaperče. Da se gutaperča bolje prime žice, namažejo prevodnike poprej še z lepljivo, katranu podobno maso (Chatterton-Compound), ki tesno z njimi združi gutaperčo.

Z mehko gutaperčo odeta žica, ki leze iz stroja, mora končno v mrzlo vodo, kjer se mehka masa shladi in strdi. Sedaj je prevodnik gotov; treba ga je le še naviti na vreteno, potem pa pride na kupčijski trg.

Gutaperča oksidira na zraku in se kmalu osuši. Zato ni posebno uporabna za prevodnike, ki leže na suhem in nepokriti. Tem boljša pa je v vodi in v vlažnih tleh, kjer ostane povsem neizpremenjena. Za podzemne in podmorske kablje je torej gutaperča velevažno in skoraj neprecenljivo sredstvo za nepremočno odejo in za sigurno izolacijo prevodnikov.

Poleg gutaperče je tudi kavčuk na glasu kot izborna odeja za elektrovode. A ker ne tvori v toploti mehkega testa, ki bi se pozneje strdilo, ga je treba na drug način oviti krog žice. Dve sveži kavčukovi ploskvi se jako tesno sprimeta, ako ju pritisnemo drugo na drugo; bratje Siemens v Londonu so uporabili to svojstvo ter zgradili stroj za izoliranje žice s kavčukom, pri katerem izkoriščajo ravnokar označeno lastnost kavčukovo. Stroj polaga golo žico na trak od kavčuka ter jo ob jednem pokriva z ravno takim trakom. Dva krožna noža obrezujeta robove trakov, za njima pa stiskata dva valja sveže robove skupaj in jih privihujeta krog žice.

V obče je kavčuk težje obdelovati, kakor mehko gutaperčo, in zato so tudi kavčukove izolacije redkejše. Najboljše kavčukove prevodnike dobivamo z Angleškega, kjer jih tvrdka Hooper obdaja s štirimi legami kavčuka. Najprvo navije krog žice v nasprotno mer dva kavčukova traka, potem položi na okoli trak od kavčuka, pomešanega s cinkovim oksidom, in slednjič napravi odejo iz dveh kavčukovih trakov po metodi bratov Siemens. Te četvere lege od kavčuka zavaruje končno še s solidno platneno odejo.

Z gutaperčo ali pa s kavčukom obdani elektrovodi so izvrstni, dokler je odeja nepoškodovana. Kjer se je pa bati vnanjih napadov, je treba to odejo še posebej zavarovati z močnejšimi tvarinami, ki branijo sovražniku do občutljive mase. Za ta namen je svinec izborno

sredstvo. Odeja od svinca objame prevodno žico tako sigurno, da ne more najmanjša vlažnost do izolacije, ob jednem pa brani žično odejo proti mehaničnim poškodbam. Odkar znajo električne tvrdke delati zanesljive svinčene odeje okoli elektrovodov, je celo gutaperča izgubila velik del svoje nenadomestljivosti. Pod svinčenim plaščem zadoščajo namreč tudi drugi izolatorji, n. pr. odeja od jute, napojena z osamljajočimi tvarinami. Tako se ognemo dragi gutaperči, ki ima danes preveliko ceno, da bi jo mogli splošno uporabljati za izoliranje elektrovodnih žic.

Svinčena odeja se napravi okoli prevodnika na sličen način, kakor odeja od gutaperče; svinec se namreč ogrinja okoli žice s strojem, ki je do cela podoben onemu, katerega smo videli na sliki 72., samo da je treba za izpremembo svinca v plastično maso razpolagati z ogromnim tlakom. Zategadelj so dotični stroji dokaj močneje zgrajeni in imajo silnejše priprave za stiskanje, nego stroj za proizvajanje gutaperčne odeje. Preden nastopi prepletena žica svojo pot skozi stroj, mora iti še skozi raztopljeno, do 180° zgreto maso, ki poveča osamljajočo moč tkanine. Vročina izžene ob jednem tudi zadnje sledove vlažnosti, ki so se morebiti še nahajali na žici ali pa na njeni odeji. Z izolirajočo maso napojeni prevodnik pride potem kar vroč v stiskalni stroj. Za potiskanje bata proti svincu, ki je v cilindru, uporabljajo se posebna hidravlična tiskala. Svinec se vda silnemu tlaku, postane plastičen in obleče prepleteno žico na jednak način, kakor to vemo o gutaperči. — Novejši stroji ne uporabljajo mrzlega svinca za odejo, temveč vročo kovino, ki postaja z manjšim pritiskom plastična, nego mrzel svinec. Takim strojem je dodana še posebna peč, ki segreva svinec do zahtevane temperature.

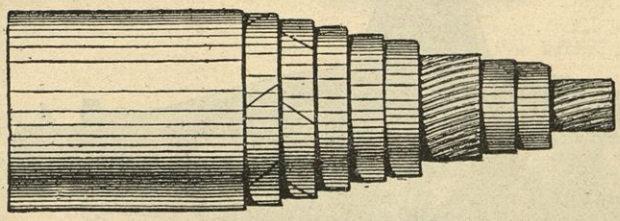
Ako se je bati surovih mehaničnih poškodeb, ovijemo svinčeno odejo še z železnim trakom, ki varuje tudi proti živalski sili ali pa proti motiki in krampu delavčevemu.

Na ta ali drug način zavarovana prevodna žica se imenuje tudi duša kabljeva. Kadar mora imeti duša velik prerez, vzamemo mesto jedne debele žice več tanjših pramenov, ki skupno zadoščajo zahtevanemu prerezu. Tak prevodnik se lažje zavija in polaga, kakor oni, ki ima masivno debelo dušo. Podzemni elektrovodi ali kablji, katere uporablja ljubljanska električna naprava, imajo duše do 500 mm² v prerezu. Za vzgled naj navedem ljubljanski kabelj srednje vrste. Duša njegova je sestavljena iz 37 paralelno ležečih žic, izmed katerih je jedna izolirana, da služi v kontrolne in poskuševalne namene. Ostalih 36 žic ima 400 mm² prereza. Okoli teh žic je odeja od stisnjene jute. Juto ogrinja plašč od svinca, a svinčeno odejo obdaja zopet plašč od jute, napojene z asfaltom. Krog tega plašča sta spiralno navita dva železna traka, a končno je kabelj še ovit z jedno lego jute, z asfaltom nasičene. Kabelj ima torej

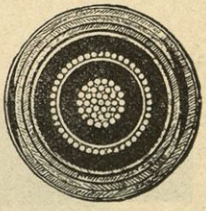
od znotraj na zunaj naslednje koncentrične dele: 1.) dušo, 2.) odejo od jute, 3.) odejo od svinca, 4.) odejo od jute, 5.) železni plašč in 6.) še jedno odejo od jute. Vnanji premer tacega kablja meri 52 mm in vsak tekoči meter tehta 10·46 kg.

Opisani kabelj je jednoten, kajti ima samo jedno dušo, ki vodi tok le v jedno mer, bodisi od centrale proti odjemališču ali pa nazaj od odjemališča proti centrali. Mogoče pa je tudi vložiti dovodno in odvodno žico v skupno izolirajočo maso ter napraviti jeden sam kabelj, ki krije v sebi oba elektrovoda. Tako dobimo dvojnate kablje; jedna duša je v središču, druga duša, oziroma njeni prameni pa so koncentrično razvrščeni okoli prve. Da morata biti duši skrbno izolirani druga od druge, je pač samo po sebi umevno. Sliki 73. in 74. predstavljati dvojnat koncentričen kabelj v narisu in v prerezu. Pri prvem so posamične plasti stopnjevato odrezane in razgaljene, da se vidijo po vrsti vsi deli kablja.

Slika 73.



Slika 74.



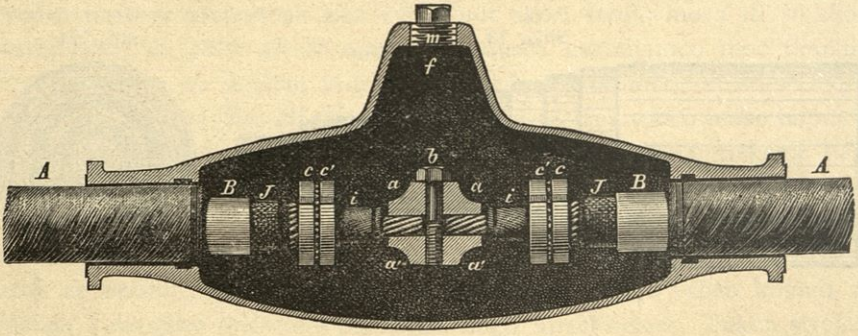
Koncentričen kabelj.

Za trovodne mreže se izdelujejo celo trojnati kablji, ki nosijo tri koncentrične duše v sebi. — Način izolacije in zavarovanja proti mehaničnim poškodbam se ravna od slučaja do slučaja po dani nalogi in je seveda tudi različen po tvrdkah, ki izdelujejo kablje. Navedeni ljubljanski kabelj je dobavila tvrdka Siemens & Halske, naslikani koncentrični kabelj pa je od tvrdke Ganz & Co., ter je uporabljen pri električni centrali v Rimu, ki je zgrajena za izmenične toke.

Iz teh podatkov bode čitatelj lahko sklepal, da je podzemni ali podvodni kabelj jako draga stvar, in to tem bolj, ker moramo poleg materijala in mehaničnega dela upoštevati tudi premnoge duševne napore, katere zahteva izdelovanje kablja. Treba je neprestanega strokovnega nadzorstva; vsak centimeter kablja se mora večkrat skrbno preiskati in izvršiti je na njem obilo kontrolnega merjenja. Zato je umevno, da ne reprezentuje kabelj le velike materijelne vrednosti, temveč tudi ogromno svoto duševnega dela, katero je treba istotako primerno plačati. Uporaba kabljev je torej mogoča samo tam, kjer je dovolj novcev na razpolaganje.

Podzemne kablje polagajo v jarke, ki so približno 60 cm globoki. Dno jarka se navadno posuje s peskom; nanj se položi kabelj, a slednjič se pokrije z jedno lego opeke. Potem se jarek zasuje in kabelj je položen. Ker se kablji ne izdelujejo v poljubnih dolžinah — prej opisani ljubljanski kabelj s 400 mm² prereza se prodaja n. pr. le v dolžinah po 173 m — je treba pri daljših progah kablje sestavljati. Kedar hočemo sestaviti dva jednotna kablja, omajimo jih najprej na konceh, da se prikaže gola duša. Vsake odeje se tem več odreže, čim bolj leži na zunaj, tako da kaže kabljev konec vse odeje v koncentričnih stopnjah, iz katerih moli gola bakrena duša, kakor na sliki 73. Kovinska konca obeh kabljev se deneta v bakren, znotraj pocinjen čeljustni precep, potem pa se čeljusti pritisneta z vijakom krepko na oba konca; s tem smo ju združili in tok prehaja brez zadržkov iz jednega kablja v druzega.

Slika 75.



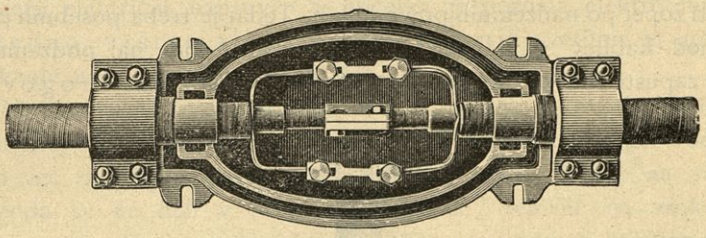
Zveza dveh podzemnih kabljev.

Da razgaljena konca zavarujemo v električnem in mehaničnem oziru, položimo združena konca v pločnato železno škrinjico (mufo), ki sestoji iz spodnje in zgornje polovice. V spodnjo polovico se vložita s precepom zvezana kablja; na nju se povezne zgornja polovica mufe in potem se obe polovici z vijaki trdno združita. Skozi posebno luknjico zgornje polovice se škrinjica popolnoma zalije z asfaltom; ko se še ta luknjica zatvori z zamaškom, je zveza obeh kabljev dovršena. Konca ležita sedaj varno in zanesljivo v asfaltu železne mufe. Slika 75. kaže v vertikalnem prerezu, kako sta zvezana dvojnata koncentrična kablja v železni mufi. A in A sta konca kabljev, B, B je odgrnjena svinčena odeja, J, J odeja od jute, i, i izolacija med notranjima in vnanjima dušama. Prav na sredi slike zapazimo razgaljeni, vrvi podobni centralni duši, sestoječi iz več žičnih pramenov. Duši ležita v precepu s čeljustima a a in a' a', ki s pomočjo vijaka b stiskata in družita obe osrednji duši. Tako sestavljamo jednotne kablje. Pri našem dvojnatem kablju pa je

treba zvezati tudi obe drugi koncentrični duši. Pramene teh duš zapazimo na vsacem kablju poleg jute J. Posamične žice so pravokotno nagnjene od kablja in stisnjene med dve kovinski krožni ploči c c', oziroma c' c, med katerima vidimo pramene v prerezih. Ako sedaj ploči c c' in c' c zvežemo s kovinskim locnjem — ki pa v naši sliki ni narisan — smo ob jednem sestavili vnanji, koncentrični duši obeh kabljev.

Slika 76. predstavlja zvezo dveh druzih koncentričnih kabljev, in sicer s pogledom od zgoraj. Pokrov je odstranjen in vidita se locnja, ki vežeta vnanji duši. Prameni obeh teh duš niso stisnjeni med okrožne

Slika 76.

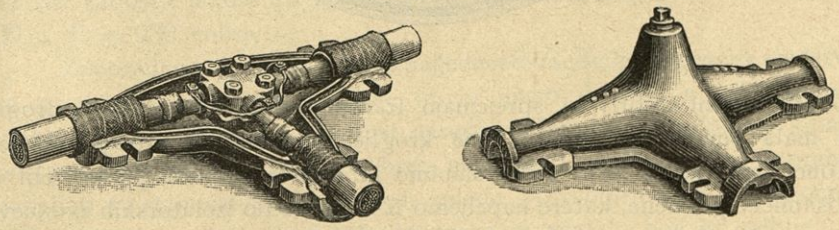


Odprta mufa za koncentrične kablje.

ploče, kakor pri sliki 75., temveč duša je razpostavljena in na vsako stran je izpeljana polovica pramenov, obe polovici pa sta slednjič z locnjem združeni.

Na jednak način postopajo pri razcepljevanju kabljev. Sliki 77. in 78. nam kažeta, da se tudi v tem slučaju kablji na koncu omajijo, goli konci pa s primernimi precepi združijo. Slednjič se zvezani kablji vložé v železno mufo, ki ima mesto dveh tri vhode.

Sliki 77. in 78.



Odcepljenje dveh kabljev in njuna mufa.

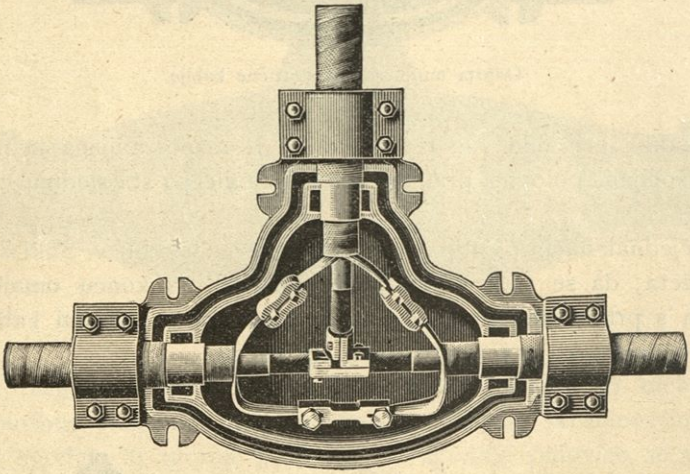
Slika 79. razlaga še bolj jasno, nego prejšnja, kako se odcepi kabelj. Tu vidimo tudi, da osrednja duša glavnega kablja ni prerezana, temveč samo razgaljena. Precep jo druži z osrednjo dušo odcepljene veje. Prameni vnanjih duš so razdeljeni na polovice, ki so s precepi

zvezane med seboj in z razpolovljeno vnanjo dušo odcepljenega elektrovoda.

Kjer se steka več kabljev skupaj na jednem mestu, vzida se v tla večja železna omara, v kateri so nameščene zveze posamičnih kabljev. Omara ima vratca in je poglobljena v jamo, ki je vrhu ceste ali trotoarja pokrita s pokrovom, da pridemo poljubno do omare in da nam je osigurjen pristop do kabljev, kadar jih hočemo popravljati in meriti, ali pa kadar priklopujemo nove prevodnike v mrežo.

Čestokrat polagamo kablje le po jednem delu elektrovodne mreže, n. pr. po obljudenih in lepih ulicah, katerih ne prepražemo radi z nadzemnimi elektrovodi; kjer se pa prične manj važna proga, hočemo tok napeljati zopet po nadzemnih prevodnikih. Tedaj je treba posebnih priprav za prehod kabljev v zračne tokovode. Tam, kjer naj podzemni prevodnik zapusti tla, postavimo tako zvane razdelilne drogove. To

Slika 79.



so otli železni stebri, ki sprejemajo iz zemlje kabelj vase. Vrh droga je mala omarica v podobi lične kroglje, v kateri se kabelj končuje. Konec mu na že znan način olupimo in dušo razcepimo po potrebi v posamične pramene, katere napeljemo iz omarice do izolatorskih zvoncev, ki so nameščeni okoli nje. Na zvoncih so žice priklopljene na zračne elektrovode, po katerih gre tok dalje do odjemališča.

Delitev toka. Današnja elektrotehnika ima jako obsežno nalogo. Oddajati mora energijo v daljne kraje; na tisoče žarnic oskrbuje po ulicah, po javnih lokalih in privatnih stanovanjih; ob jednem napaja obločnice po velikih trgih in živahnejših prometnih žilah, a v

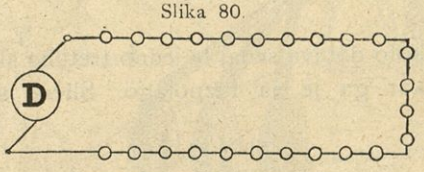
obrtniških delavnicah oddaja istodobno gonilno silo za motorje, energijo za taljenje, za kemične procese. Pri tem ne sme jedna uporaba motiti druge. Vsaka žarnica mora goreti za se in ne sme biti zavisna od svoje sosede. Obločnice naj razsipajo svojo luč, ne meneče se za druge dogodke v elektrovodni mreži, in motorji naj teko mirno in zanesljivo, ne glede na to, kaj delajo žarnice, obločnice in kar je sploh še staknjenega v istem tokovem krogu. Vsem tem zamotanim zadačam mora elektrotehnik ustreči; razdeliti mora električno energijo na najfineje, medsebojno nezavisne grane, ob jednem pa ostati v mejah izpeljivosti in rentabilitete celega podjetja.

Način stikanja je po tem takem velevažen in odločilen pri vsaki večji električni napravi. S početka je poznala elektrotehnika le zaporedno, vrstno ali serijsko stikanje svetilnic in aparatov. To stikanje nam pojasnjuje slika 80.

Od dinama D teče električni tok v vnanji tokovod, ki ima na mnogih krajih vdejane žarnice. Razmere so slične, kakor pri vodotoču, ki goni več zaporedno postavljenih mlinskih koles, kakor na sliki 81.

Voda se ne deli v stranske vodotoče, temveč na vsako kolo pada vsa voda. Vsako kolo izkorišča torej vso vodo, a le jedno tretjino skupnega vodnega strmca. Tako je tudi pri zaporedno staknjenih električnih svetilnicah. Skozi vsako luč teče ves tok, a od skupnega strmca, rekše od skupne napetosti, pride na jedno žarnico le primeren del. Zaporedno stikanje pomeni torej delitev napetosti. Ako na primer 20 obločnic, od katerih potrebuje vsaka 45 voltov napetosti in 10 ampèrov jakosti, zaporedno staknemo, teče skozi vse obločnice isti tok in za vse zadošča jakost 10 ampèrov, dočim mora napetost toka znašati $20 \times 45 = 900$ voltov.

Slika 80.



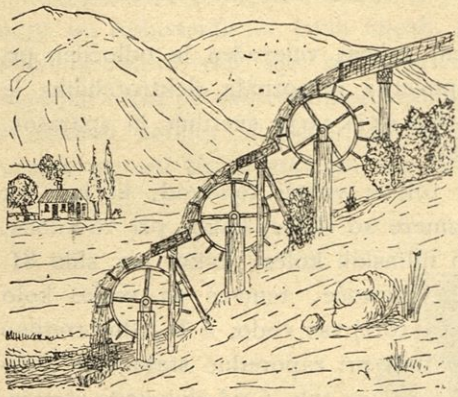
Zaporedno stikanje svetilnic.

Zaporedno stikanje je gotovo najjednostavnejše in najcenejše sredstvo za prevajanje električne energije in za njeno delitev, a žal, da ima mnogo napak. Tokova napetost narašča s številom svetilnic in kmalu postane tako velika, da toka brez nevarnosti za življenje ne moremo napeljati v stanovanja. Pri našem zgledu potrebujemo za 20 obločnic 900 voltov napetosti, torej tok, katerega se vsakdo boji in ogiblje. V takem nerazcepljenem tokovodu vlada povsodi ista jakost in zato smemo vtakniti vanj le aparate, ki zahtevajo stalno jakost toka, katera se tudi med delovršbo ne izpreminja. Ako ugasne le jedna svetilnica, ako je torej elektrovod le na jednem mestu pretrgan, ugasnejo tudi vse druge svetilnice. Vsaka poškodba dovodne ali pa odvodne žice pri kakem

elementu pretrga tok in vzame energijo vsem drugim odjemalcem. Regulacija tokove jakosti provzroča mnogo težav in veliko pozornosti, posebno pa tedaj, ako se uporaba energije hitro in v širokih mejah izpreminja. Zaporedno stikanje je torej le pri malih električnih napravah v navadi, a za širše namene ne zadošča.

Splošno uporabna pa je druga vrsta stikanja, ki nam je že znana kot vzporedno ali paralelno stikanje. Pri tem stikanju so svetilnice in aparati vvrščeni drug poleg druzega ali vzporedno. Šematična slika paralelno staknjenih svetilnic spominja na navadno lestvico, pri kateri so svetilnice vtaknjene v posamične kline, dočim sta lestvenici glavni dovodni in odvodni žici. Slika 82. kaže več vej elektrovodne mreže, v katerih so žarnice na označeni način staknjene vzporedno. Ako tudi to stikanje primerjamo z razvrščenjem mlinskih koles, dobimo sliko 83.

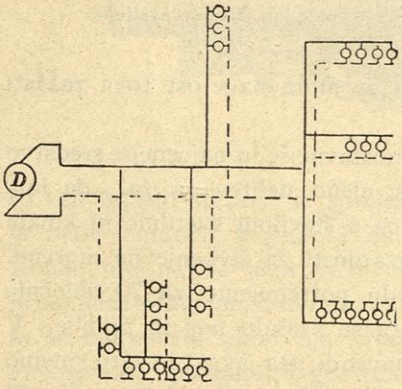
Slika 81.



Zaporedno stikanje, upodobljeno s tremi vodnimi kolesi.

Na njej vidimo, da se je voda razcepila na 3 vodotoče. Vsako kolo dobiva sedaj le jedno tretjino skupne vodne množine, a ves strmec, kar ga je na razpolago. Slične so razmere pri vzporedno staknjenih svetilnicah. Vsaka dobiva samo razmeren del skupne električne množine (jakosti), a ves strmec (napor), kar ga biva v elektrovodu. Vzporedno stikanje pomeni torej delitev tokove jakosti. Ko bi poprej omenjenih 20 obločnic, katerih vsaka zahteva tok z napetostjo 45 voltov in jakostjo 10 ampèrov, zaporedno staknili, bi morala biti napetost na pritiskalnih vijakih dinamo-stroja 45 voltov, tokova jakost pa 20 × 10, torej 200 ampèrov. Vsak dovod do posamične obločnice — primerjaj kline v lestvici! — bi vodil po 10 ampèrov.

Slika 82.



Paralelno stikanje. Delitev toka.

Umeje se samo po sebi, da je množina uporabljive energije pri obeh vrstah stikanja jednaka, ako se ne oziramo na izgube v prevod-

nikih. Pri zaporednem stikanju 20 obločnic potrebujemo po našem zgledu tok 10 ampèrov in 900 voltov, torej efekt $10 \times 900 = 9000$ voltov. Pri vzporednem stikanju pa ima tok 200 ampèrov in 45 voltov; njegov efekt je torej zopet $200 \times 45 = 9000$ voltov. Razlika med obema metodama je po tem takem — ne gledé na varnost — v množini materijala uporabljenega za prevodnike.

Vprašanje po primerni delitvi električnega toka je postalo prav za prav še le tedaj nujno, ko je Edison razsvetljavo z žarnicami dognal do popolne rešitve. Pri obločnih svetilnicah je število odjemališč navadno neznatno, a žarnic gori na tisoče v istem tokovodu, torej s pomočjo jedne in iste mašine. Vsak abonent hoče biti popolnoma nezavisen od soseda; prižigati in ugaševati želi svoje luči, ne oziraje se na druge odjemalce, a pri tem zahteva, da mu vsaka svetilnica gori z jednakomerno in neizpremenjeno svetljivostjo, če tudi se število prižganih žarnic vedno menjava. Vsaka svetilnica mora biti povsem samostojna in nezavisna od drugih.

To zadačo je Edison rešil, ko je začel žarnice vzporedno stikati. Pri vzporedno razvrščenih svetilnicah je skupni upor vnanjega tokovega kroga manjši, nego upor vsake posamične žarnice. Ako imajo njih dovodne žice (katere lahko poljubno ojačimo) tako neznaten upor, da ga nam ni treba upoštevati, lahko pravimo, da biva na konceh vsake žarnice jedna in ista potencijalna diferenca, namreč ona, ki se nahaja na pritiskalnih vijakih dinamo-stroja. Glavnim prevodnikom od stroja dalje pa do zadnje žarnice damo toliko debelost, rekše tako mal upor, da znaša njih naponska izguba, ki je produkt iz tokove jakosti in upora, na vsej poti le 2 do 3 odstotke. Dokler je tedaj naponska diferenca na vijakih mašine neizpremenjena, toliko časa se tudi tokova jakost v krogu, čigar upor je stalen, ne izpremeni; vsaka svetilnica gori normalno ter nezavisno druga od druge, ako le pazimo, da ostane napetost toka na pritiskalnih vijakih dinamo stroja vedno na isti višini.

Slika 83.



Vzporedno stikanje, upodobljeno s tremi vodnimi kolesi.

Kadar dinamo-stroj ne napaja samo žarnic, temveč tudi motorje, se motorji v vzporednem stiku jednako obnašajo, kakor žarnice. Če je

napetost na konceh dinamo-stroja stalna, dobiva vsak motor tok one jakosti, ki je potrebuje za svoje delo. Ker ostane naponska razlika v glavnih tokovodih, torej tudi na polih motorja, neizpremenjena, mora imeti motor tako odmerjen upor, da dobiva pri tej stalni napetosti vedno tisto množino toka, ki je potrebna za njegovo normalno delovršbo.

Po Edisonovem zgledu navadno uporabljajo električne centrale z istomernimi toki napetost 100 ali 110 voltov, v novejšem času pa tudi 150 voltov. Žarnice so torej tako konstruirane, da dajo pri tej napetosti normalno svetljivost, n. pr. 16 sveč. Ravno tako zahtevajo motorji isto napetost. Med dva prevodnika, ki imata n. pr. 110 voltov naponske razlike, lahko seveda vtaknemo tudi obločne svetilnice. Ker uporablja obločnica ca. 45 voltov napetosti, moramo dve taki svetilnici, zaporedno staknjeni, vdejati med naša glavna prevodnika; napor obločnic bi znašal sedaj 90 voltov, a ker dobiva dotična veja 110 voltov, je treba prebitek napetosti, namreč 20 voltov, zajeziti s posebnim uporom, o katerem bodemo pri obločnicah še podrobneje govorili. Umeje se, da smemo med prevodnike z napetostjo 110 voltov vtakniti tudi žarnice, ki potrebujejo manjšo napetost nego 110 voltov. V tem slučaju moramo toliko žarnic zaporedno stakniti, da znaša vsota njihovih napetostij ravno ali vsaj približno 110 voltov, torej n. pr. 4 žarnice po 26 voltov ali 14 žarnic po 8 voltov i. t. d.

Pri centralah z izmeničnimi toki proizvajajo tudi toke z napetostjo 100 do 50 voltov; le časih se zadovoljujejo z napetostjo 72 voltov, ker se lahko pri tej napetosti že dve obločnici za izmenične toke (à 30 voltov) z malim uporom vred vtakneta v tokov krog.

Sistem paralelnega stikanja je po tem takem izborno sredstvo za delitev električne energije. Glavna njegova zahteva ostane vedno, da je napetost na pritiskalnih vijakih dinamo-stroja neizpremenjena. V ta namen mora strojevodja napetost neprestano kontrolirati s posebnim aparatom, kateremu pravimo voltomer in katerega hočemo pozneje opisati. Ako se napetost izpremeni, je treba takoj regulirati stranski stik stroja in spraviti napetost na normalno, predpisano višino. Stranski stik si regulira mašina tudi avtomatično, in sicer s pomočjo posebnih elektromotorjev, ki vtikajo, oziroma izločujejo primerne upore s stransko vejo. Le malokdaj reguliramo napetost dinamo-stroja tako, da prestavljamo zbiralne ščeti ali pa da izpreminjamo število vrtežev kotvice, torej število tur parnega stroja.

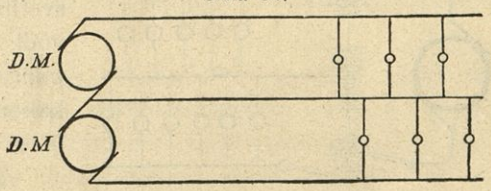
Kadar moramo imeti mnogo električne sile na razpolaganje, postavimo v centrali več dinamo-strojev, katere po potrebi stikamo. Uporaba elektrike se namreč jako menjava in je zavisna od mnogih faktorjev, osobito od dnevnega časa. Svetilnice gore skoraj izključljivo le zvečer in po noči, a motorji teko navadno po dnevu. Zato imamo v

centrali več vzporedno staknjenih dinamo-strojev pripravljenih, katerih vsak zase daje tok določene jakosti. Stoprav tedaj, ko narašča uporaba in ko zahteva naprava več toka, nego ga daje prvi dinamo, priklopimo k prvemu drugo, in potem tretjo mašino. To se mora tako zgoditi, da konsumentje ničesar ne zapazijo — svetilnice ne smejo niti bolj svetlo, niti bolj temno goreti, ko priskoči nova mašina na pomoč.

Do sedaj smo vedno govorili o tokovem krogu, ki ima po dva prevodnika; jeden vodi tok od stroja proč proti konsumentu, drugi pa ga vodi zopet nazaj. Od centrale izvirata torej dva glavna elektrovoda, recimo z napetostjo 110 voltov; tam pa tam se odcepita od teh dveh žic zopet po dva prevodnika i. t. d. Obrazec takega prevajanja nam podaje slika 82. na strani 104. Od dinama D odhajata dve glavni žici; od njiju se cepita na razne kraje po dva in dva prevodnika — veje druge vrste — ki nosita žične pare tretje vrste; v te so žarnice paralelno staknjene. Tak sistem se zove dvovodni sistem.

Dvovodni sistem je sicer najjednostavnejši in najpreglednejši, a za večje razdalje je razmerno drag. Glavni prevodniki morajo voditi tok do vseh važnejših odjemališč in zato jim je nositi velike množine toka. Imeti morajo neznaten upor, sicer bi se razvilo v njih mnogo Joule-ove toplote in izguba na napetosti bi preveč narasla. Prevodne žice zahtevajo torej velik prerez. Praksa je pokazala, da je dvovodni sistem samo tedaj ekonomičen, ako ni zadnja svetilnica več nego 800 m od dinamo-stroja oddaljena. Dvovodni sistem je torej prikladen samo za okraje, ki nemajo večjega radija kakor 800 m.

Slika 84.



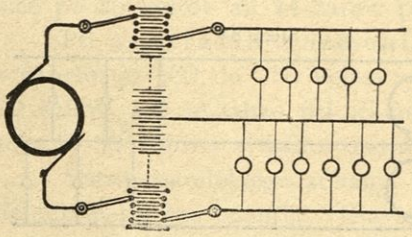
Trovodni sistem.

Da bi premagala tudi večje razdalje, sta Edison in Hopkinson izumela jako ugodno kombinacijo, katero imenujemo trovodni sistem. V centrali stojita dva zaporedno staknjena dinamo-stroja, ki imata po 110 voltov napetosti. Njuna skupna napetost je torej 220 voltov. Od obeh končnih polov, a tudi od obeh osrednjih medsebojno zvezanih polov izhaja po jeden prevodnik. Osrednja žica je tako-zvani nevtralni, kompenzacijski ali izravnovalni prevodnik. Med tem osrednjim elektrovodom in med pozitivnim, kakor tudi med negativnim stranskim prevodnikom so žarnice, motorji i. t. d. vzporedno staknjeni (slika 84.), tako da imajo na konceh vendar le po 110 voltov napetosti. Oba glavna prevodnika vodita električno energijo podvojene napetosti, torej jim lahko damo manjši prerez. S tem znižamo troške za elektrovodno mrežo. Če pa upoštevamo troške za dva dinama, za

nevtralno žico in za večje število merskih in regulacijskih priprav, se pokaže, da tudi ta sistem s popolnim uspehom ne zmaga okrajev, ki imajo večje radije nego 1200 m.

Pri trovodnem sistemu razdelimo svetilnice kacega okraja v dve približno jednaki skupini. Jedno skupino staknemo med pozitivno in nevtralno, drugo pa med negativno in nevtralno žico. Dokler goré vse svetilnice obeh skupin, gre tok po pozitivnem prevodniku skozi svetilnice prve skupine, potem skozi svetilnice druge skupine, ki so s prvo zaporedno staknjene, in se vrača po negativni žici v dinamo-stroj nazaj. Nevtralni prevodnik je v tem slučaju brez toka. Ako ugasne jeden del svetilnic v drugi skupini, teče po tej skupini manj toka, nego po prvi. Prvi del toka, ki ga druga skupina ne porabi, teče po nevtralni žici nazaj v pripadajoči dinamo. Ko bi v prvi skupini gorelo manj svetilnic nego v drugi, bi po prvi skupini prihajalo premalo toka do svetilnic druge skupine; tedaj bi kompenzacijska žica morala dovajati nekaj toka drugi skupini. V nevtralnem prevodniku se torej menjava jakost toka in njegova mer ter se ravna po potrebi jedne ali druge skupine. Ko bi vse svetilnice jedne skupine ugasnile, bi moral osrednji prevodnik prevzeti prevajanje celega toka jedne skupine. Ker se pa to pri pravilno razdeljenih svetilnicah pač nikdar ne zgodi, ne vodi nevtralna žica nikdar veliko toka; zato ji damo manjši premer, kakor ga imata obkrajna prevodnika in s tem prihranimo nekaj bakra.

Slika 85.



Trovodna mreža z akumulatorsko baterijo in jednim samim dinamo-strojem.

Trovodni sistem se danes uporablja pri vseh večjih centralah z istomernim tokom; ta sistem zahteva dva dinamo-stroja po 120 voltov, ki sta zaporedno staknjena. Jednega teh strojev pa lahko nadomestimo z akumulatorsko baterijo, ki ima napetost $2 \times 110 = 220$ voltov, ako proizvaja ostala mašina tudi tok 220 voltov. Stroj napolni akumulatorje; še le od teh so žice napeljane v mesto, in sicer tako, da izvirata obkrajna prevodnika od obeh skrajnih akumulatorskih stanic, nevtralna žica pa od osrednje stanice. Dotično uredbo razlaga slika 85.

V novejšem času zadošča za trovodni sistem celo jedna mašina sama brez akumulatorjev. Berolinski tvrdki «Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft (A. E. G.)» se je namreč s posebnim naponskim delivcem posrečilo pri jednem samem dinamo-stroju z napetostjo 220 voltov vvesti tretjo (nevtralno) žico. Dotičnega naponskega delivca pa tu ne moremo podrobneje opisovati.

Poleg trovodnega sistema so tam pa tam uporabili tudi petero-vodni sistem, ki zahteva 5 žic in 4 dinamo-stroje. Žarnice so med temi glavnimi prevodniki staknjene v skupinah, ki obsegajo po 4 zaporedno staknjene svetilnice. S takim sistemom zmagujemo še večje razdalje nego s trovodnim, a vsa mreža postane vsled mnogoštevilnih žic jako nepregledna in težko jo je sigurno nadzorovati.

Trovodni sistem je torej nekaka meja za mnogovodne naprave. Ako moramo okraje, ki imajo večje razdalje nego 1200 m, oskrbovati z električno energijo, treba je urediti več central ter vsaki določiti posebno, omejeno ozemlje.

Za take večje razdalje bodemo po tem takem rajše posezali po izmeničnih tokih in transformatorjih. Izmenične toke prevajamo po glavnih elektrovodih z veliko napetostjo, a malo jakostjo, na odjemališčih pa jih pretvarjamo v toke z malo napetostjo in veliko jakostjo. Zato dajemo glavnim žicam brez skrbi velik upor, to je, uporabljamo tanke žice in prevajamo energijo ceno v daljne kraje.

Posamične svetilnice, motorji, aparati i. t. d. morajo tudi tukaj biti nezavisni drug od druzega in prirejeni za malo napetost, večinoma za 100 ali 110 voltov.

Te pogoje je mogoče izpolniti, ako vse transformatorje, t. j. njih primarne ovoje, med glavnimi prevodniki vzporedno staknemo.

Pri tej uredbi proizvaja centrala, stoječa daleč iz mesta, izmenične ali pa vrtilne toke. Če potrebujemo mnogo električne energije, postavimo več strojev, katere staknemo paralelno. Vzporedno stikanje strojev za izmenične toke je s početka delalo mnogo težav, a danes se izvršuje povsem točno in sigurno. Nastale jako napete toke pošiljamo po tenkih žicah v glavne tokovode, in sicer pri jednofaznem izmeničnem toku v dve žici, pri vrtilnem toku pa v tri žice. Tretji prevodnik podraži na prvi pogled naprave z vrtilnimi toki; a to ni istina, kajti za vse tri prevodnike zadošča isti skupen prerez, kakor za dva prevodnika pri čistem izmeničnem toku. Tedaj je samo montiranje nekoliko dražje, a to ne pride v poštev nasproti drugim ugodnostim vrtilnega toka.

Po glavnih prevodnikih se tedaj prevaja tok z napetostjo 1000, 5000, 10.000 in celo več voltov. Žice so napeljane nad zemljo ali pa so uporabljeni koncentrični podzemni kablji. V vsakem okraju, ki naj dobiva električno energijo, se odcepljujejo od glavnih prevodnikov stranske veje, ki vodijo do transformatorjev. Ti so, kakor smo že omenili, vzporedno staknjeni med glavnima žicama. Ako uporabljamo zračne prevodnike, postavljamo transformatorje v posebne hišice na drogove, na

hišne stene i. t. d., pri podzemnih elektrovodih pa v kleti; povsodi morajo biti dobro zavarovani proti nepoklicanemu dotikanju, ki je zaradi velike napetosti primarnega toka človeku pogubno.

V transformatorjih se pretvarja energija toka in slednjič imamo na polih sekundarne tuljave nizko napetost 100 ali 110 voltov. Tok, ki izvira iz transformatorjev, je še le pravi uporabni tok. Med njegovima žicama stikamo svetilnice vzporedno, kakor pri istomernem toku. Od pritiskalnih vijakov sekundarne tuljave se torej odcepita dve, oziroma tri žice, ki imajo po 100 ali 110 voltov naponske diference; med temi žicami se vse žarnice, obločnice, vsi motorji i. t. d. vzporedno staknejo. Ker dobi vsak okraj svoj posebni transformator, imajo žice za te uporabne toke le male dolžine. Če je tudi prevodnikov prerez zopet večji, se instalacija vsled kratkih prog vendar ne podraži toliko, da bi izginila rentabiliteta; v tem leži cenost opisanih elektrovodnih mrež.

V transformatorje neprestano prihaja tok iz glavne mreže, torej tudi tedaj, kadar ne oddajajo nikake energije. Za premagnetovanje obroča pa se porablja nekaj dela, in to ves dan, če tudi ne gori nobena svetilnica, ki je vtaknjena v sekundarni krog. Zato gre v transformatorju izdaten del električne energije v izgubo — in to zopet nekoliko potlači naše navdušenje za transformatorje.

Vse svetilnice zahtevajo stalno napetost. Na polih sekundarne tuljave vsacega transformatorja se mora torej nahajati vedno ista napetost, naj se jemlje iz njega veliko ali pa malo toka. Da dosežemo konstantno napetost na imenovanih polih, moramo skrbeti, da biva tudi na polih primarne tuljave neizpremenjena in stalna napetost. Ta napetost pa je vedno nekoliko manjša, kakor je napetost na polih dinamo-stroja; na dolgi poti od centrale do transformatorja izginja namreč zmirom nekaj napetosti, in sicer tem več, čim večja je jakost toka; vsaj znamo, da je izguba na napetosti jednaka jakosti toka, množeni z uporom. V centrali je treba torej neprestano meriti jakost toka in napetost na polih tako regulirati, da dobivajo transformatorji stalno napetost. Dotično regulacijo izvršujemo s tem, da izpreminjamo magnetno polje stroja z vtikanjem in izločevanjem primernih uporov.

S početka so izmenične toke uporabljali samo za razsvetljavo, a za delavske namene niso bili prikladni, ker ni bilo na razpolaganje dobrih elektromotorjev za izmenične toke. To je bil velik nedostatek izmeničnih tokov, ki so le težko konkurirali z istomernimi toki, za katere smo imeli tedaj že izborne motorje. Konstruktorji so se na vso moč trudili, da izumejo uporabne motorje tudi za izmenične toke. Danes je ta naloga dognana; osobito ustrezajo motorji za vrtilne toke vsem upravičenim zahtevam ekonomije in varnosti delovršbe.

S tem je sistem izmeničnih tokov postal jednakovrsten, časih pa celo zmagovalen tekmec starejšemu sistemu za istomerne toke, kadar delimo električno energijo. Oba imata, kakor že vemo, za posebne slučaje svojo veljavo in svojo upravičenost; oba sta toliko dovršena, da sedaj ne dela delitev električne energije nobenih težav, če tudi so krajevne in druge razmere morebiti jako zamotane in sestavljene. Kjer ne zadošča jeden sistem, posežemo po drugem, ali pa upregamo celo oba nekdaj toliko sovražna si nasprotnika skupaj v jeden in isti jarem.

II. Ločna (obločna) luč — obločnice.

Regulacija plamenega toka. Foucault-Duboscqova obločnica. Problem delitve električne luči. Jabloškova sveča. Diferencijalne svetilnice. Hefner-Alteneckova diferencijalna obločnica. Křižikova obločnica. Trakovna svetilnica tvrdke Siemens & Halske. Diferencijalna svetilnica tvrdke «Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft». Predloženi upor ali zaviralnik. Stenjato oglje, celovito oglje.

V električnih prevodnikih se javlja po zakonu, ki nam je znan kot Joule-ov zakon, toplota; zavisna je od dveh faktorjev, namreč od skupnega upora in od kvadrata tokove jakosti. Ako pošljemo dovolj močan električen tok po kovinskem tokovem krogu, se žica ogreje. Če nadalje žico na jednem mestu prerežemo, ter oba konca previdno malce oddaljimo, ne preneha tok krožiti, ampak premaga upor kratke zračne plasti med obema žičnima koncema in prestopa sedaj po zraku od žice do žice, tvoreč živahno, jako vročo lučico. Vsled velikega upora, ki nastane v onem hipu, ko smo žico prerezali in konca ločili, se konca tako ogrejeta, da se nekaj kovine na njih v paro izpremeni. Ko se konca ločita, napolnijo kovinske pare prostor med njima in vodijo električni tok po zračni plasti. Ker so kovinske pare dokaj slabši prevodniki, nego masivna kovina, je njihova toplota zelo velika in zadošča, da se dvigajo vedno nove kovinske pare v zračno plast med obema koncema; zato tok ne preneha in pojav je trajen.

Še veliko lepše in sijajnejše se javlja opisani fenomen, ako vzamemo mesto kovinskih koncev palici od oglja. Treba ju je najprej skupaj stakniti, da tok začne krožiti, potem pa ju oddaljiti dva do pet milimetrov narazen. Vsled nastalega upora se razbelita ogljena konca in zračna plast med njima. Zračni molekuli dobé jako visoko temperaturo (2000 — 4000° C); od razbeljenih ogljenih koncev se deloma dvigajo ogljene pare, deloma pa ju zapuščajo razbeljeni ogljeni delci, ki lete po razbeljenem zraku od oglja do oglja. Vsi ti razbeljeni deli so

vzrok, da se med obema ogljema pojavlja plamenen lok, tako zvana žareča luč. Velika svetloba tega loka prihaja v prvi vrsti od razbeljenih ogljenih koncev, in zračni plamenen lok pride glede svetlobe še le v drugi vrsti v poštev.

Ogljeni delci pa ne zapuščajo obeh ogljenih koncev v jednaki množini, ampak od pozitivne elektrode se dviguje večje število delcev, kakor od negativne. Zato nastane na pozitivnem koncu kmalu jamica ali zijalo, dočim se negativni konec še bolj poostri. Pozitivno oglje torej hitreje izgoreva, kakor negativno. Pri istomernih tokih je treba dati pozitivnemu oglju približno še jedenkrat večji premer, kakor negativnemu; potem gorita oba jednako dolgo. Da se obločna luč lahko tudi z izmeničnimi toki proizvaja, kaže Joule-ov zakon, ki ne pozna tokove meri, temveč le njegovo jakost in upor. Ako se izmenični toki dovolj hitro menjavajo — 100 menjav v 1 sekundi zadošča popolnoma — potem je luč povsem nepretrgana in slična oni, ki jo dajo istomerni toki.

Vendar se v jednem oziru razločujeta obločni luči, če sta provzročeni po istomernem ali pa po izmeničnem toku. Pri istomernem toku so svetilnice tako urejene, da je zgornja palica pozitivna, spodnja pa negativna. Na zgornjem koncu se kmalu izdolbe jamica, pravcato žareče zijalo, ki reflektorju jednako svoje žarke pošilja navzdol. Svetloba se po tem takem ne širi na vse strani, ampak v prvi vrsti navzdol; ker pa luč večinoma potrebujemo le v nižini pri tleh, je ta uredba jako ugodna. Drugače je pri izmeničnih tokih. Tu je vsaka elektroda zaporedoma pozitivna in negativna. Na nobenem koncu se ne pokaže svetlo zijalo, oba gorita jednakomerno in mečeta svetlobne žarke na vse kraje, torej tudi na stran in kvišku, kjer jih ne potrebujemo. Zato je efekt navzdol slabši; povečati ga moramo z umetnimi reflektorji.

Svetloba obločne luči je zavisna od jakosti toka, ki teče skozi ogljena konca. Njene meje so zelo široke. Danes gradijo obločnice, ki imajo svetlobe za nekaj sto, pa tudi take za stotisoč sveč.

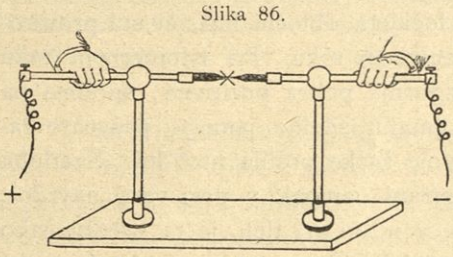
Znano nam je že iz prejšnjih oddelkov, da je obločno luč ali, kakor ji še pravimo, Voltovo luč prvi opazoval Sir Humphry Davy, ki je leta 1810. delal poskuse z baterijo 2000 elementov. Za luč je jemal lesno oglje, katero je najprej razbelil v ognju, potem pa ugasnil v živem srebru. Pozneje so rabili v ta namen oglje iz plinovih retort, a Bunsen je prvi predlagal umetno narejeno oglje, ki se zdaj povsodi uporablja.

Plameneni oblok počasi použiva ogljena konca, razdalja med njima postaja vedno večja in slednjič je tok ne more več zmagovati. Luč bi ugasnila, ko bi koncev pravočasno zopet ne zbliževali, ko bi torej ne skrbeli, da ostane razdalja vedno jedna in ista.

Prvi pogoj za praktično uporabo obločne luči je po tem takem, da sta ogljeni palici pregibljivi in da moremo razstoj med obema koncema regulirati. Razdalja ogljenih koncev se mora ravnati po jakosti toka, ki kroži po loku; zavisna je tedaj od števila ampèrov, ki gredo skozi svetilnico. Najbolj ugodno je, ako meri razdalja koncev pri svetilnicah, katere napajamo s 5 do 8 ampèrov, samo 1 — 2 mm, pri svetilnicah z 8 — 10 ampèrov k večjemu 3 mm in pri močnejših svetilnicah kake 4 — 5 mm.

Posebna priprava mora ogljeni palici v pričetku skupaj stakniti, da začne tok krožiti od oglja do oglja, potem pa ju mora zopet razdružiti, da nastane plamenen lok. Ker ogljena konca gorita, postajata vedno krajša, tedaj ju je treba vedno za toliko zbliževati, za kolikor sta odgorela. Slednjič pa mora regulacija zravnavati vse slučajne in morebitne izpremene v tokovi jakosti, rekše, povečati mora razdaljo ogljev, ali kar je jedno in isto, povečati upor, ako tok prehudo naraste, obratno pa oglja približati ali upor zmanjšati, ako napajalni tok iz katerega koli vzroka oslabi.

Slika 86.



Jednostaven ročni regulator.

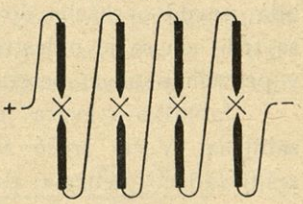
Najbolj jednostavno regulacijo ogljenih palic nam kaže slika 86., ki ne potrebuje nobene posebne razlage. Obe ogljeni palici se kar z roko približujeta druga drugi. Regulacija z roko pa je mogoča samo za malo časa, kadar ne potrebujemo dolgotrajne luči, n. pr. za efekte na gledaliških odrih. Tudi velike obločnice na ladijah, ki mečejo svoje žarke po bližnjem morju, se navadno z roko regulirajo. Kjer pa hočemo imeti stalno in trajno luč, moramo regulacijo prepustiti posebnim mehaničnim in električnim napravam. Navadna ura, ki bi približavala ogljena konca, tu ne zadošča, ker oglje ne zgoreva tako pravilno, kakor gre ura. Treba je v ta namen tako zvanih samodelnih regulatorjev, katere hočemo sedaj nekoliko opisati.

Najbolj jednostavno električno sredstvo za regulacijo svetlobnega loka so elektromagneti. Ako pošljemo tok, ki naj provzroča luč, najprej okoli jedra od mehkega železa, potem se železo pomagneti in privlačuje k sebi premično kotvico, katero smo mu postavili nasproti. Ker je privlačna sila elektromagneta pri jednakih razmerah zavisna od tokove jakosti, se tudi kotva tem močneje in dalje primiče, čim jačji je tok. Gibanje kotvice se lahko z mehaničnimi sredstvi, zobatimi kolesi in nazobčanimi palicami prenese na ogljeno palico. Ko postane razdalja med ogljema premajhna, torej tok premočen, potegne elektro-

magnet kotvico k sebi; tedaj kolesa, ki stoje s kotvico v zvezi, toliko razmaknejo ogljeni palici, da postane upor, torej tudi tokova jakost normalna. Samo nekaj je treba še pomisliti. Ko bi kotvice ne držala nikaka sila nazaj, bi jo elektromagnet popolnoma k sebi potegnil in pri sebi obdržal. Da se to ne zgodi, moramo privlačevalni sili magneta nasproti postaviti drugo silo, ki skuša kotvico oddaliti od magneta. Tako silo nam daje n. pr. jekleno pero, ki vleče kotvico kvišku, če jo vleče magnet navzdol. Pri določeni legi kotvice vlada ravnotežje med obema silama, med privlačno silo magneta in med privlačno silo peresa. Vsako ojačenje toka ojači magnet, ki potegne kotvico k sebi in napne pero. Gibanje kotvice vpliva na primerno kolesje, ki razdruži ogljeni palici. A ko sta se palici oddalili jedna od druge, postane tok slabši, ž njim vred oslabi magnet, privlačna sila peresa prevladuje, kotvica se premakne nazaj in spravi ogljena konca zopet v normalno razdaljo.

Po teh principih je bila zgrajena prva obločna svetilnica Foucault-Duboscq-ova, ki je svoje dni jako slovela in se še danes uporablja po fizikalnih kabinetih.

Slika 87.



Zaporedno staknjene obločne svetilnice.

Imenovana svetilnica, kakor tudi njene sorodnice, na pr. Serrinova, Jasparova in starejša Hefner-Alteneckova obločna svetilnica gore samo tedaj pravilno, če se nahaja jedna sama v tokovem krogu. Ako pa jih staknemo več v jeden in isti tokov krog, in sicer tako, da so zaporedno staknjene (na drugačno stikanje s početka sploh nihče ni mislil), potem je stvar povsem drugačna. Slika 87. nam kaže štiri zaporedno staknjene obločne svetilnice.

Ako se sedaj le pri jedni svetilnici začne izpreminjati jakost toka — morebiti gori oglje nepravilno, ali ima svetilnica sama kako napako ali pa je napajalni tok nestalen — so vse druge v nevarnosti. Če sta n. pr. oglja jedne svetilnice predaleč narazen, oglja sosednje pa v normalni razdalji, zbliža regulator oglja prve svetilnice; tok se ojači in zaradi tega začne delovati tudi regulacija ostalih svetilnic, ki so doslej pravilno gorele, ter hoče razdaljo ogljev prav po nepotrebnem povečati. Prva svetilnica gori po tem takem dobro, ostale pa slabo. Kar jedni svetilnici koristi, škoduje drugim; večni boj za obstanek se vrši med njimi, in zdelo se je s početka, da je tu regulacija sploh nemogoča. Na jednem mestu je jedna sama močna svetilnica pač dobro gorela, a ni je bilo mogoče nadomestiti z mnogimi manjšimi. Luč i torej ni bilo mogoče deliti.

Problem delitve električne obločne luči je prvi premagal Rus Pavel Jabloškov. Postavil je dve ogljeni palici paralelno in prav blizu skupaj ter skrbel za to, da je nastal plamenen lok samo na zgornjem koncu paličic. Ko oglja gorita, ostane razdalja med njima vedno jednaka. Obe ogljeni palici sta ločeni s plastjo od sadre in izolirani druga od druge. Ko ogljena konca gorita, se sadra sproti topi med njima. Vsa priprava gori kakor sveča in zato se tudi imenuje Jabloškova sveča.

Da se svetlobni lok more pričeti, je treba skrajna konca ogljev združiti s slabo vodečim, tenkim koncem, ki sestoji od ogljenega prahu in neke mase. Tok stali ta mostič, in luč se prične.

Jabloškov je leta 1877. razsvetlil pariško Avenue de l'Opéra s svojimi svečami. Gorele so samo po dve uri in zato je postavil štiri sveče v jedno svetilnico; samodelno stikalo je užgalo novo svečo, ko je prejšnja pogorela.

Nova iznajdba je nepopisno povzdignila up v električno luč in je bila povod obsežnim novim poskusom in finančnim podjetjem. Lahko se trdi, da se je industrija z jakimi toki še le od tedaj začela razvijati v pravem pomenu besede.

Jabloškova sveča je zaradi mnogih nedostatkov danes skoraj pozabljena. Večjo srečo so imeli izumitelji, ki so na drug način skušali rešiti zadačo deljenja električne luči. Leta 1878. so Lontin, Mersanne in Fontaine skorej istočasno izumeli novo svetilnico, ki je na boljši način omogočila deliti električno luč.

Pri starejših obločnih svetilnicah je bila električna regulacijska priprava (elektromagnet) direktno staknjena z glavnim tokovim krogom. Videli smo, da ta metoda za več svetilnic ni bila uporabna. Po novem principu imenovanih elektrikov pa se tok deli, preden vstopi v svetilnico. Oglja ležita v glavnem tokovem krogu, a za magnet se odcepi posebna tokova veja ali stranski stik. Na ta način nastanejo za svetilnico dokaj ugodnejše razmere. Ko pride tok do polarnih vijakov svetilnice, se razdeli v dve veji; jedna gre skozi oglja, druga pa skozi regulacijsko pripravo. Ker se imata tokovi jakosti v dveh vejah obratno kakor njuna upora, je jasno, da postane tokova jakost v regulacijski veji tem večja, čim večji je upor svetlobnega loka. Regulacija deluje torej krepkeje in oglja se lahko približata. Regulacija je zavisna skoraj jedino le od dogodkov v svetilnici; vnanje menjave tokove jakosti izpreminjajo jakost toka v stranskih vejah v istem razmerju, in zato je regulacija dokaj samostojnejša in bolj neodvisna od vnanjega tokovega kroga, kakor pri prejšnjih stikalnih metodah.

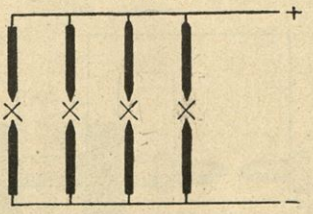
Vendar pa je tudi pri označenih svetilnicah s stranskim stikom regulacija še nepopolna in provzročuje še vedno neprijetne težave.

Razmere pa se dokaj izboljšajo, ako svetilnice vzporedno staknemo, kakor kaže slika 88.

V tem slučaju regulira vsaka svetilnica drugo. Opazujmo samo dve taki svetilnici. Tokov krog prve in tokov krog druge sta jednaka, oba imata isti upor, tedaj isto tokovo jakost. Ako se n. pr. pri prvi svetilnici oglja preveč razdalita, daje njun tokov krog večji upor; tok postane slabši, a svetilnica se takoj regulira, in oglja se približata. Ob jednem pa se tok pri drugi svetilnici ojači, in tu hoče regulacija oglja spraviti bolj narazen. A kakor hitro bi razdalja ogljev pri drugi svetilnici postala večja nego pri prvi, bi se tok v prvi svetilnici zopet ojačil in regulacija bi oglja v prvi svetilnici zopet razdalila. Zato se kmalu pojavi neko ravnotežje, vsled katerega je razdalja ogljenih koncev v obeh svetilnicah jednaka, tedaj tudi tok v obeh svetilnicah jednak. Jedna svetilnica regulira drugo. Ravno to se godi pri treh ali več svetilnicah; vzporedni stik omogoči delitev električne luči.

Pojedine obločnice, vtaknjene v vejo s paralelnim stikom goré tedaj korektno in lepo, naj si bodo urejene na glavni ali pa na stranski stik. Praksa pa čestokrat zahteva, da vtaknemo po več, in sicer zaporedno staknjenih svetilnic v tokovo vejo s stranskim stikom. V tem slučaju bi zaporedno staknjene obločnice z glavnim stikom zopet motile druga drugo, kakor smo to že opisali. Treba je vzeti svetilnice s stranskim stikom, ki se med seboj regulirajo in bolje jamčijo za pravilno luč.

Slika 88.



Paralelno staknjene obločne svetilnice.

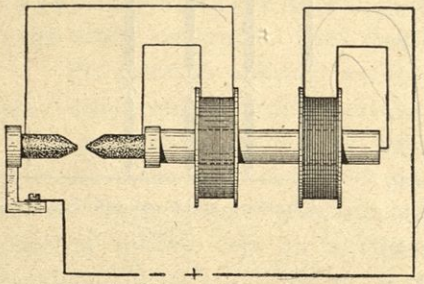
Popolno medsebojno nezavisnost večjega števila svetilnic, zaporedno staknjenih v tokov krog, je dosegel stoprav Hefner-Alteneck, ki je problem delitve v istini temeljito in vsestransko rešil ter mnogo svetilnic brez hib prižgal v jednem samem tokovem krogu. To je dosegel s posebnim stikom in posebno regulacijo. Svetilnice, ki imajo dotično uredbo, so diferencijalne svetilnice. Tvrdka Siemens & Halske jih je prva v večjem številu vvedla v praktično življenje.

Princip diferencijalne svetilnice naj nam pojasni slika 89. Slika kaže, da je levi ogelj nepremično pritrjen, drugi pa sedi na premični železni palici, ki nosi ob jednem dve žični tuljavi. Desna je ovita z debelo žico. Po njej kroži glavni tok, to je oni, ki provzročuje svetlobni lok. V ta namen je jeden konec žice na tej tuljavi v zvezi s pozitivnim polom dinamo-stroja, drugi pa z železno palico. Tok teče torej skozi tuljavo po železni palici do premičnega oglja in od tod po

plamenenem loku do nepremičnega oglja ter nazaj v dinamo. Leva tuljava je ovita z mnogimi ovoji tanke žice. Jeden žični konec je zvezan s premičnim ogljem, drugi pa z nepremičnim. Ta tuljava leži torej v stranskem stiku. Čim večja je sedaj napetost v svetlobnem loku, to je, med obema ogljema, ali kar je jedno in isto, med žičnima koncema leve tuljave, tem jačji je tok, ki kroži po tej stranski veji. S tokom obkrožene tuljave pa potegujejo železna jedra vase. Desna tuljava vleče torej našo palico na desno, leva pa na levo, rekše, glavni tok vleče ogelj na desno, stranski tok na levo stran.

Recimo, da se oglja stikata in da teče tok skozi. Ker je v tem trenotku upor med obema ogljema neznaten, tedaj tudi napetost minimalna, je tok v levi tuljavi ali v stranskem stiku tudi neznaten. Leva tuljava je skoraj brez toka in ne vpliva na železno jedro; dovoliti mora, da jo desna tuljava, imajoča glavni tok, potegne na desno. Zato se oglja razdružita; svetlobni lok nastane in čim večja je razdalja ogljev, tem večji je po Ohmovem zakonu napon v plamenenem loku. Vsled tega narašča učinek stranske veje in slednjič pridemo do tega, da sta si učinka leve in desne tuljave jednaka. Tuljava z glavnim tokom ne more več vleči jedra na desno: ogelj stoji nepremično. A oglja gorita in razdalja med obema postane kmalu večja. Napon med njima se poveča, vsled tega pa naraste vpliv tuljave v stranskem stiku. Sedaj premaga njena privlačna sila tuljavo z glavnim tokom: ogelj se pomakne na levo, dokler se napetost vnovič toliko ne zniža, da je učinek obeh tuljav zopet jednak.

Slika 89.



Princip diferencijalne svetilnice.

Ta regulacija ne vpliva na tokovo jakost v vnanjem tokovem krogu, kajti oglja se vedno postavljata tako, da je med njima normalni upor. Dogodki v jedni svetilnici torej ne motijo drugih svetilnic, ki so staknjene v istem tokovem krogu.

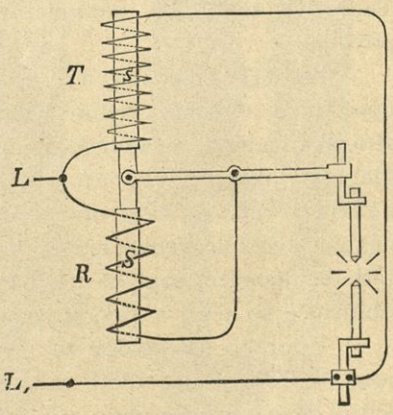
Način, po katerem je Hefner-Alteneck praktično porabil ravnokar označeni princip regulacije z glavnim in stranskim tokom, je narisan v sliki 90. Pri tej svetilnici sestoji regulacijska naprava iz dveh solenoidov R in T, v katera je vtaknjen železni cilinder SS. Zgornji solenoid T ima mnogo ovojev tenke žice, spodnji R pa malo ovojev debele žice. Spodnji ogelj stoji nepremično, dočim je zgornja ogljena paličica pritrjena na koncu dvoramnega vzvoda; ta vzvod je s svojim drugim koncem v zvezi s cilindrom SS, v sredi pa ima gibčen sklep. Tuljavi sta na jednak

način staknjeni z ogljem, kakor v šematični sliki 89. Pri L in L, prihaja tok iz dinamo-stroja. Ako postane tok na pr. v spodnjem solenoidu jačji, poglobi se železni cilinder v tuljavo in vzvod vzdigne zgornji ogelj.

Ker na razdaljo ogljev vplivata razliki učinkov obeh tuljav, zovemo to vrsto svetilnic diferencijalne obločnice. Prvi večji poskus z diferencijalnimi svetilnicami, ki se je posrečil, je l. 1879. izvršila tvrdka Siemens & Halske v Berolinu, kjer je razsvetljevala za časa obrtne razstave jedno ulico. To je bila prva naprava, pri kateri je več obločnic napajala jedna sama mašina.

Opisali smo princip diferencijalnih svetilnic. Za praktično uporabo pa jih je bilo treba opremiti še z razsežno mehanično pripravo. Električna regulacija izvršuje namreč le končno fino premikanje ogljenih paličic, samo tako zvano regulacijsko gibanje, dočim se morajo prvotni večji in izdatni potiski vršiti na drug način. Posebno kolesje sproži zgornjo palico, da se odloči od regulacijskega mehanizma. Potem pada vsled svoje teže navzdol, in sicer tako daleč, dokler ne pride do one točke, ki je reservirana fini električni regulaciji. V tem hipu se avtomatično zopet priklopi na regulacijsko pripravo.

Slika 90.



Obrazec Hefner-Alteneckove diferencijalne svetilnice.

Bistvene razlike opisanih treh svetilniških vrst, namreč svetilnic z glavnim tokom, svetilnic s stranskim stikom in diferencijalnih svetilnic si lahko predočujemo z nastopnim razmatranjem.

Elektromagnet svetilnic z glavnim tokom leži v istem prevodniku, kakor ogljeni paličici. Ko je kotvica zavzela svojo lego, se elektromagnet toliko časa ne premakne, dokler ostane neizpremenjena jakost toka, ki teče po tuljavi in po ogljih. Še le ko se izpremeni tokova jakost, začne elektromagnet regulirati ter skuša obdržati stalno jakost toka. Zato pravimo, svetilnica z glavnim tokom regulira na konstantno tokovo jakost. Če je vpreženih več svetilnic, je tokova jakost lahko v vseh jednaka, a razdalja ogljev, torej upor v posamičnih svetilnicah, se more izpreminjati. Od tod izvira, da take svetilnice le posamič dobro in zanesljivo goré.

Pri svetilnicah s stranskim stikom se kotvica toliko časa ne premika, dokler je tok v stranskem stiku stalen, a premakne se

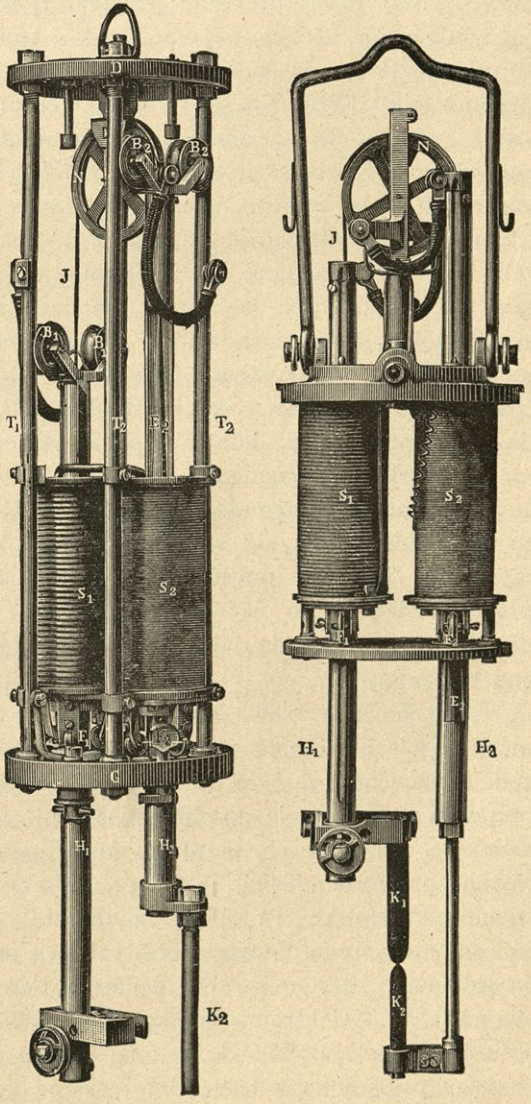
takoj, ko postane ta tok jačji ali slabši. Ker ima stranski stik (to so ovoji regulacijskega magneta) konstanten upor, je tokova jakost v stranski veji zavisna samo od naponske razlike onih dveh toček, pri katerih se stranski tok cepi od glavnega. Ker je nadalje stranski tok z ogljema vzporedno staknjen, je očitno, da se napon v stranskem stiku toliko časa ne izpremeni, dokler se ne izpremeni napon med ogljema. Dokler je torej napetost na ogljih stalna, svetilnica ne regulira; regulacija se stoprav prične, ako se napon na ogljih izpremeni. Svetilnica s stranskim stikom regulira torej na konstantni napon. Ker pa je naponska diferenca med ogljema jednaka produktu iz tokove jakosti in upora, je jasno, da se mora tudi pri teh svetilnicah pojavljati motenje, ako jih več staknemo zaporedno. Ako postane upor jedne svetilnice prevelik, torej njen tok preslab, je tudi tok za drugo svetilnico preslab; njega oglja se razmakneta in upor se poveča. Dve taki zaporedno staknjeni svetilnici gorita vsled tega ali obe presvetlo ali pa obe pretemno. Če pa svetilnice posamič vzporedno staknemo in skrbimo zato, da ostane napetost na krajiščih paralelnega voda neizpremenjena, gore take svetilnice izborno. Tudi dve zaporedni svetilnici v paralelnem vodu svetita še povsem povoljno.

Pri diferencijalnih svetilnicah provzroča regulacija, da je upor med ogljema vedno jednak. Če postane upor prevelik, stopi stranska tuljava v akcijo, če pa premajhen, poseže vmes tuljava z glavnim tokom. Diferencijalna svetilnica regulira na konstantni upor. Zato obdrži cela vrsta zaporedno staknjenih diferencijalnih svetilnic vedno isti upor, tedaj tudi isto tokovo jakost, če morebiti dinamo-stroj sam ne pošilja nestalnih tokov v mrežo. Diferencijalne obločnice so torej v prvi vrsti uporabne za zaporedno stikanje.

Uporabo solenoidov za regulacijo obločnic je avstrijski telegrafski uradnik Křižik l. 1880. zelo povzdignil s tem, da je dal železnemu jedru dvojnokonično obliko. Hefnerjeva diferencijalna regulacija stoji na privlačni sili, s katero delujeta oba solenoida na železni cilinder. Privlačna sila solenoida na železno jedro pa je različna, in se ravna po tem, koliko je jedro poglobljeno v solenoid. Dotična sila je največja, ko je palica toliko potegnjena v spiralo, da pride konec palice ravno na sredo solenoida, dočim je manjša, če palica še ni dospela do srede spirale ali pa, če je že prišla čez sredo tuljave. Vsled tega se pri Hefner-Alteneckovi svetilnici izpreminja privlačna sila obeh solenoidov, tedaj tudi sila regulacije; ravna se po tem, kako daleč da tiči železni cilinder v spirali. Cilinder se torej časih krepkeje, časih pa slabeje premika. Regulacija bi ne bila stalna, ko bi ne posegli vmes z mehaničnimi pripomočki, torej s kolesjem, ki prevzame na že označeni način večje

potiske, dočim oskrbuje fina, v malih mejah se vršeča električna regulacija le zadnje, kratke premike. Vsem tem mehaničnim pripravam s kolesi, zobatimi palicami, nihali i. t. d. se je Křižik jednostavno ognil, ko je železni cilinder na oba konca poostil. Tako jedro se giblje jednakomerno v tuljavi, kajti na mestu, kjer je moč solenoida največja, nahajajo se manjše železne mase; produkt iz magnetnega učinka spirale in iz množine železa ostaja torej neizpremenjen. Od teh dveh faktorjev je pa ravno zavisen vpliv solenoida na železne mase. V ekstremnih legah deluje torej solenoid le na ostnati konec Křižikovega jedra, ko pa je palica na sredi tuljave, vpliva solenoid na njeno največjo širino. Tako se doseže, da ostane privlačna sila skoraj ob vsej dolžini jedra stalna; pri vsaki legi palice deluje spirala z isto silo nanjo.

Sliki 91. in 92.



Křižikova svetilnica. Najnovejša oblika od Schuckerta & Co.

Křižikova svetilnica ne potrebuje po tem takem nikake mehanične regulacije. To je njena velika prednost pred drugimi sistemi. Křižik je dobil denarnega tovariša Piette-ja, ki je novo iznajdbo financiral. Tako je nastala Křižik-Piettejeva svetilnica, ki se po svojem rojstnem mestu zove tudi Plzenska svetilnica.

S početka je Křižik tuljavi postavljal jedno vrh druge. Dotične svetilnice so bile vsled tega jako dolge in za mnoge slučaje neprijetne.

Ko je pozneje tvrdka S. Schuckert v Norimbergu prevzela izdelovanje Křižikovih obločnic, je to nepriliko hitro odpravila in zgradila krajši model. Sliki 91. in 92. nam kažeta novo obliko Křižikove svetilnice.

Na teh slikah opazimo, da solenoida S_1 in S_2 ne stojita več vznasad, temveč drug poleg druzega. Tuljava S_1 je ovita z debelo žico glavnega tokovega kroga, tuljava S_2 pa s tenkimi ovoji stranskega stika. V vsaki tuljavi stoji konično železno jedro z navzgor obrnjeno ostjo. Prvotno jedro Křižikovo je torej pri tej uredbi na sredi prerezano in vsaka polovica je vdejana v jeden solenoid. Levo železno jedro nosi zgornji ogelj K_1, in sicer s pomočjo držala H_1. To je medena cev, v kateri tiči naše konično jedro in katera se dviga celo nad tuljavo S_1. Ravno tako je konično jedro tuljave S_2 pritrjeno v medeno cev H_2, ki rabi kot držalo za ogelj K_2. To držalo je spodaj pravokotno upognjeno, tako da stoji ogelj K_2 po koncu. Na desni sliki je medena cev H_2 nad svojim solenoidom prerezana, da vidi bralec v njej konično jedro E_2 moleče svojo ost navzgor. Obe držali H_1 in H_2 sta z vrvico, ki teče čez škripec N, zvezani. Škripci B_1, B_1 in B_2, B_2 varujejo vsako držalo, da se ne more sukati. Tok je napeljan do ogljev z vodilnima vrvicama, ki sta pritrjeni vrh medenih držal.

Če sta oglja premalo narazen, se ojači tok v tuljavi S_1; ob jednem se poniža držalo H_2, ki visi na isti vrvici krog škripca in ž njim vred ogelj K_2. Tako se poveča razstoj ogljenih koncev. Če sta pa oglja preveč razdaljena, se ojači tok v spirali S_2. Zgornji ogelj K_1 se poniža, ob jednem pa se seveda dvigne ogelj K_2; s tem je razdalja ogljev postala zopet manjša.

Křižikova svetilnica nima, kakor smo že poudarjali, nikake mehanične regulacije. Druge svetilnice pa uporabljajo poleg elektromagnetov tudi mehanične priprave za regulacijo razstoja ogljev; vsaka tvornica ima svoj sistem, svoje posebnosti in svojo reklamo zanje. Tu omenjamo samo še par novejših svetilnic, ki se danes pogostoma nahajajo na javnih prostorih. Taka je n. pr. trakovna svetilnica tvrdke Siemens & Halske. Ta obločnica uporablja stranski stik in ima priprost kolesni mehanizem. Stranski stik vzbuja s tenko žico ovit elektromagnet, ki privlačuje kotvico k sebi, dočim jo posebno pero skuša oddaliti od magneta. Ko elektromagnet kotvico k sebi premakne, sproži kotvica kolesje, čigar spodnje kolo ima bakren trak ovit. Ta je z jednim koncem pritrjen na kolesu, drugi njegov konec pa gre kakor urna verižica navzdol v svetilnico, kjer nosi utež v podobi težke kovinske ploče. Utež je ob jednem tudi držalo za zgornji ogelj, ki moli na sredi ploče navzdol. Spodnji ogelj je nepremično utrjen. Ko postane razdalja med ogljema prevelika, začne elektromagnet delovati ter potegne kotvico k sebi, kotvica sproži uro, kolo s trakom se začne sukati in utež, noseča

zgornji ogelj, leze počasi navzdol. To se vrši toliko časa, dokler ni razdalja ogljev normalna. Tedaj oslabi tok v elektromagnetu, pero potegne kotvico nazaj v njeno prvobitno lego in kotvica takoj ustavi gibanje kolesja, torej tudi padanje zgornjega oglja. S početka, ko tok še ne kroži po svetilnici, sta oglja nekoliko razdružena; ko spustimo tok v svetilnico, se vzbudi elektromagnet. Kotvica se primakne k magnetu in sproži kolesje. Utež in ogelj gresta navzdol in oglja se dotakneta. V tem hipu preneha tok v stranskem stiku, elektromagnet izgubi svoj tok, pero potegne kotvico nazaj, ki dvigne ob jednem kolesje, bakreni trak in ogelj na ploči, tako da nastane potrebna razdalja med ogljema. V istem trenotku se tudi ura ustavi. Ako pozneje razstoj ogljev zopet naraste, potegne magnet kotvico k sebi, kolesje se sproži in oglja se približata do potrebne razdalje.

Diferencijalna svetilnica tvrdke «Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft» ima dva elektromagneta, in sicer jednega v glavnem toku, druzega pa v stranskem stiku. Vsak magnet vpliva na svojo kotvico. Ako sta oglja razdružena (brez toka), se približata avtomatično drug drugemu. Ko se dotakneta, se vzbudi glavni magnet, potegne kotvico k sebi in ta dvigne zgornji ogelj. Ako pa postane upor svetlobnega loka prevelik, torej tok glavnega magneta preslab, začne elektromagnet v stranskem stiku privlačevati svojo kotvico, ki spušča nazobčano palico in ž njo zvezani zgornji ogelj navzdol, tako da se razdalja med obema ogljema zopet skrči.

Če je več svetilnic zaporedno staknjenih, se vkljub vsem opisanim pripravam še vedno lahko pripeti, da ugasne jedna ali druga svetilnica — odlomi se n. pr. jeden ogelj in luč preneha. Potem teče ves tok po stranski veji, ki ima mnogo ovojev tanke žice. Tedaj bi se ti ovoji silno ogreli, tok sam bi pa vsled velikega upora toliko oslabel, da bi tudi ostale svetilnice ugasnile. Ako hočemo tedaj popolnoma sigurno postopati, treba dati toku v vsaki svetilnici še drugo rezervno pot poleg poti skozi tenko spiralo. Schuckert je napeljal to novo tokovo vejo okoli posebnega (tretjega) pomožnega elektromagneta. Ta magnet ima jako neznatno privlačno silo, ker je njegov tok zelo slab. Zato v normalnih razmerah ne more potegniti svoje kotvice k sebi. Stoprav tedaj, ko svetilnica ugasne, ko gre torej ves tok skozi to stransko vejo, dobi njen elektromagnet toliko moči, da pritegne kotvico. Kotvica spravi debelo žico v kontakt s pritiskalnim vijakom glavnega toka in tedaj steče tok po tej debeli žici. Da ta kontakt ne preneha, je omenjena debela žica obratno tudi navita krog pomožnega elektromagneta, ki ima po tem takem dovolj moči, da drži kotvico, ž njo vred pa vzdržuje omenjeni kontakt.

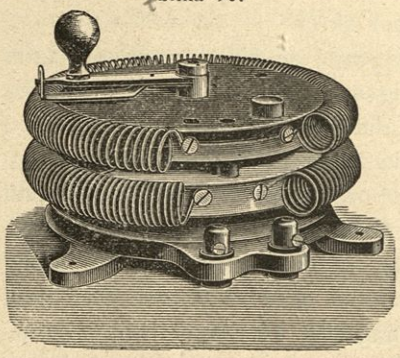
Slične so samodelne kontaktne priprave pri druzih diferencijalnih svetilnicah, kadar jih uporabljamo z zaporednim stikom. Obločnice, ki

so z dotičnimi mehanizmi opremljene, gore v vsakem slučaju mirno in brez hibe.

Sedanja obsežna uporaba električne luči zahteva, da napajamo z jednim in istim dinamo-strojem obločne svetilnice in tudi žarnice. Pozneje bodemo čuli, da žarnice paralelno stikamo in da dajemo glavnim tokovodom, od katerih se odcepljajo prevodniki za žarnice, stalno naponsko razliko (n. pr. 65, 100, 110 ali v novejšem času 150 voltov). Zato se obločnice prav lahko in z uspehom staknejo v take elektrovode, in sicer tudi zaporedno. Vsled tega so prišle zopet svetilnice z glavnim tokom, osobito pa take s stranskim stikom v veljavo, dočim so jih bile poprej popolnoma izpodrinile diferencijalne svetilnice. Pri velikih mestnih razsvetljavah imajo glavni tokovodi navadno napetost 110 ali 150 voltov. Zato staknemo običajno po dve ali tri zaporedne obločnice v jeden vod, tako da imamo slednjič same vzporedne iz dveh ali treh obločnic sestavljene skupine. Naponska razlika med ogljema se ravna po jakosti toka, ki napaja svetilnice. Nastopna tabela podaje za običajne obločnice jakosti toka (v ampèrih) in k tej jakosti spadajočo napetost (v voltih):

Jakost toka . . . . . 3, 6, 9, 12, 15, 20, 35 ampèrov.
Napon na pritiskalnih vijakih 36, 38, 40, 41, 43, 44, 45 voltov.

Slika 93.



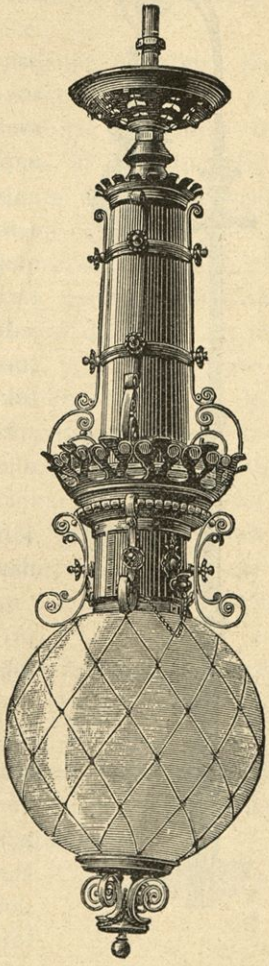
Pomirjevalnik za obločnice.

Če tedaj staknemo dve obločnici zaporedno v vejo z napetostjo 110 voltov, je treba še zmiraj vdejati posebno pripravo v dotični tokov krog, da zajezi ostalo napetost. Recimo, da gorita dve svetilnici po 12 ampèrov zaporedno, in da je napetost mreže 100 voltov, potem porabita svetilnici le 82 voltov in preostanek 18 voltov treba je uničiti. Vzame se torej upor, ki provzroča pri 12 ampèrih naponsko izgubo 18 voltov. Tak upor napravimo iz žičnih spiral, ki zahtevajo razmerno malo prostora. Večinoma se jemlje žica od novega srebra, ki tvori večji upor, kakor žica iste dimenzije, a druge kovine. Spiralo pritrdimo na kovinsko stojalo, ter jo obdamo z lično omarico. Slika 93. kaže tako pripravo brez škrinjice. Zovemo jo predloženi upor, zaviralnik ali pomirjevalnik. Ako hočemo upor izpreminjati, je treba zaviralnik opremiti s posebnim stikalom, (glej sliko), ki izločuje in pritika poljubno število spiralnih ovojev v tokov krog. Zaviralnik použije izdatno množino električne energije in se zaradi

tega precej močno ogreje. Ta izguba gre seveda na rovaš troškov električne naprave. — Zaviralnike spravimo časih kar v svetilnico; pritrjujemo jih pa še rajše v votlino železnega stojala za obločnico ali pa v posebne, ognja varne omarice v bližini svetilnic.

Obločnice lahko napajamo z istomernimi toki, a ravno tako tudi z izmeničnimi; kajti električno regulacijo preskrbuje elektromagnet s svojo kotvico ali pa solenoid z železnim jedrom. Elektromagnet pa privlačuje železo s svojim severnim kakor tudi z južnim polom, ker inducira v železu vselej nasprotni magnetizem in tuljava potegne železno jedro vase, naj jo obkrožuje tok v jedno ali drugo mer. Zato sta obe regulacijski pripravi uporabni za istomerne kakor tudi za izmenične toke, samo da je treba pri uporabi zadnjih tokov železo elektromagneta primerno razkosati in to zaradi Foucaultovih tokov. Da so pa svetlobni učinki obeh sistemov nekoliko različni, to smo omenili že na drugem mestu. Vrh tega se obločnice z istomernim tokom še v drugem oziru drugače obnašajo, kakor svetilnice z izmeničnimi toki. V svetlobnem loku se namreč pojavlja — morebiti vsled razprševanja elektrod, ali pa morebiti vsled elektrolitičnega razkroja zračne plasti — elektromotorska, nasproti delujoča sila, ki je precej izdatna in znaša pri istomernih tokih približno 40 voltov, pri izmeničnih tokih pa samo kacih 28 voltov. To nasprotno silo mora električni tok premagati. Zato mora biti napetost toka med obema ogljema vedno večja, nego 40 voltov, če uporabljamo istomerne toke, in večja nego 28 — 30 voltov, ako napajamo svetilnico z izmeničnimi toki. Napetost med ogljema je torej pri izmeničnih tokih manjša, a ž njo vred se izpreminja tudi tokova jakost. V nastopnem so naštete nekatere teh medsebojno zavisnih količin tokove jakosti in napetosti za svetilnice z izmeničnimi toki:

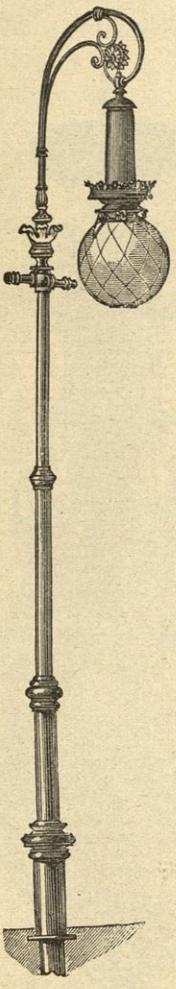
Slika 94.



Jakost toka 10, 12, 16, 20, 30 ampèrov.
Napetost . 30, 28·5, 28, 28, 27·5 voltov.

Iz tega sledi, da daje svetilnica z izmeničnim tokom pri isti jakosti napajalnega toka manj svetlobe, nego svetilnica z istomernim tokom, kajti poslednja svetilnica uporablja energijo, ki je produkt iz približno 45 voltov in jakosti toka, dočim je porabljena energija pri svetilnicah z izmeničnim tokom produkt iz približno le 30 voltov in iste jakosti toka. Zato je po izmeničnem toku proizvedena svetlobna množina tudi le $^2/_3$ ali 60% tolika, kakor svetlobna množina, katero pri isti tokovi jakosti dajó istomerni toki.

Slika 95.



Tudi pri obločnicah za izmenične toke uporabljamo zaviralnike, ako je mrežna napetost previsoka. Če hočemo na pr. več zaporedno staknjenih svetilnic z izmeničnim tokom, zahtevajočih po 30 voltov napetosti, moramo ostali napon 20 voltov zajeziti ali napeljati v poseben zaviralnik, kakor pri svetilnicah z istomernim tokom. Včasih pa si tudi drugače pomagamo. Tok napeljemo v takozvane napustne tuljave, to so priprave, sestoječe iz železnega jedra in žičnih ovojev, ki imajo neznaten upor in torej porabljajo malo toka. Vsled svojih mimobežnih tokov dotični ovoji oslabé napetost toka in ta se zniža na zahtevano višino. Nekatere tvrdke pa gradijo v ta namen male transformatorje, kojih primarna tuljava sprejema mrežno napetost (na pr. 110 voltov), a sekundarna tuljava oddaja zahtevano napetost (pri našem zgledu 30, 2×30 ali 3×30 voltov.).

V obče velja pravilo, da daje obločna svetilnica pri istomernih tokih za vsak porabljen ampère svetlobo za približno 100 normalnih sveč. Ker zahteva taka svetilnica na pritiskalnih vijakih kacih 40 do 50 voltov, torej povprečno 45 voltov napetosti, sledi iz tega, da dobimo v svetilnici za vsakih 45 wattov svetlobo 100 sveč. Slični odnošaji se nahajajo pri svetilnicah z izmeničnimi toki. Ako upoštevamo izgube v prevodnikih, lahko rečemo, da dobimo za vsako konjsko silo (736 wattov) svetlobo kacih 1200 normalnih sveč. Občutljivi mehanizem obločnih svetilnic zavarujemo s posebnim okrovom, da ubranimo pristop vlažnosti, prahu in mehaničnim poškodbam. Okrov je navadno pločevinasta škatlja, katero za boljše prostore ozaljšamo z raznimi okrasi. Ker je nepokrita obločna luč prehuda za naše oči, obdamo jo z bučo od opalnega stekla. Dovršena obločna svetilnica ima podobo, kakoršno vidimo na sl. 94.

Ako gori svetilnica na javnem prostoru, obesimo jo na visok drog. Zelo priljubljeni in trajni so železni drogovi, katerim je vrh polžasto in navzdol zavit, da nosi obločnico. Takim drogovom pravimo *škofove palice*. Slika 95. nam predstavlja označeni drog.

Kjer je prilika, obesimo obločnice na železno vrv, ki je napeta čez ulico od hiše do hiše. Ker moramo oglja večkrat zamenjati z novima, je treba še priprave, ki spušča svetilnico do tal, ako nočemo vselej pristavljati lestvice. Obločnica visi potem na škripcu in spuščamo jo z žično vrvjo navzdol. Prevodniki, ki dovažajo svetilnici tok, morajo biti dovolj dolgi, da pripuščajo znižavanje obločnice.

Kar se tiče izdelovanja ogljev, vemo že iz prejšnjih podatkov, da je Bunsen predlagal umetno ogljeno maso za ta namen. S početka so rezali retortni grafit v drobne paličice, a ta materijal se dobiva le v nepravilnih, tenkih pločicah, se težko obdeluje in ni zadostno čist. Retortni zaostanki imajo le malo rabljivih pločic in zato bi se oglji težko v toliki meri izdelovali, da bi zadoščali sedanji ogromni potrebi. Vsaj gori na zemlji vsak večer več nego milijon obločnih svetilnic. Zato danes vse tvornice izdelujejo umetno ogljeno maso za obločno luč. Bistvena in prvotna sestavina tega oglja je dobro očiščen grafit in saje. Oboje se jemlje ter s sirupom in vodo zmesi v plastično testo. Posebni stroji stiskajo potem testo v zahtevano obliko. Potem se denejo klinci v vročo peč, kjer se, zavarovani proti pristopu zraka, razbelijo da postanejo trdni. Pri tem procesu se saje in sirup izpremenijo v grafitu podobno maso. Slednjič se klinci karbonizirajo s tem, da se večkrat zapored potopijo v raztopino sirupa, potem pa posuše in razbelijo. Tvrdka bratov Siemens & Co. v Charlottenburgu pri Berolinu izdela vsako leto 600.000 kg oglja za obločne svetilnice, katerega razpošilja po vsem svetu.

Ogljeni klinci prihajajo v dveh oblikah na trg. Jedni imajo na sredi mehkejšo dušo — stenj — in se zovejo *stenjato oglje*, drugi pa so brez mehkega jedra in se imenujejo *celovito* ali *istovrstno oglje*. Pri svetilnicah z istomernim tokom se jemlje za pozitivni ogelj debelejše stenjato, za negativni klinec tanjše celovito oglje; pri svetilnicah z izmeničnimi toki sta oba klinca od stenjatega oglja.

III. Žareča luč — žarnice.

Grovejeve in de Changyjeve žarnice. Lodyginove, Konnove in Buliginove žarnice. Hiram-Maximov poskus. Edisonova žarnica. Izdelovanje žarnic. Trajnost žarnic. V žarnicah uporabljeni efekt.

Obločna luč je prikladna za velike trge in ulice, za razsežne dvorane in prodajalnice, a za navadne prostore, za stanovanje, je množina svetlobe, ki jo daje obločnica, prevelika in zaradi tega tudi nerabna. Tu je žarnica na mestu; njena svetloba je majhna in prijetna, ali pa tudi bogata in razkošna, a vedno še v mejah, ki so prikladne za označene prostore.

Kakor obločna, ima tudi žareča luč svoj izvir v Joule-ovej toploti, ki tokov prevodnik ogreje in razbeli, da se sveti. A dočim prehaja tok pri obločni luči od oglja po zraku do druzega oglja, ter razgreje osti klincev in zračno plast, da se potem svetita oglja in z ogljenimi delci napolnjeni zrak med njima, se pri žarnici razbeli nepretrgan del prevodnika.

Idejo, uporabiti na ta način toploto prevodnikovo, je izprožil l. 1838. Jobard v Bruselju, ki je predlagal, da bi se tanek ogljen klinček v brezzračnem prostoru s pomočjo toka razbelil. Njegov učenec inženir de Changy, je pozneje konstruiral tako svetilnico iz retortnega oglja, a že poprej (l. 1840.) je Grove zgradil žarnico s platinovo žico. L. 1845. sta izdelovala Starr in King električne žarnice s platinovo žico in tudi z retortnim ogljem. Štirnajst let pozneje je profesor M. G. Farmer v Newyorku razsvetljeval svoj dom z 42 žarnicami. To je bila prva hišna inštalacija. Ob istem času je de Changy zopet začel poskuse s svojo platinovo svetilnico in dobil patent nanjo. Poseben odsek francoske akademije je preiskoval iznajdbo de Changyjevo in zahteval razna pojasnila od njega. A ker de Changy še ni imel patenta v žepu, ni hotel dati podrobne razlage. Tedaj je izrekla aka-

demija, da de Changy ne zasluži imena učenjak, ker hoče s svojo iznajdbo delati — dobiček; zato se akademija ne bode več pečala ž njim. De Changy je na ta izpodbujajoči odgovor vso stvar popustil. Kako se pač časi izpreminjajo! — L. 1873. je Rus Lodigin konstruiral žarnice z ogljenimi klinčki; pridružila sta se mu rojaka Kon in Buligin. Konove žarnice so gorele v neki petrogradski prodajalnici. Pet let pozneje sta amerikanska elektrotehnika Sawyer in Man našla jednostaven način, kako proizvajati ogljene prevodnike za žarnice. Izrezala sta iz kartonskega papirja tenke locnje in jih zogljenila v mufoli med grafitnim prahom. Novi locnji so goreli le malo časa, ker sta jih izumitelja sprva postavljala pod navaden steklen zvonec. Še le ko sta vzela brezzračne steklene balone, je ogljena nitka dalje časa živela. Hiram Maxim, tudi Amerikanec, je to daljše življenje razlagal s tem, da se podkvica v brezzračnem prostoru ne more oksidirati. Sklepal je dalje, da bi se jednak uspeh tudi dosegel, ko bi se brezzračna kroglja napolnila s plinom, ki ne oksidira, n. pr. s svetilnim plinom. Poskus se je izvrstno obnesel in Maxim je zapazil, da ogljeni locenj ni le ne izgorel, temveč da je celo debelejši postal v svetilnem plinu. Žareča nit je razkrojila ogljikov vodik in prosti ogljik se je kakor zaostanek v plinovi retorti polegel po žareči podkvici. S tem je našel Maxim metodo, ki je pozneje postala jako važna za fabrikacijo žarnic.

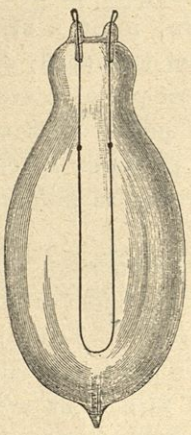
Vsi označeni poskusi pa niso še imeli širšega praktičnega pomena. Bili so zanimivi, v laboratorijih ali pa v drugih skromnih mejah se vršeči izumki, a prave življenjske sile niso imeli v sebi. Tedaj je l. 1879. nastopil Thomas Alwa Edison, našel pravo pot in s svojim genijalnim, tvorečim duhom v malo tednih udomačil žarnico na svetovnem trgu. Edison torej ni izumitelj žareče luči, a on je bil prvi, ki je princip, na katerem stoji ta razsvetljava, tehnično pravilno uporabil in s potrebno energijo dovršil. Njegova ogromna zasluga je, da je električni luči pokazal pravo pot in dosegel popoln, trajen uspeh z razsvetljavo, ki dovoljuje skoraj neomejeno deljenje električne energije in omogočuje, da goré male svetlobne množine na poljubnih, v številu neomejenih mestih.

Rekli smo, da električni tok segreje žico, po kateri teče, in sicer tako, kakor nas uči Joule-ov zakon. Razvita toplota raste s kvadratom tokove jakosti in z uporom prevodnikovim. Pri isti jakosti toka se torej žica tem bolj ogreje, čim večji je njen upor. Ako je toplota dovolj velika, se prevodnik razžari, razbeli in končno stali. Ker se vsaka kovina stali, so izumitelji takoj s početka že posegli po oglju, katero se pri nobeni znani temperaturi ne stali. Ker pa ogelj na zraku zgori, treba ga je vtakniti v brezzračno stekleno posodo. Zrak se mora skrbno

izsrkati; zato ne sme biti posoda zalepljena s kakim klejem, temveč solidno zatopljena, in ogelj mora biti na poseben način vtaknjen skozi stekleno dno. Ker se pa ogljena nit ne da s steklom staliti, je Edison konca ogljene podkvice pritrdil na platinovo žico, to pa je vtopil v stekleno dno posode, kajti platin ima jednak raztežni koeficijent, kakor steklo.

Edison je že l. 1879. inštaliral razsvetljavo na parniku «Columbia» s 115 žarnicami. S to inštalacijo se je pričela splošna razsvetljava z žarnicami. Pri nas seveda nismo tako hitro napredovali kakor v Ameriki, a ko je l. 1881. Edison na prvi električni razstavi v Parizu predstavil strmeči Evropi svoj sistem, se je tudi stari kontinent zganil in se hitro poprijel nove razsvetljave.

Slika 96.



Opisati hočemo sedaj žarnico, kakršno izdelujejo sedanje tvornice. Kakor že vemo, sestoji vsaka žarnica iz steklenega, brezzračnega balona, v katerem žari ogljena nitka. Tok je do ogljenega locnja vpeljan skozi stekleni balon s pomočjo dveh platinovih žic, ki sta vtopljeni v steklo. Svetilnica ima torej tri glavne dele: ogljeni locenj, odvodni žici in balon ali hruško, ki jih vidimo na sliki 96.

Ogljene locnje so s početka izdelovali od bombaževih vlaken, ki ostanejo tudi po ogljenitvi še nekoliko elastična. Bombaževi ogljeni locnji pa so bili predragi za splošno uporabo, in zato so kmalu iskali druga sredstva in poskušali s cenejšim materijalom. Sedaj izdelujejo nitke večinoma vse tvrdke iz plastične mase, sestoječe iz gelatinoznih ali koloidalnih snovij ali pa iz celuloze. Dotično testo se zvalja v tenke mlince, ki se potem razrežejo na nitke, ali pa se masa potiska s stiskalnicami skozi tanke luknjice, iz katerih prihaja kot fina, brezkončna nit. Dobljene niti je treba najprej z mikrometersko mero natanko preiskati, če imajo jednakomeren in pravilen kaliber. Dobre nitke se potem na vročem železu upognejo v zahtevano obliko, ki ima podobo črke U ali pa celo zanke. Na to pridejo v peč, da zogljené. V ta namen se skladoma naložé v šamotne mufole, a vsak sklad se pokrije z ogljenim ali pa z grafitnim prahom. Sklepe mufol je treba skrbno zamazati. V peči ostanejo nitke več ur pri jako visoki temperaturi. Ko se mufole izhlade, se nitke previdno vzamejo iz njih in se odrežejo na zahtevano dolžino, na konceh ali nogah pa se — vsaj v nekaterih tvornicah — 8 do 10 mm na dolgo ojačijo s plastjo oglja, ki se položi okoli nog. To se zgodi s tem, da vtaknejo konca v tekoč ogljikov vodik (petrolej) ter ju z električnim tokom razbelijo.

Razbeljena nit razkroji bližnjo tekočino, in njen ogljik se posede po nogah nitke, ter ju ojači.

Locenj sedaj še ni uporaben, ker nismo še sigurni, da ima že normalni upor, ki je potreben za normalno svetljivost in za normalno dolgost žarničnega življenja. Nitko je torej treba poskusiti na pravi upor. To se zgodi po Maximovem navodilu s pomočjo svetilnega plina. Locenj primejo z držalom, ki mu dovaja tok, ter ga denejo pod recipient ali poveznik, v katerem je zrak nadomeščen z ogljikovodikom. Tedaj se plin s pomočjo zračne sesalke razredči in tok spusti v nitko. Razbeljena nit razkroji ogljikovodik; ogljik se posede po nitki, in sicer na onih mestih najbolj, kjer je nitka najhuje razbeljena. Dotična mesta pa so samo ona, kjer je nitka bolj tenka, torej kjer ima največji upor. Tako se locenj na tanjših mestih sam ojači in postane povsem jednakomeren. Ko bi se locenj tako ne izjednačil, bi tanjša mesta močneje žarela in nit bi se tam hitro prelomila. Z rastočo debelostjo se zmanjšuje upor locnja in ko pride upor do one stopnje, ki jo zahteva svetilnica, prekinemo tok in vzamemo nit iz poveznika. S tem je locenj dovršen, a vendar ga slednjič še jedenkrat natanko preiščejo in njegov kaliber skrbno izmerijo. Marsikatera nit se mora še pri tem zadnjem ogledovanju vreči na stran, ker ne zadošča vsem zahtevam.

Slika 97.



Stekl. hruška z izpraznilno cevjo na vrhu.

Slika 98.



Žarnica z vtaljenim zamaškom in locnjem.

Ogljeni locenj je treba sedaj v stekleno hruško pritrditi. Hruška ima v vratu, oziroma dnu, steklen zamašek, v katerega se najprej vtalita dve platinovi dovodni žici. Platin je sicer jako draga kovina, a nadomeščati je ne more nobena druga, ker ima samo platin jednak raztezni koeficient kakor steklo. Pri ogrevanju se steklo in kovina raztezata. Ko bi bilo njuno raztezanje različno, bi se tesna zveza med kovino in steklom kmalu izrahljala, zrak bi dobil pristop v hruško, in nit bi se hitro pokazila. Zato je treba jemati platin. Vsak žični konec, ki moli v hruško, je potolčen in v cevko zvit. V to cevko se vtakneta ojačena konca ogljenega locnja in pritrdita z zamazko od ogljenega prahu. Ko se

v sušilni peči lep do dobra posuši, se zamašek vtakne v hruško in se vanjo vtali.

Balon ali steklena hruška ima najprej podobo, kakršno kaže slika 97. Hruška ima spodaj podaljšan, odprt vrat, na vrhu pa tenko stekleno cev vtaljeno. V vrat (dno) se vtakne stekleni zamašek, ki nosi dovodni žici in ogljeni locenj, potem pa se stalita skupaj vrat in zamašek. V vrat se vtisneta dve jamici, da se pozneje ovratnik lažje z malcem pritrdi, na platinova konca pa se privarita bakreni žici. Sedaj je svetilnica pripravljena za izsrkavanje zraka. (Slika 98.) Da moremo hruško spraviti v zvezo z zračno sesaljko, zvežemo njeno izpraznilno cev še z jedno cevjo, ki ima obrušen konec, kateri se vtakne v sesalna usta zračne sesaljke.

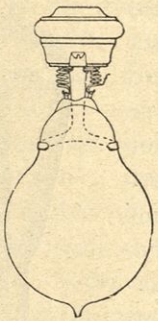
Zrak se mora iz hruške jako temeljito izsrkati. Samo desetmilijonski del one zračne množine, ki se pri navadnem pritisku nahaja v balonu, sme ostati v njem, drugače se ogljena nit takoj pokvari. Zrak izsesavamo z živosrebrnimi sesaljkami, ker navadne zračne sesaljke z batom ne zadoščajo. One sesaljke sesajo zrak ob jednem iz mnogih hrušk avtomatično in hitro; trije delavci n. pr. izpraznijo na dan do 3000 svetilnic. Živo srebro je strupeno in njegovi hlapi provzročujejo bolezni med delavci. Zato imajo dotične priprave mnogo varnostnih naredeb. V najnovejšem času izpraznjujejo žarnice še na neki drug, neškodljiv način, katerega pa dotične tvornice kot skrivnost skrbno čuvajo.

Slika 99.



Kontakt s ključico.

Slika 100.

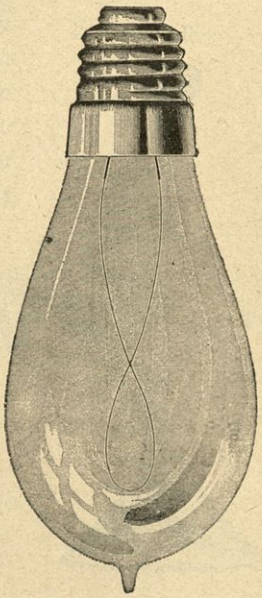


Vzmetni obešalni kontakt.

V dveh do treh urah je svetilnica zadostno izpraznjena; tedaj se cev na jednem vrhu žarnice odtali s šiljastim plamenom, ostali repek pa se ob jednem zatali. Svetilnica je dodelana, samo da jo je treba še poskusiti, če je v istini brezzračna. V ta namen se v temni sobi pritisne na jeden pol Ruhmkorffovega navodila. Če je svetilnica zadostno izpraznjena, se zasveti razredčeni zrak v hruški z zeleno lučjo. Če je svetloba rdečkasta, ali pa če se sploh ne prikaže nikak sijaj, je svetilnica neporabna. Tudi po gibljivosti ogljene niti spozna vajen delavec, če je svetilnica dovolj izpraznjena. V brezzračni hruški se nit dolgo časa giblje sem in tja, ako hruško potresemo; če je pa zrak v balonu, potem ovira gibanje nitke, in locenj se kmalu umiri. — Ako prosta konca platinove žice, ki molita iz hruške, zavijemo, da tvorita mali ušesci,

lahko žarnice obesimo na dve ključici, v kateri se končuje tokov krog; tak «kontakt s ključico» kaže slika 99. Zveza je sigurnejša, ako med kljuko in ušesci vdelamo elastično pero, ki potiska žarnico proč od ključic, kakor kaže slika 100. Vendar se tako vdevanje žarnic ne priporoča za prakso, ker so ušesca preveč krhka in se rada lomijo. Rajše opremimo žarnico s posebnim ovratnikom, katerega vtikamo v kovinski okov v tokovem krogu. Edison je dal ovratniku podobo medenega vijaka, ki je z malcem pritrjen na vrat žarnice. V otlem ovratniku leži kovinski kosček, obdan in utrjen z malcem, ter 1 — 2 mm iz ovratnika moleč. Jedna platinova žica je zvezana s tem koščkom, druga pa z ovratnikom. Okov je medena vijakova matica, v katero se ovratnik privije. Na dnu okova leži vzmetna pločica, ki se pritisne k osrednjemu kontaktnemu kovinskemu koscu, molečemu iz ovratnika. Matica je zvezana z jednim, vzmetna pločica pa z drugim polom — in tedaj teče tok v svetilnico. Slika 101. predstavlja žarnico z ovratnikom za Edisonov okov. Poleg Edisonovega okova se je tudi tako zvani bajonetni zaklep, ki spominja na zaklep bajoneta pri vojaških puškah, močno udomačil. Kdor je videl tak zaklep pri žarnici, si ga lahko razlaga, če pozna ravnokar orisano Edisonovo metodo.

Slika 101.



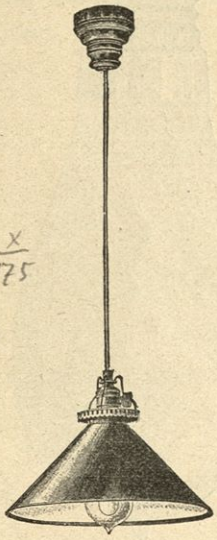
Edisonova ovratnica z ovratnikom.

Žarnico je treba obesiti. To se godi na različne načine, ki se ravnajo po potrebah in po zahtevah glede vnanje oblike. V sobi pritrdimo žarnico na steno ali pa jo obesimo na strop. Svetilnica, opremljena s senčnikom, visi na obeh dovodnih žicah, ki sta oviti s svilo ali drugim osamilom (slika 102.), da tvorita na videz jedno samo vrvico. Na priprost način dvigamo svetilnico nižje ali višje s pripravo, katero kaže slika 103. Stenske svetilnice so stalno utrjene, ali se pa tudi s posebnim zatikom, v. katerega se končuje upogljiva vrvica, imajoča v sebi dovodno in odvodno žico, prestavljajo in prenašajo na razne kraje. Slika 104. nam to dovolj jasno riše, tako da pač ni treba posebne razlage.

Umeje se, da svetilnice lahko poljubno okrasimo, in da ima umetni obrt tu širno in hvaležno nalogo. Osobito pri velikih lestencih z mnogoštevilnimi žarnicami se dajo doseči krasni efekti, pri katerih tekmujeta luč in umetnost.

Ozrimo se slednjič še na ekonomijo in trajnost pri naši žarnici. Vsako žarnico lahko več ali manj razžarimo, da daje več ali manj svetlobe. A električni tok počasi uničuje vsako žarnico, kajti razpršuje oglje z nitke. Čim jačji je tok, tem burneje se razprševanje vrši; na najtanjšem mestu se locenj zlomi in življenja nit je žarnici v pravem pomenu besede pretrgana. Premočen tok torej škoduje vsaki svetilnici in za vsako žarnico je odmerjen določen tok, pri katerem najbolje izhaja, to je, najbolje in najdalje sveti. Navadno živi žarnica, katero smo napajali s primernim tokom, 600 — 800 ur; nekatere poginejo seveda že v svoji mladeniški dobi, druge pa dosežejo dokaj večjo starost. Nahajajo se celo Metuzalemi, ki svetijo 8000 in več ur.

Slika 102.



Žarnica visi na dovodnih žicah.

Tvornice pri svojih žarnicah navadno ne pravijo, kaka mora biti zanje tokova jakost, ampak naznanjajo samo naponsko razliko, ki mora vladati na njenih koncih, da gori normalno. Ker je namreč upor v svetilnici vedno isti in natanko znan, se normalna jakost toka takoj lahko po Ohmovem zakonu določi, ako vemo kolika je napetost. Recimo n. pr., da ima svetilnica upor 175 ohmov; ako teče po njej tok 0·57 ampèra, gori normalno in sveti za 16 sveč. Po Ohmovem zakonu je napetost toka, idočega skozi svetilnico, jednaka 175 × 0·57 = 100 voltom. Zato pravimo, da mora naša svetilnica na svojih koncih imeti napetost 100 voltov, če hočemo, da gori in živi normalno. Tako smo se navadili, da označujemo žarnice kar po številu voltov, katere potrebujejo za normalno svetlobo, n. pr. svetilnice s 4 volti, z 10, 16, 25, 100, 150 volti itd. Vsaka taka svetilnica ima določeno normalno svetljivost; tvornice izdelujejo žarnice, ki dajo svetlobo $^1/_4$ sveče, a tudi take, ki svetijo za 400 sveč. Za naše stanovanje se najbolj prilega žarnica s svetlobo 16 sveč. Manjše rabimo za posebne namene, n. pr. za ponočne lučice, v dekorativne svrhe i. t. d., večje pa za razsvetljavo ulic in javnih prostorov.

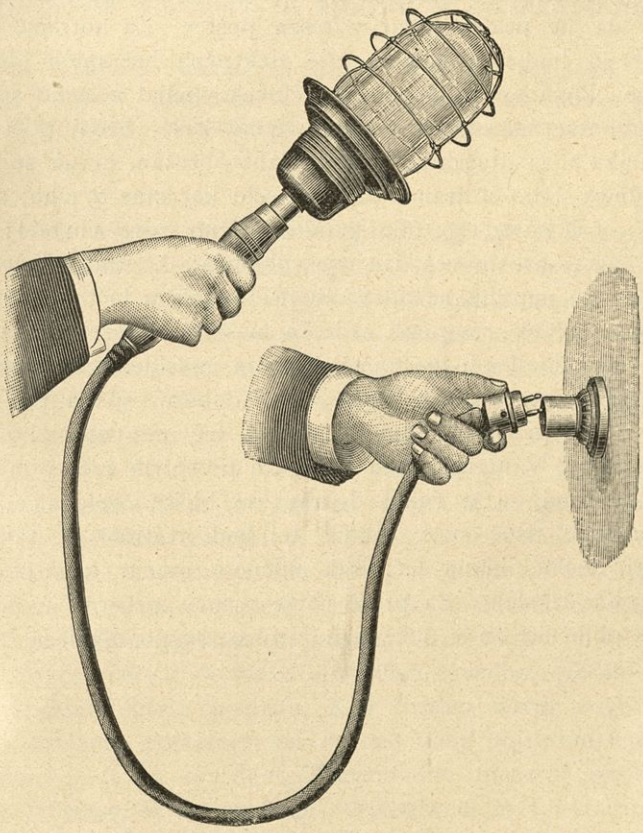
Slika 103.



Ker ima vsaka žarnica na koncu svojih platinovih žic določeno napetost v voltih in ker se pretaka po nji tok z določenim številom voltov, se pojavlja v vsaki svetilnici določen efekt, to je, v vsaki sekundi

se porabi neko delo, da svetilnica žari. Efekt v svetilnici, torej v jedni sekundi proizvedeno delo, je produkt iz voltov in ampérov. Svetilnica, katero smo zgoraj navedli za vzgled, in katera potrebuje pri 100 voltih napetosti tokovo jakost 0·57 ampèra, da gori normalno, ima torej efekt 100 × 0·57 = 57 volt-ampèrov ali wattov. Ker pa je nadalje 1 watt = $\frac{1}{736}$ konjske sile, porabi ta žarnica pri normalnem gorenju

Slika 104.



Ročna delarniška svetilnica s kontaktnim zatikom in upogljivo dovodno vrvico.

$\frac{57}{736} = \frac{1}{13}$ HP (približno). Vsaka konjska sila zadošča po tem takem za razsvetljevanje 13 takih žarnic. Ker daje naša svetilnica pri uporabi 57 wattov svetlobo 16 sveč, gre na jedno svečo $\frac{57}{17}$ = 3·5 watta. Splošno potrebujejo žarnice, katere so vzporedno staknjene, 2·5 do 3·5 watta za vsako normalno svečo. Ta

neznatna poraba dela je posledica racijonalne fabrikacije ogljenih nitij. S početka je zahtevala svetilnica s 16 svečami 80 in več wattov. V tem oziru smo torej zelo napredovali; a novejši raziski in poskusi kažejo, da se bode dala ekonomija žarnice dvigniti še na višjo stopnjo, nego je sedanja.

Prednosti, katere ima električna luč, naj si bode že žarnična ali obločna, pred plinovo razsvetljavo, so danes tako jasne in pripoznane, da jih skoraj ni treba naštevati. Električna luč ni nevarna; sicer to ne velja brezpogojno, a vendar je nevarnost tako neznatna v primeri s plinom, da ne pride nikdar v resen poštev. Za notranje prostore, kjer prebivajo ljudje in kjer spe, je električna luč sploh ideal vsake razsvetljave. Plina ne bode pameten človek vpeljal v svojo spalnico, s petrolejevimi svetilnicami pa imamo vedno križ. Sedaj poči cilinder, ali pa zmanjka olja; drugikrat je stenj slabo obrezan, in luč se kadi, ali pa je svetilnica slabo obrisana, da nam celo kaj kane v juho; smrad po petroleju — naš narod to olje karakteristično zove s m r d l j i v e c — ne gre iz lepa z rok in ves dan nas spominja, da smo prijeli za svetilnico. Vseh teh neprilik ne poznamo pri električni luči. Ona je vedno pripravljena; pritisk na gumb zadošča in soba je razsvetljena. Svetilnice lahko iz oddaljenih mest prižigamo in ugasujemo in tisto ginljivo iskanje užigalic, ko pridemo pozno v noč domov, spada pri električni luči med stare pravljice. Nobena druga luč ne daje tako različnih množin svetlobe. V manj važnih stranskih prostorih sveti pohlevna žarnica s 5 svečami, a v veliki dvorani se bliščе obločnice, imajoče svetlobo mnogo tisoč sveč. Vkljub tej hudi svetlobi se zrak najmanj ne pokvari, dočim plinove luči zrak močno ogrevajo, kisik porabljajo in škodljive pline izločajo. Za proizvajanje sijajne, prijetne in neškodljive luči danes obločnice in v obče tudi žarnice nimajo tekmeca.

IV. Električne centrale in aparati v elektrovodni mreži.

Deska stikalnica. Stikala, pretikala. Naponski regulator. Samodelni regulatorji. Voltomer. Amperomer. Aronov elekroštevec. Števec wattskih ur. Thomsonov elektroštevec. Strelovodi. Svinčena varovala.

Ko je bila rešena naloga, kako deliti električno energijo, je nastala takoj potreba velikih osrednjih naprav, ki bi proizvajale električno energijo skupno za mnogo bližnjih in oddaljenih konsumentov ter iz jednega mesta preskrbovale razsežno in razpleteno elektrovodno mrežo z električnim tokom. Take osrednje naprave za proizvajanje električne sile imenujemo *električne centrale* ali s kratka *elektrarne*. Nastale so seveda najprej v Ameriki, a med njimi je najstareja in najbolj sloveča novojorška električna centrala «Edison Co.», ki je bila vzgled vsem poznejšim zgradbam te vrste na starem in novem svetu.

Velika električna centrala se v bistvu ne razločuje od male hišne električne naprave, katero priredimo samo za jedno ali par hiš, za kako tvornico ali sploh za malo ozemlje. Le število aparatov, ki imajo namen, da delajo delovršbo sigurno, je pri velikih centralah večje, nego pri malih. Merodajen faktor za vsako električno zgradbo, osobito za velike naprave, je rentabiliteta podjetja. Kjer imamo dovolj novcev na razpolago, postopamo potratneje ter dajemo vsem objektom lepše vnanje lice, posebno radi pa skrivamo elektrovodno mrežo v zemljo, da se ognemo neprilikam, ki so združene v estetičnem in v varnostnem oziru s prostimi tokovodi.

Pri vsaki elektrarni razločujemo petero glavnih delov, namreč: 1. gonilne stroje, 2. tokorodne stroje (dinamo-stroje), 3. elektrovodno mrežo, 4. aparate za stikanje, reguliranje in nadzorovanje toka in končno 6. priprave za proizvajanje luči, oziroma mehanične energije.

Gonilno silo za centrale dajo danes v prvi vrsti parni in plinovi stroji ali pa vodna moč, kjer to dopuščajo krajevne razmere; drugi motorji, n. pr. kalorične mašine, motorji na veter itd. so za moderne elektrarne le sekundarnega pomena.

Ker so primerne vodne sile le malokje na razpolaganje, posegamo pri grajenju elektraren večinoma po parnih strojih. V teku let so konstrukterji parnih mašin za električne namene zelo napredovali in marsikak nedostatek odpravili, ki je spočetka kalil dobro razmerje med parnimi in električnimi tehniki. Parne mašine, ki gonijo dinamo-stroje, morajo namreč teči zelo jednakomerno. Število vrtežev v jedni minuti se ne sme mnogo izpreminjati, a tudi v teku jednega samega vrteža mora biti gibanje kar najbolj jednakomerno, kajti vsak zibež v gibanju vpliva na luč. V prvih časih električnih central parni stroji v obče niso zadoščali; slednjič je običajno postalo, da je bila za vsako napako v celi napravi odgovorna jedino le parna mašina. Njej so nalagali vse skupne grehe. Če stvar ni šla gladko, rekli so elektriki: Parna mašina je vzrok! Parni tehniki pa so v skrajni sili zvalili vso odgovornost na — volov hrbet, ki je dal jermen za prenašanje sile. Tedaj je bil jermen slabo urezan, on je bil zadnji in pravcati vir vsem neprilikam in tožbam! No, danes je stvar v tem oziru boljša postala. Tehnika parne mašine je ogromno napredovala in brez težav gradijo stroje, ki teko dovolj jednakomerno in zanesljivo. Pri rezanju jermenov se strogeje ozirajo na lego mišičnih vlaken in porabljajo samo podolžno os hrbtne kože. Tak jermen se na vse strani jednakomerno razteza in ni se bati, da bi uhajal z zamašnjaka. Čestokrat pa zvežejo parno mašino *direktno* z dinamo-strojem, da imata zamašnjak in dinamo skupno os. Taka zveza ustreza vsem zahtevam in tvori delovršbo nekako idealnosigurno.

Pri manjših električnih napravah, do katerih ne stavimo najvišjih zahtev glede varnosti delovršbe, zadošča jeden sam motor. Ako posežemo po parnem stroju, zgradili mu bodemo *vodnoceven kotel*, ki daje največjo varnost proti eksploziji, stroj sam pa bode moderna *zvezna mašina* (compound-stroj) s kondenzacijo, ako imamo dovolj vode na razpolago. Vsa naprava je v takem slučaju seveda izročena našemu stroju na milost in nemilost. Vsaka hiba, ki ustavi tek stroja, ustavi kroženje električnega toka po elektrovodni mreži in mesto svetlobe je povsodi tema. Taki dogodki pa se pri večjih elektrarnah, ki so zgrajene z ozirom na rentabiliteto in javne interese, nikakor ne smejo javljati, ako nočemo uničiti vsega podjetja. Tedaj je treba imeti posebno *rezervo* v gonilni sili in poleg vsake parne mašine, ki je namenjena za navadno, vsakdanje delo, moramo postaviti še drug stroj, ki poskoči na pomoč, če se prvi mašini kaj pripeti.

Tudi pri številu dinamo-strojev se moramo ozirati na ravnokar označene varnostne naredbe. Če je elektrarna neznatna ter le malemu številu svetilnic (recimo 200—300) odmerjena, morebiti še izhajamo z jednim samim dinamom, a pri večjem številu postavimo rajše dva ali več tokorodnih strojev. Mesto jednega velikega dinama vzamemo več manjših

in to število pomnožimo še z nekaterimi stroji za rezervo. Podvojenega števila pač ni treba, ker vendar ni verjetno, da bi se hkratu pokvarili vsi vpreženi stroji; zato zadošča le delna rezerva.

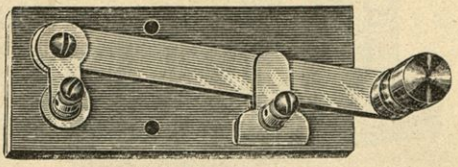
Preden se poda tok od polarnih vijakov dinamo-stroja v mrežo, izpeljan je na posebno desko, ki stoji na odličnem, vidnem prostoru poleg strojev. To je deska stikalnica, ki nosi vse potrebne aparate za sigurno delovršbo. Na njej so priprave, s katerimi poljubno stikamo in raztikamo vnanje tokove kroge z dinamo-stroji, aparati, ki nadzorujejo proizvajanje in uporabo toka, ki merijo jakost in napetost njegovo in ki zabranjujejo vsako pretečo nevarnost.

Kjer je uporabljenih več dinamo-strojev, je stvar tako urejena, da lahko vsak dinamo napaja poseben, njemu odmerjen del elektrovodne mreže ali pa da pošiljajo vsi svoje toke v skupno mrežo.

V prvem slučaju mora zaradi večje varnosti biti mogoče, da posamične dinamo-stroje med seboj menjavamo, to je, da mora vsak stroj dajati svoj tok v vsak del elektrovodne mreže. Taka menjava se izvršuje s stikali, pritrjenimi na deski stikalnici. Nekatera stikala smo že opisali pri poglavju o akumulatorjih (str. 78 in dalje). Stikala so v obče priprave, s katerimi prisilimo tok, da gre po določeni poti, in s katerimi mu to pot zopet hipno pretrgamo. Treba je torej tok na dotičnem mestu napeljati čez nekak mostič, katerega poljubno dvigamo in navzdol spuščamo; v prvem slučaju ne more tok čez mostič, v drugem pa lahko hiti dalje. Ako z dotično pripravo ob jednem toku odkažemo novo pot in mu prvo zastavimo, imenujemo jo tudi pretikalo.

Zelo jednostavno stikalo nam kaže slika 106. Na pravokotniški ploči sta pritrjena spodaj na levi in na desni pritiskalna vijaka; oba veže širok kovinski mostič, imajoč podobo jednoramnega vzvoda in na desnem koncu noseč izoliran gumb. V tej legi ima tok, ki stopi po elektrovodu v levi pritiskalni vijak, široko pot odprto do desnega vijaka, od koder gre dalje v žico. Ako pa z gumbom vzvod potisnemo na stran (v sliki navzgor), prekinemo toku pot. Člen, v katerem se vzvod giblje in ploskev, v kateri se stika s pločico desnega vijaka, morata biti kovinsko svetla; potem ima tok svobodno pot, oziroma, kontakt je dober. Da ostane dotična ploskev gladka in čista, se vzvod vzmetno drše ob pločici desnega pritiskalnega vijaka.

Slika 105.



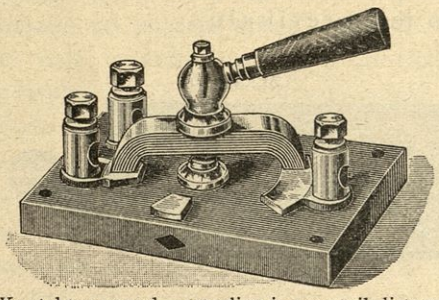
Stikalo z vzvodom.

Siguren kontakt in veličina kontaktne ploskve sta velevažen moment pri konstruiranju stikal. Če ni kontakt dober ali pa če je kontaktna ploskev premajhna, se lahko pripeti, da se mostič in ž njim vse stikalo razbeli, raztali ter sežge, in to v malo trenotkih. Siguren kontakt dosežemo z vzmetnimi mostiči, pri katerih se ploskvi vsled vzmetne sile s precejšnjim tlakom pritiskata. Če je treba večjih dotikalnih ploskev, sestavimo kontaktni vzvod iz več vzmetnih listov, izmed katerih vsak posamičen zase pritiska na kontakno ploščo. Slika 106. nam predstavlja tako stikalo, pri katerem je vzvod sestavljen iz mnogih posamičnih vzmetnih listov. Ob jednem vidimo na tej sliki, da je vzvod dvoramen; gumb (držalo) za premikanje je na sredi, prosta konca vzvodova pa vežeta polarne vijake.

Ploščo, na kateri so montirani opisani kovinski deli, naredimo iz lesa, pri jakih tokih pa iz porcelana, skrilavca ali sploh iz kake proti ognju varne tvarine.

Kadar hočemo, da pošiljajo vsi postavljeni stroji svoje toke istočasno v skupno eloktrovodno mrežo, treba je skrbno paziti, da ima vsak dinamo svojo normalno napetost. Ko bi za to ne skrbeli in ko bi jeden ali drug stroj imel premajhno napetost na polarnih vijakih, bi ne pošiljal toka v mrežo, temveč ravno narobe, jemal bi tok iz mreže. Tok, katerega bi proizvajali drugi stroji, bi torej ne tekel samo v svetilnice, ampak deloma tudi skozi oni dinamo-stroj, ki ima premalo napetosti. Preden torej spustimo od kacega stroja s pomočjo stikala tok v skupno glavno mrežo, moramo njegovo napetost dovesti na predpisano višino.

Slika 106.



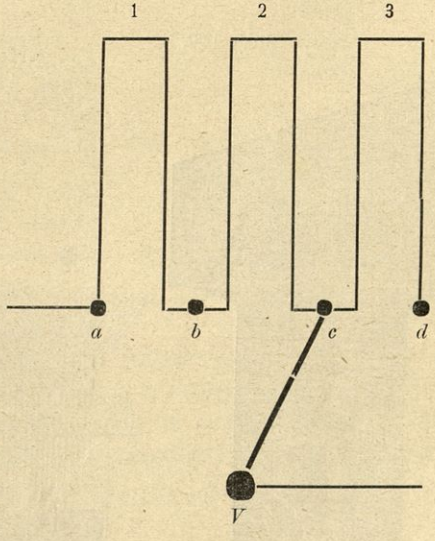
Kontakten vzvod, sestavljen iz vzmetnih listov.

Na strani 66. smo že omenili, kako reguliramo polarno napetost pri dinamo-strojih s stranskim tokom. Treba je le v stransko žico vdjati izpremenljiv upor; s povečevanjem ali zmanjševanjem tega upora izpreminja se tudi elektromotorska sila dinamo-stroja. Jednostavno uredbo tacega izpremenljivega upora nam bode pojasnil obrazec slike 107. Tu vidimo tri žice iz materijala, ki slabo prevaja elektriko (1, 2, 3); prva in druga sta združeni v kontaktnem gumbu b, druga in tretja v gumbu c. Pod žicami stoji jednoramen vzvod Vc, ki se premika okoli kontaktnega gumba V. Tok stopi v gumb a, hiti po žici 1, potem dalje v žico 2, a pri gumbu c stopi v vzvod in pri gumbu V zapusti pripravo. Ko bi n. pr. vzvod premaknili do gumba b, bi tok krožil samo po prvi žici, ako bi ga postavili na točko d, preletel bi vse tri žice, preden bi šel v elektrovodno mrežo.

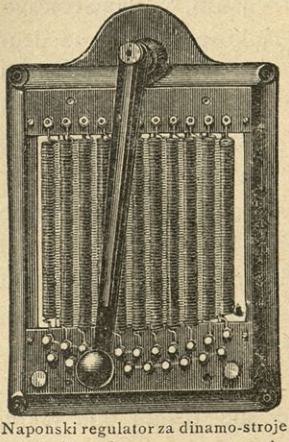
Opisana priprava se imenuje naponski regulator. Slika 108. predstavlja regulator, kakoršnega gradita Voigt & Häffner v Frankobrodu. Na pravokotniški železni ploči je pritrjeno večje število žičnih spiral od novega srebra, nikeljna ali manganina. Kontaktni gumbi stoje na spodnjem robu ploče, a vzvod je vdelan na vrhnjem robu ter sega čez spirale doli do gumbov. Druge tvrdke delajo regulatorje, pri katerih so spirale shranjene in zavarovane v zabojčku, a kontaktni gumbi in vzvod stoje vrh pokrova.

Tudi samodelni regulatorji se uporabljajo v centralah. Slika 109. predstavlja samodelni naponski regulator firme Ganz & Co. v Budimpešti. Pri tem regulatorju teče tok najprej po vseh spiralah, ki so zaporedno staknjene. Od vsakega spodnjega vezišča dveh sosednjih spiral gre navzdol žica, ki se končuje v vertikalno palico. Krajišča teh paličic leže v poševni črti (glej sliko B); Pod njimi se nahaja posoda z živim srebrom, ki se more dvigati ali pa poniževati. Če posodo nekoliko dvignemo, se najprvo pomoči prva paličica na desni v živo srebro; če dvignemo posodo še višje, pride na vrsto druga, tretja paličica. Pri naši sliki tiči devet palic v živem srebru. Tok je vpeljan v prvo vertikalno paličico na desni, a sedaj ne kroži po prvi spirali in od te dalje tudi ne po drugi, tretji . . . . . ampak ker mu živo srebro manj upora ponuja, gre rajše od prve palice takoj po živem srebru do 9. palice, ne da bi stopil v dotične spirale; stoprav pri 9. palici se mora podati v 9. spiralo in potem v drugi proti levi, katerih palice ne stoje v živem srebru. S primernim dviganjem živega srebra moremo tedaj poljubno število spiral izločiti iz tokovega kroga, to je zmanjšati moremo skupni upor. Posodo z živim srebrom zvežemo z železno palico, katera tiči navzdol

Slika 107.



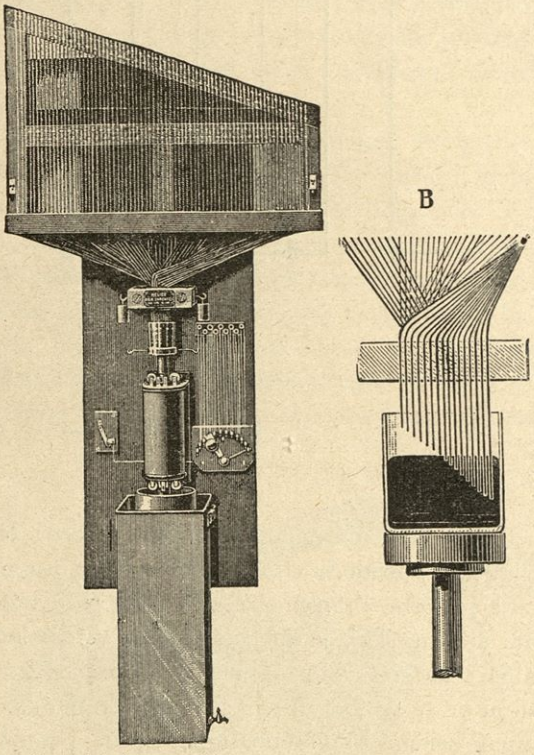
Slika 108.



Naponski regulator za dinamo-stroje s stranskim tokom in za zvezne stroje.

v žični tuljavi. Ako staknemo tuljavo s poli dinamo-stroja, bode jakost toka v žični tuljavi zavisna od polarne napetosti na stroju; čim večja pa je jakost toka, tem huje bode tuljava vlekla železno jedro v svojo sredo. Čim bolj pa se pogrezne jedro, tembolj se poniža tudi posoda z živim srebrom; zato narašča število prostih spiral, ž njim pa seveda množina upora, ki je vtaknjen v stranski tok. Jakost toka v stranskih ovojih se tedaj mora zmanjšati, ali kar je jedno in isto, napetost dinamo-stroja postane manjša. — Če tedaj vnanji vzroki napetost povečajo, jo naš regulator zmanjša; ko bi pa napetost pojemala, jo regulator samodelno poveča. Čitatelj takoj zapazi, da ima opisani regulator slične opravke, kakor znani regulator pri parni mašini.

Slika 109.



Samodelni naponski regulator firme Ganz & Co.

Na strani 67. smo čuli, da potrebujejo tudi zvezni dinamo - stroji male regulacije, in sicer vtaknemo v njih stransko žico nekoliko izpremenljivega upora. V te namene rabimo povsem jednake naponske regulatorje, kakor za stroje s stranskim tokom.

Napon na polarnih vijakih, oziroma tokova jakost se tudi še drugače lahko nekoliko regulira. Nekateri stroji so namreč tako urejeni, da se njih napon izpremeni, če drsalne ščeti na kolektorju premaknemo, to je, za določen kot prestavimo. Pri takem stroju so vse drsalne ščeti med seboj primerno zvezane; potem zadošča jeden sam poteg, in ščeti se vse za isti kot premaknejo. Pri strojih za istomerne toke se ta način regulacije posebno ne priporoča, ker se prerade pokažejo iskre na kolektorju.

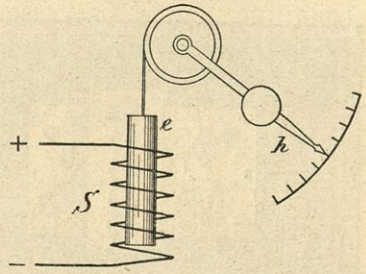
A naj si bode regulacija elektromotorske sile te ali one vrste, vselej moramo imeti posebne aparate, kateri nam vsak hip kažejo,

koliko napetost, oziroma koliko jakost ima tok, ki prihaja od polarnih vijakov dinamo-stroja.

Napetost toka na polarnih vijakih dinamo-stroja merimo z voltometri, ali voltomeri, jakost toka v glavnem tokovem krogu pa z amperometri ali amperomeri. Tudi ti aparati so pritrjeni na deski stikalnici. Pogled na njih kazalce poučuje paznika, kako je treba postavljati regulatorje, da se elektromotorska sila ohrani na predpisani višini.

Volto- in amperometri so narejeni na podlagi istega temeljnega principa, katerega razlaga slika 110.

Slika 110.



Princip tokomerov.

Na škripcu visi železno jedro *e*, os škripca pa nosi kazalec *h* z malo utežjo. Železno jedro se premiče v žični tuljavi *S*, v katero je vpeljan električen tok. Ko tok vstopi v tuljavo, potegne tuljava jedro vase in kazalec *h* se dvigne. Ker je potegovalna moč spirale zavisna od tokove jakosti, zato je naravno, da zavzema jedro *e* pri raznih jakostih toka različne lege. Z poniževanjem in dviganjem jedra pa se dviga in ponižuje tudi kazalec *h*. Ako smo poprej s primernimi poskusi določili lego kazalca za vsako tokovo jakost, nam ta priprava pozneje rabi za merjenje tokov. Pod kazalcem pritrdimo samo še lok s skalo, na katerem je za vsako lego kazalčevo zaznamenovana pri justiranju najdena tokova jakost.

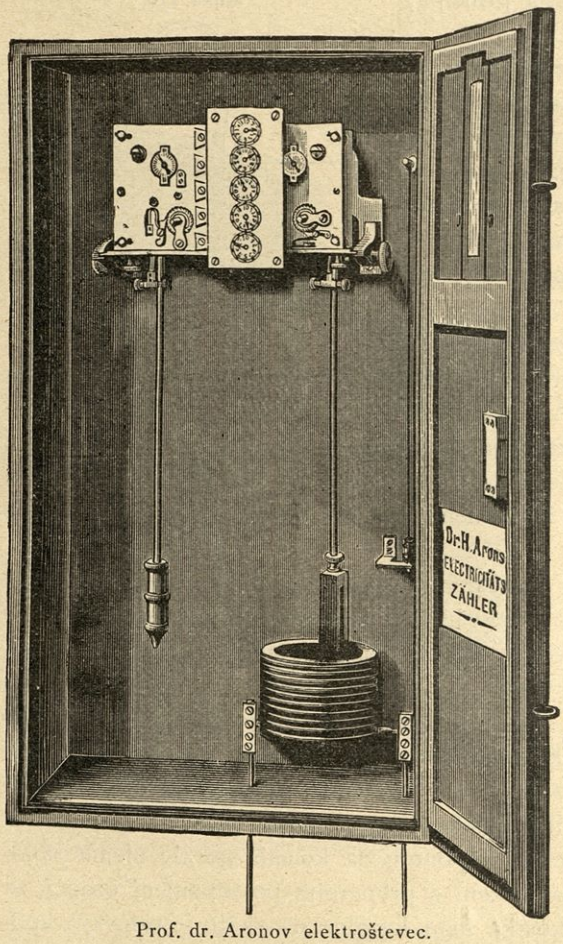
V principu sta tedaj voltomer in amperomer jednaka, a v praktični izpeljavi se nekoliko razločujeta. Amperomer ima spiralo zvito iz maloštevilnih debelih ovojev, ker se vtika v glavni tokov krog, dočim je spirala voltomera sestavljena iz mnogih ovojev zelo fine žice, tako da biva v njej velik upor. Ako zvežemo konca njegovih spiralnih ovojev z dvema prevodnikoma, ki imata različna napona, gre skozi spiralo tok, ki je po Ohmovem zakonu sorazmeren z napetostjo med obema tokovodoma. Ker se kazalec odklanja sorazmerno s tokovo jakostjo v ovojih, se z vsakim določenim naponom na koncih spirale ujema določena lega kazalca. Ako se potem s primernim postopanjem označi za razne znane napetosti vsakojaka lega kazalca na skali, je priprava uporabna za merjenje napetosti. Voltomer vtikamo tedaj v stransko vejo glavnega toka, ali kakor pravimo v stranski stik.

Skali na volto- in amperomeru sta tako urejeni, da povesta napetost direktno v voltih, jakost pa v amperih. Pri obeh aparatih ni glavni namen, da bi z absolutno točnostjo kazala vsakojako napetost in jakost, temveč glavna stvar je, da hitro in neposredno poučita stroje-

vodja o stanju omenjenih dveh faktorjev. Tudi pri zelo veliki jakosti in napetosti morata delovati, poleg tega pa biti nezavisna od ogromne mase železa in magnetizma, ki se nahaja v centrali. Navadno sta tako narejena, da kažeta najnatančneje takrat, ko vlada normalna napetost in jakost.

Poglavitna naloga centrale je, da pošilja v elektrovodno mrežo toke določene napetosti in primerne jakosti. Opisana aparata zadoščata v ta namen. Ž njima je zaključeno število neobhodno potrebnih priprav na deski stikalnici.

Slika 111.



Prof. dr. Aronov elektroštevec.

V elektrovodni mreži, in sicer v njenih zadnjih petljah pa nahajamo še jedno vrsto merskih aparatov, ki so velevažni za denarno stran vsake električne centrale. Posamični odjemalci električne energije zahtevajo namreč, da se jim zaračuni natančno toliko toka, kolikor so ga v istini porabili. Kakor imamo torej pri plinovi razsvetljavi takozvano «plinovo uro», ki kaže, koliko kubičnih jednot plina je stranka porabila, tako moramo tudi konsumentu električne energije postaviti v stanovanje aparat, ki zanesljivo in stalno zaznamenuje, kolika množina toka je stekla do odjemalca. Take priprave se zovejo elektroštevci ali elektromeri. Slika 111. kaže pripravo te vrste, ki se po izumitelju zove Aronov elektroštevec. Aparat je montiran v podolgovati lični omarici, ki je v naši sliki odprta, da vidimo notranje dele. Princip tega elektromera je jako jednostaven. Čas nihanja je pri nihalu zavisen od sile, ki

je vleče navzdol, tedaj pri navadnem nihalu od privlačne sile (težnosti) naše zemlje. Ako vpliva na nihalo še druga sila, ki prvo povečuje ali zmanjšuje, je jasno, da se bode nihalo hitreje ali pa počasneje zibalo, kakor pod vplivom najprej imenovane sile. Če tako nihalo zvežemo s primernim kolesjem, bode ura prehitevala ali pa zaostajala, vsekako pa drugače šla, kakor ura, na katero vpliva samo privlačna sila zemlje. Iz razlike v hoji obeh ur se lahko sklepa na jakost one sile, ki je motila prvo nihalo v gibanju.

Kot tako silo je prof. dr. Aron uporabil silo, s katero deluje žična tuljava tedaj na magnet, kadar kroži po njej električni tok. Pritrdimo n. pr. na koncu nihala jekleno magnetno palico (glej v sliki desno nihalo), in sicer morebiti tako, da je južni pol na spodnjem delu magneta, potem pa potisnimo čez magnet žično tuljavo. Ako spustimo v spiralo tok, začne takoj na znan način vplivati na magnet, oziroma nihalo. Tuljava odbija ali pa privlačuje južni pol, kar se ravna po meri električnega toka. To vplivanje spirale, rekše ta nova sila, ojačuje ali pa zmanjšuje prvotno zemeljsko silo in nihalo se bolj hitro ali pa bolj počasi giblje. Večja počasnost in večja hitrost sta torej zavisni od tokove jakosti in dokaže se lahko, da je prehitevanje in zaostajanje ure, stoječe z nihalom v zvezi, sorazmerno ampèrskim, ali kar je jedno in isto, svetilniškim uram, ki so tekle skozi tuljavo.

Aronov elektroštevec je natančna in zanesljiva priprava za merjenje uporabljene množine toka. Pri prvotnih Aronovih elektroštevcih je bilo treba to množino še le preračunati iz časovne diference, pri novejših tipih pa se množina uporabljenega toka neposredno čita na cifrenici. Da to doseže, zvezal je Aron uro, katere nihalo se ziblje pod vplivom električnega toka, z drugo povsem jednako, a nemoteno uro. Kolesje obeh ur deluje na skupno os. Dokler gresta obe uri jednako hitro, torej dokler ne kroži tok po tuljavi, skuša prva ura os sukati na jedno, druga ura pa na drugo stran — obeh sili se torej uničujeta, kazalec stoji. Ko stopi tok v tuljavo, vplivata na desno nihalo dve sili, težnost in električna sila; nihalo se začne hitreje gibati in hitreja hoja ure se pokaže na skupni osi, ki se sedaj vrti z diferenčno hitrostjo obeh ur. Pot kazalcev je zavisna od produkta iz tokove jakosti in trajnosti toka, tedaj kaže ravno število iskanih ampèrskih ur. Poskusoma je treba pri vsakem aparatu dognati, koliko ampèrskih (svetilniških) ur se ujema z jednim vrtežem osi. Najvišja cifrenica kaže jednice, druga desetice i. t. d.

Opisani elektroštevec meri uporabo toka pod pogojem, da je napetost v mreži vedno stalna in neizpremenljiva. Če pa je vsa elektrarna drugače urejena, moramo meriti energijo, ki se v istini uporabi, torej wattske ure. Števec za wattske ure je zgrajen po istem principu kakor Aronov elektroštevec, samo da kaže jedno izpremembo.

Desno nihalo namreč nima jeklenega magneta, ampak mesto njega nosi tuljavo od fine žice. Skozi spodnjo spiralo pošljemo glavni tok, skozi tenkožično tuljavo pa napeljemo stranski tok, tako da leži v stranskem stiku. Sila, s katero sedaj obe tuljavi delujeta jedna na drugo, je po zakonih elektrodinamike zavisna od produkta jakostij njunih tokov. Ker pa je tokova jakost v stranskem stiku zavisna samo od napetosti na koncih (upor stranskega toka je namreč vedno jeden in isti), je sila zavisna od produkta napetosti in tokove jakosti, torej od števila wattov. Diferencijalno kolesje meri tedaj produkt iz wattov in časa, torej kaže wattske ure. Cifrenice navadno označujejo uporabljeno energijo v hektowattskih urah.

Ta aparat rabi dobro za istomerne in izmenične toke, kajti sila obeh tokov v debeložični in tankožični tuljavi ostane ista, če se tudi tok v obeh ob jednem obrne.

Poleg Aronovega elektroštevca je posebno v Ameriki v rabi profesorja E. Thomsona elektroštevec, katerega izdeluje v Ameriki družba «Thomson-Huston», v Evropi pa berolinska električna tvrdka «Union». Pri tem števcu je napeljan električni tok v mali elektromotor, ki nima nikakih železnih delov. Motor ima dva poljska magneta z maloštevilnimi debeložičnimi ovoji, ki so vtaknjeni v glavni tokov krog; med njima se vrti kotvica, imajoča bobniško obliko in vertikalno os. Ovoji bobniča so vdejani v stranski stik poleg glavnega toka. Na spodnjem koncu nosi kotvična os horizontalno bakreno ploščo krožne oblike, ki se z osjo vred vrti. Ploščo objemajo trije jekleni podkovasti magneti, tako da se ploča suče med njihovimi poli. Ko kroži tok po ovojih poljskih magnetov in bobniča, se kotvica vrti; to vrtenje bi bilo vedno hitreje, ko bi ga bakrena ploča ne ovirala. V njej namreč nastajajo takozvani vrtinčasti toki (stran 34), ki ovirajo gibanje in se pretvarjajo v toploto. Motor mora torej opravljati neko delo, ki je tem večje, čim hitreje se ploča vrti, ali kar je jedno in isto, z vrtenjem provzročeno delo stoji s tokovo jakostjo v takem razmerju, da je število vrtežev v časovni jednoti sorazmerno z jakostjo toka. Število vrtežev v določenem času pové tedaj število ampèrskih ur, ki so tekle v tem času skozi elektroštevec. Kotvica nosi na zgornjem koncu kolesje s kazalci in cifrenico, na kateri se neposredno čitajo ampèrske, oziroma wattske ure.

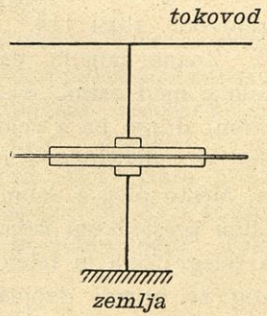
Thomsonov elektroštevec je uporaben za istomerne ali pa tudi za izmenične toke.

Vsak elektroštevec mora biti po naših zakonih uradno preizkušen, preden se odda stranki. Običajno je, da odjemalci električnega toka ne kupujejo sami elektroštevcev, ampak preskrbuje jih podjetnik na svoje troške. Zato mu pa mora konsument plačevati letno najemščino. Elektroštevci se vzidajo tam, kjer se hišna inštalacija prične, ali če je več od-

jemalcev v jedni hiši, kjer se cepijo dotične posamične mreže. Potemtakem mora ves tok, preden dohaja do odjemalca, hoditi skoz elektroštevec, kjer mora napovedavati svojo množino.

Poleg opisanih aparatov v elektrovodni mreži pa ne smemo pozabiti končno še pripravo, katerim je naloga, da neljubega, če tudi sorodnega gosta z lepa spravijo na prosto, če je zašel v prevodnike. Tam pa tam udari atmosferska elektrika v elektrovodno mrežo ter porabi pripravno kovinsko pot, da odteče v zemljo ali da se na drug način izravna. Tedaj se pa čestokrat ne godi dobro raznim aparatom, ki so vdejani v elektrovodno mrežo, še manj pa onim osebam, ki so v njeni bližini. Atmosfersko elektriko je treba torej na vsak način odvajati iz naše bližine in dati ji moramo priliko, da pravočasno zapusti elektrovodne žice. To se zgodi s posebnimi strelovodi.

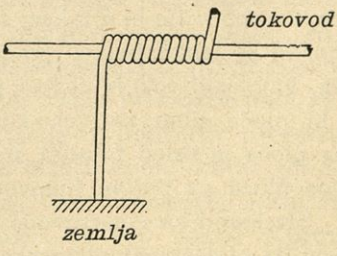
Slika 112.



Strelovod s papirnatim listom.

Strelovodi so za vse prevodnike, naj že prevajajo jake ali slabe toke, v principu jednaki, a seveda priprostejši pri telegrafskih in telefonskih mrežah, kjer imamo opraviti samo s slabimi toki. Tak jednostaven strelovod nam kaže slika 112. Od prevodnika je napeljana stranska žica doli v zemljo. Na jednem mestu je ta stranska žica pretrgana in vdejani sta dve široki kovinski ploči, med katerima se nahaja tanek papirnat, s parafinom napojen list. Slabi telegrafski tok ne more uiti v tla, ker ga zadržuje papirnati list. Če pa trešči v tokovod, poišče zračna elektrika krajšo pot, prodere vsled svoje ogromne napetosti papirnato plast in izgine neškodljiva v zemljo. Mesto papirja zadošča tudi sama zračna plast, samo da sta kovinski ploči dovolj široki, osobito pa če imata mnogo rogljev in ostij.

Slika 113.



Princip vretenastega strelovoda.

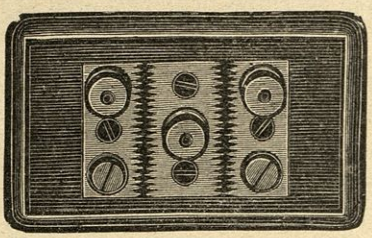
Še jednostavnejšo strelovodno pripravo vidimo v sliki 113. Okoli zračnega prevodnika je konec žice spiralno ovit, a žica je napeljana v tla. Med prevodnikom in spiralo (vretenom) mora biti tenka izolirajoča plast. To se najlažje doseže, ako je vretenasti konec žice s svilo prepleten. Slabi tok ne more skozi svilo v zemljo in gre dalje po elektrovodu, a zračni

električni tok s svojo silno napetostjo jo prodere brez zadržka in steče po kratki poti v tla. V praksi se izdeluje ta strelovod tako, da moremo vreteno vsak hip zamenjati z drugim, kajti po vsakem tresku se izolirajoča plast poškoduje.

Drugi strelovodi uporabljajo ploče z ostmi (nazobčane ploče) za strelovode (slika 114.).

Znano nam je, da električna iskra posebno lahko in rada preskakuje med ostmi. Ako torej jedno zobato ploščo zvežemo s prevodnikom, drugo pa z zemljo, prehaja zračna elektrika čez osti in med njimi se nahajajočo zračno plast od prve ploče na drugo in od tod v tla. Mesto plošč z zobmi in ostmi jemljo tudi rebrate ploče, ki leže z malim presledkom jedna vrh druge. Na ta način so zgrajeni strelovodi na telegrafskih in telefonskih drogovih, stoječih na prosti progi. Na drog se pritrdi dvojnat zvonec od trde gume, ki nosi v svoji glavi dve izolirani kovinski ploči; ob ploskvah, s katerimi sta ploči druga proti drugi obrnjeni, sta rebrnati, a med obema je majhen presledek. Spodnja ploča je v zvezi z zračnim prevodnikom, od zgornje pa vodi v zemljo posebna talna žica. Zračna elektrika gre od prevodnika čez obe ploči in njuno zračno plast po talni žici v zemljo.

Slika 114.



Strelovod z nazobčanimi pločami.

Za jake toke pa ravnokar opisani strelovodi ne zadoščajo. Ko bi namreč take strelovode vdejali v mrežo z jakimi toki, bi se lahko pripetilo, da jih tok sam sežge in uniči. Zgodi se namreč včasih, da ima dinamo-stroj talni stik, to je, jeden njegovih polov dobi vsled slabe izolacije zvezo z zemljo. Če bi v takem slučaju zračna elektrika preskočila v strelovod, bi se lahko pojavil plameneni lok med obema strelovodnima pločama, kajti jaki toki bi uhajali po novi, krajši poti v zemljo. Plameneni lok bi ploče silno razgrel, končno stopil, torej pripravo uničil, kajti talna ploča je vsled talnega stika v zvezi z jednim polom dinamo-stroja, zračna ploča pa potom tokovoda z drugim polom.

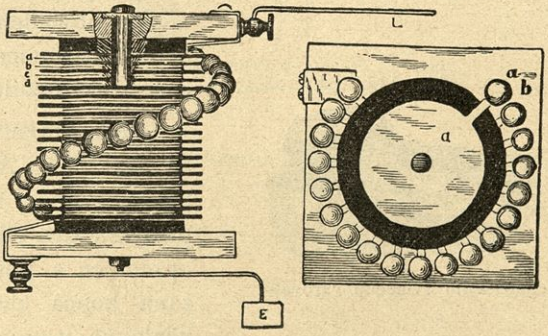
Strelovod za elektrovode jakih tokov mora biti potemtakem tako urejen, da se nastanek plamenenega loka prepreči ali da se plameneni lok vsaj takoj pretrga, če se pojavi. Zgornja ploča je v zvezi s tokovodom, spodnja pa najprej s kotvico posebnega elektromagneta. Iskra skoči iz zgornje ploče na spodnjo, od tod na kotvico, potem okoli elektromagneta in dalje po talni žici, ki vodi od elektromagneta navzdol, v zemljo. Če nastane tedaj vsled plamenenega loka trajen tok proti zemlji,

potegne elektromagnet kotvico k sebi, ta pa sproži posebno utež, ki odtrga spodnjo ploščo od zgornje. S tem preneha plameneni lok; ploči spravimo v prvotno lego nazaj in strelovod je pripravljen za nov tresk.

Na drug način preprečuje prof. Thomson nastajanje plamenenega loka. Sliki 115. in 116. nam kažeta njegov strelovod.

Večje število kovinskih plošč je vznasad naloženo. Plošče so druga od druge ločene z dobro izolirajočimi plastmi. Vsaka plošča nosi navzven kovinski podaljšek, ki ima na koncu kovinsko krogljico. Plošče so tako zložene, da tvorijo krogljice spiralno pot okoli plošč. Krogljice se ne dotikajo druga druge, temveč loči jih mala zračna plast. Iskra atmosferske elektrike lahko skače od krogljice do krogljice in šine v zemljo, a plameneni lok se vsled mnogih presledkov ne more javiti. Tako se brez gibljivih delov, kakoršne ima prej opisani strelovod, na jednostaven in siguren način odpelje škodljivi tok v tla.

Slika 115. Slika 116.



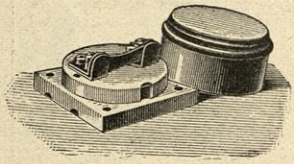
Thomsonov strelovod.

Prevodnikom, katere napeljemo do svetilnic ali do posameznih aparatov v elektrovodni mreži, moramo dati primerne dimenzije, da na jedni strani ne izgubljamo energije in da na drugi strani obvarujemo žice prehudega segrevanja ali celo staljenja. Posebno pri hišnih inštalacijah moramo skrbno paziti, da ne nastane nevarnost za ogenj. A če smo tudi prevodnike pravilno dimenzijonirali, se vendar lahko pripeti, da zajde vanje premočen tok, ki jih uniči in požge. Tak premočen tok se javlja v dotičnem prevodniku osobito tedaj, ako se vanj hipno vtakne manjši upor, kakor pri normalni uporabi. Mislimo si n. pr. tokovodno vejo, namenjeno jedni sami žarnici s 16 normalnimi svečami in zgrajeni za 100 voltov napetosti. Upor pri taki žarnici meri okroglo 200 ohmov, tokova jakost, za katero smo prevodnik izbrali, pa je $^1/_2$ ampèra. Vsled kake pomote naj se sedaj dotakneta oba prevodnika neposredno pred žarnico, tako da ne gre tok več skozi žarnično ogljeno nitko, temveč direktno od jednega tokovoda do druzega. V tem hipu, ko je nastal kratek stik, pade upor elektrovoda, ki napaja žarnico, od 200 ohmov na 1 ali celo na $^1/_2$ ohma,

tedaj na upor, ki ga stavi sam prevodnik brez žarnice električnemu toku. V istem trenotku se torej poveča jakost toka v tej veji za 200- do 400krat. Za toliko tokovo jakost pa žica ni bila preračunjena; posledica je, da se silno segreje in končno stali. Če je bila napeljana po zgorljivih delih, je nevarnost velika, da nastane požar. Vsled tega so neobhodno potrebne posebne priprave, ki elektrovod takoj pretrgajo, ko zajde vanj premočen tok.

V ta namen so izumili zelo jednostavno in sigurno sredstvo, takozvana svinčena varovala. V tokovod se namreč kolikor mogoče blizu onega kraja, kjer se odcepi veja od glavnega prevodnika, vdene košček svinčene žice ali pločevine. Ta svinec je tako umerjen, da teče po njem pri normalni tokovi jakosti — v našem vzgledu pri jakosti $^1/_2$ ampèra — električni tok svobodno dalje. Če pa pride premočen tok, se svinec stali, in toku je pot pretrgana. Ko bi sedaj vdejali nov košček svinca, bi se seveda takoj zopet stalil, dokler ne bi odpravili vzroka prehudemu toku, rekše, dokler ne bi bil odstranjen kratki stik v tem delu naše elektrovodne mreže.

Slika 117.



Jednostavno svinčeno varovalo.

Jednostavno svinčeno varovalo vidimo na sliki 117. Na ploči od dobro osamljajoče tvarine, navadno od porcelana, sta pritrjena dva vijaka, izmed katerih je vsak opremljen s posebnim precepom. Prerezana konca elektrovoda sta zvezana z vijakoma, v precepih pa tiči tanek košček svinca. Okrogel pokrov varuje pripravo proti vnanjim poškodbam.

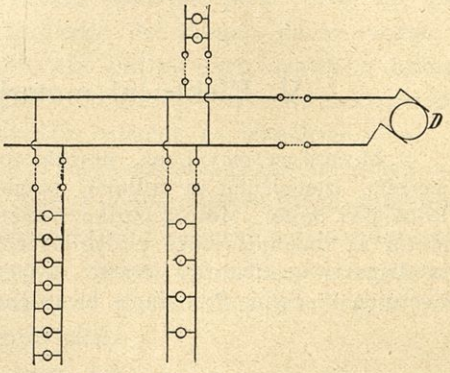
Danes imamo dolgo vrsto različno zgrajenih svinčenih varoval, ki so pa vsa v principu podobna ravnokar opisanemu. Mesto svinca jemljo nekatere tvrdke zlitino od svinca in kositra, druge pa takozvano britania-kovino. Navadno vlagamo v obe žici vsake veje po jedno varovalo. To ne velja samo za veje najbolj zadnje vrste, ampak tudi za veje višjega reda gori do onih prevodnikov, ki se pričnо pri dinamo-stroju, ki pošilja svoj tok istotako najprej skozi primerno svinčeno varovalo. Slika 118. nam kaže šematično, kako so vdejana varovala v elektrovodno mrežo. Pikičaste preme, ki se nahajajo v pričetku vsake veje, pomenijo varnostne svinčene kosce.

Za toke velike napetosti moramo svinčena varovala tako prirediti, da se ognemo plamenenemu loku, ki bi se sicer pojavil pri raztaljenju svinca. V tem slučaju vzamemo daljšo svinčeno žico, ter jo napeljemo okoli porcelanskega mostiča, čez katerega ne more segati nevarni plameneni lok. Svinčena varovala pritrdimo za več vej skupaj na

skupnih deskah, da jih imamo v razpregledu in da jih lahko zamenjavamo z novimi brez velike zamude časa.

V tem poglavju opisani aparati tvorijo glavno opremo vsake elektrovodne mreže. Električni montérji rabijo poleg teh še mnogo druzih priprav, ki so jim neobhodno potrebne pri grajenju, nadzorovanju in popravljanju tokovodov. Taki aparati so n. pr. različni merski instrumenti, s katerimi določajo napake v izolaciji, upore prevodnikov, napetost in jakost toka in uporabo energije, nadalje priprave, s katerimi spoznavajo mer tokov in kakovost polov pri proizvodnikih električne sile, mer silokaznic v magnetnem polju dinamo-strojev i. t. d. Poznanje teh aparatov je važno samo za notranjo službo v elektrarnah, in zato se mi na tem mestu ne bodemo ozirali na nje.

Slika 118.



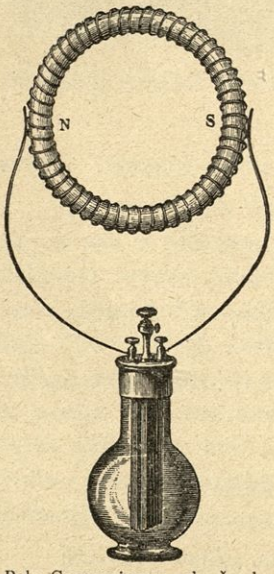
Razvrstitev svinčenih varoval v elektrovodni mreži.

V. Električni motorji in njih uporaba.

Motorji na glavni tok, stranski tok in z mešanimi ovoji. Motorji z istomernim, izmeničnim in vrtilnim tokom. Jacobijev motor. Grüzlov motor. Rotacijski motor. Motorji tvrdke Siemens & Halske. Motorji tvrdke Oerlikon. Motor za izmenične toke tvrdke Ganz & Co. Električni motorji za delavnice, za dvigala, ventilatorje, šivalne stroje, kladiva, vrtalne stroje. Električne železnice in čolni. Prenašanje električne energije.

Pri opisovanju dinamo-električnih strojev smo videli, kako se izpreminja mehanična energija v električno. Obratno pa moremo tudi električno energijo pretvarjati v mehanično. Jake toke lahko vprežemo za proizvajanje mehaničnega gibanja, torej za delo. Vsak magneto-električen ali dinamoelektričen stroj za istomerne toke se namreč lahko uporablja na dva načina. Če njegovo kotvico s primernim naporom ali delom sučemo mimo magnetnih polov, nastajajo v njej indukcijski toki, katere pošiljamo v elektrovodno mrežo; to je prvotni namen dinamo-strojev. Če pa obratno spustimo električen tok v žične ovoje kotvične, potem vplivajo magneti na kotvico z neko določeno silo, in ona se mora pod vplivom teh sil začeti gibati. Ako torej od zunaj spustimo tok v induktorjeve ovoje in v ovoje poljskih magnetov, se mora induktor vrteti.

Slika 119.



Pola Grammejevega obroča dobivata tok iz jednega elementa.

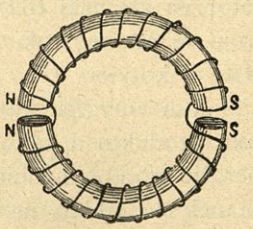
Da bodemo dogodke v motorju boljše in laglje razumeli, oglejmo si še jedenkrat znani Grammejev obroč na sl. 119. (gl. str. 33.).

Ako napeljemo do ovojev tega obroča na dveh diametralno nasproti si ležečih točkah električen tok, se ta tok razcepi v dve veji, izmed katerih gre jedna po zgornji, druga po spodnji polovici obroča. Ker kroži tok okoli

obroča, se pomagnetita obe polovici. Iz prejšnjih navodil vemo, da se obe obročevi polovici v istem smislu polarizirata, kajti tok obkrožuje obe železni polovici v nasprotni meri kakor urni kazalec. Če tedaj obroč prerežemo, ne da bi ovoje pretrgali, kakor kaže slika 120., postaneta leva konca severna pola, desna pa južna pola. Če prerezani polovici zopet združimo, nastaneta na dotičnih mestih jednotna pola, torej na levi severni, na desni južni pol. Tako pridemo do sklepa, da se tvorijo v Grammejevem obroču magnetni poli, ako mu na dveh mestih (v našem vzgledu ležita si te dve mesti diametralno nasproti) dovedemo električnega toka, tako da ležijo ti poli na vhodišču, oziroma na izhodišču toka.

Ako postavimo sedaj na levi in na desni strani obroča poleg nastalega pola nepremičen magnet, bodeta pola nepremičnega magneta odbijala istoimenske pole premičnega obroča; severni pol magneta na levi strani odbija severni pol obročev, dočim ga južni pol magnetov privlačuje; zato se začne z obročem vred vrteti v isto mer kakor urni kazalec. Ker se na desni strani obroča slični dogodki pojavljajo, se obroč tudi vsled teh suče v istem smislu. Z vrtenjem obroča prihajajo vedno novi ovoji na isto mesto, kjer tok vstopa in izstopa. Na teh krajih se delajo potemtakem vedno novi poli, ali kar je jedno in isto, pola obročeva se v prostoru ne premakneta, četudi se obroč vrti.

Slika 120.



Grammejev obroč kot dvojnati magnet.

Ta uredba kaže, da bivajo na motorju jednake razmere, kakor na dinamo-stroju. Oba sta slično zgrajena, dinamo-stroj je preobračljiva mašina.

Ako dinamo-stroj porabimo za motor, se kotvica vrti. Vsaka vrteča se kotvica pa začne proizvajati električne toke. Naš motor deluje torej ob jednem kot dinamo in proizvaja električne toke. Sedaj nastane važno vprašanje, deluje li nastala elektromotorska sila v istem ali pa v nasprotnem smislu kakor električni tok, ki ga dovajamo kotvici motorja. Ko bi delovala oba toka v istem smislu, bi se to-le pripetilo: dinamo-stroj, uporabljen kot motor, bi ob jednem proizvajal tok; ta tok bi šel, ker bi imel z dovajanim tokom isto mer, proti tokorodnemu dinamo-stroju, in bi tega gnal kakor motor. Na tem stroju bi se tedaj kazala še večja množina električne energije. Tako bi se obadva stroja neprestano podpirala v proizvajanju električnega toka, ne da bi bilo treba vnanjega mehaničnega dela. Imeli bi nekak perpetuum mobile — in to nam priča, da ne more biti elektromotorska sila, ki nastane v motorju vsled njegovega vrtenja, jednake meri s tokom, katerega motorju dovajamo. Toka imata nasprotne meri.

Nastala nasprotna elektromotorska sila pa mora biti manjša kakor dovajani tok, kajti tokorodni dinamo in vrteči se motor se obnašata jednako, kakor dva protistaknjena elementa (glej sliko 8. na str. 15.). Ko bi imel dinamo slabšo elektromotorsko silo, kakor motor, bi le-ta pošiljal svojo energijo dinamo-stroju. Protielektromotorska sila je torej manjša, kakor elektromotorska sila dinamo-stroja.

Električni motor, kateremu dovajamo tok, more torej opravljati neko delo. Če zvežemo njegovo os z jermeni, zobatimi kolesi ali na kak drug način z vretenom poljubnega stroja, se vreteno vrti in tako dela elektromotor.

Električni motorji, katere gonimo z istomernimi toki, so zgrajeni kakor dinamo-stroji na stikanje v glavni tok, v stranski tok, ali pa tudi z mešanimi ovoji (glej stran 60. — 67.). Vendar se zadnja vrsta iz važnih vzrokov skoraj nikdar ne uporablja.

Način delovanja je pri vseh teh treh vrstah bistveno jeden in isti, samo da se iz lahko umljivih razlogov pri dinamo-strojih z glavnim tokom vrti kotvica proti ščetem, ako teče stroj kot motor, dočim se motor na stranski tok suče v isto mer, v kateri leže ščeti. Pri prvem stroju se namreč tok obrne v kotvici in v magnetnih ovojih, pri drugem pa le v kotvici.

Vsa energija, katero sprejme motor v jedni sekundi vase, je jednaka produktu iz tokove jakosti in iz napetosti na njegovih polih. To energijo porabi deloma zase, namreč za trenje in za Joule-ovo toploto, ostanek pa oddaja na zunaj kakor delo. Motor torej izvršuje delo, ki je, ako odračunimo ravnokar navedene izgube, jednako produktu iz njegove polarne napetosti, tokove jakosti in hitrosti vrtenja (števila vrtežev). Ako hočemo, da opravlja motor vedno jedno in isto delo, mora ostati ta produkt vedno jednak; če zahtevamo od njega večje ali manjše delo, mora tudi produkt postati večji ali manjši. Ker dovajamo motorjem večinoma toke iz elektrovodne mreže, ki ima stalno napetost, hočemo samo to razmerje opisati.

Pri stalni napetosti napajajočega toka se najbolje obnašajo motorji s stranskim stikom, katere tako gradimo, da je upor v kotvici kolikor mogoče majhen, magnetizem magnetov pa velik Ako je tak motor le malo obremenjen, se mu kotvica tako naglo vrti, in poljski magneti postanejo tako jaki, da hitro naraste elektromotorska protisila v kotvici, ž njo vred pa dobi protitok toliko moč, da skoraj uniči dovajani tok. Po stroju krožijo potemtakem kaj slabi toki in motor sprejema vase le malo energije. Ako pa stroj večje delo opravlja, se zopet zmanjša kotvična hitrost, protitok oslabi, in tok, ki teče skozi motor, postane močnejši. Vsled tega se ojačijo tudi magnetje in tedaj bi protitok še bolj oslabel, ko bi se hitrost kotvice zopet ne povečala. Rezultat

je torej ta, da se število vrtežev pri motorjih na stranski tok skoraj nič ne izpremeni, če tudi je stroj različno obremenjen in če tudi opravlja različno težka dela; po kotvici in po magnetih pa krožijo toki različne, in sicer tem večje jakosti, čim težje je strojevo delo. Iz tega sledi najprej, da vzame motor vedno le toliko energije iz tokovodne mreže, kolikor je za svoje delo potrebuje. Če izvršuje samo polovico dela, porabi tudi samo polovico energije, ne oziraje se na ono množino toka, ki jo potrebuje za trenje in toploto.

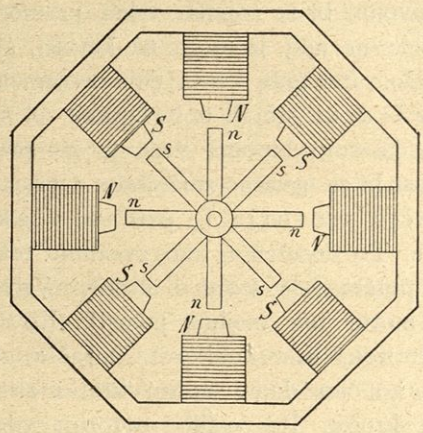
Ako imajo elektromotorji v kotvici majhen upor, pojavljajo se pri vtikanju v tokovo mrežo razne neprilike. Recimo, da znaša upor v kotvici 1 ohm in da je motor vdejan v dva prevodnika, ki imata 100 voltov naponske razlike; tedaj bi šel v prvem hipu tok z jakostjo 100 ampèrov skozi žične ovoje. Kotvica bi se sicer začela takoj vrteti, in če tudi bi protitok hitro znižal jakost toka v ovojih, bi se vendar vsled premočnega začetnega toka poškodovale žice in njih izolacija na kotvici, ali stopilo bi se vsaj svinčeno varovalo. Pa tudi, ko bi dali ovojem in svinčenim koscem tolike dimenzije, da bi se ne stopili in ne zgoreli, bi se takoj poznalo v elektrovodni mreži, da smo hipoma vzeli iz nje preveliko množino toka in njena napetost bi se nevarno zmanjšala. Opisane razmere zahtevajo, da osobito večje motorje le počasi vtaknemo v elektrovodno mrežo. To dosežemo, ako prisilimo tok, da preleti najprej poseben upor, a potem šele stopi v motor. Vsled predloženega upora pride potem v motor tok majhne jakosti. Ko se začne kotvica sukati, javlja se protitok, in v kolikor ta narašča, za toliko zmanjšujemo predloženi upor, končno damo uporu kratki stik, in motor se nahaja sam v tokovem krogu. Pri večjih motorjih vdevamo torej najprej magnete in ravno tako kotvico le polagoma v elektrovodno mrežo.

Z istomernimi toki moremo tedaj brez posebnih težav in precej jednostavno proizvajati delo. Drugače pa je z izmeničnimi toki. Do leta 1888. so se sploh vsi poskusi, tudi izmenične toke za delo uporabiti, izjalovili, in zato se te vrste toki niso mogli tako zmagovito razširjati, kakor njih tekmec, istomerni tok. Imenovanega leta pa se je posrečilo zgraditi dobre motorje tudi za izmenične toke, in od tedaj se je povzpela njih veljava do poprej nepričakovane višine.

Na prvi pogled bi se moral tudi vsak dinamo-stroj za izmenične toke brez posebnih priprav dati uporabljati kot motor; kajti mer vrtenja električnega motorja ni zavisna od meri toka, ki se mu dovaža. Ako se tok obrne, izpremeni kotvica pač svoje pole, a ob jednem jih izpremene tudi poljski magnetje, tako da se privlačevanje in odbijanje zopet na istih mestih vrši, kakor poprej. Vsak električen motor moremo torej tudi goniti z izmeničnimi toki, a delo njegovo bode v tem slučaju

izdatno manjše, kakor pri motorjih, katerim dovajamo istomerne toke. V masivnih železnih jedrih poljskih magnetov proizvaja namreč izmenični tok, krožeč po njihovih ovojih, indukcijske toke, ki močno slabe energijo toka. Vrh tega gre veliko tokove energije v izgubo pri pomagnetovanju elektromagnetov. Ta izguba se sicer pojavlja tudi pri magnetih dinamo-strojev za istomerne toke, a samo jedenkrat in v začetku delovršbe, dočim se mora pri izmeničnih tokih pri vsaki menjavi tokove meri uničiti prejšnji magnetizem in izvršiti novo pomagnetenje. Delo, ki porabljamo za to pomagnetovanje, se ne prikazuje v tuljavah kot tok, temveč javlja se v železnem jedru kot toplota, ki na nevaren način povečuje ono toploto, ki biva tam že vsled indukcijskih tokov. Končno bi nastala tolika vročina, da bi se ovoji pokvarili in uničili.

Slika 121.



Princip sinhronskega motorja za izmenične toke.

Toploto, katero provzročujejo indukcijski toki, sicer lahko zmanjšamo, ako železno jedro na sličen način razkosamo, kakor smo to storili pri kotvicah dinamo-strojev. A tudi taki motorji imajo tolike neprilike, da se niso mogli vzdržati poleg pripravnega in sigurnega motorja z istomernimi toki Stoprav iznajdba takozvanih sinhronskih ali istočasnih motorjev je odpravila te nedostatke.

Da bodemo princip sinhronskih motorjev razumeli, oglejmo si sliko 121. Na njej vidimo osmerokotni elektromagnet z osmerimi poli, ki se zaporedno menjavajo, tako, da sledi vsakemu severnemu polu *N* južni pol *S*. Sredi teh polov se vrti kolo, imajoče osem jeklenih magnetov za prečke. Njih neizpremenljivi severni in južni poli so zaznamenovani s črkama *n* in *s*. Spustimo sedaj v elektromagnet izmeničen tok. S črko *N* zaznamenovani poli postanejo jeden hip severni poli, a v prihodnjem trenotku izpremene svojo polariteto in so južni poli, takoj zatem so vnovič severni in južni poli i. t. d. Jednako ritmično menjavanje se vrši na polih, zaznamenovanih s črko *S*. Med tem menjavanjem polov osrednje kolo malo poženemo, da se začne vrteti. Ko se nahajajo severni poli kolesa ravno nasproti hipno nastalim severnim polom elektromagneta, in istotako

južni poli kolesa nasproti istoimenskim polom elektromagneta, je naravno, da se istoimenski poli odbijajo; vrtenje kolesa se vsled tega pospeši in to tembolj, ker bližnji prijateljski poli vsako prečko privlačujejo.

Komaj se je pa kolo nekoliko zasukalo, se menjajo poli elektromagneta. Oni poli, ki so poprej prečke privlačevali, jih sedaj odbijajo in obratno oni, ki so jih odbijali, jih privlačujejo. Nadaljnje gibanje je sedaj zavisno od tega, kako daleč so se prečke premaknile pri menjavi polov. Ako so prečke dospele ravno do polov, ki so bili poprej raznoimenski ž njimi, jih ti poli odbijajo; ker pa prečke vsled svoje vztrajnosti same prekoračijo sovražne pole, jih poli zopet pode dalje v smislu prvotnega vrtenja ter jih ženejo proti vsakteremu sosednjemu istoimenskemu polu, ki jih privlačuje k sebi. Kolo se potemtakem hitreje vrti, kakor poprej. Prečke dospejo že pred novo menjavo do istoimenskih polov, vsled svoje vztrajnosti bi bežale še dalje čez te pole, a privlačna sila poslednjih jih ne pusti dalje. Še le, ko se poli zopet menjajo, postanejo prečke proste in se pregibljejo dalje. Iz opisanega sledi, da se hitrost prvotnega pospeševanega vrtenja polagoma zmanjšuje, dokler ne dobi kolo tolike hitrosti, da dospe vsaka prečka ravno v istem trenotku pred raznoimenski ali prijateljski pol, ko se ta izpremeni v istoimenski ali sovražni pol.

Umevno je torej, da pojema vrtenje kolesa, če je hitrost njegova večja, kakor hitrost izmene polov na elektromagnetih. Mogoč je pa tudi nasprotni slučaj, da prečka še ni prišla do novega pola, dočim se je p. epolarizacija na njem uže izvršila. Sedaj se suče proti sovražnemu polu, ki ga odbija in mu hitrost zmanjšuje. Prečka je tedaj v prvem delu svoje poti hitela, in sicer pospeševano proti prijateljskemu polu, a preden ga je dosegla, se je le-ta izpremenil v sovražnega, odbijalnega. Sedaj je odločilno, kateri učinek je večji, pospeševalni ali odbijalni. Če je bila prečka že prav blizu prijateljskega pola, ko se je izmena vršila, zmaga pospeševalna sila nad odbijalno; posledica je, da dobi kolo pri vsaki menjavi nekoliko nove pospešbe in da se hitreje in hitreje vrti, dokler se ne ujemajo lege prečk z menjavanjem polov. Ko se to zgodi, se kolo istomerno dalje giblje. Ako pa je prečka na svoji poti proti prijateljskemu polu bila še preveč oddaljena od njega, ko se je ta izpremenil v sovražni pol, mora odbijalna sila njegova nadkriljevati prejšnjo pospešbo, in vrtenje postaja vedno počasneje, dokler kolo ne obstane.

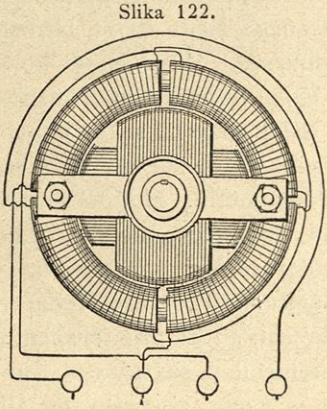
Iz navedenega sledi, da morata imeti kolo in izmena polov na elektromagnetih vsaj približno jednako hitrost. Oba faktorja morata se izpreminjati istočasno, sinhronsko. Ko se je istočasnost dosegla, ostane kolo v svoji hitrosti; če tudi morebiti vrtenje kolesa na ta ali oni način ovremo, se sinhronizem v kratkem zopet ustali; če pa je ovira prevelika, in če postane vrtenje prepočasno, mora kolo obstati.

Ti sinhronski motorji za navadne izmenične toke, imajo dvojno napako: sami ne morejo priti v tek, ampak treba jih je zagnati, a če jim naložimo preveliko breme, ga ne zmagajo in se kmalu ustavijo.

Temu velikemu nedostatku so prišli elektrotehniki kmalu v okom. Posrečilo se jim je najprvo zgraditi jako prikladne motorje za vrtilne toke, a v najnovejšem času tudi za navadne izmenične toke, pri katerih odpade zahteva istočasnosti, ž njo vred pa tudi ravnokar navedene hibe sinhronskih motorjev za izmenične toke.

Ferraris in Tesla sta najprva pokazala, kako moremo dvoje ali več izmeničnih tokov različne faze, torej takozvane mnogofazne ali vrtilne toke (str. 58.) uporabljati za proizvajanje mehanične energije. Uže Tesla je zgradil tak motor, a splošno so prišli še le v veljavo, ko sta leta 1891. «Splošna električna družba» v Berolinu in strojna tvornica «Oerlikon» po tem sistemu jela izdelovati motorje za vrtilne toke.

Slika 122.



Princip Teslinega motorja.

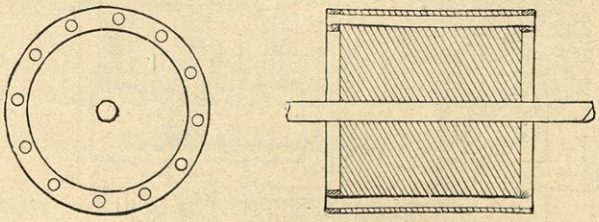
Na strani 56. in dalje smo videli, da se magnetna igla sredi železnega obroča, okoli katerega sta primerno izpeljana dva raznofazna izmenična toka, neprestano vrti, in čuli smo tam, da moremo magnetno iglo nadomestiti tudi s palico nemagnetnega železa ali celo z drugimi nemagnetnimi kovinami. Nemagnetno železo se vsled indukcije pomagneti in, ko se obročevi poli dalje premikajo, vlečejo za seboj pole železa, in palica se vrti. Tedaj pa ni potreba, da bi se železni kos sinhronsko sukal z obročevimi poli, kajti če se ti hitreje vrté, nego železna palica, stopi čez nekoliko časa na mesto severnega pola, ki je pomagnetil jeden konec železne palice, južni pol; v istem hipu se pa dotični železni konec prepolarizira in zameni svoj pol; konec, ki je dosedaj sledil severnemu polu, sledi dalje južnemu polu, ki se pa v istem smislu vrti, kakor prej severni pol.

Ako hočemo na podlagi teh pojavov zgraditi motor, nadomestimo magnetno iglo, oziroma železno palico z železnim cilindrom, ki se vrti sredi obroča, a okoli cilindra navijemo več križajočih se žičnih ovojev, in sicer tako, da je vsaka tuljava sama v sebi sklenjena. Slika 122. nam kaže šematično uredbo, kakoršno je dal Nikolaj Tesla svojemu motorju za mnogofazne toke. Da je podoba bolj jednostavna, sta narisani sredi obroča samo dve pravokotno druga na drugi stoječi tuljavi. Železno jedro sredi obroča je lahko navito kakor Grammejev

obroč, ali pa kakor bobnasti induktor. Tako kotvico kaže slika 123. v podolžnem prorezu in čelni ploskvi. Tik pod cilindrovim plaščem opazimo več okroglih kanalov. V te kanale vložimo bakrene žice ali pa masivne bakrene palice, katere zvežemo na čelih cilindra z bakrenimi pločami ali bakrenimi obroči. V žicah nastanejo vsled indukcije obročevih polov indukcijski toki, in kotvica se začne zaradi vzajemnega delovanja med poli in toki vrteti; sukala bi se celo tedaj, ko bi ne imela nikakih žičnih ovojev, kajti nastali bi v njej Foucaultovi toki, katere bi poli privlačevali. Vendar pa rajše ovijemo kotvico z bakrom, da predpišemo indukcijskim tokom, ki so v bakru seveda močnejši, nego v železu, določena in ugodnejša pota.

Pri teh motorjih ima torej kotvica ovoje, ki se sami v sebe končujejo. Zato ne potrebuje kotvica niti kolektorja, niti drsalnih obročev in ščetij, katere mora imeti vsak motor za istomerne toke. Toke v vrteči se kotvici inducirajo neposredno toki v nepremičnih delih stroja. To je neprecenljiva prednost motorjev za mnogofazne toke, kajti kolektor in ščeti so najbolj občutljivi del na na vsaki mašini.

Slika 123.



Bobnasta kotvica za motor z vrtilnimi toki.

Ko začne motor za mnogofazne toke teči, torej v pričetku dela, porabi jako veliko toka, in sicer deloma zaradi malega upora in neznatne samoindukcije v nepremičnih ovojih, deloma pa zaradi tega, ker proizvaja tok zelo močne indukcijske toke v kotvici. Da ne vzamemo v začetku preveč toka iz mreže, ob jednem pa ne oviramo gonilne sile motorjeve, ne smemo vdejati navadnega upora, kakor smo to naredili pri motorjih za istomerne toke, temveč opremiti moramo kotvične ovoje s posebnim uporom, ki ne sme imeti nikake samoindukcije. Tak upor napravimo, ako dobro izolirano žico na sredi upognemo, potem pa jo tako okoli tuljave navijemo, da ležita obe polovici vedno druga poleg druge. Naravno je potem, da teče tok v dveh sosednih žicah vedno v nasprotno mer in da se mimobežni toki (str. LVIII.) v posamičnih ovojih uničujejo. Tuljave, ki so tako navite, zovemo bifilarno navite ali tuljave brez indukcije.

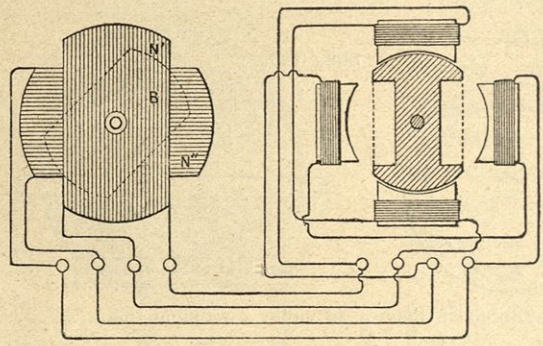
Tak upor torej vtaknemo v kotvične ovoje. A da se more to zgoditi, treba je zopet napeljati dotične ovoje do posebnih drsalnih

obročev na vretenu, na katerih drsajo ščeti. Iz teh vzrokov gradijo velike motorje, pri katerih se porabi dokaj toka, vendar le z drsalnimi obroči in ravnokar opisanim uporom.

Način, kako je pri mnogofaznih motorjih zvezan tokorodni ali primarni stroj z delavno ali sekundarno mašino, predočuje šematična slika 124. Na desni strani se nahaja primarni stroj, ki ima štiri inducirane tuljave, med katerimi se vrti inducirajoči magnet. Po dve diametralno nasprotno stoječi tuljavi sta med seboj in s pripadajočim, do motorja vodečim tokovim krogom zaporedno staknjeni. Inducirajoči magnet kaže podobo dvojnatega *T*.

Pri tem dvofaznem zistemu so uporabljeni štirje prevodniki, kar je vsekako neprilično, osobito pa za dolge tokovode in za jake toke. Tesli se je kmalu posrečilo odstraniti jedno žico in uporabiti tretji prevodnik kot skupno pot za vračajoče se toke. Tudi trofazne toke moremo napeljavati samo po treh žicah. Pri trofaznih tokih je valj druzega toka za jedno tretjino, valj tretjega toka za dve tretjini cele valjeve dolžine premaknjen nasproti valju prvega toka. Tok 2 ima tedaj ravno svoj pričetek ali vrednost ničle, ko je tok 1 že prekoračil najvišjo jakost in začel pojemati; tok 3 gre skozi ničlo, ko je tok 2 na isti fazi, kakor je bil ravnokar tok 1, ki se zdaj nahaja v dolini valja in se bliža najnižji vrednosti v tej dolini. Tako je mogoče prenesti vse te toke v tri prevodnike, kajti pozitivni tok 1, ki hiti skozi prvi prevodnik, se lahko po drugem ali tretjem ali pa po obeh prevodnikih vrača nazaj tako, da vsi trije toki soglasno delujejo.

Slika 124.



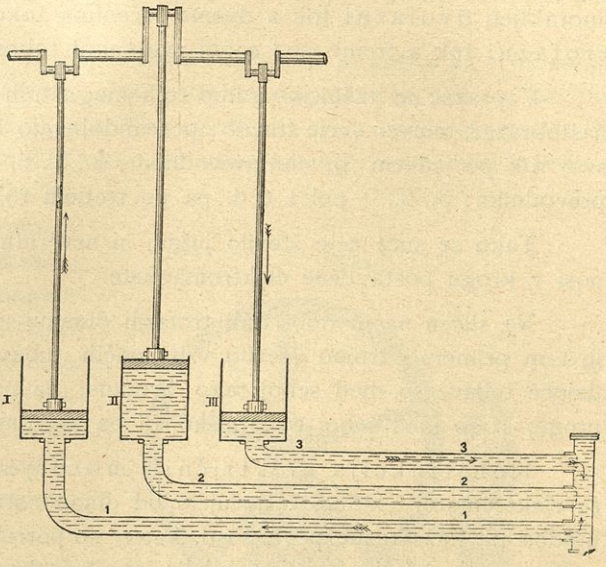
Zveza Teslinega motorja z dinamo-strojem za izmenične toke.

Te razmere naj nam pojasni slika 125., na kateri vidimo tri sesaljke, gnane od skupnega vretena, na katerem pa imajo ročice tako lego, da je vsaka proti prejšnji za 120° presukana. Vsaka sesaljka je brez ventila in v zvezi s cevjo, ki je končno napeljana v skupno vertikalno cev.

Ako se bat jedne sesaljke, recimo številke I., gori in doli premika, potem je očividno, da bode bat vodo, ki napolnjuje ves sistem,

jedenkrat potisnil navzdol in jo tlačil po cevi 1 dalje, drugi pot pa jo bode dvignil kvišku, da bode tekla po cevi v nasprotno mer. Če tlačita jedna ali dve sesaljki vodo v pripadajoče cevi, srkata ostali dve ali ostala tretja ono vodo vase. Ker vsaka sesaljka premenjema tlači in srka, in ker vse sesaljke zapored svoje delo opravljajo, se po vsaki cevi pretaka sem ter tja idoč vodni tok, in čas, ko se tok v jedni cevi obrne iz jedne meri v nasprotno, je pri cevi 2 za jedno tretjino vretenovega vrteža, pri cevi 3 za dve tretjini vrteža oddaljen od onega časa, v katerem se je tok obrnil v cevi 1.

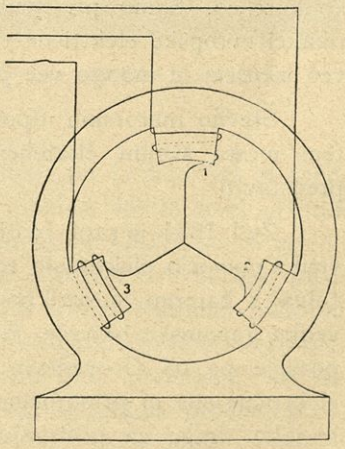
Slika 125.



Trofazna sesaljka.

Trofazne toke lahko celó z navadnimi dinamo-stroji proizvajamo, ako na Grammejevem obroču posamične tuljave tako staknemo, kakor smo to že videli na sliki 50. str. 58. Dobljene toke vodimo po treh prevodnikih do elektromotorja s tremi elektromagneti (glej sliko 126.). V določenem trenotku je pri številki 1 severni pol, dočim sta pri 2 in 3 južna pola; magnetna os leži torej v vertikalni premi. V prihodnjem trenotku je tuljava 2 brez toka, in imamo samo jeden severni in jeden južni pol; magnetna os se je premaknila dalje v smislu urnega kazalca od 1 proti 2. Kmalu potem je tuljava 1, ki je sicer še severni pol, že jako oslabljena, tuljava 2 postaja severni pol, tuljava 3 pa je južni pol v polni jakosti; magnetna os leži torej

Slika 126.



Obrazec trofaznega motorja.

na sredi med 1 in 2 proti 3. Nato postane tuljava 1 nemagnetna, pol 2 se bliža svoji največji jakosti, a pol 3, ki je sicer vedno še južni pol, sedaj ponehuje; magnetna os gre tedaj od 2 do 3. To se ponavlja, in magnetna os se suče kakor urni kazalec na okoli. Razlika med prvotnim Teslinim motorjem in ravnokar opisanim je le ta, da je tam uporabljen dvofazni tok z dvema ločenima tokovima krogoma, tu pa trofazni tok s tremi med seboj zvezanimi tokovimi krogi.

V praksi ne vzamemo samo treh magnetnih polov, kakor jih kaže naš obrazec, temveč večje število; potem dobivajo 1., 4., 7., 10. pol i. t. d. svoj tok po jednem (prvem) prevodniku; 2., 5., 8. pol i. t. d. po drugem prevodniku; 3., 6., 9. pol i. t. d. pa po tretjem tokovodu.

Tako se suče celo število južnih in severnih polov na obroču, ki nosi v krogu postavljene elektromagnete.

Na sličen način dobi tudi trofazni dinamo-stroj večje število polov in tem primerno trojno število vzbujajočih tuljav; druga k drugi spadajoče tuljave so med seboj tako zvezane, da nastanejo tri vzbujajoče proge, ki so med seboj trikotniško ali pa zvezdasto staknjene.

Konstrukcija električnih motorjev. V električnem oziru se elektromotorji komaj razločujejo od dinamo-strojev. Njih mehanična uredba pa kaže razne posebnosti, katere so potrebne z ozirom na namen motorjev. S početka so uporabljali navadne dinamo-stroje za motorje, a počasi so se razvile posebne tipične oblike zanje. Da so v grajenju motorjev v prvih časih Amerikanci nadkriljevali evropske elektrotehnike, je lahko umevno, a danes naše tvrdke uspešno tekmujejo s prekmorsko konkurenco. Samo pri električnih železnicah prekašajo morebiti Amerikanci evropske električne tvrdke, kajti tam imajo v tem oziru mnogo več izkušenj in mnogo več prilik za odlikovanje.

Število motorskih tipov je danes jako veliko in zato moremo na tem mestu svojim čitateljem le nekatere važnejše opisati in v sliki predstaviti.

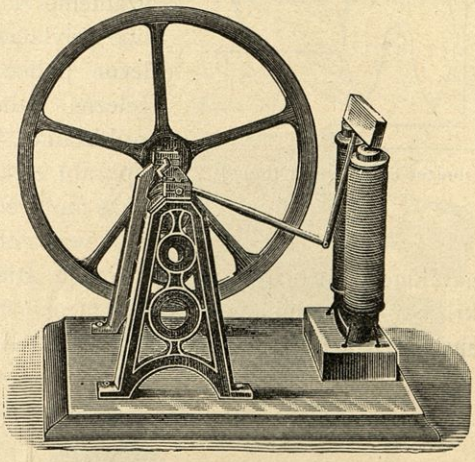
Že l. 1834. je prof. Jacobi v Petrogradu zgradil stroj, kateri se je vrtil s pomočjo električnih tokov. Vrtečo se kotvico je zvezal s kolesom čolna, s katerim je vozil po reki Nevi. Tok je dovažal svojemu stroju od velike galvanske baterije, ki je imela 320 elementov od cinka in bakra, pozneje pa 64 Grove-jevih elementov. Jasno pa je, da taka uporaba električne sile ni priporočila vredna, kajti v bateriji se sežiga cinek, ki je jako drag; za proizvajanje električne energije, od katere je efekt zavisen, porabimo namreč toliko cinka, da nas delo približno 13krat toliko stane, kakor če bi sežigali oglje. Zato je pač bolje čoln goniti s paro, kakor z galvanskimi baterijami.

Vsekako pa je Jacobijev poskus bil jako zanimiv in je postal temelj za dosedanjo, na tako sijajni višini stoječo panogo elektrotehnike za pretvarjanje električne energije v mehanično.

Le iz zgodovinskega zanimanja predstavimo svojim čitateljem par takih priprav iz prvotne dôbe električnih motorjev. Slika 127. nam kaže Grüelov motor.

Na štirioglati ploči stojita elektromagneta, ki nosita na vrhu svojih polov podolgovato kotvico. Poleg elektromagnetov je pritrjen na posebnem stojalu zamašnjak z ročico, od katere vodi ojnica do palice, ki moli od kotvice navzdol. Dokler je zamašnjak pri miru, leži kotvica z jednim samim robom in poševno na polih elektromagnetov. Ko spustimo tok skozi ovoje, potegne elektromagnet kotvico še bolj k sebi, tako da se le-ta z vso svojo spodnjo ploskvijo uleže na pola in popolno po koncu postavi. Vsled tega se je zamašnjak zavrtil. V prikladnem momentu prekine na zamašnjakovej osi sedeče prekidalo tok, a zamah kolesni postavi kotvico v prvotno poševno lego; v tem hipu sklene prekidalo zopet tok, ki kotvico vnovič vzravna in zamašnjak vnovič zažene.

Slika 127.



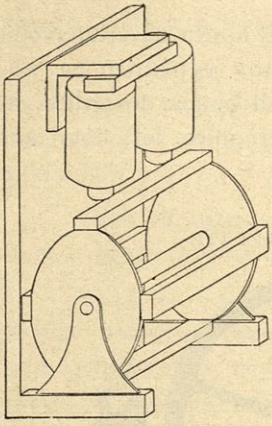
Grüelov električni motor.

Pri tej primitivni pripravi pretvarjamo tedaj sem in tja idoče gibanje v vrteče se gibanje. Veliko bolje pa bi bilo, ko bi neposredno mogli proizvajati samo vrteče se gibanje, ko bi torej zgradili motor, ki nima premočrtno se premikajočih delov. Kako se to zgodi, vidimo na sliki 128. Na horizontalni osi sta pritrjeni dve okrogli ploči od medenine. Periferiji teh plošč sta zvezani s štirimi železnimi palicami v jednakih razdaljah. Nad tem valjem stoji elektromagnet in sicer tako, da se železne palice prav tesno pod njegovimi poli premikajo, ako se os s pločama in železnimi palicami vrti. Z osjo je zvezano posebno p r e k i d a l o, katero opazimo na sliki 129.

Prekidalo ima nalogo, da pravočasno tok, ki vzbuja elektromagneta, prekine in stakne. Tok mora namreč teči po elektromagnetih toliko časa, dokler se nahaja železna palica v oni osmini vrteža, ki leži neposredno

pred poli elektromagnetov, torej ravno pred vertikalnim premerom vrtečega se valja. V onem hipu pa, ko pride železna palica ravno pod pole elektromagnetov, pretrga prekidalo tok; sedaj se vrti valj vsled lastne vztrajnosti dalje in palica prekorači magnetne pole. Ko je prišla palica za jedno osminko vrteža naprej, stopi prihodnja železna palica v prej označeno osminko vrteža pred elektromagnetoma. V tem trenotku zveže prekidalo elektromagneta s tokom in ta potegneta, oziroma zavrtita to palico k svojima poloma; potem se ponavlja poprej opisani prizor in valj se vrti neprestano.

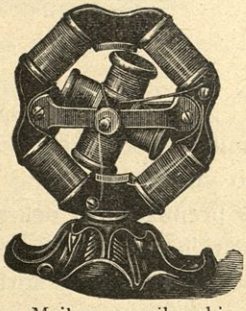
Slika 128.



Obrazec električnega rotacijskega motorja.

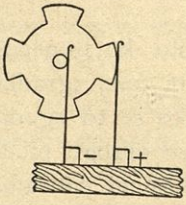
Mesto jednega para elektromagnetov pa vzamemo lahko štiri pare, tako da deluje privlačna sila istočasno na vse štiri železne palice. Še boljše je, ako zamenjamo železne palice z elektromagneti. Tako se približamo boljšim konstrukcijam in širši uporabi električnih motorjev. Slika 130. nam kaže motorček te vrste. Njegov poljski magnet ima venčasto železno stojalo, na katerem so nataknjene štiri tuljave, ki tvorijo štiri pole. Kotvica sestoji iz štirih križasto pritrjenih magnetov z menjajočimi poli. Komutator na osi preskrbuje izmeno toka, da se kotvica začne vrteti.

Slika 130.



Majhen amerikanski motor.

Slika 129.



Obrazec prekidala pri rotacijskem motorju.

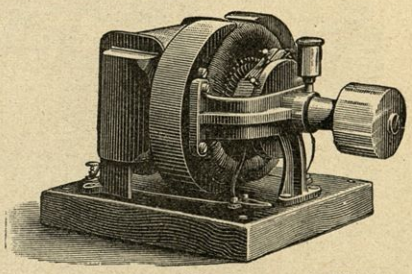
Taki mali motorji s komutatorjem se rabijo le za male poskuse, a za večje sile niso priporočljivi, ker so njih izgube na električni energiji prevelike. Zato gradimo rajši motorje, pri katerih je uporabljen Grammejev obroč, torej v obče motorje, ki so obrnjeni dinamo-stroji. Tak motor za manjše sile je upodobljen na sliki 131. Izdeluje ga tvrdka Siemens & Halske, ki je v Evropi prva jela izdelovati motorje za istomerne toke. Naslikani motor ima horizontalen elektromagnet, noseč srpasto zavita pola. Ta srpasta polarna črevlja objemata krožni prostor, v katerem se vrti kotvica, imajoča uredbo Grammejevega obroča. Njeno

vreteno leži zadaj na elektromagnetu, spredaj pa na locnju, ki je utrjen na polarnih črevljih. Široki in močni kolobar spredaj na vretenu nosi jermen, ki vodi do stroja, katerega hočemo z motorjem goniti.

Velike zasluge v grajenju elektromotorjev si je pridobila tudi že imenovana švicarska strojna tvrdka «Oerlikon», ki je zaslovela s svojimi, osobito za velike sile namenjenimi motorji. Znan tip te tvornice je motor, katerega vidimo na sliki 132. Tudi ta motor ima več polov in kotvico z Grammejevim obročem. Namenjen je, kakor njegovi predniki, za istomerne toke.

Motor za izmenične toke, kakoršnega je na podlagi prej opisanih principov na svetovni trg z velikim uspehom in še večjo reklamo spravila ogrska tvrdka Ganz & Co., ima obročast poljski magnet z mnogimi poli, ki vsled izmeničnega toka neprestano menjavajo svojo polariteto. Sredi njih se nahaja kotvica, pri kateri so magneti razvrščeni kakor prečke na kolesu. Za vzbujanje teh vrtečih se magnetov potrebujemo istomernih tokov. Te bi lahko dobili od posebnega malega dinamo-stroja za istomerne toke, a zanj bi potrebovali poseben motor, ali bi pa morali postaviti posebno akumulatorsko baterijo za vzbujanje kotvice. Temu se je imenovana tvrdka tako izognila, da je odcepila od vzbujevalnega izmeničnega toka posebno vejo in njen tok s komutatorjem pretvorila v istomerni tok, ki more magnete vzbujati. V ta namen je pritrjen na vretenu poseben komutator, ki v tuljave poslani tok vselej obrne, kadar izpremeni vzbujajoči tok svojo mer; tako ostane mer toka v magnetnih tuljavah vedno jedna in ista. Komutator se mora torej z izmeno toka istočasno vrteti, kar seveda ni težavno, ker teče motor sinhronsko z menjavanjem tokove meri.

Slika 131.



Majhen motor tvrdke Siemens & Halske.

Ker je pri sinhronskem teku hitrost vrtenja zavisna samo od števila tokovih menjav, se hitrost vrtenja ne izpremeni, če tudi goni motor različna bremena; uporaba toka je sorazmerna z delom. Učinek motorjev tvrdke Ganz & Co. znaša približno 80% uporabljene električne energije.

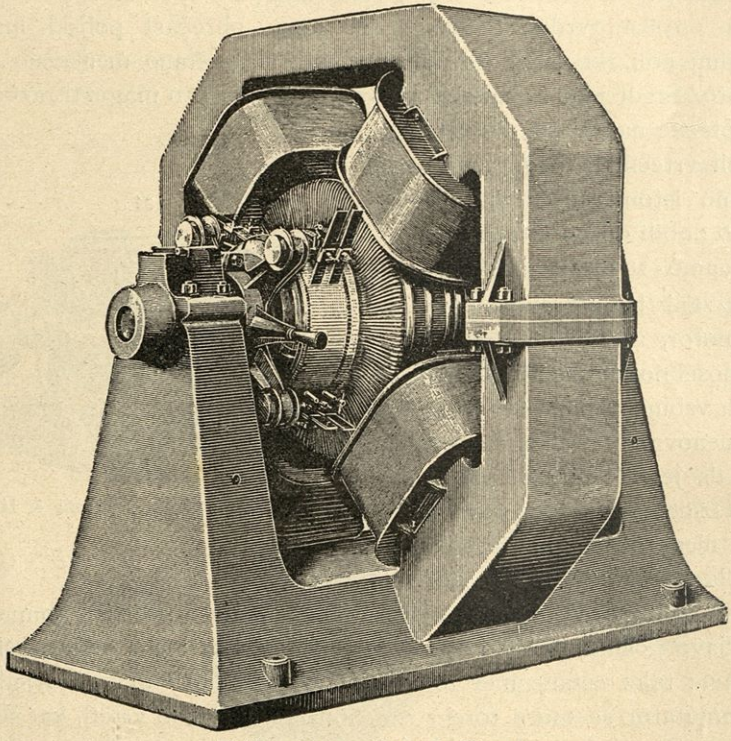
Ganzove motorje lahko vtaknemo brez vsakih priprav v vsako elektrovodno mrežo z izmeničnim tokom; za manjše motorje transformiramo tok na nizko napetost, a pri večjih motorjih, kjer lahko skrbimo za razne varnostne naredbe, posežemo neposredno po toku velike napetosti, kakoršen kroži po glavnih delih elektrovodne mreže.

Slika 133. predstavlja motor, ki je zgrajen za trofazne toke. Inducirajoči magnetje se pri tem tipu vrte; toke jim dovažamo po drsalnih obročih.

Uporaba električnih motorjev.

Komaj je preteklo deset let, odkar so električni motorji jeli zmagovito tekmovati z drugimi gonilnimi stroji, in že so se tako vsestransko udomačili, da jih danes nahajamo skoraj že pri vseh strokah

Slika 132.



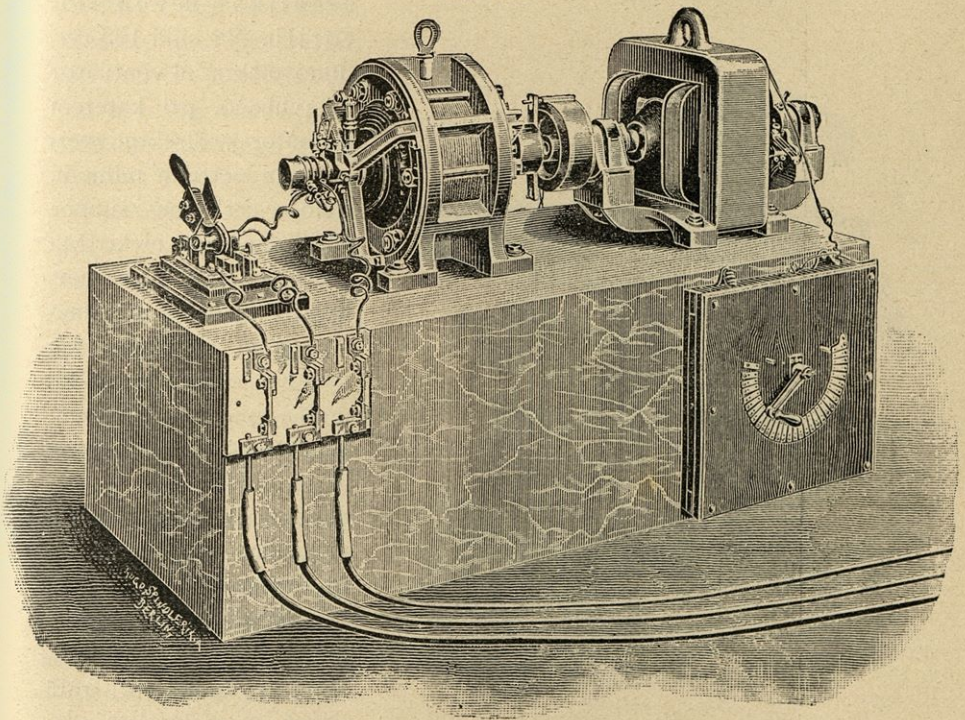
Velik motor tvrdke «Oerlikon».

industrije in obrta. Njih uporabnost osobito v delavnicah, kjer potrebujemo le male sile, je tolika, da za mnogo slučajev nimajo danes električni motorji nikakega konkurenta.

V delavnicah so električni motorji posebno tam na svojem mestu, kjer vsled nevarnosti zaradi ognja, vsled težav pri temelju, ali vsled pomanjkanja prostora ne moremo postaviti parne mašine ali plinovega motorja, v prvi vrsti pa tam, kjer se uporaba sile vsak hip menjava

in kjer podjetje ne dopušča nastavljati posebnih strojnikov in paznikov. Tak obrt je n. pr. tiskarniški obrt; pri njem se električni motorji izborno obnašajo, in na tem polju se njih uporaba širi od dne do dne. Kot motor za neznatne sile, n. pr. za $^1/_8$, $^1/_2$ konjske sile je naš stroj ogromnega pomena za male obrtnike. Strugar pritrdi motor na svoji stružnici, čevljar in krojač ga postavita pod mizico šivalnega stroja, in celo slabotna šivilja, ki je poprej ves dan gonila svoj stroj z nogo in si kvarila zdravje, posega po malem elektromotorju in nadomešča

Slika 133.



Trofazni motor.

svoje telesne sile na jednostaven način in dober kup. Slika 134. kaže kako je šivalni stroj zvezan z električnim motorjem, ki se nahaja pod mizico na levi strani nad strojevim zamašnjakom.

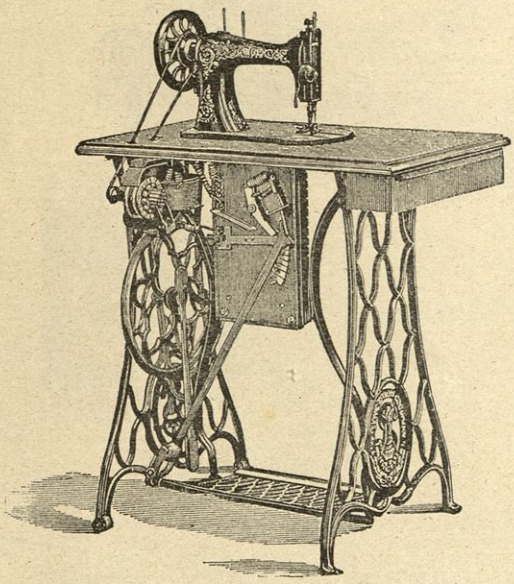
A ne samo mali obrtnik, temveč tudi večje tvornice nadomeščajo danes prejšnje gonilne sile z električnimi. Velik nedostatek pri vsaki večji delovršbi so posredovala in razne transmisije, ki prenašajo silo od gonilnega stroja do delavnih mašin. Namesto teh dragih, čestokrat nevarnih in velik del sile použivajočih priprav napeljujemo električno energijo po

neznatnih, komaj vidnih prevodnikih v posamezne delavnice, ali celo do posamičnih delavnih strojev, na katerih so pritrjeni primerni elektromotorji. S tem se ognemo vsem izgubam, vsem nevarnostim in vsemu šumu, ki jih provzročujejo navadna posredovala in njih jermenovje.

Posebno pripravni so električni motorji za razna dvigala, ki vlečejo bremena kvišku in jih spravljajo z jednega mesta na drugo. Električni žrjavi in električni vitli so že mnogo razširjeni po delavnicah in skladiščih. Hoteli dvigajo svoje goste s premičnimi stoli («lift»), iz nadstropja v nadstropje, a gonilno silo zanje jim daje električni tok.

Električno energijo uporabljajo nadalje z velikim uspehom pri sesaljkah in ventilatorjih. Na sliki 135. vidimo električni ventilator ali pihljačo, pri katerem je motor v direktni zvezi z malim vetrnim mlinom. Celo v cerkvene namene služi danes že električna energija, in v raznih cerkvah Angleške in Amerike goni električni tok mehove orgelj in nadomešča tipično figuro fanta, ki pri nas mehove goni, in si domišlja, da je važnejša oseba kakor organist sam, kajti brez meha bi orglje ne pele. Tudi za zvonjenje v cerkvenih stolpih in za navijanje stolpnih ur rabi danes že električna sila.

Slika 134.



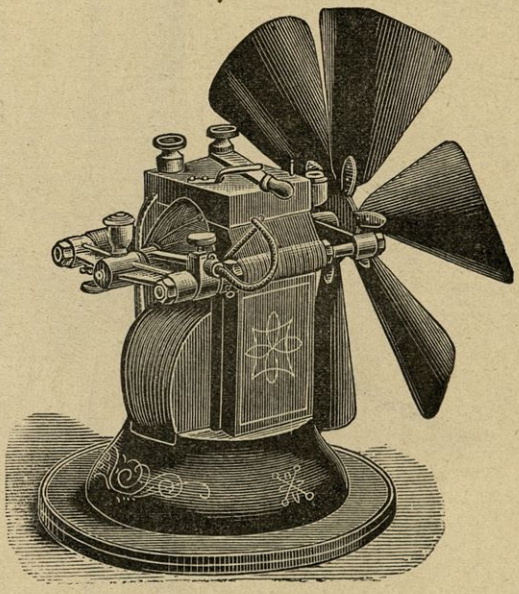
Šivalni stroj z električnim motorjem.

Zanimiva je nadalje elektrika kakor gonilna sila pri posamičnem orodju. V kovačnicah dviga močna kladiva in vrti svedre za vrtanje lukenj. Pri grajenju tunelov nadomeščajo električni svedri dosedanje vrtalne priprave, katere je običajno gonil stisnjen zrak. Dovažanje stisnjenega zraka v podzemeljske prostore po nedodelanih rovih je bilo vedno težavno, in postavljanje vrtalnih strojev združeno z mnogimi neprilikami; a električna žica se dokaj jednostavneje napeljava v predore in motor za sveder ne zahteva druzih priprav, kakor pokončen les, na katerega se privijači. Električen sveder za vrtanje kamenja opazimo na sliki 136. Dve tuljavi, skriti v horizontalni cevi, premikata sveder pre-

menjema semtertja. V jedni minuti napravi ta sveder 600 udarcev in izvrta luknjo 40 mm široko in 50 mm globoko v najtršem kamenju, ako smo mu dovažali energijo 5 konjskih sil.

Velike važnosti in posebnega pomena pa je danes električna sila kakor gonilna moč za železnice in vozove. Prvo električno železnico je zgradila tvrdka Siemens & Halske leta 1879. v Berolinu kot privlačni objekt za tamošnjo obrtno razstavo. Veliki uspehi tega prvega poskusa so napotili tvrdko, da je prihodnje leto zgradila trajno električno železnico, ki je vezala kadetni zavod v Lichterfelde poleg Berolina z tamošnjim železničnim kolodvorom. Kmalu potem je imenovana tvrdka otvorila drugo električno železnico pri Offenbachu, leta 1883. in 1884. pa je zgradila električno progo pri Mödlingu poleg Dunaja. Vendar si pri nas električna železnica ni mogla pridobiti širših tal; občinstvo in podjetniki so bili njej nasproti precej nezaupljivi. Stoprav ko so se začeli praktični Amerikanci zanimati za iznajdbo evropske tvrdke, se je stvar tudi pri nas povzpela kvišku. Siemens & Halske sta dovažala pri prvih železnicah električni tok do motorja po šinah, kar je jako oviralo razvoj in priljubljenost njihovih električnih železnic, Amerikanci so pa jeli tok dovažati voznemu motorju po nadzemeljskih, zračnih prevodnikih in dosegli s to prenaredbo velikanske uspehe. Leta 1887. je bilo v Zjedinjenih državah 22 električnih železnic v uporabi, a štiri leta pozneje jih naštejemo že okoli 500.

Slika 135.



Električna pihljača.

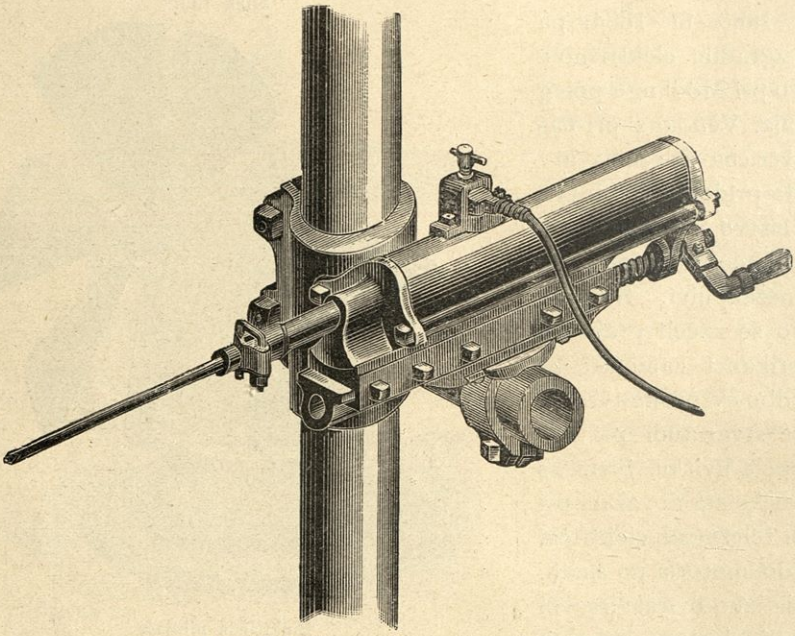
Ti ogromni amerikanski uspehi so vplivali nazaj na staro Evropo, in tudi pri nas se je zgradba električnih železnic vsestransko jela razvijati.

Električne železnice so dvoje vrste. Pri jednih dovažamo tok motorjem iz poljubne centrale, pri drugih pa nosijo vozovi električno energijo v akumulatorjih s seboj.

Tok dovažamo na progo na razne načine, bodisi po šinah samih, ali pa po posebnih prevodnikih, ki leže včasih pod zemljo, včasih pa so napeljani visoko nad vozovi v zraku.

Najbolj jednostavna je stvar na prvi pogled, ako šine same prevzemajo ulogo tokovodov. Žal, da ima ta sistem velike hibe. Vsled talne vlažnosti zgubimo toliko električne energije, da je komaj misliti na racijonalno delovršbo. Vrh tega stavi cestno blato ovire dobremu kontaktu med šinami in odjemalniki toka. Tudi nevarnost za ljudi in živali, ki stopajo na obljudenih cestah na šine, vodeče s seboj jake toke, ni iz-

Slika 136.



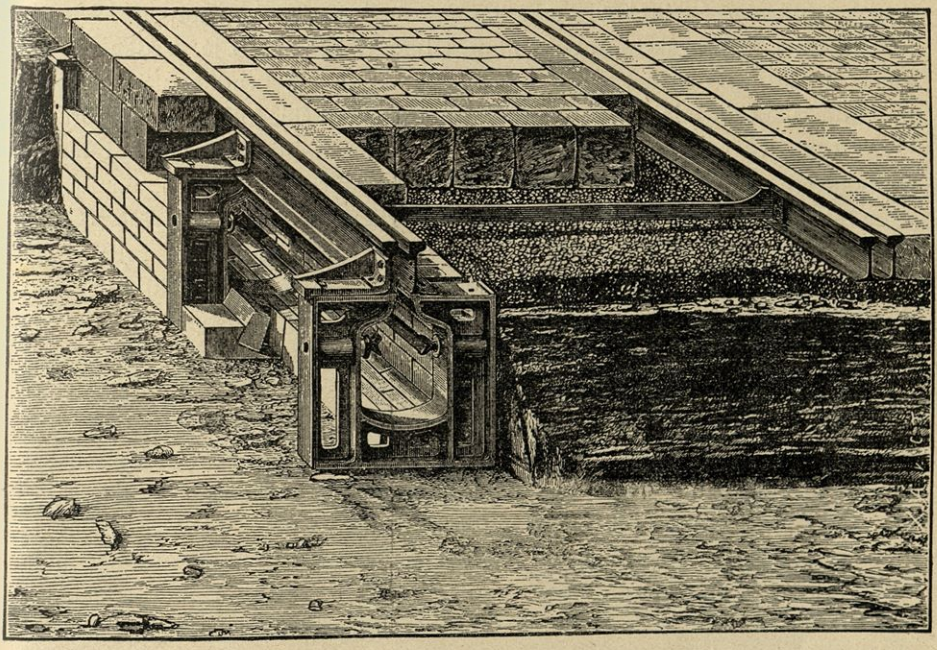
Električen sveder za kamenje.

ključena. Umevno je tedaj, da si prvotni sistem tvrdke Siemens & Halske ni mogel pridobiti splošne veljave in da danes na drug način dovažamo električno silo.

Kjer je dovolj novcev na razpolaganje, vložimo prevodnike pod zemljo. Znan vzgled te vrste je budimpeštanska električna železnica. Slika 137. jasno kaže, kako je pri tej železnici urejen oni del, po katerem je tok napeljan do motorja. Jedna (desna) šina je taka, kakor pri drugih cestnih železnicah, druga (leva) pa ima drugo lice. V cesto so poglobljeni v prestankih 1·2 metra kvadratni železni okviri, ki nosijo na vrhu

šino, spodaj pa izolatorje in na nje pritrjene prevodnike. Prevodnik je v tem slučaju šina od kotastega železa. Jeden prevodnik stoji druzemu nasproti, drže pa jih železni precepi, ki so utrjeni v izolatorjih. Prostor med železnimi okviri je obzidan, da nastane prostoren kanal, ki je po vsem zaprt, samo na vrhu je špranja, katero tvori preklana cestna šina. V kanalu sta prevodnika varno shranjena. Če tudi prodira od vrha nekoliko blata in cestne vode v kanal, se ta nesnaga hitro odteka, ne da bi neugodno vplivala na izolacijo tokovodov.

Slika 137.



Podzemno dovažanje toka pri budimpeštanski električni železnici.

Od voza doli moli železna ploča, ki sega skozi špranjo v kanal in nosi drsalne kontakte, ki se smukajo po dovodnih kotnih šinah. Na zgornjem koncu je ploča primerno zvezana z motorjem v vozu. Tok pride po jedni kotni šini, stopi s pomočjo drsalnega kontakta na pločo in potem v motor, od koder se vrne po ploči nazaj v drugo šino in od tod v centralo.

Na opisani način zgrajena električna železnica v Budimpešti ima danes dolžino 59·5 km in je bila prva v Evropi, pri katerej se je podzemno dovažanje toka povsem posrečilo.

Ker pa je podzemno dovažanje električnega toka jako drago, je umevno, da so železnice te vrste tudi sedaj še le maloštevilne. V Ameriki so koj sprva rajši posegali po zračnih prevodnikih, če tudi se ž njimi ne olepša vnanje ulično lice. Evropska mesta so se dolgo upirala prepreženju s prevodniškimi žicami, a danes se jih je občinstvo že do cela navadilo in boj proti zračnim tokovodom ponehuje povsodi.

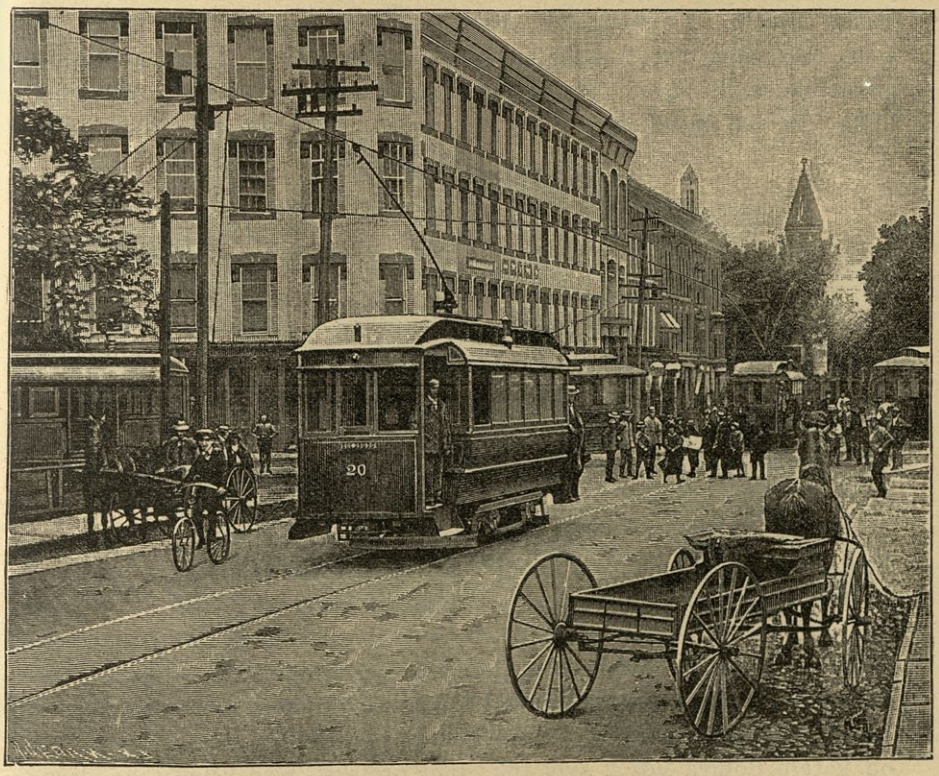
Pri zračnih prevodnikih je bilo s početka jako težko osigurati si zanesljivo odjemanje toka in njega napeljavanje v vozni motor. Najprej so bili v uporabi globoko zarezani škripci, ki so se takali vrh žice, in od katerih je bila speljana dovodna žica doli v voz in v motor. Škripci pa niso vselej sigurno drsali in osobito na izolatorjih ni bilo takanje dovolj svobodno in lahko. Tudi kontakt med oksidirano ter oprašeno žico in med malim škripcem ni bil posebno dober. Zato je tvrdka Siemens & Halske pri nekaterih železnicah, katere je gradila z zračnimi prevodniki, poskušala uporabljati mesto navadne žice otle, spodaj preklane cevi. Te železne cevi so bile pritrjene na kolih, stoječih ob železnični progi. V cevi pa je drsala kovinska ladjica (suvalnica), imajoča vzmetni peruti, s katerimi se je tesno dotikavala cevne notrine. Od ladjice je segal skozi razpoko navzdol vzvod, nanj pa je bila pritrjena žica, ki je vodila do motorja. Voz je vlekel s seboj ladjico, ki se je z dobrim kontaktom drsala v zavarovani cevi; tok je prestopal iz cevi v ladjico, iz nje pa v dovodno žico in v motor.

Poleg kontakta s takajočimi škripci in poleg ravnokar opisanih dovodnih cevij z ladjico tvrdke Siemens & Halske so Amerikanci izumili takozvani *paličnі kontakt*. Na strehi voza je pritrjena kovinska palica, katero močna vzmet dviga po koncu; vrh palice se nahaja škripec, ki je električno zvezan z motorjem v vozu. Vzmetno pero pritiska palico, ž njo vred pa tudi škripec od spodaj na zračno tokovodno žico, ki mora biti seveda speljana ravno nad sredino voza. Slika 138. predočuje voz električne železnice, ki dobiva tok iz zračnega prevodnika potom paličnega kontakta. Pri tej uredbi imamo jeden sam zračni tokovod, ki dovaža motorju energijo iz centrale; v centralo nazaj je tok napeljan po železnični šini. Če se hočemo ogniti odvažanju toka po šinah, napravimo dva zračna prevodnika in damo vrh paličnega kontakta dva drsalna škripca. S posredovanjem jednega škripca napeljujemo tok od dovodne žice v motor, od tod pa po drugem škripcu nazaj v odvodno žico.

Ravnokar opisani način dovažanja električnega toka voznemu motorju s kontaktnimi škripci je takozvani *Trolley-jev sistem*. Na prvi pogled je jako jednostaven, a v praksi se pokažejo razni nedostatki, vsled katerih je bilo treba sistem nekoliko spopolniti. Po zračnem prevodniku mora tok nepretrgano in neprestano teči. Ako se pa žica na kateremkoli mestu prereže, pretrga ali sploh poškoduje, izgubi vsa proga

svoj tok in vsa vožnja mora prenehati. Da se temu ognemo, razrežemo zračno žico v več prog po 200 do 500 metrov dolgih, kakor ravno nanese cestna dolžina. Konce teh prog pritrdimo na izolatorje, potem pa zvežemo električno oba konca na ta način, da napeljemo od krajišča jedne proge in od početka prihodnje po jedno žico do posebnega stikala, ki je shranjeno v bližini, n. pr. v sosednji hiši. Tako so posa-

Slika 138.

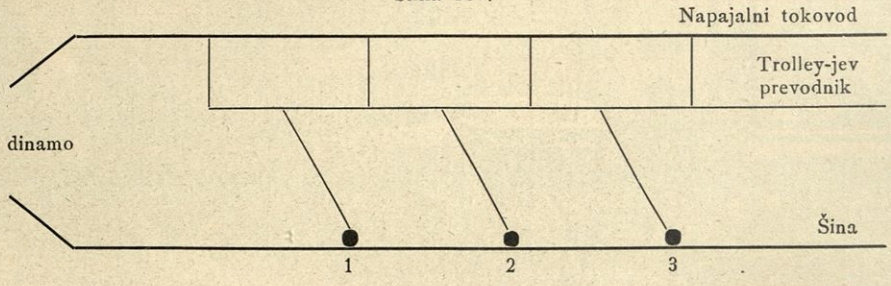


Voz električne železnice s paličnim kontaktom.

mične proge med seboj v električni zvezi, a če stikalo primerno zavrtimo, pretrgamo električni tok. Ta uredba pa še nikakor ne zadošča. Pač lahko popravljamo dotično progo, ne da bi bilo treba siloma pretrgati električno mrežo; a jasno je vendar, da tudi pri tej uredbi, kakor pri celotnih zračnih prevodnikih ves oni del proge izgubi svoj tok, ki leži dalje od iztaknjenega kosa. Samo oni vozovi, ki tekajo pred tem

mestom, ostanejo v diru. Ker pa promet zahteva, da ostanejo čim večje proge nepoškodovane, če tudi se na jednem mestu tok prekine, je sistem inženerja F. Sprague-ja prišel v splošno veljavo, ki odstranja tudi te ravnokar označene hibe električnih železnic. Sprague napelje od tokovodnega stroja glavno napajalno žico ob progi, a po tem prevodniku se ne drsa nikak kontakt. Zato tudi ni treba, da bi bil napet neposredno nad vozovi, in napeljan je lahko v poljubni daljavi od železnice po zraku ali pa tudi pod zemljo. Od tega napajalnega tokovoda gredo žice v presledkih od 100 do 200 metrov do druzega prevodnika (Trolley-jev prevodnik), ki leži neposredno nad vozovi in ki nosi kontaktne škripce. Tako dobimo tri prevodnike. Prvi je glavni napajalni tokovod; na njem takorekoč visi z mnogimi postranskimi žicami drugi kontaktni prevodnik, a za odvod toka služijo železnične šine kot tretji tokovod. Slika 139. naj šematično pokaže to uredbo. Črne točke 1, 2, 3, pred-

Slika 139.



stavljajo vozove s paličnimi kontakti. Dokler se ne pelje noben voz, je Trolley-jev prevodnik brez toka, ko pa pridejo vozovi 1, 2, 3 na šine, se tvori s posredovanjem Trolley-jevega prevodnika električna zveza med napajalnim tokovodom in med šinami. Ker so vozovi, kakor kaže šematična slika, paralelno staknjeni, dobi vsak voz njemu primeren del skupne energije. Če se jedna proga Trolley-jevega prevodnika, recimo ona proga, od katere dobiva voz 2 svoj tok, tudi pretrga, niso vsled tega druge proge brez toka, kajti napajalni tokovod ostane nepoškodovan in lahko oddaja še nadalje svoj tok ostalim sekcijam; obstal bi samo oni voz, ki je tekel v ravnokar poškodovani, le 100 do 200 metrov dolgi progi.

Ker se vendar včasih pripeti, da kontaktni škripec izgubi svojo napajalno žico, je v najnovejšem času tvrdka Siemens & Halske opustila kontaktne škripce ter uvedla mesto njih drsalne locnje. Locenj je kakor škripec pritrjen na koncu vzmetne palice in je na vrhu do 1·5 metra širok. Vsled te velike širine je nemogoče, da bi locenj izgubil kedaj Trolley-jevo žico. Tudi na krivuljah železnične proge ni potreba,

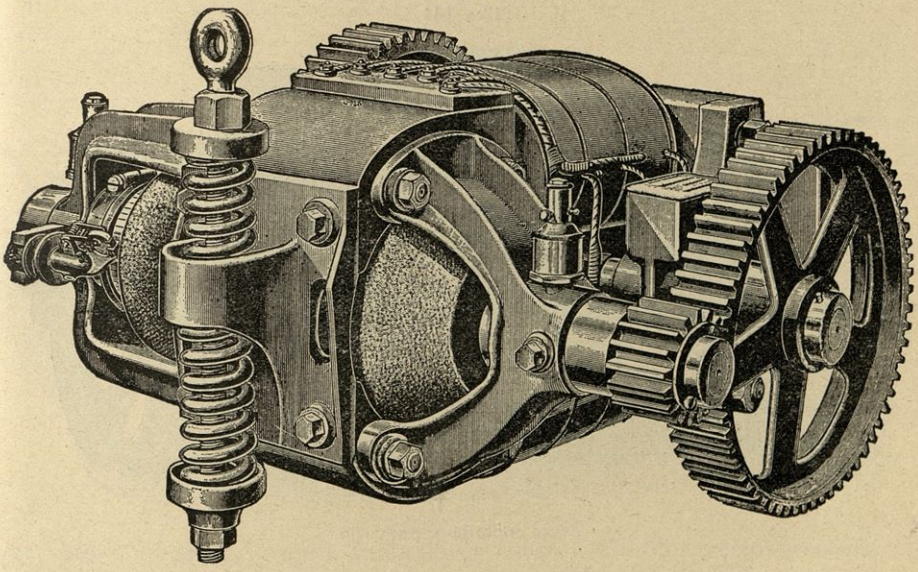
da bi jih zračna žica natanko posnemala, kajti če se tudi prevodnikova krivulja povsem ne ujema s progo, široki locenj ne izgubi kontakta, kar se je poprej pri škripcih rado pripetilo.

Kjer vodijo šine tok nazaj do dinamo-stroja, moramo skrbeti, da so med seboj v dobrem električnem kontaktu. V ta namen zvežemo konce šin z bakrenimi ploščami, katere privarimo nanje.

Naponska diferenca med dovodnim in odvodnim tokovodom znaša običajno 500 voltov, in skrbeti je, da ostane vedno na isti višini.

Vsak voz potrebuje zelo različne množine električne energije. Ko se začne premikati, zahteva 5- do 10krat toliko moči, kakor pozneje v

Slika 140.



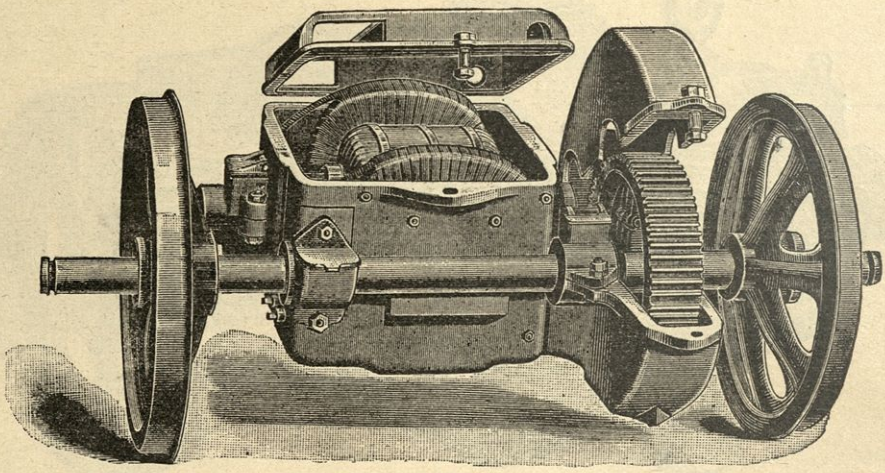
Sprague-jev motor za vozove cestnih železnic.

teku na horizontalni cesti, v klancih seveda zopet več nego takrat, ko teče navzdol. Treba je torej poseči po regulacijskih uporih, s katerimi izravnavamo menjajočo se silo. Voznik ima poleg svojega sedeža posebno ročico; s primernim premikanjem vtikava in iztikava potrebno število uporovih špiral. Nekateri vozovi pa so tako zgrajeni, da imajo po dva dinamo-stroja, in sicer na vsaki vozni osi jednega; oba sta zaporedno staknjena. Četveri elektromagneti teh motorjev se morejo s premikanjem vzvoda stikati zaporedno ali pa vzporedno; s tem se regulira tokova jakost, oziroma sila, ki se uporablja.

Število motorskih tipov za železnice je precej veliko. Največje težave je sprva delala zveza motorja z osjo vagona. Motor se hitreje vrti nego se smejo vozna kolesa sukati, in zato je treba nekega posredovala med motorjem in kolesi. V to navadno rabijo zobata kolesa, v novejšem času pa se je tudi že posrečilo zgraditi počasneje vrteče se motorje, katere moremo neposredno zvezati z osjo.

Slika 140. nam predstavlja Sprague-jev motor za vozove cestnih železnic. Kotvica leži na koncih obeh polov podkovastega magneta. Njeno vreteno nosi zobato gonilo, ki posega v večje zobato kolo, čegar os leži med krakoma podkovastega magneta in ima na drugi strani motorja zopet malo gonilo, katero postavlja svoje zobe v zobato kolo,

Slika 141.



Zveza motorja s podvozjo.

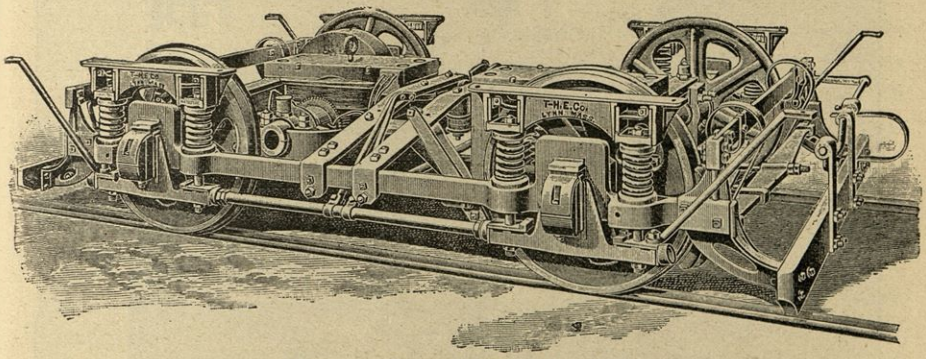
nabito na vozno os. Pri tem motorju imamo torej dvojen prenos. Vsak voz gonita dva taka motorja. Slika 141. predočuje drug tip motorja, pri katerem so pregibljivi deli zavarovani z železno skrinjico. Motor in os tvorita kompaktno skupino, ki se lahko od voza odloči. Istotako vidimo na sliki 142. vozno stojalo, katero nosi dva motorja.

Kakor smo že omenili, uporabljajo se zdaj pri cestnih železnicah tudi akumulatorji. Pri akumulatorskih železnicah ni treba nikakega dovažanja toka po posebnih žicah, temveč vsak voz pelje s seboj potrebno energijo. Akumulator dovaža motorju električni tok; ako se je čez nekoliko ur izpraznil, vzamejo ga pri naslednji postaji iz voza in ga nadomeste z drugim neizrabljenim. S početka se promet na železnicah

z akumulatorsko delovršbo ni posebno obnesel. Svinčeni akumulatorji so pretežki in hitro ter neredno izpraznjevanje jih kmalu uniči. Poleg svinčenih akumulatorjev so poskušali vvesti tudi druge, n. pr. Wadell-Entzove akumulatorje (gl. str. 82.) z več ali manj ugodnimi rezultati. Vkljub raznim bridkim izkušnjam z akumulatorskimi železnicami pa elektrotehniki niso obupali, delali so pridno dalje in skoraj se kaže, da so danes dovedli delovršbo z akumulatorji na toliko stopnjo, da pričenjajo tekmovati z drugimi sistemi električnih železnic. Tudi na Dunaju vozijo po «Ringu» že vozovi z akumulatorji, uporabljajoč stare šine konjske železnice.

Prednosti električnih železnic za poulični promet v velikih mestih pred dosedanjimi konjskimi železnicami so očividne. Delovršba je ceneja in povsem nezavisna od konjskega materijala, bolezni i. t. d. Na klancih

Slika 142.



Vozno stojalo z električnimi motorji.

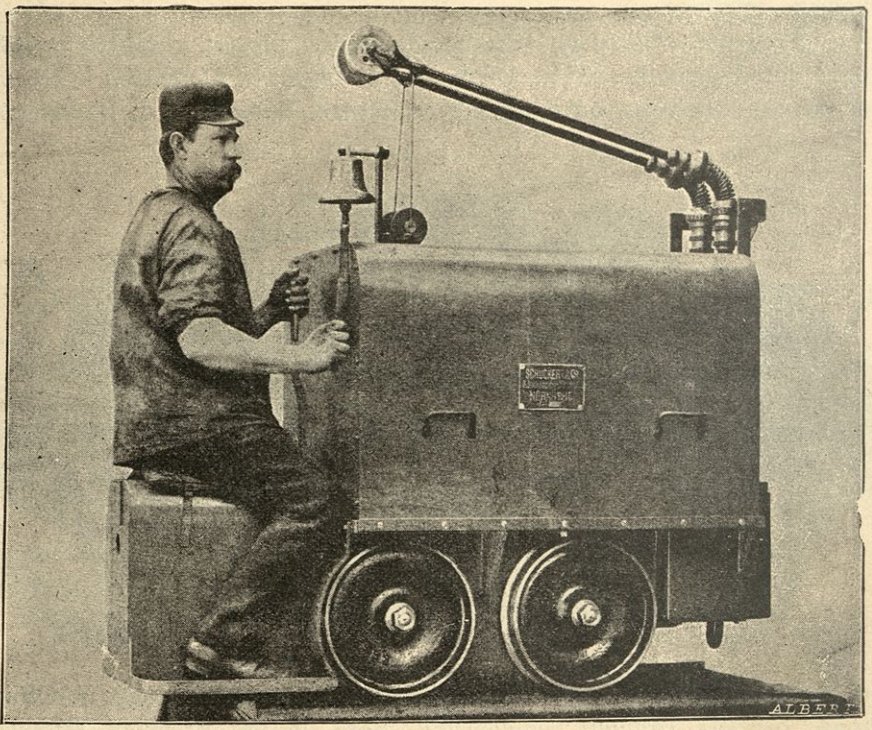
ne rabijo nikake priprege; treba je le spustiti v motor večjo množino toka, oziroma iztakniti regulacijske upore, in voz premaga strmine. Kjer je dovoljeno, teko vozovi mnogo hitreje, kakor tedaj, ko jih vlečejo konji. Vozove lahko napravimo večje, ker odpadejo konji, poleg tega pa moremo prvemu vozu priklopiti še več drugih, če je dovolj prometa. Vsi ti vzroki so pripomogli, da se mreža električnih železnic po vseh večjih mestih neprestano razširja in da povsodi ginejo stare konjske železnice. Upati je, da bodo čez malo let le še predmet zgodovinskega zanimanja.

Leta 1896. so zgradili v Budimpešti «Cesarja Frana Josipa podzemno železnico», ki vozi v tunelih pod cesto in je bila prva ter je danes tudi še jedina podtalna železnica z električno gonilno silo v Evropi. Ogrsko glavno mesto ima električno železnično mrežo, ki je dolga

82·45 km, in v tem nadkriljuje vse druge stolice našega kontinenta razven mesta Hamburg, katero se ponaša še z večjo železnično mrežo, nego jo ima Budimpešta.

Pričetkom letošnjega leta je bilo na Nemškem 65 električnih železnic z dolžino 1138·2 km v prometu. S tem je Nemčija prekosila vse druge evropske države, kajti v istem času nahajamo na Francoskem 44, v Veliki Britaniji 24, v Švici 23, v Avstro-Ogrski 13, na Laškem 11

Slika 143.



Jamska lokomotiva tvrdke Schuckert & Co.

in v ostalih deželah skupaj še 24 električnih železnic s skupno dolžino 1154·1 km. Od te dolžine odpada na Francosko 396·8, na Veliko Britanijo 157·2, na Švico 146·2, na Laško 132·7, na našo monarhijo 136·5, na Belgijo 69, na Španijo 61, na Rusko 30·7, na Švedsko in Norveško 24 km. Na vseh teh progah se vozi 4514 vozov z električnimi motorji in sicer 2493 na Nemškem, 664 na Francoskem, 252 v Veliki Britaniji, 311 na Laškem i. t. d. Podzemno dovažanje toka je uporabljeno pri 8 železnicah, akumulatorji jih gonijo 13, ostale pa segajo po zračnih prevodnikih.

Tvrdka Siemens & Halske je do pričetka l. 1898. zgradila 24 električnih železnic z dolžino 694·7 km, po katerih se premika več nego 1000 voz z električnim motorjem. Poleg teh ima letos v delu veliko število novih električnih železnic, med temi jako razsežne proge na Dunaju in v Berolinu. Celo na Kineškem zida progo Peking-Mahia-pu.

Za promet na daljših progah izven mest danes električne železnice ne morejo še tekmovati s parno lokomotivo, a vendar so tudi v tem oziru izvedlí že pomenljive poskuse, ki pričajo, da bi električna sila v nekih slučajih uspešno mogla konkurirati s parno energijo.

V rudnikih se električni vozovi, oziroma električne lokomotive posebno vrlo obnašajo, kajti dovažanje sile je jako jednostavno in delovršba neprimerno snažna in prijetna. Slika 143. naj nas seznani z jamsko lokomotivo tvrdke Schuckert & Co. Motor je skrit v zaboju, katerega opazimo nad kolesi, tok pa se mu dovaža s paličnim kontaktom od prevodnika, ki je pritrjen na temenu rova.

Naravno je, da vsi boljši rudniki danes obširno uporabljajo električno energijo. Ne le, da jim vozi tovore s pomočjo ravnokar opisane lokomotive, dviga bremena kvišku in jih spušča navzdol, črpa tudi talno vodo iz jam, goni ventilatorje, izsrkava škodljive pline in razsvetljuje podzemne prostore. Razsežna uporaba električne sile je napravila delo v premnogih rudnikih varnejše, olajšala je bedno življenje rudokopom in posegla dobrodejno med neštete eksistence.

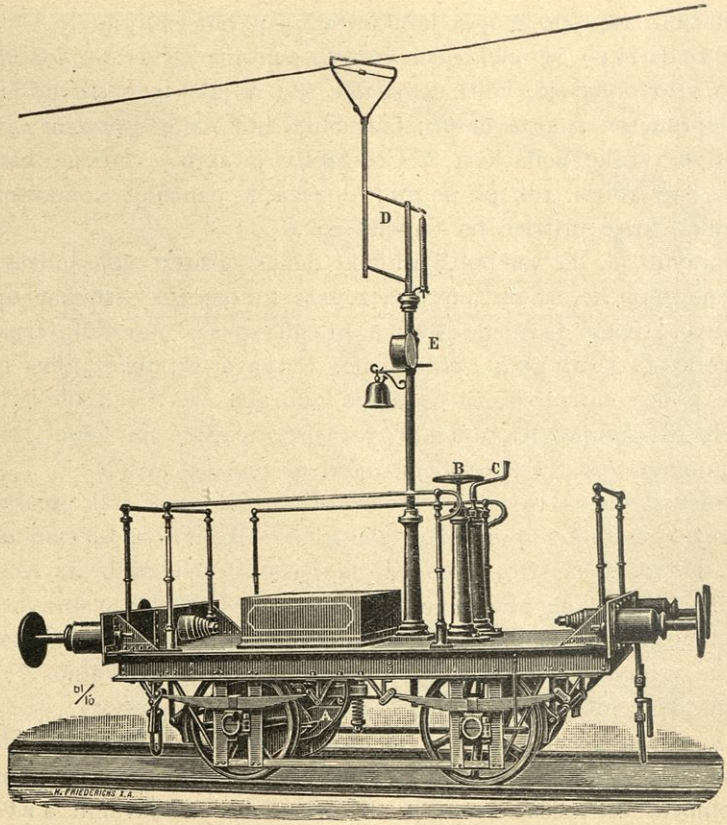
Umevno je, da tudi razne tvornice, katere so že itak preskrbljene z električno energijo, uporabljajo električne lokomotive za svoj domači promet. Jednostaven stroj te vrste, kakoršnega izdelujeta brata Koerting, kaže slika 144., ki ne potrebuje posebne razlage. Motor je spravljen pod vozno ploščo in strojevodja se na tej ploči prosto giblje. Palični kontakt, imajoč na vrhu širok locenj, ne stoji poševno, temveč vertikalno. Z ročnim kolescem B se lokomotiva krmari, z vzvodom C pa zavira.

Električna gonilna sila pa ne dobiva samo pri železnicah dan za dnem večjega pomena, temveč celo navadni cestni vozovi se premikajo že s pomočjo električne energije. Konstrukcija takozvanih avtomobilnih voz se je povzpela na tako visoko stopnjo, da so začeli ti vozovi že nekoliko tekmovati z izvoščiki. V Londonu in Parizu se nahaja na javnih trgih na stotine avtomobilnih kočij, ki nadomeščajo fijakarje. Tvornice, ki se pečajo z izdelovanjem teh najnovejših konkurentov konjske sile, imajo toliko opraviti, da ne morejo sprejemati vseh naročil.

Na Francoskem se peča od leta 1881. dalje tvrdka Ch. Jeantaud z izdelovanjem električnih voz. Motor dobiva svojo gonilno silo od akumulatorske baterije, ki je spravljena v zaboju nad zadnjima kolesoma. Baterija sestoji iz 21 elementov, ki so v 3 skupinah zloženi

v zaboju ter tehtajo 280 kg. Akumulator zmore 300 ampèrskih ur, ako oddaja redno po 10 ampèrov. Elektromotor je pritrjen na zadnji osi ter vrti kolesa s pomočjo zobatih gonil. Ves voz tehta 1020 kg. Uspehi so bili pri prvotnih vozeh še precej neznatni, kajti akumulatorji so zadoščali le za vožnjo 30 km, ako je imel voz hitrost 20 km v jedni uri. Poznejše konstrukcije, s katerimi je imenovana tvrdka stopila pred svet, so kazale dokaj boljše uspehe in so privedle električne avtomobilne

Slika 144.



Koertingova tvorniška električna lokomotiva.

vozove do širše uporabe. Teža voza je postala manjša, in voz napravi pot 48 km, ne da bi bilo treba akumulatorje zamenjati.

S posebnim uspehom se uporabljajo električni motorji tudi na čolnih in ladjah, kjer gonijo vodno kolo ali pa vijak. Teža akumulatorske baterije, ki se tu izključno rabi, ne pride pri čolnih toliko v poštev, kakor pri vozovih na kopnem; celo dobro nam je došla, ker nadomešča navadni balast. Hitro vrtenje motorjeve kotvice se ujema s

hitrostjo, s katero se običajno suče vijak; baterije ni treba jemati iz čolna, ker se lahko napolni iz postaje na suhem. Mirni tek motorjev, odsotnost vsakega ognja in dima — to so prednosti, katere imajo električni čolni pred ladjami, koje goni para, benzin ali kaka druga sila.

S tem, kar smo povedali o uporabi električnih motorjev, še nikakor nismo izčrpali vsega, kar se more navesti o tej stroki elektrotehnične vede. A ker so elektromotorji v vseh slučajih bistveno jedne in iste konstrukcije in se le v toliko na vnanje razločujejo, v kolikor to zahtevajo posebne potrebe, naj zadoščajo dosedanji podatki o tej velezanimivej panogi moderne industrije in njenih sredstev.

Prenašanje električne sile. Električna energija se s čudovito hitrostjo širi dalje po dobrih prevodnikih. To lastnost so najprej izkoriščali pri telegrafiji, kjer se z njeno pomočjo pošiljajo znamenja v najdaljnejše kraje in po vsej našej zemlji. Odkar pa smo jeli z dinamo-stroji proizvajati jake toke, rodila se je takoj tudi želja prenašati velike množine nastale električne sile na druga mesta; nastal je problem o prenašanju električne energije. Prav za prav bi lahko pri vseh električnih učinkih govorili o prenašanju električne sile, kajti vedno so žarnice ali električni motorji nekoliko oddaljeni od tokorodnega stroja, a dokler je razdalja neznatna, običajno ne rabimo izraza «prenašanje»; o prenašanju govorimo stoprav tedaj, ko postane razdalja tolika, da bi je ne zmagali z nikakimi drugimi sredstvi, n. pr. z žičnimi vrvmi, s komprimiranim zrakom i. t. d.

Pri prenašanju električne energije se najprej z delom t. j. z vodno silo ali s parnim strojem v dinamo-stroju proizvajajo električni toki. Nastale toke napeljemo po žicah v poljubno oddaljene kraje ter gonimo ž njimi drug dinamo-stroj, rekše elektromotor. Z vrtenjem kotvice more elektromotor opravljati delo, kajti njeno gibanje se lahko z navadnimi sredstvi, kakor z jermeni, z zobatimi kolesi i. t. d. prenese na delovršni stroj. Ker smeta stati oba dinama v poljubnih razdaljah, postavimo tokorodni stroj ondi, kjer je gonilna sila po ceni, delovršni stroj pa tam, kjer je ta sila draga. Električne toke znamo tudi primerno deliti in zato moremo od jednega tokorodnega stroja pošiljati električno energijo ob jednem do raznih točk, kar je pri neposredni uporabi gonilne sile le v posebnih slučajih in le deloma izvedljivo.

Kot gonilna sila za tokorodni ali primarni dinamo-stroj pride v prvi vrsti voda v poštev. Skoraj v vseh slučajih, v katerih prenašamo električno energijo, hočemo izkoristiti oddaljene vodne sile, katerih imamo v neizcrpnih množinah na razpolaganje, a to večinoma daleč od središč industrije in obrta. Če tudi izgubimo pri prenašanju mnogo sile, smo vendar še na dobičku, ker nas vodna sila razmerno malo stane in ker bi šla drugače povsem v izgubo.

Tudi s parno silo gonimo včasih tokorodne dinamo-stroje. Ako stane prevažanje premoga več, kakor iznaša izguba na energiji pri prenašanju električne sile, potem je očividno bolje, da postavimo poleg premogovnika parne stroje, v katerih sežigamo premog, potem pa prenašamo silo električnih motorjev v one kraje, kamor bi sicer dražje morali voziti premog.

Pri vsakem prenašanju nas najbolj zanima vprašanje, koliko energije da gre na daljni poti v izgubo.

Recimo, da goni poljuben motor primarni dinamo-stroj in da se v vsem vnanjem tokovem krogu ne nahaja nobena druga mašina. Jasno je tedaj, da je jakost toka v celem krogu zavisna jedino od elektromotorske sile stroja in od skupnega upora, torej od notranjega upora stroja in od vnanjega upora tokovega kroga. Ohmov zakon nas uči, da biva nastopno razmerje:

$$\text{Jakost toka} = \frac{\text{Elekromotorska sila stroja}}{\text{Skupni upor}}.$$

Pri določenem številu vrtežev in določenem uporu ima stroj določeno elektromotorsko silo, in v tokovem krogu vlada določena jakost toka.

Ako sedaj vtaknemo v tokov krog še jeden dinamo-stroj, se začne kotvica tega sekundarnega stroja vrteti in v njej nastaja nova elektromotorska sila, o katerej nam je znano, da ima proti prvotni nasprotno mer. Sedaj je skupni upor celega sistema sestavljen iz notranjih uporov obeh strojev in iz vnanjega upora prevodnikov, skupna elektromotorska sila, ki se javlja v tokovem krogu, pa je jednaka diferenci elektromotorskih sil obeh strojev. Tedaj velja razmerje:

$$\text{Jakost toka} = \frac{\text{Diferenca elektromotorskih sil}}{\text{Skupni upor}}.$$

Če je torej tudi skupni upor v tokovem krogu neizpremenjen, je vendar postala tokova jakost manjša, ker elektromotorska sila sekundarnega stroja deluje v nasprotnem smislu in je števec našega ulomka postal manjši. Elektromotorska sila vsakega stroja je poleg skupnega upora in poleg posebne notranje uredbe zavisna jedino le od hitrosti, s katero se kotvica vrti. Ako sta oba dinamo-stroja jednako zgrajena, zavisi tokova jakost samo od diference hitrostij obeh strojev in od skupnega upora. Iz tega sledi zanimivo dejstvo: Ako se oba stroja jednako hitro sučeta, postane jakost toka v skupnem tokovem krogu jednaka ničli. Motor goni primarni stroj, in toki poslednjega provzročijo vrtenje sekundarnega stroja. Čim hitreje se ta stroj vrti, tem jačje toke pošilja prvotnemu stroju nasproti; ko se oba stroja jednako hitro sučeta,

se uničujeta nasprotna toka, rekše, v prevodnikih ne zapazimo nikakega toka več. V tem slučaju se torej na primarnem stroju ne opravlja nikako delo in na sekundarnem stroju se nikako delo ne oddaja. V praksi pa se nam tega slučaja ni treba bati, ker je docela izključeno, da bi se oba stroja jednako hitro vrtela, osobito pa tedaj, ako je sekundarna mašina vprežena v delo. Čim večja bremena zmaguje, tem bolj pojema njena hitrost, a s hitrostjo se zmanjšuje tudi elektromotorska protisila sekundarnega stroja, ob jednem pa narašča tokova jakost v skupnem krogu.

Da bolje spoznamo, v kakem razmerju stojita *potrošeno* in *porabno* delo, hočemo opazovati oba stroja v polni delovršbi. Tokorodni dinamo gonimo s parnim strojem, kateri mu neprestano dovaža mehanične energije; drugi dinamo pa naj opravlja delo in naj dviga vodo iz vodnjaka.

Skupno delo, ki ga parni stroj vsako sekundo dovaža prvemu dinamo-stroju, se uporablja:

1. za premaganje trenja v primarnem dinamo-stroju;
2. za proizvajanje Foucaultovih tokov, ki se pretvarjajo v toploto in so za delo tako brezkoristni, kakor trenje;
3. da proizvaja v primarnem stroju elektromotorsko silo, ki pošilja tok po prevodnikih dalje do sekundarnega stroja.

Skupni efekt tega toka je jednak tej elektromotorskej sili množeni s tokovo jakostjo; izražen je v wattih, ako je bila elektromotorska sila povedana v voltih in tokova jakost v ampèrih. Jeden del tega efekta použije primarni stroj sam, izpreminja ga namreč v Joule-ovo toploto; oni efekt, katerega daje stroj navzven t. j. v tokovodno mrežo in v sekundarno mašino, je potemtakem le jednak produktu iz polarne napetosti stroja in tokove jakosti. Razmerje med tem vnanjim efektom in med potrošenim delom imenujemo *industrijalni učinek prvotnega stroja*.

Ta učinek znaša pri dobrih dinamo-strojih 85—90 in več odstotkov.

Efekt v skupnem vnanjem tokovem krogu se uporablja v dvojno svrho. Jeden del segreva prevodnike po Joule-ovem zakonu. To delo imenujemo *tokovodno izgubo*. Naša naloga je, da to izgubo kolikor mogoče zmanjšamo. Drugi del skupnega vnanjega efekta stopi v sekundarni dinamo-stroj.

Ta drugi del je bistvenega pomena za učinek prenašanja. Na polarnih vijakih sekundarnega stroja biva določena napetost. Produkt te napetosti in tokove jakosti nam pove efekt v wattih, katerega absorbira drugi stroj.

Od druzega stroja použiti efekt se deloma brez koristi zopet porabi za premaganje trenja, za proizvajanje Foucaultovih tokov in za segrevanje žice po Joule-ovem zakonu. Ostanek pa se izkoristi za porabno delo, v našem slučaju torej za dviganje vode.

Kakor zgoraj pri primarnem stroju, označimo tudi tukaj razmerje med porabnim delom druzega stroja in med efektom, ki ga je absorbiral, kot *industrijalni učinek sekundarnega stroja*.

Končno imenujemo razmerje med vsem porabnim delom sekundarnega stroja in med skupnim, od primarne mašine sprejetim delom *uporabni efekt* celega prenašanja.

Umevno je, da je ta uporabni efekt tem večji, čim večja sta učinka obeh posamičnih strojev, in čim manjša je tokovodna izguba. Tokovodna izguba je manjša, če je tokova jakost manjša, oziroma, če so razlike med polarnimi naponi obeh strojev manjše.

Da te razmere bolje spoznamo, hočemo navesti nekatere številke iz praktičnega vzgleda. Nam že znana tvornica Oerlikon je zgradila med Kriegstettenom in Solothurnom v Švici napravo za prenašanje električne energije, ki je postala znamenita kot prvi vseskozi posrečeni poskus in je do današnjega dne neprestano v rabi. Kriegstetten ima vodno silo; tu je postavljen primarni dinamo-stroj, od katerega drži 8 km dolg tokovod v Solothurn, kjer se nahaja sekundarni stroj. Prevodnikova žica ima 6 mm premera in je bakrena. Pri nekem poskusu so merili, da je vodna sila v vsaki sekundi dovedla primarnemu stroju delo 30·85 konjskih sil. Tokova jakost v prevodniku je bila 11·474 ampèrov in polarna napetost na primarnem stroju jednaka 1753·3 volta. Efekt v vnanjem tokovem krogu je bil torej $11{\cdot}474 \times 1753{\cdot}3 = 19117{\cdot}96$ wattov ali 25·97 konjskih sil. Industrijalni učinek primarnega stroja je bil torej $\frac{25{\cdot}97}{30{\cdot}85} = 0{\cdot}841$. To se pravi: od dela, katero smo prenesli na prvotni stroj, je šlo 84·1 odstotka v vnanji tokov krog. Ostalih 15·9 odstotka je bilo brez koristi pretvorjenih v toploto.

Na polarnih vijakih sekundarnega stroja so merili napetost 1655·9 volta; ker ni bila izolacija popolna, je znašala tokova jakost na tem stroju nekoliko manj, kakor na prvotnem, namreč 11·420 ampèrov. Drugi stroj je potemtakem sprejel efekt jednak $1655{\cdot}9 \times 11{\cdot}420 = 18910{\cdot}38$ watta ali 25·69 konjskih sil.

Iz tega sledi, da se je v prevodniku izgubilo $25{\cdot}97 - 25{\cdot}69 = 0{\cdot}28$ konjskih sil, ki so bile pretvorjene v Joule-ovo toploto. Efekt, katerega je dajal sekundarni stroj, so neposredno merili na tem stroju; pokazalo se je da znaša 23·21 konjskih sil. Ker je stroj sprejel vase 25·69 konjskih sil, izgubilo se je v njem 2·48 konjskih sil, ki so bile porabljene v stroju

za premaganje trenja, za proizvajanje Foucaultovih tokov in za Joule-ovo toploto. Industrijalni učinek sekundarnega stroja je bil torej $\frac{23{\cdot}21}{25{\cdot}69} = 0{\cdot}903$. Drugi stroj je pretvoril 90·3 odstotka električne energije, katero je sprejel vase, v mehanično porabno delo.

Končni efekt vsega prenašanja je slednjič jednak razmerju med porabnim delom sekundarnega stroja (23·21 HP) in med potrošenim delom na prvotnem stroju (30·58 HP), torej jednak $\frac{23{\cdot}21}{30{\cdot}85} = 0{\cdot}752$. To kaže, da je bilo 75·2 odstotka skupne potrošene sile prenesene 8 km daleč in tam dane na razpolaganje podjetniku.

Jako važno je vprašanje, kak vpliv ima razdalja obeh strojev, torej dolžina tokovoda na končni efekt pri prenašanju električne sile. Čim bolj sta stroja oddaljena, tem daljše žice ju morajo vezati. Ker tok prevodnike segreva in ker je segrevanje v premem razmerju z njihovim uporom, je segrevanje tem večje, čim daljše so žice. To segrevanje se vrši na troške efekta v vnanjem tokovem krogu in je torej v kvar delu, katero zahtevamo od sekundarnega stroja. Poprej smo rekli, da je ta tokovodna izguba tem manjša, čim manjše so razlike med polarnimi naponi obeh strojev. Efekt torej je zavisen od razmerja med polarnimi naponi primarne in sekundarne mašine. Čim večje je to razmerje, to je, čim bolj je = 1, tem boljši je uporabni efekt. Treba je torej skušati, da napravimo to razmerje kolikor mogoče veliko. Polarna napetost na sekundarnem stroju pa je vedno manjša, kakor na prvi mašini in sicer za toliko, kolikor znaša izguba napetosti vsled upora prevodnikovega. Če so tedaj žice jako dolge, imamo dvoje sredstev, da naredimo razmerje obeh polarnih naponov kolikor mogoče jednako 1, rekše, da je polarna napetost prvega stroja kolikor mogoče jednaka polarni napetosti druzega stroja. Na prvi način si tako pomagamo, da damo dolgi žici velik premer, kajti s tem zmanjšamo upor v žici. Ako je n. pr. prevodnik še jedenkrat daljši kakor je bil prej, damo mu dvakrat tolik premer in tedaj ostane naponska izguba med obema strojema, rekše uporabni efekt neizpremenjen. To jednostavno sredstvo pa je iz praktičnih ozirov pri dolgih tokovodih neizpeljivo, kajti debele bakrene žice podraže celo napravo v toliki meri, da izgine rentabiliteta in da je podjetje materijalno uničeno.

Drug način, kako zabraniti naponsko izgubo, obstoji v tem, da povečamo obema strojema polarno napetost in da sploh uporabljamo jako velike napone. Potem znaša izguba napetosti od prvega do druzega stroja mnogo manj odstotkov, kakor pri malih naponih. Da to spoznamo, oglejmo si še jedenkrat ravnokar opisano prenašanje električne energije med Kriegstettenom in Solothurnom. Tam je bila polarna na-

petost na primarni mašini 1753·3 volta, na sekundarnem stroju pa 1655·9 volta, naponska izguba na 8 km dolgej progi torej 97·4 volta, in razmerje obeh polarnih naponov, od katerih je zavisen uporabni efekt, jednako $\frac{1655{\cdot}9}{1753{\cdot}3} = 0{\cdot}944$.

Ko bi vzeli še jedenkrat tako dolgo žico, torej 16 km, bi se naponska izguba podvojila in bila jednaka 194·8 voltov. Ko bi sedaj primerno povečali polarno napetost na obeh strojih, ko bi dali prvi mašini približno 3480 voltov, drugi pa 3285 voltov, ko bi tedaj nekako p o d v o j i l i prvotno polarno napetost, bi ostal uporabni efekt jednak prejšnjemu, če tudi se je naponska izguba podvojila, kajti $\frac{3285}{3480}$ je zopet jednako 0·944.

Da povečamo napetost na polarnih vijakih, treba vzeti stroje z veliko elektromotorsko silo, torej take, ki imajo na induktorju veliko žičnih ovojev in ki se vrte z veliko hitrostjo. Potem lahko po navadnih telegrafskih žicah prenašamo delo v velike daljave z izdatnim uporabnim efektom, ako imajo le dotični stroji zadosti veliko polarno napetost. Tako napetost pa težko proizvajamo z dinamo-stroji za istomerne toke, kajti toki z veliko napetostjo poškodujejo drsalne kontakte, in težko je induktorjeve ovoje zadostno izolirati. Umevno je torej, da prvi poskusi, kako prenašati električno energijo, niso imeli zaželjenega uspeha, ker so se vsi ozirali samo na dinamo-stroje za istomerne toke. Stoprav tedaj, ko so jeli stroji za izmenične in pozneje za vrtilne toke stopati na površje, se je električno prenašanje sile povzpelo kvišku in prišlo do velikega praktičnega pomena.

Stroji za izmenične, oziroma vrtilne toke nimajo drsalnih kontaktov, in zato jih ni težko graditi za toke velike napetosti. Poleg tega pa imajo še druge ugodnosti. Ker pri njih lahko uporabljamo transformatorje, celo ni treba, da bi z njimi neposredno proizvajali toke ogromne napetosti. Tokorodni dinamo lahko dela toke male napetosti, a te dovažamo transformatorjem, ki jih izpreminjajo v toke jake napetosti. Ti toki krožijo po prevodnikih dalje, a ko dospejo na določeno mesto, jih s pomočjo transformatorja zopet pretvorimo v toke male napetosti, ki stopajo v sekundarni stroj. Nevarna napetost je potemtakem pri vseh strojih odstranjena in biva le v prevodnikih, katere lahko brez posebnih težav zavarujemo proti dotikanju.

Prvi, ki je sistematično in z veliko energijo skušal prenašati delo v daljne kraje, je bil francoski inžener M a r c e l D e p r e z. On je prvi spoznal, da je treba za prenašanje uporabljati toke velike napetosti in neprestano je zagovarjal tedaj še oporekano mnenje, da je mogoče s

primernimi stroji, to je s stroji velike napetosti, prenašati delo z velikim uporabnim efektom in na velike razdalje.

Že leta 1881. za časa električne razstave v Parizu je Deprez zgradil manjšo napravo za prenašanje sile in sicer s pomočjo dinamo-stroja za istomerne toke. Za te in tudi za poznejše, jako drage poskuse mu je Rotschildova hiša dala primerno svoto novcev na razpolago. Na mejnarodnem električnem kongresu, ki se je vršil za časa omenjene razstave, je Deprez z računi dokazal, da je mogoče delo 10 konjskih sil prenesti po navadni telegrafski žici imajoči 4 mm v premeru v daljavo 50 km., ako bi tokorodni dinamo gonili z motorjem 16 konjskih sil. Na podlagi teh računov ga je odsek za monakovsko električno razstavo, ki se je vršila leta 1882., povabil, da naj svoj projekt praktično dokaže na bavarski zemlji in sicer v Miesbach-u poleg Monakovega, kjer se nahaja primerna vodna sila. Razdalja med primarnim in sekundarnim strojem je merila 57 km, tako da je bila dolžina dovodne in odvodne žice nad 100 km. Tokorodni dinamo je proizvajal toke z napetostjo 1300 voltov. Razne hibe in neprilike so takoj s početka motile delovršbo in preden so mogli elektrotehniki natančno izmeriti efekt vse naprave in posamičnih delov, se je motor poškodoval in poskusi so prenehali. Vendar se ne more ob jednem trditi, da bi se bili tudi popolnoma izjalovili in da bi se bila ideja Deprez-ova ponesrečila. Njegov poskus v Miesbach-u sicer še ni imel praktičnih posledic, a bil je v izpodbudo za nove, še večje eksperimente. Deprez je kmalu potem zgradil med Parizom in Creil-om velikansko novo napravo za prenašanje sile in je vnovič žrtvoval zanjo ogromno truda, časa in denarja.

S početka je nameraval prenesti 500 konjskih sil 50 km daleč, pozneje pa je zmanjšal svoj projekt ter ga uredil tako, da je imel parni stroj, ki je vrtil tokorodni dinamo, 300 konjskih sil. Delovršni stroj pa bi bil moral po računu dajati na razpolago 150 konjskih sil, ki so bile razdeljene na tri motorje. Dinamo-stroja naj bi imela 7500 voltov napetosti, a v istini Deprez tega ni dosegel, temveč stroji so kazali k večjemu napetost 6000 voltov. Tudi tokova jakost, ki je bila proračunjena na 25 ampèrov, se nikdar ni povzpela čez 10 ampèrov. Tokovodne žice so kazale 100 ohmov upora in so bile deloma svinčeni kablji. Dinamo-stroji so bili zgrajeni z Gramme-jevim obročem za istomerne toke, tedaj lahko razumemo, da se njih učinek ni zlagal z Deprez-ovimi teoretičnimi računi; tudi parni stroj ni bil kos svoji nalogi in je dajal le 150 konjskih sil. Od teh potrošenih sil je prišlo iz motorjev komaj tretjina. Torej le 50 konjskih sil je bilo končno porabnih, in zato lahko rečemo, da se je ta velikanski poskus Deprez-ov v ekonomičnem oziru povsem ponesrečil.

Leta 1886. je francoski elektrotehnik Hippolyte Fontaine Deprez-u dokazal, da so se njegovi poskusi samo zategadelj izjalovili, ker ni imel primernih dinamo-strojev. Kakor Deprez je tudi Fontaine praktično preizkusil svojo trditev. Stavil si je pogoj prenesti 100 konjskih sil 50 km daleč, ne da bi bila izguba na efektu večja nego 50%. A on ni zgradil stroja za 6000 voltov, temveč vzel je rajše štiri dinamo-stroje po 1500 voltov; te je staknil zaporedno in tako dobil brez težave končno napetost 6000 voltov. Tudi njegova proga je imela 100 ohmov upora; kakor Deprez je Fontaine uporabil tri delovršne motorje a staknil jih je zaporedno in jih tako uredil, da so delovali na skupno vreteno. Natančno merjenje je dognalo, da je bil porabni efekt v istini 50 konjskih sil, da torej izguba na 50 km dolgi progi ni bila večja nego 50%.

Toda tudi ta uspeh v ekonomičnem oziru ni zadoščal. Slabih vtisov ponesrečenih Deprez-ovih poskusov Fontaine ni mogel izbrisati in elektrotehnikov se je polastila nekaka obupnost. Dalje časa se nihče ni upal z novimi napravami na dan, dokler ni stopila tvrdka Oerlikon pred svet z zgradbo za prenašanje električne energije, ki se je pokazala povsem ekonomična, trajna in zanesljiva. To je ona naprava med Kriegstettenom in Solothurnom, katero smo prej podrobneje opisali in katera še danes deluje s prej nepoznanim uporabnim efektom 75·5%.

Težave, ki so bile zvezane s prvimi poskusi, kako prenašati električno energijo v daljne kraje, so postale dokaj manjše, ko so začeli v te svrhe uporabljati izmenične, oziroma vrtilne toke. Prvi velikanski in sloveči poskus s temi toki sta napravili leta 1891. združeni tvrdki Splošna električna družba v Berolinu in strojna tvrdka Oerlikon, ki sta hoteli dokazati, da jedino vrtilni toki pri prenašanju električne energije premagajo vse dosedanje neprilike. Zgradili sta epohalno napravo med Lauffenom ob Neckaru in Frankobrodom na Meni, ki je daleč prekosila vsa prejšnja dela na tem polju elektrotehnike. Imenovana kraja ležita 175 km narazen in tvrdki sta hoteli iz Lauffena, kjer jima je bila na razpolago vodna sila približno 200 konjskih sil, prenesti to silo v Frankobrod. Računi so kazali, da bode v ta namen treba ogromne napetosti do 20 tisoč voltov, a tako silno napetost je možno proizvajati jedino le z izmeničnimi toki in transformatorji; tvrdki sta se odločili za trofazne izmenične toke, ker so motorji z vrtilnimi toki za delo dokaj pripravnejši nego motorji, ki so zgrajeni za navadne izmenične toke. V Lauffenu so postavili veliko turbino, ki je v skrajnem slučaju dajala do 300 konjskih sil. Gnala je velik dinamo-stroj, ki je proizvajal tri ločene toke po 50 voltov napetosti in 1400 ampèrov jakosti. Toki so bili napeljani po kratkih bakrenih kabljih, imajočih 27 mm v premeru, do primarnega oljnatega transformatorja (gl. str. 91.), kjer so se navedeni trije toki pretvarjali v

toke z napetostjo 15.000 voltov in jakostjo 4·3 ampèra. Toke z jakostjo 4·3 ampèra moremo voditi dalje po jako tenkih žicah. Za prevajanje treh tokov, ki so prihajali iz transformatorja, so služile tri gole bakrene žice s 4 mm v premeru; žice so bile kakor navadni telegrafski prevodniki pritrjene na visokih drogovih. Vseh drogov je bilo okoli 3000, a vsak drog je nosil troje oljnatih izolatorjev (gl. str. 94.), na katere so bile žice privezane. V Frankobrodu so stopali toki zopet v oljnate transformatorje, ki so jih pretvarjali na toke z napetostjo 100 voltov in jakostjo približno 700 ampèrov. Jeden del teh po tako dolgi poti došlih tokov so rabili za razsvetljavo in sicer za 1000 žarnic, ostali del pa je gonil več motorjev za vrtilne toke. Jeden motor je bil v zvezi z vodno sesaljko, ki je dvigala vodo kvišku, da je nastal 10 metrov visok slap. Tako so izpremenili jeden del energije vodnega slapa v Lauffenu po mnogih transformacijah in po jako dolgi poti zopet v energijo vodopada v Frankobrodu. Poskus prenašanja tokov velike napetosti na ogromne razdalje se je tedaj posrečil, samo vprašanje še nastane, kolik je bil uporabni efekt tega prenašanja. V ta namen sta tvrdki izvedli mnogo preskušenj in računov. V jednem slučaju se je nastopno dognalo: turbina v Lauffenu je oddajala 197·4 konjskih sil v dinamo-stroj. Od teh je porabil dinamo-stroj 12·6 konjskih sil zase, 184·8 pa jih je šlo od polarnih vijakov dalje v vnanji tokov krog. Industrijalni učinek primarnega stroja je bil torej $\frac{184{\cdot}8}{197{\cdot}4} = 93{\cdot}5\,\%$.

Tok je bil najprej napeljan v primarni transformator; njegove vijake je zapuščal efekt 177·6 konjskih sil; potemtakem je transformator použil zase efekt 7·2 konjskih sil. Industrijalni učinek primarnega transformatorja je bil $\frac{177{\cdot}6}{184{\cdot}8} = 96{\cdot}1\,\%$ in industrijalni učinek skupne primarne električne inštalacije, t. j. dinamo-stroja in primarnega transformatorja je bil $\frac{177{\cdot}6}{197{\cdot}4} = 89{\cdot}9\,\%$. To se pravi, 89·9 % one energije, katero je dajala turbina v Lauffenu, se je premikalo v obliki jako napetih tokov proti Frankobrodu.

V prevodnikih je bilo vsled silne napetosti uporabljenih le 25·5 konjskih sil za Joule-ovo toploto; tako je dospelo do primarnih vijakov transformatorja v Frankobrodu še 152·4 konjskih sil. Naponska izguba je znašala torej približno 15 %.

Frankobrodski transformator je kazal industrijalni učinek 95·7 %, t. j. pretvoril je došli jako napeti tok, imajoč 152·4 konjskih sil efekta, v tok male napetosti in z efektom 145·8 konjskih sil. V Frankobrodu so imeli torej na polarnih vijakih transformatorja 148·8 konjskih sil na razpolaganje in sicer v obliki toka s približno 100 volti napetosti.

Iz tega sledi, da je bil pri opisanem poskusu uporabni efekt prenašanja sile med turbino v Lauffenu in odjemališčem v Frankobrodu $\frac{145{\cdot}8}{197{\cdot}4} = 73{\cdot}9\,\%$.

Z ozirom na ogromno razdaljo in na silno napetost uporabljenih tokov moramo reči, da se je podjetje izvanredno dobro obneslo in lahko umejemo, da sta zgoraj navedeni tvrdki s svojim poskusom otvorili novo dobo za prenašanje električne sile.

Osobito Amerikanci so težko čakali rezultatov pri ravnokar opisanem prenašanju električne energije med Frankobrodom in Lauffenom, kajti ogromne vodne sile, katere ima severna Amerika, bi se dale samo z električnim prenašanjem ugodno izkoristiti ter pridobiti za industrijo in obrt. Posebno je bil velikanski slap Niagara, katerega tvori reka sv. Lavrencija med Erijskim in Ontarijskim jezerom, spekulativnim Amerikancem že zdavnaj predmet drznih projektov. Imenovani slap vali toliko vode v prepad, da cenijo njeno moč na 16 milijonov konjskih sil. Ko bi se posrečilo vsaj jeden del te nečuvene energije zajeti, mogli bi s pomočjo električnega prenašanja in delitve preskrbljevati prostrane dežele z električnim tokom ter iz jedne same centrale na okolo pošiljati tisoče in tisoče konjskih sil. Zato se je že leta 1886. osnovala družba Niagara Falls Power Company, ki si je postavila nalogo, izkoristiti neizmerno vodno silo slovečega slapa za prenašanje energije. Od amerikanske vlade je dobila družba dovoljenje, da sme na amerikanskem bregu Niagare vzeti vode za 250.000 konjskih sil, od katerih pa je najprej uporabiti samo 100.000 HP.

Najprej je bilo treba regulirati desni breg reke nad šumom in zgraditi 3 km dolgo nabrežno zidovje. Za zidom je nastalo prostrano pristanišče, ob jednem pa je bila dobljena luka začetek velikega kanala, po katerem je odcepljena voda tekla do turbine. Ta kanal, oziroma te rake, so bile 600 m dolge, 50 m široke in 4 m globoke. Na koncu rak so izdolbli več po 50 m globokih vertikalnih jam v tla, v katere je padala voda. Na dnu teh ogromnih vodnjakov se nahajajo turbine, a odtočna voda se zbira s pomočjo poševnih predorov v velikem tunelu, po katerem se vali pod zemljo dalje in se izliva pod šumom zopet v reko in sicer blizu novega mosta, ki veže oba bregova. Tunel ima 2250 m dolžine in 31 kvadratnih metrov prereza. Njegovo dno je obloženo z debelimi železnimi pločami, da ga ne more voda, ki drvi po njem z neznansko silo in hitrostjo, razjedati in izpirati. Iz rak je napeljana voda navzdol do vsake turbine po širokih jeklenih cevih. Turbina nosi vertikalno jekleno vreteno, ki sega do vrha vodnjaka in ki ima na svojem zgornjem koncu pritrjeno kotvico dinamo-stroja. Vsaka turbina, njeno vertikalno vreteno in kotvica dinamo-stroja tehtajo po 69.000 kg.

Ker udarja voda od spodaj na turbino, pritiska turbino in ž njo zvezano ogromno težo kvišku; konstrukcija je tako proračunjena, da vodni pritisk zbalansira vso protitežo. Tako je odstranjeno trenje v ležiščih turbine, ki bi sicer bilo preveliko in za trajno delovršbo neugodno. Turbine so zgrajene za 500 konjskih sil, dinamo-stroji pa za dvofazne izmenične toke z 2000 do 2500 voltov napetosti. Dobljene toke pretvarjajo s transformatorji po potrebi na toke višje napetosti in jih odvajajo do odjemalcev. Električna energija je namenjena v prvi vrsti mestom Buffalo, Rochester i. t. d. ter industrijalnim podjetjem, katera hočejo osnovati v obližju slapa. Društvo ima tudi pravico, da sezida na kanadskem bregu centralo za 25.000 konjskih sil. Podjetniki upajo, da bodo v 122 km oddaljenem mestu Buffalo oddajali jedno konjsko silo za letnih 34 mark, kar bi bilo skoraj 10krat ceneje, kakor velja jedna konjska sila neposredno na zamašnjaku parnega stroja.

Ne daleč od central pri slapu Niagari zida druga amerikanska družba ob reki sv. Lavrencija še večjo, prvi podobno napravo za prenašanje električne sile. Blizu mesta Massena, pod otokom Long Sault tvori reka sv. Lavrencija velikanske brzine, ki imajo padec 17 metrov. Od teh brzin bodo po 5 km dolgem kanalu odvedli toliko vode, da bode imela moči 150.000 HP. Kanalu je določena globočina 8·3 m in srednja širina 75 m. Voda bode imela torej prerez 622·5 m^2 in turbine bodo dobivale v vsaki sekundi 1000 m^3 vode. Družba postavi najprej 15 turbin in ravno toliko dinamo-strojev po 5000 HP in zavezala se je, da teh 75.000 HP izroči odjemalcem že koncem leta 1898.

Večina dobljene električne energije se ne bode uporabljala v mehanične svrhe, temveč prevzel jo je sindikat, ki se je osnoval v elektrokemične namene.

Poleg teh silnih central ob reki sv. Lavrencija projektirajo Amerikanci še večje naprave za prenašanje električne sile. Tako se je v San-Franciscu osnovala družba, ki hoče vodo jezera Clear Lake, ležečega 440 m nad morjem, uporabiti za proizvajanje elektrike. Jezero je 30 angleških milj dolgo, 10 milj široko, ter dobiva velikanske množine vode iz bližnjega gorovja. Odtok mu je ozka reka, ki dere po soteski, obdani od strmih pečin. Padec do mesta Napa znaša približno 300 metrov. Če se posreči zajeti vso vodno silo, dajala bode 7 milijonov konjskih sil. Ta neznanska moč bode zadoščala, da bode družba preskrbljevala z električno energijo vse tvornice ob zalivu San-Franciscu, v mestih Sacramento, Santa Rosa, Napa, Vallejo in Benizia. Potrebni kapital 4 milijonov mark je že osigurjen in treba je le še zmagati nasproti nekaterim pritožbam vodnih mejašev.

Prenašanje električne energije v daljne kraje postaja od dne do dne važnejše, in lahko se trdi, da je prenašanje sile v zvezi z delitvijo elek-

trične energije najvažnejša naloga moderne elektrotehnike. Do sedaj so bile samo večje tvornice deležne onih ugodnostij, ki jih dajo velike vodne sile ali pa veliki parni stroji, kajti velike naprave so dokaj ceneje kakor male. Kjer je bilo tedaj mogoče postaviti ogromne, bodisi vodne, bodisi parne motorje, tam se je rodila razsežna tvornica in velika industrija. Delovršba je bila povsem centralizirina in vsled tega zmagovita v konkurenci z malo industrijo. Pri električnem prenašanju energije pa industrija ni zavisna od kraja, kjer bivajo velike vodne sile, ali so postavljeni veliki parni stroji. Energija teh gibal se dovaža električnim potom celim pokrajinam in se razdeljuje na veliko manjših odjemalcev. Tako je združen dobiček centraliziranega proizvajanja sile z decentraliziranо uporabo. Ugodnosti te kombinacije so v gospodarskem oziru tolike, da lahko rečemo z mirno vestjo, industrija ima svojo prihodnjost v prenašanju električne energije in v delitvi sile.

VI. Uporaba toplotnih učinkov galvanskega toka.

Električno zažiganje podkopov. Tleči užigalniki. Užigalniki z iskro. Galvanostegija. Užigalnik za smodke. Električna hišna peč. Električen samovar. Električen likalnik. Električen žgalni aparat. Električna valilnica za jajca. Električno spajanje, zvarjanje, topljenje. Coffinov aparat. Thomsonova priprava za zvarjanje. Električno segrevanje kovin v vodi. William Siemensova električna plavilnica. Plavilnica od Ducreteta in Lejeune-a. Karborund. Kalcijev karbid in acetilen. Moissanovi umetni demanti.

Toplotni učinki galvanskega toka se v prvi vrsti uporabljajo za razsvetljevanje. Na tem polju je dosegla elektrotehnika največje uspehe in najširšo popularnost. Vendar se pa toplotni učinki ne izkoriščajo samo pri žarnicah in obločnih svetilnicah, temveč industrija rabi razbeljene prevodnike še v druge, deloma jako važne svrhe. V nekaterih slučajih ji zadoščajo tleči elektrovodi ali celo električna iskra, ki preskakuje od jednega prevodnika do druzega, drugič pa zopet potrebuje večjih razbeljenih prevodnikov ali pa silne temperature plamenenega loka.

Tleči prevodniki se že jako dolgo uporabljajo za električno prižiganje podkopov ali min. Poprej so užigali mine z znanimi netilnimi nitkami, a delovršba s temi nevarnimi pripravami se gledé sigurnosti nikakor ne more primerjati z električnim razstreljevanjem, pri katerem je čas eksplozije popolnoma v naših rokah, in ki omogočuje istodobno zažiganje večjega števila podkopov. Odkar poznamo električne priprave za zapaljevanje min, se je pričela za razstrelilno tehniko, osobito pa za dela pod vodo, nova doba.

Pri električnem prižiganju podkopov razločujemo dve metodi. Pri prvi se razbeli fina žica ali sploh točka velikega upora sredi netilnega materijala, pri drugem pa se razbeli zrak vsled preskakajoče električne iskre. Prve priprave zovemo tleče užigalnike, druge pa užigalnike z iskro. V principu sta oba načina jednaka, v praksi pa se razločujeta v tem, da je potreba za tleče prevodnike tokov nizke, za proizvajanje isker pa tokov visoke napetosti.

Tleče užigalnike je prvi konstruiral prof. Hare leta 1831. V sedanji obliki sestoji tak užigalnik iz dveh golih dovodnih žic, ki molita iz podolgovate glavice od zanesljivo osamljajoče tvarine. Prosta konca prevodnikov sta zvezana s fino žico in utakneta se v netilno patrono, ki ima v sebi netivo, sestavljeno iz zmesi zmletega klorovokislega kalija in žveplenega antimona, ali pa prah strelnega bombaža.

Potrebni tok za segrevanje tenke žice v patroni daje navadna galvanska baterija ali pa mala magnetoelektrična oziroma dinamoelektrična mašina. Danes so najbolj priljubljene baterije od takozvanih potapljalnih elementov s kromovo kislino. Tvrdka Siemens & Halske pa je zgradila za električno razstreljevanje poseben dinamo-stroj, ki tehta le 28 kg, a razbeli 36 cm dolgo platinovo žico; s tem strojem moremo torej užgati celo vrsto zaporedno staknjenih patron. Med največja dela, ki so se v novejšem času izvršila s tlečimi užigalniki, spada razstreljevanje ogromnih pečin, ki so ovirale severni vhod v novojorško luko. Leta 1874. so pričeli odstranjevati te skale. Navrtali so vanje mnogo tisoč rovov ter jedenkrat zažgali istočasno 3680 min. V ta namen so postavili 23 velikih baterij od elementov s kromovo kislino. Vsaka baterija je bila zvezana s 160 užigalniki. Skupina 160 užigalnikov je bila razdeljena v 8 vrst; užigalniki vsake vrste so bili staknjeni zaporedno, osmere vrste pa vzporedno. Do vseh patron je bilo napeljanih 184 dovodnih žic, katere so s primernim pretikalom istočasno lahko zvezali s poli baterije. Naprava se je izborno obnesla, kajti vse mine so v istem hipu zletele v zrak.

Pri užigalnikih z iskro proizvajamo potrebne, jako napete toke s pomočjo električnega kolovrata ali pa induktorja. Pri teh užigalnikih molita tudi dva gola prevodnika v patrono, a njuna konca nista zvezana s tenko žico, temveč zakrivljena sta toliko jeden proti drugemu, da nastane med njima majhen presledek, katerega preskakuje električna iskra.

Za razstreljevanje z iskro gradijo tudi posebne električne kolovrate. V naši vojski si je stekel general pl. Ebner veliko zaslug za to panogo elektrotehnike. Njegov električni kolovrat je nastanjen v neprodušni omarici, v kateri je skledica s klorovim kalcijem, da ostane zrak suh okoli stroja. Kolovrat ima dvoje drgačev od trde gume, drgala pa so od kožuhovine. Nastala elektrika se zbira v posebnem nabiralniku, od koder švigne tok proti patroni. Dovodne žice morajo biti skrbno izolirane, odvodne pa so lahko gole; tudi zemlja se uporablja, da vodi tok nazaj do stroja.

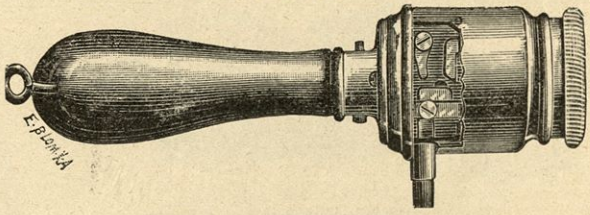
Poleg tehnike, ki se peča z razstreljevanjem skalovja in hribin, je tudi moderno zdravilstvo priredilo toplotne učinke galvanskega toka za svoje namene. Z razbeljeno žico izžiga kirurg bolne telesne dele in celo mesto noža mu je včasih dobrodošla. Okoli bolnega dela položi zanjko

od fine platinove žice, ter jo zategne, ko se razbeli; žica odreže dotični kos kakor nož, ne da bi se javljale posebne bolečine in da bi tekla kri. Tok za razbeljevanje žice mora imeti precejšnjo jakost, in zato sestavljajo v te namene posebne baterije, ki imajo neznaten notranji upor. Zelo priljubljene so tudi baterije od potapljalnih kromovih elementov; čim globlje se potisne ogljena ploča v raztopino, tem jačji tok se proizvaja. Tako lahko na jednostaven način reguliramo jakost toka.

Da more zdravnik žico privesti do bolnega dela, je vdejana v posebno držalo, ki nosi potrebne vijake za zvezo z baterijo in posebno stikalo, s katerim operatér tok sklene in prekine. Če je treba zanjko nategniti, torej bolni del odrezati, bivajo na držalu posebni obročki, ki dajo držečim prstom sigurno oporo.

V mestih, v katerih so zgrajene električne centrale za oddajanje toka, zdravnik ne potrebuje posebne baterije, temveč tok lahko jemlje iz navadnih pouličnih prevodnikov. Ker pa je napetost takega toka prevelika za opisane priprave, se mora toku, ako je istomeren, s predloženimi upori znižati napetost, pri izmeničnih tokih pa se s transformatorji pretvori tok na primerno napetost.

Slika 145.



Električen užigalnik za smodke.

Uporabo galvanskega toka za ožiganje telesnih delov imenujemo galvanokavstiko.

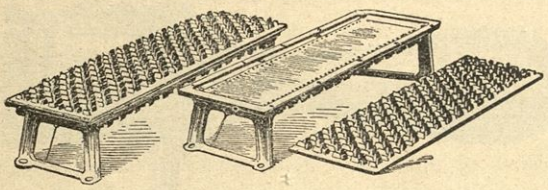
Končno naj predstavimo svojim čitateljem še jedno uporabo tlečih prevodnikov, ki pa ne služi niti tako nevarnim svrham, s kakršnimi se peča razstrelilna tehnika, niti tako vznemirljivim nalogam, kakršne si stavi kirurg, namreč pripravo za električno prižiganje smodek. Slika 145. nam predstavlja električen užigalnik za smodke. Njegov glavni del je kosček asbesta, ki je na gosto prešit s fino platinovo žico. V to žico je napeljan tok; tok razbeli žico, ob jednem pa tudi asbest, na katerem se potem smodka prižge. Asbest je vdejan v primerno držalo, ki je obešeno v posebni omarici na pregibljivi kljuki. Ako pripravo snamemo s kljuke, se kljuka razbremeni ter dvigne kvišku. S tem sklene tok, in asbest se hipno razbeli. Ko je kadilec prižgal smodko, obesi užigalnik nazaj na kljuko. Ta se sedaj poniža, ob jednem pa tok prekine. Užigalnik, katerega vidimo na naši sliki, je nekoliko

drugače zgrajen, kakor ravnokar opisani. Potrebno stikalo se nahaja na njegovem držalu. S pritiskom prsta na stikalo se tok sklene, ako pa kadilec užigalnik položi na mizo, se tok samodelno prekine. Asbestov kosček tiči v takem ovratniku, kakršnega poznamo pri žarnicah; lahko se jemlje iz držala in nadomešča z novim, če je potreba.

V opisanih slučajih je segrevanje v obče neznatno in omejeno na kratke kosčke tenkih žic. Ker pa je segrevanje prevodnikov zavisno jedino le od tokove jakosti in od upora v žici, je umevno, da moremo teoretično proizvajati v prevodnikih vsako poljubno množino toplote, ako jim damo primeren prerez in primeren upor. Omejeni smo le toliko, da ne smemo delati toplote, ki bi nam prevodnik raztopila in uničila.

Večje množine električne toplote so izkušali uporabiti za hišno kurjavo. Tu se elektrovodi nikdar ne segrejejo do stopnje, pri kateri se je bati, da žica zgori; kajti pri vsaki peči zadoščajo toplote, ki ne presegajo 200° C.

Slika 146.



Električna peč.

Če tudi je električna peč danes še celó za bogate ljudi komaj dosegljiv ideal, osobito v naših krajih, kjer je proizvajanje električnega toka še vedno razmerno drago, hočemo vendar predstaviti v sliki 146. dve električni peči namenjeni za sobno kurjavo.

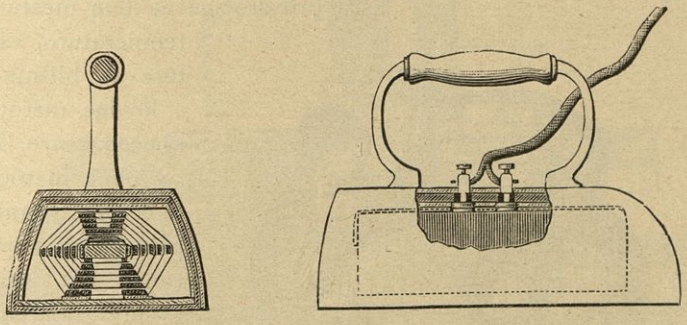
Soba, ki je 6 m dolga, 5 m široka in 4 m visoka, potrebuje, ako jo hočemo pri vnanji temperaturi — 10° C segreti na 20° C, vsako minuto 60 kalorij, t. j. dovesti moramo tej sobi vsako minuto toliko množino toplote, da bi ž njo segreli 60 litrov vode od 0° na 1° C. Ako bi hoteli to toploto proizvajati s pomočjo električnega toka, ki ima 100 voltov napetosti, bi potrebovali 40 ampèrov, tedaj tok, ki bi približno zadoščal za 80 žarnic po 16 sveč. Naša pèč ima podobo klopi. Na nizkih nogah počiva ploča, ki je sestavljena iz premnogih žičnih ovojev od novega srebra. Ovoje pokriva plast od asbesta, da se oni ne speče, ki bi se dotaknil žice. Končno je stol pokrit z železno pločo, ki ima mnogo rogljev. S tem dobi žareča plast večje površje in uspešneje oddaja toploto v sobni prostor. Na naši sliki je pri desni peči ta rogljasta ploča sneta in leži sama za-se na tleh.

Nekateri elektrotehniki dajejo peči jednako uredbo kakor jo ima n. pr. pomirjevalnik (str. 124.) pri obločnih svetilnicah. V železni oma-

rici je nastanjenih mnogo žičnih spiral, ki se vsled električnega toka segrevajo, potem pa svojo gorkoto oddajejo omarici in sobi. Zopet drugi izumitelji polagajo žične spirale v kanal, ki je okoli sobnih tal vrezan v stene ter pokrit z žičnim omrežjem — tedaj jednaka uredba, kakršno opazujemo pri centralni parni kurjavi.

Hitreje, kakor uporaba drage električne peči, se širijo manjše priprave za električno segrevanje, kakor *električni samovari*, pri katerih se voda greje s pomočjo prevodnikov, nastanjenih okoli kotliča ali pod njim. Tudi električni likalniki, kakoršnega nam kaže slika 147., se rabijo v nekaterih krajih, ki imajo električno energijo po nizki ceni na razpolaganje. Leva slika je prerez likalnika. Mesto jekla vidimo v njem žične ovoje, ki dobivajo svoj tok po kablju, kojega opazimo na desni sliki.

Slika 147.



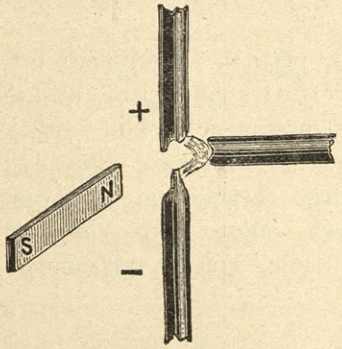
Električen likalnik.

Poleg opisanih slučajev izkoriščajo toplotne učinke galvanskega toka pri takozvanem *žgalnem aparatu*, ki je danes priljubljeno orodje za okraševanje lesa in usnja v raznih obrtnih delalnicah, osobito pa pri diletantih; uporabljajo jih steklarji za lomljenje in rezanje stekla; podjetni kmetovalci grejejo z električnim tokom umetne *valilnice* za kurja in druga jajca. Povsodi je princip jeden in isti, da oddajajo žične spirale, po katerih kroži električni tok, svojo toploto onemu objektu, katerega hočemo segreti.

Najbolj zanimiva in tudi najbolj pomenljiva je uporaba toplotnih učinkov galvanskega toka pri *električnem spajanju, zvarjanju in topljenju*, kjer se ga tehnika v novejšem času v izdatnej meri poslužuje. Pri navadnem spajanju moramo med oba kovinska kosa natrositi spojke, a pri uporabi električnega toka odpade dotična tvarina, in združiti moremo kovini neposredno. Z električnim tokom razbelimo le oni

del kovine, katerega hočemo spojiti z drugim kosom, dočim se v navadni peči razbeljenje ne dá omejiti samo na zvarko, temveč širi se kolikor toliko po vsej kovini in vpliva na ves predmet. Ravno to lokaliziranje visoke toplote pa je v premnogih slučajih tolikega pomena, da se električno zvarjanje ne more nadomeščati z nobenim drugim postopanjem.

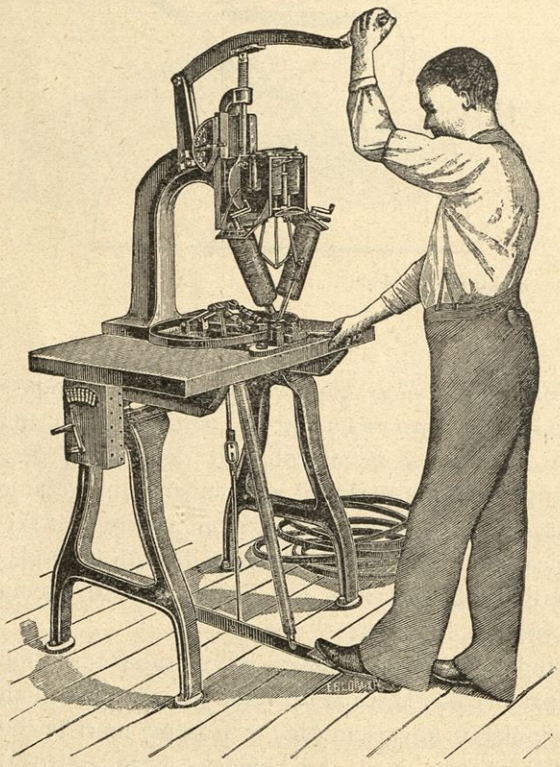
Slika 148.



Odklon plamenega toka s pomočjo magnetnega pola.

Do sedaj poznamo dvoje načinov električnega spajanja in zvarjanja. Pri prvem razvijamo toploto s pomočjo plamenenega toka, ki vpliva na zvarko, pri drugem pa napeljemo električni tok od jednega kovinskega kosa čez dotikališče do druzega. Veliki upor dotikališča provzročuje na tem mestu visoko temperaturo, vsled katere se bližnje plasti kovine raztope in končno zvare. Razlika v obeh metodah je tedaj le vnanja; pri prvi vpliva toplota od zunaj na dotikališče, pri drugi pa se razvija toplota v dotikališču samem. V vsakem slučaju se pa tvori zveza neposredno s pomočjo raztopljene kovine, ne da bi bilo treba posegati po posebni spojki.

Slika 149.



Coffinov električni aparat za spajanje.

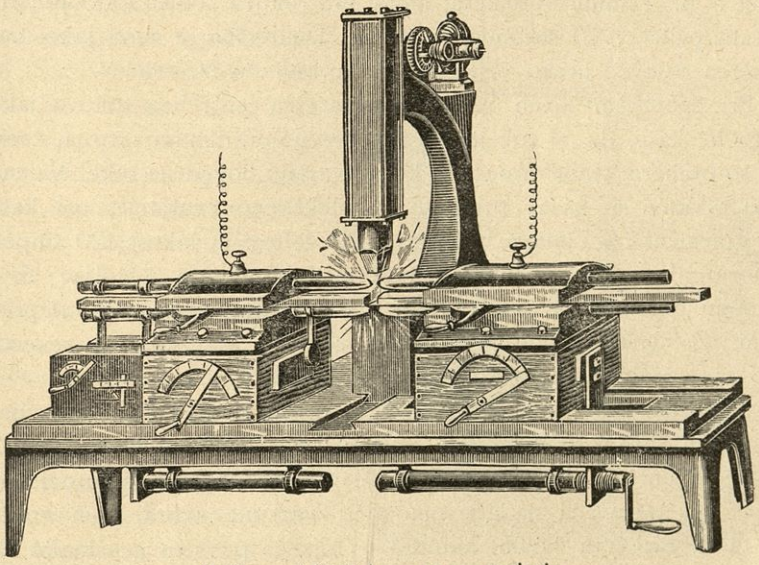
Plameneni lok proizvajamo na jednak način kakor v obločnih svetilnicah med dvema ogljenima koncema. Zraven tega pa je treba skrbeti, da spravimo lok do onega mesta, kjer hočemo kovinska kosa zvariti. V to nam pomaga svojstvo plamenenega loka, kakoršno

vidimo označeno na sliki 148. Ako približamo loku pol jakega magneta, odbija magnet plameneni lok, ter ga požene v stran v obliki dolzega jezička, kakršnega poznamo pri puhalnici. Zubelj namerimo na zvarko in proces spajanja se hitro zvrši.

To svojstvo električnega plamenenega loka, katerega odklanja magnetni pol, je uporabil Coffin v Ameriki ter zgradil električen aparat za spajanje in zvarjanje.

Slika 149. predočuje pripravo za spajanje, oziroma zvarjanje manjših, lažjih del, osobito pa za spajanje kolesnih šin. Ogljeni palici, med katerima

Slika 150.



Coffinov električni aparat za zvarjanje.

se tvori plameneni lok, stojita poševno in sta druga proti drugi nagnjeni. Na desno in levo ravnine, v kateri ležita ti palici, se nahajata dva elektromagneta, ki odbijata plameneni lok na zvarko. Z ročnim vzvodom more delavec ponižati ogljeni palici, ob jednem pa skleniti tok, prihajajoč od močnega dinamo-stroja. S priprostim mehanizmom se regulira razdalja ogljenih ostij in veličina plamenenega loka.

Na sliki 150. opazimo aparat za večje električne zvare. Tu delujeta dva para ogljenih palic s svojima plamenenima lokoma na zvarko Ko sta kovinska kosa, katera zvarjamo, zadosti razbeljena, se potegnejo ogljene palice narazen, in električno kladivo, stoječe vertikalno sredi aparata, začne z brzimi udarci kovati na zvarko; s tem pospešuje tesno spojitev obeh kosov.

Na drug način zvarja amerikanski profesor Elihu Thomson kovinske kose s pomočjo električnega toka. Po njegovi metodi se oni deli, katere je treba zvariti, najprej z velikim tlakom stisnejo skupaj, potem pa se pošlje skozi dotikališče tok velike jakosti. Vsled toka se kovinski kosi na dotikališču toliko raztope, da se tesno združijo.

Za električno zvarjanje so pripravni istomerni kakor tudi izmenični toki, kajti toplotni učinki galvanskega toka niso zavisni od tokove meri. Pri zvarjanju manjših kosov navadno uporabljajo istomerne toke, a pri večjih objektih, kjer se potrebujejo toki z jakostjo mnogo tisočev ampèrov, se vrši delo z izmeničnimi toki, katere s transformatorji pretvarjamo v toke zahtevane jakosti. Ako hočemo zvariti dve železni palici, imajoči n. pr. 12 mm v premeru, mora biti tokova jakost 2000 ampèrov; tedaj sta palici v 10 sekundah zvarjeni. Delovršba je torej jako nagla in spreten delavec lahko v jednej uri napravi do 60 zvarov.

Pri debelejših kosih jako hitro narašča potrebna tokova jakost, in zato ne kaže, da bi tok jemali neposredno od dinamo-stroja, temveč boljši so primerni transformatorji, ki pretvarjajo dovedene toke. Na zadnji pariški razstavi so kazali pripravo za električno zvarjanje, pri katerej se je izmenični tok, imajoč napetost 200 voltov in jakost 120 ampèrov, transformiral v tok s 24.000 ampèri in z napetostjo 1 volta. S tem ogromnim tokom so v jedni minuti zvarili palice, katerim je bil premer 50 mm. Za delo je bilo uporabljenih 40 — 50 konjskih sil, seveda le toliko časa, dokler je trajalo zvarjanje.

Ta zgled priča, da zahteva električno zvarjanje jako mnogo mehanične sile in da je torej razmerno drag. A če pomislimo da se električno spajanje kovin jako hitro vrši in da je mnogo čedneje, sigurneje in za delavce prijetneje, da nadalje omogoči zvarjanje skoraj vseh trdih in celó takih različnih kovin, katerim je topišče povsem nejednako, umejemo, da je za nekatere stroke kovinske industrije nenadomestno. Podjetni Amerikanci so zategadelj električno zvarjanje hitro udomačili v svojih delavnicah; pri nas seveda, kjer smo bolj počasni in konservativni, ni še pridobilo širših tal.

Zelo zanimivo električno segrevanje sta izumila Lagrange in Hoho v Bruselju. Dotični postopek naj bi nadomeščal kovaško ognjišče, včasih pa tudi služil v zvarjanje. Ako namreč vtaknemo železno ali drugo kovinsko palico, katero smo poprej zvezali z negativnim polom dinamo-stroja, v vodo, in ako stoji dotična posoda s pomočjo svinčene ploče, ležeče na dnu vode, v zvezi s pozitivnim polom, se začne v onem hipu, ko se železna palica pomoči v vodo, razvijati okoli palice vodik. Izločeni plin pokrije palico s tenko plastjo in tvori okoli nje odejo velikega upora. Na mestu, kjer prehaja tok od kovine v vodo, se javlja vsled upora vodikove kožice tolika toplota, da se železna palica v vodi

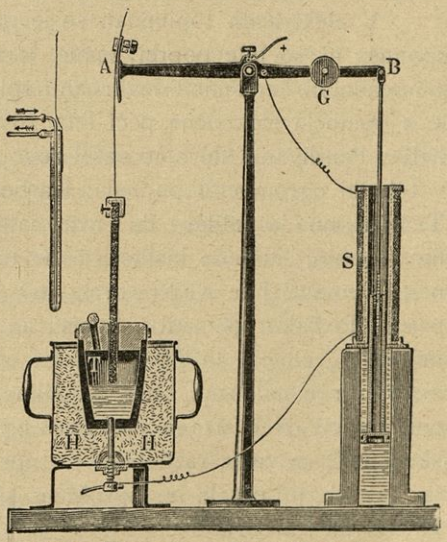
takoj razbeli, če tudi je posoda polna razmerno hladne tekočine. Da se proces hitreje in ugodneje vrši, treba pridejati vodi 10 — 20% pepelike in vodo segreti na 70° C.

Izumitelja sta našla, da se železni kos v 8 sekundah razbeli, ako znaša za vsak kvadratni centimeter njegove površine tokova jakost 5 ampèrov pri napetosti 150 voltov. Če biva palica dalje časa v vodi, se popolnoma raztopi in razkaplja kakor vosek v vroči vodi.

Opisani proces nas zategadelj iznenadja ker se kovinski kos v vodi razbeli, dočim smo dosedaj bili vajeni v vodi ugašati razbeljeno železo. Električni tok provzročuje torej, da se mrzla kovina razbeli v vodi.

Topljenje s pomočjo električnega toka. Prvi, ki je električnim potom topil kovine, je bil Sir William Siemens brat nam že znanega Wernerja pl. Siemens-a. Njegovo električno plavilnico razlaga sl. 151. Na levi strani opazimo topilni piskrec T. Njegovemu dnu se pozitivni tok dovaja s palico od platine ali oglja. Piskrec se nasuje s kosčeki kovine, katero nameravamo raztopiti. Od vrha sega v lonec vertikalna ogljena palica, ki je z žico A v zvezi z negativnim polom. S početka se ta palica dotika kovinskih koscev, a ko začne tok krožiti, se palica s samodelno pripravo za nekoliko milimetrov dvigne, da nastane plamenen lok, ki raztaplja kovinske drobce. V kolikor se kovina pri taljenju ponižuje, za toliko se ponižuje vsled samodelne regulacije tudi ogljena palica, da ne preneha raztapljajoči plameneni lok.

Slika 151.



William Siemens-ova električna topilnica.

Za kovine, ki se jako nerade tale, sta v novejšem času zgradila Ducretet in Lejeune električno topilnico, ki se izvrstno obnaša in je velikega pomena za poskuse v laboratorijih. Ta peč je v principu jednaka poprej opisanemu Coffin-ovemu aparatu; plameneni lok vpliva na kovino ter jo topi v posebnem loncu. Ker meri temperatura plamenenega loka približno 4000° C., je umevno, da moremo v taki topilnici raztopiti vsako plavko kovino in rudnino; težkoplavki platin, krom, i. t. d. se raztopita v njej v kratkem času.

Dotična peč sestoji od železne omare, ki je znotraj obložena z nezgornim šamotnim materijalom. Omara ima v zgornjem delu dve luknji, skozi kateri sta vanjo vtaknjeni ogljeni palici in sicer v meri diagonal. Na sredi peči se palici potemtakem toliko približata druga drugi, da nastane med njima plamenen lok, ako kroži galvanski tok po njih. Neposredno pod nastalim lokom stoji v peči piskrec z onimi tvarinami, ki se bodo raztopile. Pod pečjo so postavljeni močni podkovasti magneti, ki vlečejo plameneni lok navzdol v piskrc. Sprednja stena peči ima okno, zadelano s temnim steklom. Skozi to steklo lahko opazujemo vse, kar se godi v peči, velikost plamenenega loka in topljenje tvarine v loncu, ne da bi oškodovali svojih oči. V piskrcu nastala temperatura je približno 3500° C.

V električnih topilnicah se je posrečilo proizvesti razna telesa in spojine, ki so bile poprej znane le v slovečih laboratorijih ali pa jih z navadnimi kemičnimi reakcijami sploh ni bilo mogoče sestaviti. Tako je s pomočjo električne peči leta 1892. C. G. Atcheson v Monongaheli v Pensilvaniji slučajno našel novo spojino karborund, ki je postala v tehniki ogromnega pomena. Karborund je sestavina silicija in ogljika. Trdota mu je tolika, da razi najtrše tvarine (demant, rubin, kromovo jeklo); nobena kislina ga ne razjeda in tudi ognju se bolje ustavlja nego demant. Ime nepremagani (adamas) bi torej karborundu bolje pristojalo kakor demantu. Specifična teža mu je 3·1 g; v čistem stanju ima 70% silicija in 30% ogljika. Izdeluje se v podolgovatih pečeh, v katerih je naložena zmes kremikovega peska in ogljenega prahu. V peč sta od dveh stranij vtaknjeni ogljeni palici (elektrodi). Ko kroži tok skozi peč, se zmes razbeli in raztopi. Oglje reducira silicijeve spojine, iz katerih je pesek, a oproščeni silicij se spoji z ogljem v silicijev karbid ali karborund.

Dobljeni karborund tvori luknjičavo maso, ki je sestavljena iz premnogih kristalov. Operó jo najprej s kislino, potem z vodo in ko se posuši jo zmeljejo v prah.

Nova tvarina rabi osobito v brusne namene, kajti odlikuje se po silni trdoti; ž njo se brusi demant, kateremu so poprej samo z njegovim lastnim prahom mogli do živega. Tudi za vsakojako obdelovanje kovin je izborno sredstvo. S pomočjo raznih lepil združijo karborundov prah v ploče, valje, brusne kamene, oslice i. t. d., katere potem uporabljajo jednako drugim starejšim pa manj trdnim in vztrajnim brusilom.

Druga jako važna tvarina, katero danes v velikih množinah proizvajajo v električnih topilnicah, je spojina CaC_2, torej spojina kalcija in ogljika. Našel jo je že leta 1862. sloveči kemik Wochler, a nova tvarina ni imela nikakega praktičnega pomena ter je bila skoraj pozabljena v kemičnih laboratorijih. Trideset let pozneje je J. L. Wilson v

Ameriki brez posebnih teoretičnih namenov in nekako na dobro srečo poskušal raztopiti različne tvarine v električni peči. — Tako so delali stari alkemisti, ki so v svojih laboratorijih iskali zlata, mesto njega pa našli mnogo novih elementov in spojin. Wilson je nasul v Cowles-ovo peč oglja in peska. Dobil je lahko plavko maso, ki se je končno izhladila in skrepenela v trdo klado. Wilson ni vedel, kaj bi počel z dobljenim produktom, in vrgel je klado proč. Slučaj pa je hotel, da je padla klada v škaf vode. Takoj se je začel razvijati smrdljiv plin, ki je gorel s svetlim in sajastim plamenom. Plin je bil znani in velevažni acetilen, ki je bistvena sestavina svetilnega plina.

V svetilnem plinu se namreč nahajajo nastopni ogljikovi vodiki:

1. metan CH_4, ki izloča pri gorenju jako malo ogljika in gori s skoraj popolnoma nesvetlim zubljem;

2. etan C_2H_6, ki tudi ne daje veliko več svetlobe kakor prvi plin;

3. etilen C_2H_4; pri tem plinu je množina ogljika večja, in zato gori s svetlim plamenom;

4. acetilen C_2H_2, ki ima izmed vseh naštetih plinov največ ogljika. Pri gorenju izloča toliko ogljika, da je plamen zelo sajast.

Navadni svetilni plin sestoji zvečine od vodika in metana, tedaj od plinov, ki pri gorenju ne dajejo veliko svetlobe. Najbolj ugodna sestavina, acetilen, se nahaja v tako majhni množini v svetilnem plinu, da so tehniki že dolgo mislili na to, kako pomnožiti ugodni acetilen, a vsi poskusi so bili brezuspešni, dokler ni Wilson s svojo iznajdbo pokazal, kako proizvajati acetilen dober kup in jednostavnim potom.

Spojino kalcija in ogljika so imenovali kalcijev karbid. Danes ga izdelujejo že velike tvornice in razsvetljava s čistim acetilenom dela veliko konkurenco staremu svetilnemu plinu in celo električni luči, kajti zelo je po ceni, priprosta ter efektna. Žal, da je acetilen otroven in z zrakom pomešan silno raznesljiv. Najnovejše priprave so sicer ta nevarna svojstva zelo omejile, a niso jih popolnoma odstranile.

V električni peči je Moissan z uspehom delal celo umetne demante. V ta namen je raztopil železo, kateremu je pridejal nekoliko lesnega oglja v električni peči. Stopljeno železo raztaplja ogljik, a prebitek te prvine se izloča pri ohladi kot kristaliziran ogljik. Po mnogobrojnih poskusih je dobil Moissan povsem razvite prozorne kristale, ki so bili sicer jako majhni, a dvoma ni nikakega, da so bili pravi demanti.

Upanje, da bode možno v električni peči izdelovati demante, je tedaj opravičeno. Za zakladnice bogatašev bi sicer ne bilo prijetno, ako se elektrotehnikom v istini obnesó te nade, a industriji, torej širšemu človeštvu, bi ceneni demanti dobro došli v razne brusne, vrtalne in rezilne svrhe.

VII. Elektrokemija.

Električna metalurgija. Tokova gostota v kopelji. Dobivanje čistega bakra. Elektrolitičen baker. Brezšivne bakrene cevi. Izločevanje kositra. Dobivanje aluminija. Aluminijev bron. Peč bratov Cowles-ov. Héroultova razkrojna priprava. Razne aluminijeve tvornice. Dobivanje magnezija. Proizvajanje kloratov. Dobivanje ozona. W. Siemensove ozonske cevi. Beljenje z ozonom. Elektrolitično beljenje. Websterjevo čiščenje odpadnih vod.

Elektrokemija ima nalogo, da proizvaja kemične tvarine električnim potom. V prvi vrsti meri na dobivanje čistih kovin iz rude ali iz umetnih spojin. Tako se ji je posrečilo s popolnim uspehom delati baker, zlato, aluminij, magnezij, kositer, arzen, antimon in razne druge tvarine. Temu delu naše vede pravimo *električna metalurgija*. V drugi vrsti proizvaja elektrokemija dražje in važnejše kemične spojine iz manj pomenljivih in cenejih s pomočjo električnega toka. Ta veja elektrokemije se peča z izdelovanjem sode, klora, jedkega kalija in jedkega natrona. Tretja naloga elektrokemije je, da proizvaja kemične tvarine, ki so koj pri svojem postanku pripravne za oksidacijo ali redukcijo raznih spojin. V ta oddelek spada izdelovanje ozona, čiščenje odpadnih vod in električno beljenje papirja in tkanin.

V vseh teh slučajih nam služi osobito ono svojstvo galvanskega toka, katero smo označili z besedo *elektroliza* (str. XLVII.), poleg nje pa pridejo v poštev čestokrat tudi toplotni učinki električnega toka.

Elektroliza je proces, pri katerem se elektriko vodeče tekočine (*kopeli*) razkrajajo, ako pošiljamo skozi nje električni tok. Sestavini vodeče tekočine, takozvana *iona*, se poležeta po elektrodah, in sicer pozitivna sestavina ali *kation* (kovina, oziroma vodik) po katodi, negativni ostanek ali *anion* pa po anodi. Pri tem razkrojevanju velja zakon *Faradayjev*, ki pravi, da je množina razkrojene tekočine, torej tudi množina izločenih kovin v premem razmerju z jakostjo toka in trajanjem njegovim; tudi stoje izločene množine raznih tvarin v razmerju z njihovimi kemičnimi ekvivalenti.

Ker poznamo številke kemičnih ekvivalentov in ker nas učé poskusi, koliko bakra izloči tok jednega ampèra v jedni sekundi (str. XLVIII.), lahko takoj povemo, kolika množina kake kemične tvarine se na elektrodah izloči, ako gre tok jednega ampèra določen čas skozi dotično tekočino. Nekoliko takih številk kaže nastopna razpredelnica:

Tok jednega ampèra izloči v jedni uri:

Ime tvarine	mg	Ime tvarine	mg
aluminija	337,0	niklja	731 ali 1096
svinca	3858,4	platine	3632,4
železa	1047 ali 698	srebra	4026
zlata	2452	cinka	1217,2
bakra	1181 ali 2362	kositra	2221
magnezija	454,3	klora	1323
		joda	4730
		kisika	298

V razpredelnici opazimo pri nekaterih tvarinah n. pr. pri železu, bakru in niklju po dve številki. To izvira od tod, ker imajo te prvine dvoje različnih ekvivalentnih tež, odvisnih od spojin, v katerih se nahajajo. Železo je lahko dvo- ali trovrednostno, baker jedno- ali dvovrednosten a nikelj zopet dvo- ali trovrednosten.

Ako pošljemo skozi raztopino kovinske soli električen tok, mora imeti določeno napetost, da premaga upor, ki ga mu stavi raztopina. Potrebna napetost je jednaka produktu iz tokove jakosti in notranjega upora, torej iz upora raztopine, ali kakor pravimo v tem slučaju, od upora *kopeli*.

Poleg tega upora se prikaže vselej tudi polarizacija v razkrojni stanici, tedaj elektromotorska protisila, katero mora tok s svojo napetostjo tudi še premagati. Tok, kateri naj provzročuje elektrolizo, mora potemtakem imeti toliko napetosti, da je vsaj jednaka vsoti elektromotorske sile polarizacije in naponske izgube, ki se javlja vsled upora raztopine.

Od napetosti, torej od števila voltov, katere rabimo za elektrolitični proces, in od tokove jakosti pa so zavisni *troški* vsega procesa, kajti efekt toka, t. j. *delo*, katero napravi tok v kopeli vsako sekundo, je vselej jednako

številu voltov × število ampèrov.

Da dobimo zahtevani efekt, posežemo po galvanskih elementih ali po dinamo-strojih. Čim več je bilo tvarin izločenih iz raztopine, tem večji je učinek naše priprave. *Množina* izločenih snovij pa je po prej

navedenem Faradayjevem zakonu zavisna od tokove jakosti in zato je jasno, da je z ozirom na skupni efekt (število ampèrov × število voltov) koristni učinek tem večji, čim manjša je tokova napetost.

Zato lahko rečemo:

Elektrolitični proces je tem ugodnejši, čim manjša je napetost potrebnega toka, ali, kakor pravijo praktiki: Ampèri delajo denar, volti ga pa zapravljajo.

Za štedljivo delovršbo je tedaj neobhodno potrebno, da je napetost kopeli, t. j število uporabljenih voltov, kolikor mogoče majhno; napetost pa je zavisna, kakor že vemo, od upora raztopine (uporna napetost) in od polarizacije (polarizacijska napetost). Ker je upor tekočine vedno jeden in isti, moramo v prvi vrsti gledati, da znižamo polarizacijsko napetost t. j., da napravimo pri našem procesu polarizacijo kar najbolj neznatno.

Te odnošaje naj nam pojasni nastopni vzgled. Recimo, da teče skozi kopel galvanski tok, ki ima efekt jedne konjske sile, torej 736 volt-ampèrov (wattov), in da je potrebna napetost za izvrševanje procesa ravno 1 volt, tedaj lahko iz poprej navedenih številk izračunamo, koliko kilogramov dotičnih tvarin izloči jedna konjska sila v jedni uri. Tok ima namreč v tem slučaju jakost 736 ampèrov in zato je treba zgornje številke samo z 736 množiti, in dobljene miligrame pretvoriti v kilograme. Tako dobimo nastopni resultat:

Jedna konjska sila izloči v jedni uri (ako je napetost kopeli jednaka 1 voltu):

aluminija	0,252 kg	niklja	0,558 kg
svinca	2,893 »		0,822 »
železa	0,785 »	platine	2,724 »
	0,523 »	srebra	3,019 »
zlata	1,839 »	cinka	0,913 »
bakra	0,885 »	kositarja	1,665 »
	1,770 »	klora	0,992 »
magnezija	0,341 »	joda	3,552 »
		kisika	0,223 »

Ko bi pa potrebna napetost kopeli ne bila 1 volt, temveč morebiti 4 volte, kar velja n. pr. za nikelj, ne izloči jedna konjska sila 0·548 kg, ampak samo četrti del, torej 0·137 kg. Čim večja je potemtakem potrebna napetost, tem manjša je množina kovine, katero izloči jedna konjska sila v jedni uri, in obratno.

Za uspešno elektrokemično delovršbo je tedaj vsekako potrebno, da je polarizacija kopeli kolikor mogoče neznatna. Polarizacija pa nastane vsled tega, ker sta elektrodi v raztopini vsled delovanja elektro-

lize kemično diferentni jedna proti drugi. Čim bolj sta torej elektrodi različni, rekše čim bolj sta v naponski vrsti oddaljeni, tem večja je polarizacija.

Pri elektrolitičnem procesu moremo polarizacijo na ta način zmanjšati, da preskrbimo ionom priliko, sestavljati na elektrodah nove, za delovršbo neškodljive kemične spojine, ki so čim manj kemično diferentne, ali z drugimi besedami, ionom moramo dati priliko za delo na elektrodah.

Ker je pri metalurgičnih procesih kation (kovina) oni produkt, katerega hočemo dobiti, je umevno, da moramo anodi ponuditi priliko za kemično delo. Na anodi pa se pojavlja vselej ona elekrolitova sestavina, ki oksidira druge, torej n. pr. SO_4, NO_3 ali Cl i. t. d. Zato moramo skrbeti, da se vrši na anodi bujna oksidacija.

Za elektrolitično delovršbo z danimi tvarinami ni vsaka poljubna tokova jakost uporabna, temveč jakost toka mora biti v določenem razmerju s površino elektrod. Da to uvidimo, napravimo kopel od bakrenega vitrijola in vzemimo anodo od bakra, imajočo 0·5 m^2 površine. Ko pošljemo tok skozi kopel, se na anodi javlja SO_4, ki anodo raztaplja in v Cu SO_4 izpreminja. Čim jačji je tok, tem več SO_4 nastopa v istem času, in tem več se proizvaja Cu SO_4. To velja seveda le toliko časa, dokler ni množina SO_4 prevelika, kajti če se SO_4 prebujno razvija, torej če je jakost toka prevelika, se ne more ves SO_4 na bakreni ploči izpremeniti v Cu SO_4. Proces ni več primeren, ako je tok prejak. Ko bi vzeli dvakrat toliko anodo, tedaj 1 m^2 veliko, bi seveda smeli uporabiti tok dvakrat tolike jakosti. Razmerje tokove jakosti in velikosti anodne ploskve imenujemo tokovo gostoto. In tedaj pravimo, vsak proces zahteva maksimalno tokovo gostoto, katere ne smemo brez škode prekoračiti. Tokova gostota se navadno izraža kot število ampèrov, potrebnih za vsak m^2 anodne ploskve.

Kar smo rekli za katodo, velja tudi za anodo. Tudi pri tej je tokova gostota bistvenega pomena za iskani produkt. Ako je n. pr. tokova jakost prevelika za katodno ploskev, se izloči preveč kovine, ki pri svojem postanku vpliva na vodo in jo razkraja. Potem ne dobimo kompaktne oborine dotične kovine, temveč gobasto in porozno maso, katere ne moremo vselej rabiti za svoje namene.

Pri vsakem elektrolitičnem procesu je torej treba s poskusi dognati najugodnejšo tokovo gostoto. Mogoče je celo, da je tokova jakost primerna za anodo, za katodo pa je premajhna ali prevelika, in obratno. Potem je treba dati jednej elektrodi večje površje nego drugi.

Elektrolitično dobivanje in čiščenje kovin. Dobivanje kovin s pomočjo elektrolize je že dolgo znano, a izvrševalo se je poprej le v laboratorijih brez večjega pomena za industrijo in

obrt. Stoprav po iznajdbi dinamo-strojev je ta metoda prekoračila tesne meje znanstvenih preiskovalnic in postala velike važnosti za človeštvo.

Najdalje se uporablja elektroliza za dobivanje čistega bakra. Že pred 30 leti je Elkington objavil metodo, kako baker čistiti električnim potom, a šele tvrdka Siemens & Halske je leta 1878. nastopila s pripravo, ki se je vsestransko obnesla in v kupčijskem oziru zadoščala. Baker, katerega dobivamo iz plavžev, namreč nikakor ni čist. Primešanega ima žveplenega bakra, žveplenega železa, a tudi srebra, platina, zlata, bismuta, kositra i. t. d. Iz tega nečistega bakra — pravimo mu črni baker — hočemo potom elektrolize dobiti povsem čist, tedaj mnogo dražji baker, ob jednem pa tudi izkoristiti primesi, kakor zlato, srebro i. t. d.

V ta namen se vlijejo od črnega bakra velike debele ploče, ki se postavijo kot pozitivna elektroda (anoda) v raztopino žveplenokislega bakra. Za negativno elektrodo rabi jednako velika tenka ploča od čistega bakra. Nečisti baker se s pomočjo vsled elektrolize nastale žveplene kisline raztaplja, a prosta čista kovina se poseda na negativni elektrodi. Za vsak kvadratni meter elektrodne ploskve se potrebuje tok 20 do 40 ampèrov. Tuje primešanine prehajajo deloma v raztopino bakrenega vitrijola (lug), deloma pa se polegajo na dnu posode v podobi blata, iz katerega se na različne načine izločajo. Dobljeni čisti baker se imenuje elektrolitični baker.

Ker se lug kmalu preveč onečisti, ga je treba v določenih presledkih zamenjati z drugim. Čim več ima anoda tujih primešanin, tem večja je elektromotorska sila polarizacije, tem večja torej mora biti napetost toka in tem manj se naprava izplača. Ako ima črni baker več nego pol procenta primešanim, so troški že preveliki in delovršba predraga.

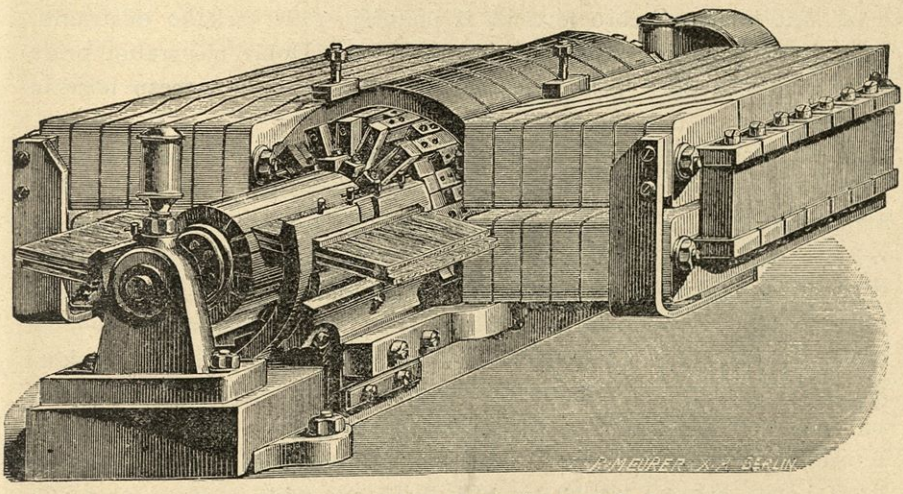
Potrebna napetost za premaganje polarizacije znaša pri lugu, ki še ni preveč onečiščen, samo 0·025 voltov. Ta mala napetost je samo zategadelj mogoča, ker sta obe elektrodi skoraj popolnoma bakreni in v naponski vrsti jako blizu stoječi.

Zanimiv je dinamo-stroj (glej sliko 152.), s katerim je tvrdka Siemens & Halske imenovanega leta začela proizvajati elektrolitični baker v topilnici v Ocker-u na Brunsviškem, in ki je še danes v rabi. Ovoji niso žičnati, temveč sestavljajo jih široke bakrene palice, ki so druga od druge izolirane z asbestom. Kotvica je bobniška in nosi samo štirinajst takih ovojev v jedni legi. Tudi poljski magnetje imajo 7 debelih in širokih bakrenih palic ovitih okoli železnega jedra. Napetost stroja znaša k večjemu 3·5 volta, a tokova jakost do 1000 ampèrov. Vsak tak stroj pošilja tok v 12 zaporedno staknjenih kopelij in izloča na dan 250 do 300 kg bakra. Topilnica v Ockeru izdela na ta način vsako leto 500 do 600 ton čistega bakra.

Dobljeni elektrolitični baker je tako krhek in razlomljiv, da se ne more neposredno rabiti. Treba ga je prej pretopiti, preden ga pošljejo na trg. Stoprav od onega časa, ko so začeli delati elektrolitičen baker, dobivamo v kupčiji čist baker, ki je osobito za elektrotehnične namene neprecenljive vrednosti, kajti tok vodi mnogo bolje nego onečiščene bakrene vrste.

S pomočjo elektrolize izdelujejo danes tudi bakrene cevi brez šivov. Dotično postopanje je utemeljil Elmore, in izvršuje se praktično na Angleškem in Nemškem. Kopel sestoji iz žveplenokislega bakra, a negativna elektroda je železen valj, ki se v kopeli vrti, in na katerega se baker useda. Za pozitivno elektrodo se vzame takozvani čilski

Slika 152.



Dinamo-stroj za dobivanje čistega bakra.

baker in sicer v podobi bakrenih zrn. Ta zrna leže na bakrenem situ na dnu kopeli. Med elektrolizo drše gladek agatov kamen po valju semtertja, ter lika baker, ki se useda na valj. Tok se dovaja valju s pomočjo drsalnih ščetij, ter ima napetost 1 volta. Tokova jakost sme biti precej visoka, kajti agat nepretrgano tlači in stiska usedene bakrene plasti, ki dobé vsled tega veliko gostoto in trpežnost. V šestih dneh se obori na železni valj 3·2 mm debela bakrena skorja. Ko je skorja postala dovolj močna, se železno jedro z raznovrstnim stiskanjem in segrevanjem potisne iz cevi. Valj mora biti povsem gladek in pravilen, kajti najmanjša hrapovost in nejednakost provzročuje, da ga ne spravimo iz bakrene odeje. Take brezšivne cevi imajo zelo veliko trgoporno trdnost in mehanikom v prid hodijo za razne namene.

Podobna naprava za dobivanje čistega bakra se nahaja tudi pri Štefanovi topilnici v Sipuški županiji na Ogerskem, kjer izdelajo vsak dan 1200 kg čistega bakra. Dinamo-stroje goni voda, imajoča 32 konjskih sil. Stroj proizvaja toke z 240 ampèri in z napetostjo 24 voltov. Vseh kopelij je 49 in sicer je v sedmih skupinah po sedem stanic zaporedno staknjenih. Postavljene so stopnjasto in lug neprestano kroži po stanicah; preteka se od zgornje do spodnje kopeli, od koder ga dve svinčeni sesaljki dvigata zopet kvišku do najvišje stanice. Anode od črnega bakra so približno v treh mesecih použite, v istem času pa je njih baker oborjen na katodah. Tuje primešanine, kakor antimon, svinec, bismut, arzen, zlato in srebro se zbirajo v grezu na dnu posod in se zlahka zopet dobivajo iz njega. Naprava deluje od leta 1890. in je za tamošnje razmere velikega pomena, ker so poprej iz srebronosnih sijajnikov le težko in z velikimi časovnimi izgubami delali čist baker. Srebro je treba iz tamošnje rude vsekako odstraniti, kajti drugače slabo vpliva na kakovost bakra. Dobivanje srebra pride še le v drugi vrsti v poštev, če tudi je pri opisanem procesu lažje in cenejše kakor je bilo poprej.

Po doslej označenem postopanju dobivamo tedaj iz onečiščenega bakra čist baker, a še važnejše bi bilo, ko bi se nam posrečilo baker neposredno izločati iz bakrenih rud. To nalogo so izkušali rešiti na razne načine, vendar pa je stoprav tvrdka Siemens & Halske problem v toliko uravnala, da je postal praktičnega pomena. Bakrene rude imajo baker v sebi običajno kot bakreni sulfir $Cu_2 S$, bakreni sulfid Cu S ali kakor bakreni oksid Cu O in sicer vedno v zvezi z drugimi kovinskimi spojinami, osobito pa z železnimi. Te rude je treba stolči v prah, potem pa jih izlužiti z nakisano raztopino žveplenokislega železnega oksida ali ferisulfata $Fe_2 (SO_4)_3$. Ta tvarina raztopi baker iz bakrene rude in tvori ž njim bakreni vitrijol Cu SO_4, kajti ona odda jeden molekul SO_4 in se reducira vsled tega v ferosulfat Fe SO_4. Tekočina sestoji torej po izluženju iz zmesi ferosulfata in bakrenega sulfata. Dobljeni lug se dene v kopel, kjer se elektrolizira. Anodo tvorijo ogljene palice, katodo pa bakrene pločevine. Ogljene anode ležé na dnu štirioglatih posod, nad njimi pa se nahajajo katode, a obe loči sukneno cedilo. Lug teče neprestano do katod, preceja se skozi sukno in se odtaka pri anodah. Ko teče električen tok skozi stanico, bi se morali kovini baker in železo oboriti na katodi. V istini se tudi baker poleže nanjo, a železu je določena druga osoda. Ta kovina ima namreč lastnost, da izloči baker iz bakrenega vitrijola, dočim se sama izpremeni v železni sulfat. Posledica je torej, da se na katodi obori samo baker in sicer deloma kot primarni, deloma kot sekundarni produkt. Na anodi se javlja SO_4, ki takoj oksidira bližnji ferosulfat Fe SO_4 v ferisulfat $Fe_2 (SO_4)_3$.

Potrebno oksidacijsko delo se pri tem procesu torej ne vrši z raztopom anode, temveč z oksidacijo tekočine, kar je važna novost pri izkoriščanju elektrolitičnih preosnov.

Ko se je potemtakem na katodah baker že večinoma izločil, se okoli anod lug oksidira v ferisulfat, ki potem vnovič rabi v izluževanje rude. Proces se v krožnem teku neprestano vrši dalje.

Pri tem postopanju se potrebuje tok z napetostjo jednega volta in in z gostoto 120 ampèrov za vsak kvadratni meter katodne ploskve. Izloči se 99% bakra, kar ga je bilo v rudi.

Jako važna je postala elektrokemija pri dobivanju zlata. Tudi tu se uporablja metoda tvrdke Siemens & Halske, ki je v tehničnem in kupčijskem oziru jako razvita in dognana. Zlatonosne rude se raztapljajo v razredčeni raztopini cijankalija, a iz te kopeli se vsled elektrolize poseda čisto zlato po svinčenih katodah. Za anode rabijo železne pločevine. Lug raztaplja železo in tvori se berolinsko modrilo, ki se pa tekom procesa zopet presnuje v cijankalij. V južni Afriki se danes večina zlatih rudnikov poslužuje očrtanega postopanja, ki celó iz poprej nerabljivih ostankov izloča še 70% zlata.

Izdaten praktičen pomen je dobila elektroliza tudi z izločevanjem kositra, in sicer iz ostankov železne pločevine, ki je s kositrom pocinjena (bela pločevina). Ti ostanki in odpadki imajo na sebi 3 do 6% kositra. Dotična kopel sestoji iz razredčene žveplene kisline. Odrezki se denejo v lesene košarice, ki se poglobijo v tekočino ter rabijo kot anoda. Za katode se postavijo poleg košaric pocinjene bakrene pločevine. Tok raztopi kositer na anodah ter ga obori po katodah. Ko je kositer izginil z anod, se začne železo raztapljati in tvori se železni vitrijol. Tedaj je treba tekočino zamenjati z novo, svežo. Kositer se sprva, ko je raztopina še jako kisla, useda po katodah v gobasti obliki, a pozneje kristalizuje v obliki finih iglic. Tok mora imeti napetost 2 voltov in gostoto 30 ampèrov na kvadratni meter. Dobljeni kositer je čistejši, kakor oni, ki prihaja iz topilnic na trg.

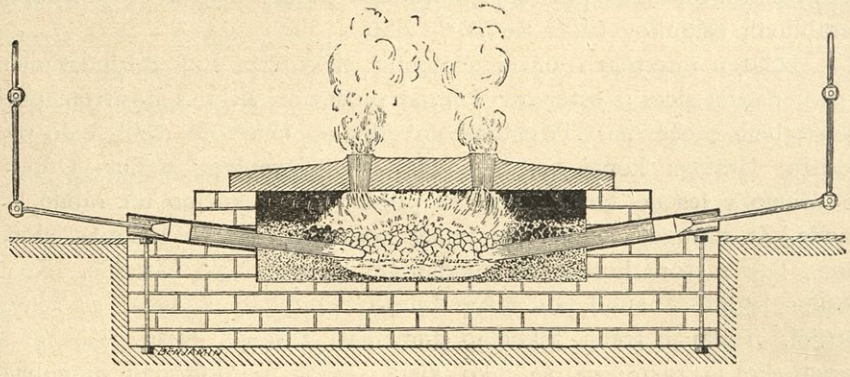
Pri dosedaj opisanih procesih se potom elektrolize dobivajo kovine iz raztopin njihovih solij. To je lahko mogoče pri takozvanih težkih kovinah, pri lahkih kovinah pa se kažejo nepremagljive neprilike, če jih hočemo na jednak način izločati. Lahke kovine namreč takoj pri svojem postanku razkrajajo vodo v kopeli in tvorijo nove spojine; zato jih ne moremo dobivati iz nje. Treba je napraviti raztopljene, ognjeno tekoče spojine teh kovin, ako jih hočemo s pomočjo električnega toka izločati v čistem stanju.

V taki obliki moremo pridelovati skoraj vse lahke kovine, a večina izmed njih nima danes še tolikega pomena, da bi se izplačalo pridelovanje na debelo; le aluminij in magnezij tvorita častno

izjemo in izločevanje teh kovin je predmet razsežni, pomenljivi industriji.

Kovino aluminij je leta 1827. iznašel Woehler, ki pa jo je znal proizvajati le v podobi sivega prahu. Pozneje je francoski kemik Deville začel izločati aluminij v kovinski obliki ter s pomočjo Napoleona III. ustanovil na Francoskem dve tvornici, ki sta imeli monopol za izdelovanje te kovine. Leta 1856. je jeden kilogram aluminija veljal še 1200 frankov, in če tudi je cena padla kmalu na 300 frankov, lahko umejemo, da tako draga tvarina ni mogla priti do širšega pomena in splošne uporabe. Sloveči kemiki, kakor Castner in Netto, so se pač neprestano trudili, kako bi se ta zanimiva lahka kovina ceneje proizvajala, vendar pravega uspeha ni bilo nikjer, dokler ni posegla elektrotehnika vmes in se polastila fabrikacije aluminija. Tedaj je cena jed-

Slika 153.



Peč bratov Cowlesov za izdelovanje aluminijevega brona.

nemu kilogramu v malo letih padla na 7·5 frankov, ob jednem pa je dobila ta kovina poprej nepričakovan pomen v kovinski industriji.

Utemeljitelja električnega dobivanja aluminija sta Amerikanca brata Cowlesa, ki sta prva uporabljala raztopljene aluminijeve spojine v razkrojni stanici.

Brata Cowlesa sta vzela zmes glinice, bakrenih zrn in oglja, ter to zmes razbelila s pomočjo električnega plamenenega loka. Ogromna temperatura provzroči, da oglje razkisa glinico (aluminijev oksid), a oproščena kovina aluminij se pomeša z raztopljenim bakrom v zlitino, kateri pravimo aluminijev bron. Električno peč, kakršno sta zgradila brata Cowlesa za dobivanje aluminija, vidimo na sliki 153. Pločnato ognjišče od nezgornega materijala tvori prostor za razkisavanje.

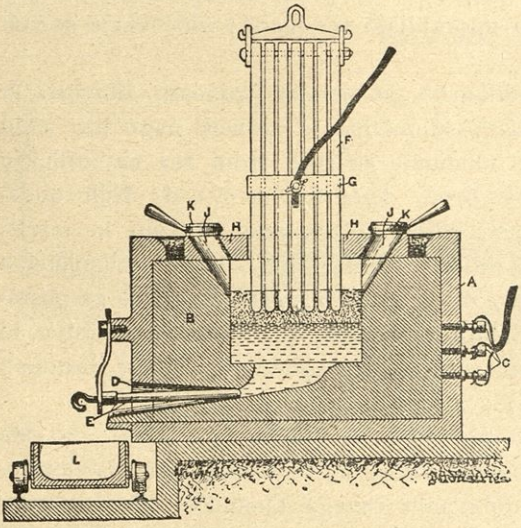
Na desni in na levi segata dve cevi v peč, po katerih se potisneta debeli ogljeni palici (elektrodi) vanjo. Konca ogljenih palic morata imeti toliko razdaljo, da se ne pojavlja med njima plameneni lok; tok kroži od jedne elektrode do druge s posredovanjem slabo vodečega lesnega oglja, ki je nasuto po dnu ognjišča. Konca ogljenih elektrod ležita na tej plasti, nanje pa se nagromadi že navedena zmes od glinice, bakrenih zrn in oglja. Peč je pokrita z debelim pokrovom od litega železa, v katerem se nahajajo odprtine za izstop razvijajočih se plinov. Ko je peč tako pripravljena, treba spustiti po ogljenih elektrodah tok vanjo; zmes se razbeli in redukcija glinice se prične. Tokova jakost pri taki peči sega do 5000 ampèrov. V dveh urah je redukcija dovršena in kovina se spusti po navrtanem predoru (o k n u) iz peči. Med tem časom se je naložila že druga peč, ki dobi takoj svoj tok, ko je prva izpraznjena. Za časa delovršbe v drugi peči se prva izhladi in vnovič pripravi. Tako se peči za vrstjo uporabljajo ter hladé; izločevanje se vrši neprestano.

Aluminijevi broni se odlikujejo po izredni trdnosti, žilavosti in upornosti. Ako ima bron 10% aluminija, je trdnejši nego lito jeklo in tudi broni z manj odstotki aluminija so jako trdni ter nadkriljujejo druge zlitine, kakor fosforov bron, delta-kovino i. t. d. Njih obdelovanje ne dela nikakih težav; lahko se zvarjajo, stružijo in režejo, kakor druge znane kovinske zlitine. Dokler imajo le 5% aluminija v sebi, jim je barva zlatorumena, zmesi z več odstotki aluminija pa postajajo bolj svetle. Rumena med dobi s primešanjem aluminija svojstva, ki so v fizikalnem in kemičnem oziru dokaj ugodnejša, kakor lastnosti navadne medi.

Nova doba v dobivanju aluminija se prične leta 1886., ko sta Héroult in Hall v Ameriki nezavisno drug od druzega iznašla elektrolitičen proces, ki dovoljuje dobivanje čistega aluminija. Pri tem procesu se istočasno uporabljajo toplotni in razkrojevalni učinki električnega toka, ki raztaplja primarno zmes, imajočo v sebi iskano kovino, ob jednem pa nastalo tekočino elektrolizira. Slika 154. kaže Héroultovo razkrojno stanico za dobivanje aluminija. Štirioglata železna omara A je znotraj obložena z debelimi ogljenimi pločami B. Te pločе tvorijo negativno elektrodo ter dobivajo svoj tok po dovodnih žicah C. Pozitivna elektroda je sestavljena iz več vzporedno stoječih, med seboj vodeče zvezanih ogljenih plоč F, ki so vtaknjene v peč skozi pokrov omare. S posebno pripravo se te pločе lahko poljubno globoko potisnejo navzdol v topilni prostor peči. Poševni stranski odprtini J služita v nalaganje materijala. Ako hočemo s to pripravo proizvajati aluminijev bron, nasujemo v peč bakrenih zrn ter ponižamo pozitivno elektrodo v toliko, da se teh zrn dotika. Jaki tok kmalu raztopi baker;

potem denemo v peč glinice, pomešane s primernim topilom. Če se sedaj pozitivna elektroda nekoliko dvigne, nastane med njo in med raztopljenim bakrom mogočen plamenen lok, ki glinico raztaplja. V tem stanju prevaja glinica električni tok, ki tedaj kroži od pozitivne elektrode skozi raztopljeno glinico, raztopljeni baker in skozi ogljene stene dalje. Tok razkraja glinico in oproščeni aluminij se zveže z bakrom; na pozitivnem polu nastali kisik oksidira pozitivno ogljeno elektrodo ter tvori ogljikov oksid, ki uhaja iz peči. Kovina se nabira na dnu topilnega prostora in se v določenih presledkih izpušča skozi okno D. V kolikor se masa v peči zmanjšuje, se glinica in baker znova nasipljeta v topilni prostor. Tako se proces nepretrgano vrši.

Slika 154.



Héroultova stanica za dobivanje aluminija.

Ker je treba za opisano metodo zelo jakih električnih tokov, torej velike gonilne sile za dinamo-stroje, se je kmalu pokazalo, da je parna sila v ta namen nekoliko predraga. Amerikanska družba, ki je v New Kensington Pa po Héroultovem načinu zgradila tvornico za dobivanje aluminija, uporablja sicer parne stroje, a to le zategadelj, ker dobiva potrebni premog po izredno nizkih cenah. V Evropi je bila švicarska Delniška družba za aluminijevo industrijo v Neuhausen-u prva, ki je posegla po vodni sili in dala vzgled in izpodbudo za vsa druga podjetja te vrste. Zvezala se je s Splošno električno družbo, kupila Héroultov patent ter zgradila leta 1890. s kapitalom 10 milijonov frankov svoje vzorne tvornice ob slapu reke Rene poleg Schaffhausena.

Družba je dobila dovoljenje, da sme s početka od imenovanega slapa vsako sekundo odpeljati 20 m^3 vode. Ker meri padec 20 metrov, dobiva družba približno silo 3000 HP. Turbine so vertikalne in sicer takozvane reakcijske turbine po Jonvalovem sistemu. Dve turbini sta zgrajeni vsaka za 600 HP, jedna pa za 300 HP. Voda se jim dovaja

po ceveh od železne pločevine, imajočih 2·5 m v premeru. Na vertikalni osi vsake turbine je pritrjena velikanska, horizontalno ležeča kotvica dotičnega dinamo-stroja. Ti stroji kažejo 24 polov; zgradila jih je tvornica Oerlikon, in vsaka kotvica tehta 12000 kg. Kolektorjev premer je 1·8 m; po njem drše 24 ščetij, ki odvajajo nastale toke ogromne jakosti 7000 ampèrov — kar je pač največje dosedanje število za dinamostroje z istomernim tokom.

Danes je ta prvotna vodna naprava že vsestransko razširjena in družba ima nad 20 turbin s 300 do 600 konjskih sil, od katerih pa jemlje samo 4000 HP za proizvajanje aluminija. Poleg te centrale je imenovana družba leta 1893. začela graditi 17 km daleč od renskega slapa ob rečnih brzinah pri Rheinfelden-u novo napravo z 20 turbinami po 840 HP. Vodna sila na tem kraju znaša najmanj 13800 HP. Od teh uporablja družba 6000 za dobivanje aluminija ter proizvaja na dan okoli 3600 kg kovine, dočim je pridela v Neuhausenu v istem času 2270 kg.

Tudi na Francoskem dobiva aluminij družba Societé Electrométallurgique française od l. 1893. dalje v La Praz-u na Savojskem. Leta 1895. se je ravno tam osnovala družba Societé Industrielle de l'Aluminium, ki v svojih tvornicah v St. Michel-u na Savojskem s 4000 HP dobiva aluminij.

Istotako se peča angleška družba ob slapu Foyers na Škotskem s to industrijo in ob slapih Sarpsfoških med Kristijanijo in Göteborgom na Norveškem gradijo nemški in angleški kapitalisti ogromne tvornice za izdelovanje aluminija.

Nastopni pregled naj čitatelja pouči, s kolikimi silami delujejo in koliko aluminija proizvajajo, oziroma bodo v kratkem proizvajale imenovane evropske naprave:

	HP	kg vsak dan
Neuhausen	4.000	2.270
Rheinfelden	6.000	3.630
La Praz	2.500	1.360
St. Michel	4.000	2·260
Foyers	3.000	1.810
Sorpsfos	5.000	2.950
	24.500	14.280

Potemtakem bi pridelali v Evropi vsak dan okroglih 14.000 kilogramov ali na leto približno 5040 t aluminija. Vsled tega cena te kovine neprestano pada, in danes velja kilogram 2·5 do 3 marke.

Druga lahka kovina, katero dobivamo elektrolitičnim potom, je magnezij. Že leta 1851. se je Bunsenu posrečilo, s pomočjo električnega toka magnezijev klorid razkrojiti v magnezij in klor, in od tedaj se je dotična panoga elektrokemije toliko razvila, da moremo vsaj magnezij v večjih množinah in s primernimi cenami izločati iz njegovih spojin. Najbolj znana je v tem tvornica v Hemelingenu poleg Bremena, ki razkraja magnezijev klorid in dobiva iz njega čisto kovino magnezij s pomočjo elektrolize. Razkrojna stanica je lonec od litega železa, ki je ob jednem katoda pri tem procesu. Skozi železni pokrov lonca sega vanj šamotni cilinder, v katerem je ogljena anoda. Cilinder je spodaj odprt, da sta notrini lonca in cilindra v zvezi. Lonec se napolni z razkrojnim materijalom, potem pa postavi v razbeljeno ognjišče, da se magnezijev klorid raztopi. Razvijajoče se klorove pare odhajajo po ceveh, ki so vdelane v pokrov šamotnega cilindra. Potrebni električni tok mora imeti 6 do 8 voltov napetosti; pravijo, da 1 konjska sila izloči v 1 uri 40 do 45 g čistega magnezija, ki rabi skoraj izključno le v razsvetljevalne namene. Elektrolitični magnezij uspešno, če tudi počasi, izpodriva angleške izdelke te kovine, ki so narejeni kemičnim potom.

V vvodu smo povedali, da se elektrokemija peča tudi s proizvajanjem dražjih in važnejših kemičnih spojin iz manj pomenljivih in cenejših. Pri vsakem elektrolitičnem procesu nastajajo na katodi razkisajoče, na anodi pa okisajoče spojine; zato moremo v mnogih slučajih iz elektroliziranih tvarin tvoriti nove kombinacije, ki so tolikega pomena v trgovini, da se dotični proces dobro izplača.

Med najvažnejše probleme te vrste štejemo razkrajanje kuhinjske soli in klorovega kalija, da pridobivamo iz njih na jedni strani jedki natron ali jedki kali, na drugi strani pa klor ali klorovokisli kali in klorovokisli natron. Jedke alkalije imajo približno štirikrat toliko, klorove alkalije pa dva- do trikrat toliko ceno, kakor tvarini, iz katerih se dobivajo. Teoretično je to razkrajanje jako jednostavno. Iz kuhinjske soli NaCl se useda na negativni elektrodi neposredno Na, ki potegne iz vode hidroksil nase in tvori ž njim jedki natron Na HO. Ravno tako se na negativni elektrodi neposredno izloča klor. V praksi pa očrtani procesi niso tako jednostavni, kajti nastali jedki natron se pod vplivom toka hitro razkraja, vrh tega pa ne ostaja na katodi, ampak se meša s tekočino v obližju anode. Zato morajo kopeli imeti ločene prostore za anode in katode. Prostore ločimo z poroznimi opnami, a te so najbolj neprijetni deli dotičnih naprav. Po-

drobnosti teh procesov so še tvorniške tajnosti. Tvornice delujejo večinoma po metodah, katero sta razvila Gall in de Montlaur; jedna konjska sila izloča v 24. urah 1 kilogram klorata. Velika tvornica te vrste se nahaja v Vallorbes-u na Švicarskem, ki izkorišča vodno silo 2000 HP in izdeluje klorovokisli kali izborne kakovosti.

Jako važna je postala tudi tretja naloga elektrokemije, ki meri na proizvajanje tvarin, s katerimi druge reduciramo ali pa oksidiramo. Osobito pa se je fabrikacija ozona povzpela na visoko stopnjo. Ozon je modifikacija kisika, ki se razločuje od navadnega kisika v tem, da so v jednem molekulu ozona spojeni trije atomi kisika, dočim ima navadni kisikov molekul le dva atoma. Tretji kisikov atom pa je v ozonu le rahlo privezan na prva dva in se razmerno rad loči od njih; od tod razlagamo močne okisajoče učinke ozonove.

Ozon se tvori vselej, kadar prehaja električen tok skozi zrak ali skozi kisik. Pri izpraznjevanju električnega kolovrata opazujemo neki poseben vonj po žveplu, t. j. vonj po ozonu, ki je nastal iz zračnega kisika, ko je skočila iskra od jednega prevodnika do druzega. Jako razločno opazujemo ozonov vonj, kadar izvabljamo iskre iz influenčnih strojev in sploh pri vseh poskusih z indukcijskimi aparati. A tudi če se električno izpraznjevanje ne vrši hipno, temveč polagoma in počasi, se tvori ozon. Pokazalo se je celo, da je učinek v takem slučaju večji, in zato se elektrotehnika za proizvajanje ozona rajše poslužuje takozvanega tlečega električnega izpraznjevanja.

Že leta 1857. je sestavil Werner Siemens pripravo, s katero je dobival večje množine ozona. Aparat sestoji iz dveh steklenih cevij (epruvet) različnega premera; tanjša cev je vtaknjena v širšo, a na vrhu sta obe skupaj stopljeni. Vnanja cev ima vdejano posebno dovodno cev, po kateri prihaja zrak, in odvodno cevko, po kateri odhaja ozonizirani zrak, rekše kisik. Notranja cev je znotraj, vnanja cev pa zunaj obložena s stanijolom. Vsa priprava torej tvori kondensator, kateremu so obloge od stanijola, dielektrična vmesna plast pa steklo in zrak. Ako polnimo obloge kondensatorjeve s hitro se menjajočimi toki visoke napetosti, se tvori v zraku, ki biva med obema cevema, ozon. Take ozonske cevi se jako dobro obnašajo in so še danes v rabi, samo da nimajo več oblog od stanijola, temveč stanijol nadomeščamo z vodo; notranja cev se napolni z vodo, in vnanja cev se postavi v vodo. Tako tvori voda vnanjo in notranjo oblogo in stanijol postane nepotreben.

Za večje tehnične naprave je dala tvrdka Siemens & Halske ozonskim cevem nekoliko izpremenjeno obliko. Notranja cev je od kovine in se dá na jednostaven način z vijaki pritrditi v vnanjo cev, ki ima kovinsko oblogo. Več tacih cevij je združenih v posebno baterijo.

Pri prvi cevi vstopa zrak, potem pa kroži zaporedno po ostalih ceveh, kjer se ozonizira; končno zapušča baterijo pri zadnji cevi.

Potrebni tok za ozoniziranje dajo stroji, ki proizvajajo izmenične toke jake napetosti; toki morajo najprej v transformatorje, da dobe ono napetost, ki je za ozoniziranje najbolj ugodna in prikladna.

Ozon rabi v različne namene. Ž njim se na umeten način starajo žgane pijače, kajti ozon naglo oksidira njih eterična olja; odstranja se zagorelica iz špirita, in izdelujejo se takozvane ozonove vode, ki imajo važna svojstva za razkuževanje in uničevanje bacilov. Z ozonom čistijo škrob, dekstrin in kristalno gumo. Važna je tudi uporaba ozona za beljenje. Mesto da bi štrene belili na trati, jih obesijo v primerne prostore, v katerih se nahaja ozon. Preden se dene preja v ozon, se mora obdelovati s klorovim vapnom, ter napojiti z nemočnimi raztopinami od solne kisline, terpentina ali amonijaka. Potem je v 6 do 7 urah obeljena. Troški sicer niso manjši kakor pri navadnem beljenju, a ves proces se hitreje vrši in ni zavisen od lepega vremena, kakor beljenje na trati.

Jako važno je tudi elektrolitično beljenje papirja in tkanin. Ako s pomočjo elektrolize razkrajamo klorove spojine, lahko stvar tako uredimo, da nastali klor ali vsaj njegove spojine takoj ubelijo organske tvarine, ki se nahajajo v elektrolitični kopeli. Tehnika pozna več metod te vrste, a najbolj razvito in poznano je Hermite-ovo belilno postopanje. Dotična kopel se napravi, ako raztopimo v vodi 5% kamenene soli in 0·5% morske soli. Če pošljemo skozi to kopel tok z napetostjo 5 voltov, razkraja klorov natrij in klorov magnezij. Na katodi nastali natrij obarja magnezij iz klorovega magnezija, ob jednem pa razkraja tudi vodo. Vodni kisik tvori z nastalim klorom najprej klorovo nakislino, ki se pa takoj zopet razkroji v klorasto in klorovo kislino. Na negativnem polu se torej javlja magnezij, na pozitivnem pa klorasta kislina $Cl\,O_3$ in klorova kislina $Cl\,O_5$.

Ti dve kislini oddajata svoj kisik barvilu rastlinskih vlaken ter ubelita tkanino. — Kemični procesi pri tej elektrolizi še niso povsem pojasnjeni, a praksa jih vendar že izkorišča z velikim tehničnim uspehom in pripoznano rentabiliteto.

Kot zadnji učinek električnega toka na tem polju omenjamo še čiščenje odpadnih vod v velikih mestih. Te vode delajo marsikateri mestni občini velike preglavice, kajti ogromna množina organskih odpadkov in njih razkrojnih produktov čestokrat ne dovoljuje, da bi odpadne vode izpuščali v bližnje vodotoke. Treba je najprej škodljive snovi odpraviti iz vode, preden jo izlivamo v odprte vodne struge. V to svrho uporabljajo občine razna mehanična in kemična sredstva, a v novejšem času se je starim metodam pridružilo še elektrolitično čiščenje,

katero je prvi poskušal Anglež W. Webster. Njegovo postopanje si sicer še ni priborilo širših tal, a dotični poskusi so jako zanimivi in jih hočemo tu ob kratkem očrtati.

Webster pošilja skozi odpadne vode, katere hoče očistiti, električen tok. Tedaj se razvija na pozitivni elektrodi kisik, in ako bivajo v vodi kloridi, tudi klor, potemtakem dve tvarini, ki sta izborno sredstvo za desinficiranje. Ker pa se morajo ob jednem vse plavajoče snovi odstraniti iz odpadnih vod, postavi Webster vanje železne elektrode, na katerih se pod vplivom toka usedajo in tvorijo železni oksid ter spojine železa, kisika in klora. Železni oksid razkužuje in obarja plavajoče organske tvarine, klorove spojine pa vplivajo na organske sestavine ter jih razkužujejo. Ker se skoraj v vseh odpadnih vodah nahajajo kloridi in ker že najneznatnejše množine klora zadoščajo za razkuževanje, tedaj je očividno, da električni tok naglo desinficira in očisti odpadno vodo. Po Websterjevem navodilu tekó odpadne vode po jarkih, ki imajo strani obite z železnimi pločami. Pločе tvorijo elektrode in zato morajo biti v zvezi s tokorodnimi dinamo-stroji.

Ko so vode tekle skozi opisane jarke, se zbero v posebnem prostoru, kjer se razkuževalne tvarine poležejo na dno, in če je potreba, tudi še precede. Po tej zadnji manipulaciji je postala voda skoraj popolnoma čista in stopi povsem nenevarna na prosto.

Tudi poprej imenovani Hermite se je pečal s čiščenjem odpadnih vod ter svojo metodo preskušal na raznih krajih. Gledé troškov in končnega efekta pri elektrolitičnem čiščenju odpadnih vod nimamo še verodostojnih poročil, vendar pa so ti poskusi že zategadelj važni, ker kažejo, da ima elektrika tudi za higijeno svoj pomen, in ker odpirajo elektrotehnikom prej nepoznana in neobdelana torišča.

VIII. Galvanotehnika.

Galvanostegija in galvanoplastika. Čiščenje in dekapiranje. Ponikljevanje. Ponikljana pločevina. Posrebrovanje. Pozlačevanje in poplatinjevanje. Pokositrovanje, pocinkovanje in posvinčevanje. Iriziranje. Pobakrovanje, pomedovanje. Cuivre poli. Poželezovanje in pojeklovanje. Posnemanje niello-izdelkov. Metaliziranje. Negativni in pozitivni odtis. Klišeji ali galvani.

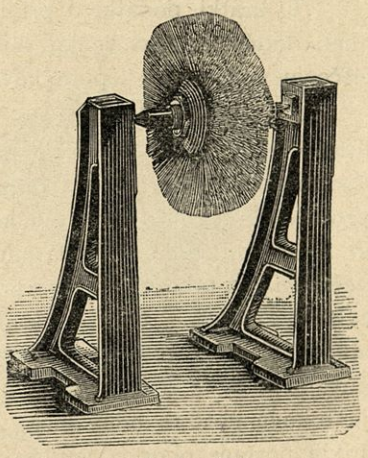
Galvanski tok razkraja tekoče prevodnike (raztopine), po katerih kroži. Ako je dotična raztopina od kovinske soli, n. pr. od bakrenega vitrijola, se izločata na pozitivni elektrodi kislina in kisik, na negativni elektrodi pa se useda čista kovina, ki je bivala prej skrita v spojini. Proces razkrajanja tekočin s pomočjo galvanskega toka smo imenovali elektrolizo; znana nam je že iz prejšnjih oddelkov.

Leta 1839. je Jacobi v Petrogradu prvi uporabljal elektrolizo za prevlako raznih teles s kovinami. Vzel je kovinsko tvorilo ali kalup, potopil ga v raztopino bakrenega vitrijola ter ga zvezal z negativnim polom. Po kalupu, ki je tvoril negativno elektrodo, se je kmalu posedla bakrena oborina; postajala je tem debelejša, čim dalje je vplival tok na raztopino. Ko je bila bakrena plast dovolj močna, so jo odluščili od tvorila. Jacobi je s početka poznal le kovinske kalupe kot elektrode a že leta 1840. je pokazal Muray, da zadoščajo tudi neprevodne elektrode, ako jim površje napravimo vodeče s kovinskim prahom ali z grafitom. Na podlagi obeh iznajdeb se je kmalu razvila razsežna industrija, ki je jela izkoriščevati očrtano svojstvo galvanskega toka in tehnično uporabljati kovinske obrtine. To stroko elektrotehnike zaznamenujemo v obče z izrazom galvanotehnika; delimo jo v dva oddelka, v galvanoplastiko in v galvanostegijo. Galvanoplastika proizvaja s pomočjo galvanskega toka plastične posnemke, galvanostegija pa napravlja po predmetih tenke kovinske prevlake, ki morajo pozneje ostati na svojem mestu. Obe stroki služita različnim svrham, delujeta povsem sorodno in jednako s pomočjo elektrolize.

Galvanostegija. Neplemenitim kovinam hočemo v premnogih slučajih dati lepše vnanje lice — prevlečemo jih s tenko kožico

drage kovine. Že starodavniki so znali svoje bronaste izdelke srebriti in zlatiti; celó neolikani narodi so dovedli to stroko kovinske obrti na jako visoko stopnjo. Za pozlačevanje kovin so dosedaj imeli dvoje glavnih načinov. Pri prvem je delavec polagal na kovino tenke zlate liste, potem pa jih s primernim orodjem pritiskal in drgnil, da so se s podlago tesno sprijeli. Po drugem načinu zlatimo kovine v ognju. Zlato se raztopi v živem srebru, a z dobljenim zlatim amalgamom se kovina namaže po površini. Potem se dene predmet v ogenj, kjer živo srebro izpuhti, na kovini pa ostane zlato kot tenka prevlaka. To pozlačevanje v ognju je jako razširjeno in uporabljajo ga še danes skorej vsi manjši zlatarji in naši pasarji. Oba procesa sta dolgotrajna in draga, pozlačevanje v ognju pa poleg tega še zdravju škodljivo, ker se izpariva živo srebro. Tudi je nemogoče regulirati debelino prevlake ter že naprej natanko določiti troške dotičnega izdelka. Vseh teh nedostatkov galvanostegija ne pozna. Njena delovršba je po ceni in nenevarna; debelino prevlake moremo poljubno regulirati od najtanjšega poprha do najmočneje kožice.

Slika 155.



Krožna ščet.

Vsako prevodno telo, katero naj dobi galvanoplastično prevlako, mora biti na svoji površini povsem čisto in osnaženo. Nekatere kovine snažimo kemičnim potom; pomočimo jih v primerno kislino, ki hitro odstrani nesnago s površja. Navadno pa je treba poseči po kovinskih ščeteh, s katerimi se predmet opraska. V manjših delavnicah se to opravlja z ročnim delom, v večjih pa imajo posebne stroje z vrtečimi se ščetmi. Slika 155. kaže krožno ščet, sestavljeno od jeklenih igel (ščetin), katera se s posebnim strojem jako hitro vrti. Delavec pritiska predmet ob ščet ter ga primerno obrača in suče, dokler ni popolnoma očiščen. Tam pa tam snažijo predmete tudi z drobnim peskom, katerega pihajo nanje z veliko silo.

Ko je predmet popolnoma očiščen, treba mu je površino ogladiti. To se navadno zgodi s hitro se vrtečimi lesenimi pločami, ki imajo na periferiji natrošenega smirkovega prahu. Končno se predmet še polira, v kar se rabi dunajsko vapno, tripel, železni oksid i. t. d.

Ko je predmet prebil opisana dela, se ga vselej drži nekoliko maščobe; to odpravimo s splakovanjem v petroleju ali benzinu, včasih

pa z namakanjem v lugu, ki maščobo razmili. Potem se predmet izpere z vodo, slednjič pa še izkrtači z zmesjo od jedkega vapna in krede, da mu izgine zadnji sled škodljive maščobe s površja.

Ko je maščoba zmita, delavec ne sme več prijeti predmeta v roke, kajti njegovi prsti bi mu lahko napravili na raznih krajih mastne lise. Zato se je dotični kos, že preden se mu je začela posnemati maščoba, privezal na posebno žico, s katero ga delavec drži in pozneje tudi obesi v kopel.

Koncem opisanega obdelovanja se je pa na površini predmeta prikazala fina plast oksida, katero treba tudi še odstraniti, preden dene predmet v kopel. To se zgodi s takozvanim dekapiranjem. Predmeti se potope v okisano namako, ki uniči oksid, potem pa se izperó v vodi. Ko je to dovršeno, jih je treba hitro postaviti v elektrolitično kopel.

Ti kratki podatki o pripravah za kopelj nas poučé, da morajo imeti dotični delavci veliko vaje in spretnosti, kajti najmanjše napake v čiščenju vplivajo na lepoto kovinske prevlake.

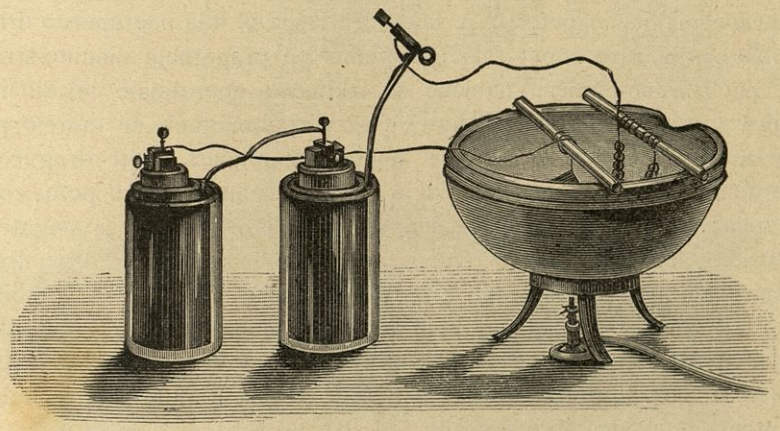
Skušnja uči, da niso vse kovinske soli jednako ugodne za elektrolitično proizvajanje kovinskih prevlak. Z nekaterimi se vrši proces dokaj sigurneje in lepše kakor z drugimi. V obče namreč ne dajo neposredni produkti elektrolize najlepših kovinskih prevlak, temveč oni produkti, ki so nastali vsled sekundarnih procesov. Zato posega galvanotehnika večinoma po takozvanih dvosoleh, iz katerih tok ne izloča neposredno zahtevane kovine, temveč kation to kovino kemično prežene iz njenih spojin. Tudi gostota raztopine ima velik vpliv na lepoto oborine; tvrdke čuvajo podatke o tej gostoti kot važne tvorniške tajnosti. Ravno tako je tokova gostota odločilnega pomena za vso delovršbo. Pri prejakih tokih postane oborina lomljiva in hrapava, pri preslabih pa gobasta. Zato je treba jakost toka skrbno umeriti, ob jednem pa tudi polarno napetost pravilno določiti.

Ako sestoji pozitivna elektroda od iste kovine, katera biva v raztopini, se za vsak ekvivalent kovine, ki se obori na negativni elektrodi, odtopi jeden ekvivalent iste kovine od pozitivne elektrode. Raztopina ostane potemtakem vedno jednako gosta, kajti na pozitivni elektrodi se kovina raztaplja, na negativni pa se ista kovina useda. Pozitivna elektroda potemtakem gine v kopeli in končno je vsa použita. Ako jo pravočasno nadomestimo z novo, lahko z jedno in isto kopeljo izhajamo več let. Ker se pa vendar le pojavljajo stranski škodljivi procesi, ki izpreminjajo kakovost kopeli in neugodno vplivajo na lepoto produktov, je trajnost vsake kopeli krajša, kakor bi morala biti po teoretičnem razmatranju.

Mesto «raztopne pozitivne anode» jemljo včasih tudi neraztopno anodo. Tedaj ima kopel po vsaki delovršbi manj zahtevane kovine v sebi, dočim se drugi produkti v njej množé. Kot neraztopni anodi rabita platin in oglje; te vrste procesi so pa v galvanotehniki le izjema in ne pravilo.

Za male elektrolitične procese zadoščajo kot proizvodniki toka navadni galvanski elementi. Tako skromno napravo vidimo v sliki 156. Namenjena je za pozlačevanje malih zlatarskih predmetov. Kopel je v okrogli porcelanski skledi. Čez skledo ležita dve stekleni palici; jedna nosi zlato anodo, druga pa kot katodo one izdelke ki se bodo pozlatili. Tok dovajajo gole bakrene žice od dveh zaporedno staknjenih Bunsen-

Slika 156.



Aparat za pozlačevanje.

ovih členov. Žica, ki je napeljana do anode, ne sme segati v tekočino, sicer bi se baker v kopeli raztapljal in jo onesnaževal. Pod kopeljo se nahaja svetilnica, s katero kopel segrevamo; to je pri nekaterih procesih potrebno, da dobimo brezmadežne prevlake.

Za večje naprave bi morali povečati število galvanskih elementov, kar bi delo podražilo in zamotalo. Zato moderna galvanotehnika rajše posega po tokih, katere proizvajajo dinamo-stroji.

Za galvanoplastične oborine zadoščajo toki male napetosti in zato se stroji, ki so tem svrham namenjeni, razločujejo od dinamo-strojev za električno razsvetljavo. Njih kotvica ima razmerno debele ovoje, da daje jačje toke, a število ovojev je lahko majhno, ker potrebujemo le neznatno napetost toka.

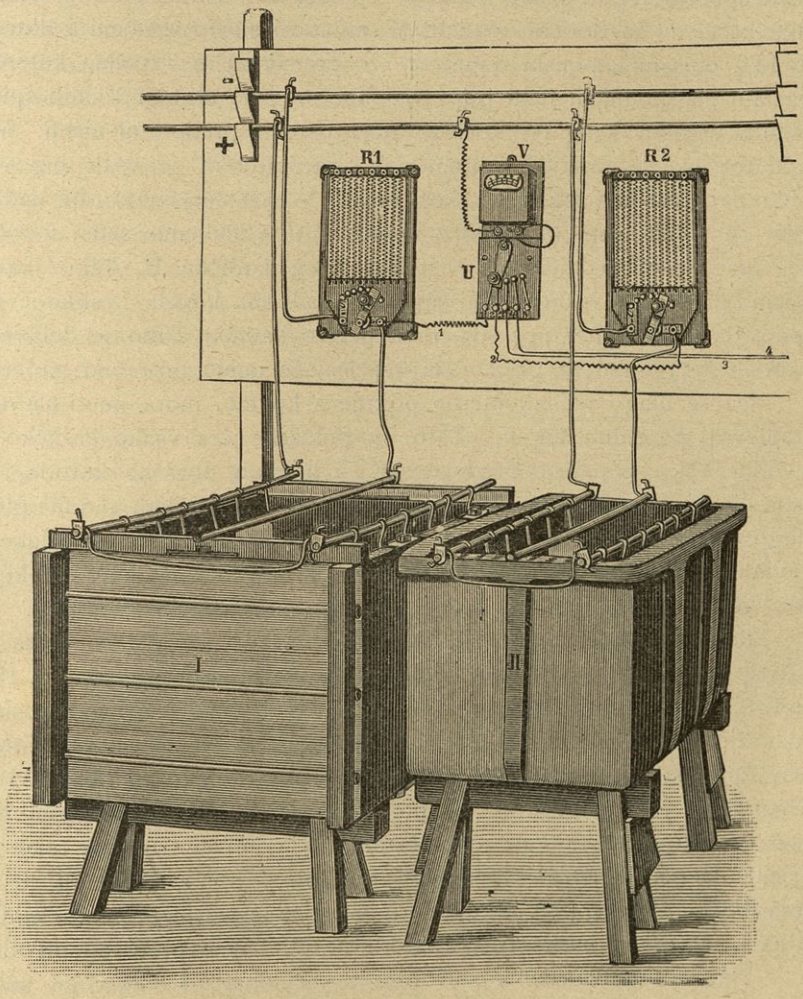
Vsled te posebne konstrukcije niso dinamo-stroji, ki so zgrajeni za galvanotehnične delavnice, ob jednem tudi rabljivi za razsvetljavo, pri kateri se zahteva tok z napetostjo 110 do 150 voltov. Obratno se tok navadnih central, ki preskrbljujejo večje okraje z električno energijo, ne more izkoriščati v galvanotehnične namene. Tok mora biti istomeren, kajti elektrodi ne smeta menjavati svoje polaritete; izmenični toki so torej izključeni in uporaba transformatorjev je nemogoča. Pač bi lahko istomerne toke s pomočjo vrtečih se pretvornikov ali izpreminjevalcev (str. 92.) pretvarjali na toke male napetosti, a tedaj bi se vsa naprava toliko zapletla in podražila, da je dokaj ceneje, če postavimo poseben dinamo-stroj, ki je nalašč zgrajen za galvanotehnično delovanje. Tudi z akumulatorji bi si končno lahko pomagali, ko bi s tokom, prišedšim iz centrale, napolnili akumulatorsko baterijo, sestoječo iz zaporedno staknjenih stanic, potem pa stanice staknili vzporedno; tako bi dobili tok zahtevane majhne napetosti. A taka delovršba bi bila neprimerno draga in obširna, in zato zopet rajše posežemo po primernem dinamo-stroju.

Za galvanotehnične namene se izključno uporabljajo le dinamo-stroji s stranskim tokom, pri katerih se elektromagneti ne morejo prepolarizirati. V kopeli se pola ne smeta izpreminjati, kajti drugače bi se pripetilo, da bi se oborina, ki je nastala na negativnem polu, zopet raztopila; predmet bi se n. pr. najprej ponikljal, a ko bi se negativna elektroda pretvorila v pozitivno, bi se zopet raznikljal. Pri druzih dinamo-strojih, kakršni so oni z glavnim tokom, bi se lahko dogodilo, da bi tok zamenjal svojo mer. Pri elektrolizi se namreč vedno javlja polarizacija, in nastali polarizacijski tok ima nasprotno mer kakor tok dinamo-stroja. Pri normalni hitrosti stroja je njegova elektromotorska sila tolika, da premaga elektromotorsko silo polarizacijskega toka, in zato gre tok mašine v določeni meri skozi kopel. Ako se pa iz katerega koli vzroka hitrost tokorodnega stroja hipno zmanjša, zmaga polarizacijski tok, in tedaj teče tok v nasprotno mer skozi stroj ter prepolarizira elektromagnete. Prejšnja katoda postane anoda in usedena kovina se zopet raztopi. Zato so pri galvanotehniki jedino le dinamo-stroji s stranskim tokom na svojem mestu.

Slika 157. naj nam pojasni večjo napravo za galvanostegijo. Tok prihaja od dinamo-stroja po dveh, z znaki + in — zaznamenovanih debelih žicah, ki sta na vertikalni deski pritrjeni z lesenimi precepi. Od teh glavnih prevodnikov so napeljane žice navzdol v kopeli, ki se nahajajo v štirioglatih kadičkah. Kadičke so večinoma lesene, včasih pa tudi od kamenine ali pa od emajlirane železne pločevine, ako so kopeli take, da bi lesene posode razjedle. Ker je treba pravilno določene tokove jakosti, ako hočemo dobiti lepe oborine, moramo skrbeti, da dobi ploskovna jednota katode primerno jake toke. Veličina katodne ploskve pa

se pogostoma menjava, ker potapljamo v kopel predmete razne površine in ker jemljemo dovršene kose iz nje. Priprost delavec bi težko zadel pravilno jakost toka, ko bi mu ne dali v roke aparata, s katerim

Slika 157.



Oprema kopelij.

na jednostaven način regulira tokovo gostoto. Treba mu je priprave, s katero vzdržuje na elektrodah jednakomerno in stalno napetost. Ako se namreč izpreminja površina potopljenega blaga, se v približno obratnem razmerju izpreminja tudi upor kopeli; ako je torej napetost

ostala na isti višini, se tudi gostota toka vsaj približno ni izpremenila. Ko smo za vsako kopel s poskusi dognali, kaka napetost ji najbolje prija, treba je za vse daljšnje delovanje obdržati to ugodno napetost; potem vemo, da biva v kopeli ona tokova jakost, ki je najbolj primerna za lepoto naše oborine. Napetost regulirajo galvanotehniki z izpremenljivim uporom R_1, R_2, ki je vtaknjen v jedno izmed žic, vodečih v kopel. Slika kaže, da so dotični regulatorji (reostati) slično zgrajeni kakor na str. 141. opisani naponski regulator. S premikanjem vzvoda, katerega opazimo na spodnjem delu priprave, moremo več ali manj žičnih spiral, vtakniti v tokov krog ter vzdržati napetost na predpisani višini. Med regulatorjema je pritrjen voltomer V, na katerem se vsak hip vidi, koliko napetost ima tok, idoč skozi kopel. V naši sliki imata obe kadički jeden sam voltomer, katerega z vzvodom U vdevljemo sedaj v tokov krog kadičke I sedaj zopet v tokov krog kadičke II, kakor ravno hočemo poizvedeti vsakokratno napetost te ali one kopeli. Iz slike je razvidno, da je voltomer pripravljen za petero kadičk. Tako se delavec v kratkem času lahko za vse kopeli prepriča, če imajo potrebno napetost.

Da se blago jednakomerno pokrije s kovino, mora imeti na vsaki strani vsaj po jedno anodo. Zato so položene čez vsako kadičko tri dovodne bakrene palice. Srednja nosi na kljukah obešene katode, oziroma blago, na obstranskih dveh pa so pritrjene na kljukah anodne ploče. Blago visi navadno na bakrenih kljukah, dočim morajo biti kljuke na anodah od iste kovine, kakršna se poseda na katodi, kajti te kljuke se v kopeli raztapljajo in bi sicer tujo kovino oddajale raztopini.

P o n i k l j e v a n j e. Izmed vseh galvanskih prevlak je danes pač najbolj razširjeno ponikljevanje. Oborine od niklja je proizvajal že l. 1842. prof. B ö t t g e r v Frankobrodu na Menu, ki je s pomočjo galvanskega toka izločal nikelj iz jedne njegovih dvosolij. Na Nemškem se Böttgerjeva iznajdba ni mogla prav udomačiti in stoprav, ko so okoli l. 1860. Amerikanci jeli zanimati se za ponikljevanje, se je ta industrija hitro razširila tudi po ostalem svetu. Danes so ponikljani izdelki tako razširjeni, da ga skoraj ni kovinskega predmeta, pri katerem bi ne bile uporabljene nikljeve prevlake. Srebru podobna barva, upor proti oksidaciji in lepa politura so lastnosti, po katerih se odlikujejo predmeti od niklja.

Nikljeve galvanske kopeli sestoje večinoma od nikljevega sulfata ali pa od žveplenokislega nikljevega oksidulamonijaka, in sicer se vzame 70 g te soli na 1 liter vode. Da dobi raztopina večjo prevodljivost, se ji pridene še nekoliko amonijevega sulfata, klorovega amonija ali druzih sorodnih solij. Včasih primešajo kopeli tudi malce slabe kisline n. pr. citronove, borove kisline; potem biva v raztopini nekoliko proste kisline, ki provzročuje, da je nikljeva oborina bolj bela. Poleg žveplenokislih nikljevih solij uporabljajo tudi klorov nikelj, a le za manj natančna in

cenena dela. Taka nikljeva kopel se imenuje amerikanska. Vzeti je treba na 100 delov vode 15 do 20 delov klorovega amonija (salmijaka). Raztopina se dene v kadičko, vanjo se obesi anoda od niklja in katoda od poljubne kovine. Ko kroži tok skozi stanico, se pojavlja ob anodi klor, ki se spaja z nikljem v klorov nikelj, a se takoj po postanku raztaplja v tekočini. Čez nekaj ur je kopel s klorovim nikljem dovolj nasičena, in na katodah se začne posedati nikljeva kovina. Ako sedaj prejšnje brezpomembne katode zamenjamo z blagom, katero hočemo ponikljiti, se proces dalje vrši in površina dobi nikljevo prevlako.

Priporoča se tudi nastopni recept: V 15 l vode se raztopi 1250 g citronove kisline, 500 g klorovega amonija ali amonijevega sulfata in 500 g amonijevega nitrata; raztopina se segreje na 80° C in počasi nasiti z oborjenim nikljevim oksidulhidratom. Na to se vzame raz ogenj, nasiti z 2·5 l amonijaka, a s 25 l vode razredči. Jeden liter tekočine ima potem približno 50 g niklja v sebi. Ko se je raztopina shladila, se ji pridene 500 g amonijevega karbonata, a ko se je usela, se precedi. Tok izloča iz nje gosto, sijajno belo plast niklja. Kopel zahteva toploto 50° C.

Za ponikljevanje mora imeti tok vsled precej močne polarizacije večjo napetost nego pri druzih kopelih, namreč 4 volte; tokova gostota znaša 0·3 — 0·5 ampèrov za vsak kvadratni decimeter. Da se predmeti lepo in stalno ponikljajo, morajo biti posebno skrbno osnaženi in oglajeni.

V najnovejšem času se je osobito razvilo izdelovanje poniklјane pločevine. Iz nje tvorijo nebrojno kovinskega drobiža, bodisi v vsakdanjo uporabo, bodisi v nakitne namene. Velike tvornice se pečajo s ponikljevanjem cinkove, železne in jeklene pločevine, posebno na Nemškem, kjer se Lipsija odlikuje s svojimi nikljevimi izdelki.

Pločevino, katero je ponikljiti, treba najprej skrbno ogladiti in polirati. Delavec položi pločevino na desko, da se mu ne zvija, potem pa jo s kolenom pritiska proti hitro se vrtečemu kolesu, ki je sestavljeno od samih suknenih odrezkov. Brusni sredstvi sta mu dunajsko vapno in olje; olje namaže po pločevini, dunajsko vapno pa potrese po obodu suknene ploče. V večjih tvornicah opravljajo opisano delo posebni stroji seveda sigurneje in hitreje, nego človeška roka.

Ko je pločevina dovolj oglajena, jej je treba skrbno odstraniti maščobo, potem pa pride v galvansko kopel. Če hočemo, da je delo posebno lepo, se pločevini površina poprej še galvanskim potom pobakri ali pomedi, preden jo obesimo v nikljevo raztopino. Ko je pločevina ponikljana, se izpere v vroči vodi in izbriše s finim žaganjem. Končno se ob sukneni ploči še jedenkrat polira, potem pa pošlje v razprodajo.

Ponikljevanje je pri cinkovi pločevini bolj običajno, nego pri železni. Elektrolitično ponikljani železni pločevini delajo namreč danes veliko konkurenco razne westfalske nikljarne, ki proizvajajo mehaničnim potom nikljeve prevlake. Kos niklja privare na kos železa, potem pa združena kosa zvaljajo v pločevino. To postopanje je osobito pri debelejših prevlakah po železni pločevini ceneje nego so dotični galvanski procesi.

Posrebrovanje. Poleg ponikljevanja ima največ važnosti posrebrovanje, s katerim se v prvi vrsti pečajo francoske in angleške tvrdke. Kopel za posrebrovanje se napravi, ako se 250 g čistega cijankalija raztopi v 9 kg vode in se tej raztopini dodá toliko vodne raztopine solitrnokislega srebra (150 g solitrnokislega srebra raztopljenega v 1 kg vode), da izgine bela oborina, ki je nastala v prvem hipu. Raztopina se precedi in shrani v dobro zamašenih steklenicah. Za lepe srebrne oborine mora biti tokova gostota 0·5 ampèra na vsak kvadratni decimeter.

Praktiki uporabljajo z uspehom tudi naslednjo raztopino za posrebrovanje: V solitrni kislini se raztopi 12 g čistega srebra, a nastalo klorovo srebro se obori s kuhinjsko soljo. Oborino treba dobro izmiti v čisti vodi, potem pa še mokro dejati v porcelansko skledico. Zraven se prilije raztopina 192 g rumene krvne lužnate soli v 2·25 — 2·5 kg vode, ter pridene še 128 g salmijakovca. Vso zmes je treba vsaj jedno uro kuhati, a vedno toliko vode pridevati, kolikor se je izhlapi. Po dnu se posede rjava gošča, ki se loči s precejevanjem od čiste, zlatorumene tekočine.

Znana tvrdka Christofle & Co. v Parizu porabi vsako leto za srebrenje namiznega orodja in druzih izdelkov povprečno 6000 kg srebra; v petdesetih letih je oborila 200.000 kg srebra. Jednake množine obarja angleška tvrdka Elkington Brothers v Birminghamu. Vse tvrdke, ki se pečajo s to industrijo, potrebujejo na leto 110 do 120 tisoč kg srebra za svoje galvanske prevlake.

Pri prevlakah z drazimi kovinami je pač važno, da vemo, koliko dragocenega materijala se je že posedlo po predmetih. Ako poznamo množino srebra, oziroma druge plemenite kovine, ki se obori v časovni jednoti na ploskovno jednoto, lahko preračunamo težo prevlake, ki se je napravila na znani ploskvi v določenem času. Nekatere tvrdke obešajo blago na jedno prečko tehtnice ter s pomočjo utežij merijo množino posedene kovine. Tehtnica je v zvezi s samodelno pripravo, ki tok v onem trenotku prekine, v katerem je dobila prevlaka zahtevano debelino.

Pozlačevanje in poplatinjevanje. Galvansko pozlačevanje se izvršuje na jednak način kakor posrebrovanje. Razločujemo pa mrzle in gorke kopeli. Pri poslednjih izhajamo z manjšo množino zlata v raz-

topini, in zato so za male predmete najbolj običajne. Pri velikih objektih bi bilo segrevanje kopeli pretežavno in prezamudno, in uporablja se rajše mrzla raztopina.

Za pozlačevanje se najbolje obnaša raztopina od zlatega cijankalija. Kopel za toplo pozlačevanje dobimo, ako raztopimo v 10 l vode 10 g cijankalija, 60 g fosforovokislega natrona, 100 g dvožveplenokislega natrona in 10 g klorovega zlata. Ta raztopina mora imeti toploto 50° C. Praktiki priporočajo še nastopna recepta: I.) V 50 g zlatotopne ali kraljeve vode se raztopi 3·5 g zlata; raztopina se toliko časa izparja, da postane lepe temne rdečkastorumene barve. Ko se je zmes shladila, se raztopi v deževnici ter precedi. Istotako se raztopi 120 g rumenega cijanovega železnega kalija (krvne lužnate soli) in 15 g kristaliziranega ogljikovokislega natrona v 1·25 kg deževnice. Ta raztopina se zavre v porcelanski skledici, in pridene se ji prejšnja zlata raztopina. Tedaj se tvori umazana zelenkastorjava oborina, ki dobiva počasi rjasto barvo. Ko je vsa oborina postala rjavkasta, se vzame skledica raz ogenj, da se shladi. Končno se filtrira raztopina skozi bel pivnik, in rezultat je čista, zlatorumena tekočina, ki se shrani v dobro zamašenih steklenicah. II.) Jeden del zlata se raztopi v zlatotopni vodi ter izpari, da dobimo zlati klorid. Ob jednem se napravi vodna raztopina 12 delov krvne lužnate soli in 3 delov jedkega kalija. Dobljeni zlati klorid se v tej tekočini raztopi; raztop se kuha pol ure, precedi in končno z destilirano vodo toliko razredči, da tehta 120 delov.

Predmet se mora pred pozlačevanjem skrbno očistiti, in prijemati ga smemo samo z mokrimi prsti. Potem se obesi s platinovo ali s pozlačeno bakreno žico v kopel, ki hitreje in lepše deluje, ako jo segrejemo na 36° C. Po preteku 1 do 2 minut se je že polegla nanj tenka zlata kožica; tedaj se vzame iz raztopine, opere se z deževnico in okrtači z zmesjo vinskega sreža in vode, vnovič se dobro splakne ter s čisto platneno cunjo izbriše. Nato se zopet obesi v kopel, a čez par minut vnovič dvigne iz nje ter na jednak način, kakor prej izpira in krtači. Potapljanje in izpiranje se toliko časa ponavlja, da dobi zlata prevlaka zahtevano debelino.

Pri pozlačevanju je velike važnosti barva zlate oborine. Včasih zahtevamo bolj rdečkasto, drugič pa bolj zelenkasto barvo. Te razlike se napravijo, ako primešamo raztopini nekoliko srebra, oziroma bakra. Pri rdečem pozlačevanju je treba obesiti jedno ali več bakrenih anod v kopel, pri zelenem pa srebrno anodo. Če primešamo kopeli ob jednem srebra in bakra, tvorijo se svetle rdečkastorumene pozlate. Na nepoliranih, medlih ploskvah se poseda zlata kožica medle barve, ki se pri raznih zlatih okraskih čestokrat uporablja in se lepo podaja v obližju lesketajočih oglajenih delov.

Zanimivo je pozlačevanje tenkih žic in zlate preje, kakršne rabijo za portice, rese in sploh pri zlatem vezenju. Zica ali nit se odvija s klopčiča čez posebne valje, ki jo vlečejo skozi zlato kopel. Vrtenje valjev je tako umerjeno, da biva utopljeni kos žice ravno toliko časa v raztopini, kakor je treba; s hitrejšim ali počasnejšim vrtenjem valja se poljubno regulira debelina zlate prevlake na žici in preji. Tok se kopeli dovaža po valju, ki vleče žice skozi raztopino. Poleg pozlačevanja ima tudi poplatinjevanje vsaj za kemične aparate nekoliko važnosti. Za destiliranje potrebuje kemična industrija čestokrat posode od platina. Kjer treba uporabljati velike take posode, n. pr. pri izdelovanju žveplene kisline, so troški za napravo jako izdatni, če je vsa posoda narejena iz čiste drage kovine. Zato tvornice rajše posegajo po železnih posodah, ki so proti razjedanju zavarovane s primerno debelo platinovo prevlako. Dotične galvanske kopeli so sestavljene od kloridov platina in amonija; tok mora imeti napetost 5 do 6 voltov, in raztopina precej visoko temperaturo. Anode so od platina, a ker se ta kovina ne raztaplja, kopel kmalu oslabi in treba ji je dodati nove kovine. Z 200 mg platina se lahko pokrije 1 m^2 velika ploskev; prevlaka ima potem debelino 0·001 mm. Ako pa izločimo 45·38 g platina na isto ploskev, dobimo 2·2 mm debelo plast.

Pokositrovanje, pocinkovanje in posvinčevanje. Železni predmeti se lahko galvaničnim potom tudi pokositrijo, pocinkajo in posvinčijo, vendar pa so ti procesi še manj razviti in ne morejo tekmovati s prevlakami kositra, cinka in svinca, katere se mehaničnim potom polagajo na razne kovine. Železna pločevina n. pr. se kar potaplja v raztopljeni kositar, in prevlaka je gotova. Zato je umevno, da galvanski postopek ne more izpodriniti cenenega in sigurnega izdelovanja bele pločevine, kakor imenujemo železno pločevino, ki je pokrita s kožico od kositra. Le v onih slučajih se galvansko pokositrovanje izplača, ko hočemo proizvajati natančnejša in finejša dela. Isto velja o pocinkovanju in posvinčevanju. Poslednje se še najbolj uporablja pri takozvanem iriziranju kovinskih predmetev. Svinec se namreč iz nekaterih raztopin izloča kot svinčeni superoksid v neizrečeno tenkih plasteh na pozitivnem polu, torej na anodi. Te plasti se blišče v najkrasnejših mavričnih barvah, ki so zavisne od debeline posedenega svinčenega superoksida. Predmeti iz bakra, medi, tombaka in drugih kovin se na ta način okrašujejo jako vidno in okusno.

Pobakrovanje, pomedovanje. Pobakrovanje kovinskih predmetov se čestokrat vrši samo zategadelj, da pripravimo kovini primerno površje za poznejše prevlake z dragimi kovinami. Tako je treba železo in nikelj prej pobakriti ali pomediti, preden ju posrebrimo. Tudi pri ponikljevanju cinkove pločevine smo čuli, da je na bakreni ali medeni podlagi nikljeva prevlaka dokaj lepša, kakor na golem cinku.

Za pobakrovanje služijo najbolj cijankalijeve bakrene spojine. Taka kopel se naredi, ako vzamemo na 100 l vode 2·5 kg ogljikovokislega natrona, 2 kg dvožveplenokislega natrona, 2 kg ocetnokislega bakra in 2·5 kg cijankalija. Za razne potrebe pa zadošča tudi nasičena raztopina žveplenokislega bakra (bakrenega vitrijola). Pri prvi kopeli mora biti tokova gostota približno 0·4 ampèra na kvadratni decimeter, pri drugi pa 1·3 ampèra.

Pomedovanje je zato zanimivo, ker se obarja na katodi zlitina dveh kovin, namreč bakra in cinka, ki se nahajata v raztopini. Ako primerno izpreminjamo tokovo jakost, moremo več bakra ali pa več medi izločati ter na ta način različne barve proizvajati. Izdelki te vrste so jako razširjeni in priljubljeni med občinstvom. Pravimo jim polirana med ali cuivre poli.

Poželezovanje in pojeklovanje. Ta dva procesa imata za industrijo in obrt najmanj pomena, kajti železo je tako vsakdanja kovina, da pač nikomur ne pride na misel, izdelkom druzih, dražjih kovin dajati železno površje; le pri tiskarskem obrtu je poželezovanje, oziroma pojeklovanje postalo velike važnosti, ker se na ta način posreči, bakrenim odtiskom lesorezov dati dokaj bolj odporno odejo.

Za poželezovanje rabi kopel, ki je sestavljena iz jednake množine železnega sulfata in magnezijevega sulfata; oba se raztopita v vodi ter nasitita z ogljikovokislo magnezijo. Prave razlike med poželezovanjem in pojeklovanjem torej ni; takozvane jeklene prevlake so v istini le železne.

Razne druge prevlake. Poleg navedenih kovin uporablja umetni obrt še nekatere druge, da krasi ž njimi svoje izdelke. Tako so v novejšem času jako priljubljeni kovinski predmeti, ki imajo lepo temnosivo ali modročrno barvo. Dotično blago dobi svojo barvo v elektrolitični kopeli, v kateri je arzen, in sicer sam ali pa v zvezi z drugimi kovinskimi spojinami.

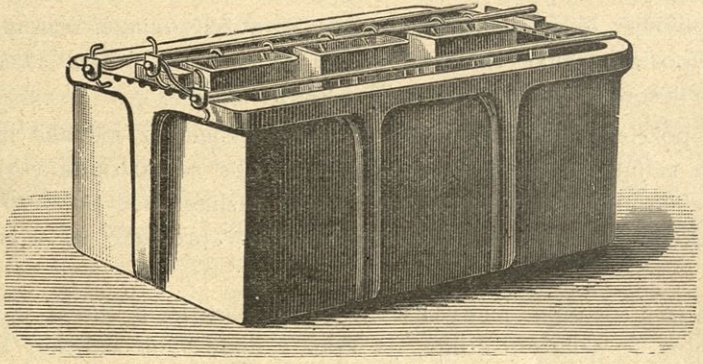
S pomočjo galvanostegije proizvajajo tudi lično posnemanje kovinskih intarzij, inkrustacij i. t. d. Na predmet, katerega hočemo na ta način olepšati, narišemo najprej z raztopno barvo primeren ornament, ostalo površje pa se prevleče z neraztopnim lakom. Potem se vloži predmet v močilo, ki raztopi barvo, s katero smo risali okrasek, ter izjedka dotične črte v kovino, dočim onih delov ne more razjesti, ki so pokriti z neraztopnim lakom. Ko je zrisek dovolj izjedkan, se postavi predmet n. pr. v srebrno kopel, in galvanski tok izpolni izjedkana mesta s srebrom. Končno se lak z benzinom odstrani in predmet ogladi. Risarija se kaže potemtakem v srebrnih črtah in je popolnoma jednaka delu, pri katerem je človeška roka umetno vložila srebrne okraske.

Na sličen način posnemajo znane niello-izdelke, samo da se izjedkane črte ne izpolnijo s kovino, temveč počrnijo jih v kopeli, kateri je glavna sestavina žvepleni amonij. Tako ponarejajo tudi sloveča tulska dela, katera se pristna proizvajajo v ruskem mestu Tula na jugu od Moskve, ter posnemajo sploh starinske kovinske predmete.

Galvanoplastika. Galvanoplastika se peča z izdelovanjem kovinskih kopij po različnih predmetih. V principu se nikakor ne razločuje od galvanostegije, a izločene kovinske plasti morajo biti mnogo debeleje, kakor one, katere zadoščajo pri galvanostegičnih procesih. Prevlake morajo biti tako močne, da se lahko odluščijo od podlage, in da so za samostojno uporabo.

Pri galvanoplastiki pridejo največ v poštev bakrene oborine, kajti baker je jako vlečen in čist ter se tudi najlažje in najjednostav-

Slika 158.



Galvanoplastičen aparat.

neje izloča iz raztopin. Le izjemoma se rabijo poleg bakra tudi druge kovine.

Galvanoplastiki dajo potrebne toke galvanski členi ali pa posebni dinamo-stroji, kakor pri galvanostegiji. Že pri opisovanju Daniellovega elementa smo čuli, da se iz raztopine bakrenega vitrijola poseda baker po bakreni elektrodi. Zato lahko takoj navadni Daniell-ov člen priredimo za proizvajanje galvanoplastičnih posnemkov, dokler so naše zahteve skromne in dokler hočemo izvršiti le nekatere poskuse v tej panogi galvanotehnike.

Najjednostavnejši galvanoplastični aparat naredimo torej, ako postavimo v raztopino bakrenega vitrijola glinasto stanico, ki je napolnjena z razredčeno žvepleno kislino in ima v sredi palico od cinka. V bakreno raztopino obesimo predmet (katodo), od katerega hočemo

napraviti odtis, ter ga z bakreno žico zvežemo s cinkom (anodo). Ker se iz bakrene kopeli baker izloča na katodo, treba jej je po potrebi dodajati novih kristalov bakrenega vitrijola. To se najlažje zgodi, ako obesimo v raztopino platneno mošnjico, napolnjeno z bakrenim vitrijolom. Pri večjih stanicah nadomeščamo mošnjico z lesenimi zabojčki, ki so nasuti z bakrenim vitrijolom ter imajo v stenah mnogo luknjic.

Kjer se galvanoplastični izdelki v večji množini proizvajajo, dobé kadičke večjo prostorino (slika 158.). V vsako kadičko se postavi po več glinastih stanic s cinkovimi anodami, ki se na primeren način zvežejo s katodami. V naši sliki opazimo tri štirioglate glinaste stanice, stoječe jedna za drugo sredi kopeli. Cinkove ploče visé na bakreni palici, ki je sredi kadičke položena nad stanicami. Od te osrednje palice vodita bakreni žici do dveh obstranskih palic, na katerih se obešajo predmeti v kopel.

Opisani aparati so kopel in element ob jednem. Za večje delavnice pa je vendar bolje, ako ločimo tokorodne aparate od kopeli, in tedaj veljajo ista pravila gledé oblike in uporabe dotičnih proizvodnikov toka, kakršna smo navedli pri opisovanju galvanostegične delovršbe. Z jakimi toki moremo v razmerno kratkem času izločiti na predmete poljubno debele kovinske skorje, ki najvestneje sledé vsem potezam originala. Predmeti, oziroma njih površina, na kateri naj se posede kovinska oborina, morajo seveda biti dobri prevodniki galvanskega toka. Ako predmet ni od kovine, treba mu površino najprej pokoviniti ali metalizirati. To se najjednostavneje zgodi, ako površino zdrgnemo s finim prahom od grafita. Grafit je sicer slabši prevodnik elektrike, kakor so kovine, a njegov prah je neizrečeno droben in se jako rad prijema površja. Tako damo predmetom od mavca, lesa, alabastra, mramora i. t. d. vodeče površje, ako jih potresemo z grafitovo moko. Tvarinam, katerih se grafit ne prijemlje rad, n. pr. steklu, porcelanu, slonovi kosti i. t. d. prevlečemo površino s tenkim pokostom; ko se je ta plast toliko posušila, da se še malce prijemlje, potrosimo nanjo grafitovo moko.

Ako hočemo galvanoplastičnim potom proizvajati posnemke objektov, moramo seveda napraviti najprej negativni odtis ali kalup. V ta namen rabimo vosek, mavec, žveplo in druge tvorne tvarine, katere je treba napojiti s stearinom ali pa prevleči z lakom, če bi jih raztopina sicer razmočila. Ko je negativni odtis metaliziran, ga postavimo v kadičko, v kateri dobimo pozitivni odtis. Kjer dopuščajo razmere, pa napravimo negativni odtis tudi s pomočjo galvanoplastike. Najprej potopimo original v kopel; ko se je napravila po njem zadostno debela oborina, jo odluščimo, a dobljeni negativ obesimo vnovič kot katodo v kopel. Pri večjih predmetih kalupimo posamične dele, odtise pa sestavimo pozneje v celoto.

Pri izločevanju galvanostegičnih prevlak moramo predmetu kar najskrbneje odstraniti vso maščobo s površine, drugače se kovinska kožica ne prime dobro in se rada odlušči. Kar nam tu škoduje, koristi nam pri galvanoplastičnih posnemkih, ko jih je treba odluščiti od predmeta. Da se to lažje zgodi, nalašč prevlečemo katodo previdno in na tenko z mastno kožico. Pri objektih, kateri so grafitirani, zadošča že, ako ščet, ki razdeljuje grafit po predmetu, nekoliko z lojem pomastimo.

Nežnim, mehkim in občutljivim predmetom, n. pr. cvetlicam, bilkam, čipkam, tkaninam i. t. d., ne moremo površine metalizirati z grafitom, ako hočemo od njih napraviti galvanoplastične odtise, marveč naredimo jim prevodno podlago kemičnim potom. Predmet se namaže in napoji z alkoholsko ali vodno raztopino žveplenokislega srebra, potem pa postavi na solnce. Svetloba reducira srebro kakor pri navadnem fotografskem pozitivnem procesu, in na površini cvetlice se posede neizrečeno fina kovinska kožica od srebra, ki pa zadošča, da se nanje obarja galvanska prevlaka.

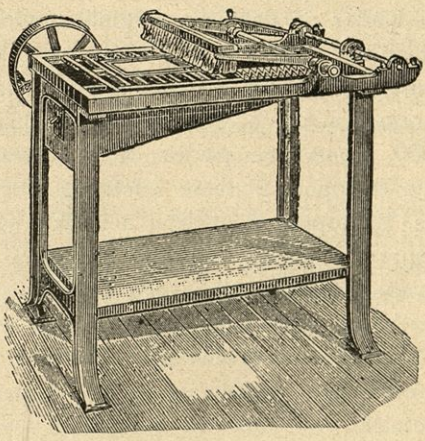
Kadar pri predmetih te vrste nočemo izdelovati posebnih pozitivnih odtisov, se original kar pusti v novi kovinski obleki. Tako dobimo metalizirane cvetlice, čipke i. t. d., ki rabijo v nakitne ali pa v učne namene. Celo živali se na tak način prevlačujejo s kovinsko odejo.

Na les moremo napravljati bakrene in sploh kovinske okraske, ako mu površino prevlečemo z lakom, na lak pa z grafitom narišemo zahtevane ornamente. V galvanski kopeli se poleže na prevodne dele poljubno debela plast kovine. — V staroegiptovskih grobeh se nahajajo kosi lesa, ki so prevlečeni z jako fino bakreno kožico. Zato menijo nekateri, da so že stari Egipčani poznali galvanoplastične procese.

Izdelovanje galvanov ali klišejev. Galvanoplastika se danes najbolj in najuspešneje uporablja v tiskarski umetnosti. Z njeno pomočjo se namreč razmnožujejo in posnemajo lesorezi in druge tiskarske ploče. Od lesoreza se napravi v kopeli posnemek, ki je popolnoma skladen z originalom. Zato ni treba, da bi dragi lesorez postavljali v tiskalnico, kjer se kmalu obrabi in odrgne; na njegovo mesto stopi rajše galvanoplastični posnemek, kateremu so tiskarji nadeli ime galvano ali kliše. Pri ogromni razširjenosti moderne tiskarske umetnosti in pri silnem številu, v katerem se danes ilustrovana dela spravljajo med občinstvo, so galvani neprecenljive važnosti. Navaden lesorez zdrži v najugodnejšem slučaju le do 20.000 odtisov. Za večje število bi torej morali izdelati več jednakih plošč, kar bi tisk zelo podražilo in bi tudi ne dajalo nikakega jamstva, da so slike jednake. Vse te neprilike izginejo z uporabo galvanov, kajti število odtisov je povsem neomejeno in ob jednem izredno po ceni.

Izdelovanja galvanov se je polastila posebna industrija, ki deluje celó z raznimi stroji. Od lesoreza se napravi najprej negativni odtis ali matrica, in sicer običajno z voskom ali pa z gutaperčo. Vosku se pridene nekoliko stearina, da izgubi svojo krhkost. Zmes se vlije v ploske kovinske škatle primerne velikosti, potem se pa še gorka s škatlo vred povezne na lesorez. Z ročnim ali pri večjih delavnicah tudi s hidravličnim tiskalom se tvorna masa pritisne na leseno ploščo, in napravi se odtis, na katerem ne manjka niti jedne črte in poteze originalove. Da lesorez pri tem velikem pritisku ne poči, zavarovati ga je treba poprej z železnim okvirom. Kjer uporabljajo gutaperčo, jo najprej segrejejo v vroči vodi, da postane plastična, potem pa jo zvaljajo v ploščo, katero s primernim tiskalom istotako pritisnejo na lesorez, kakor prej opisane voščene ploče. Da se gutaperča lažje odlušči od originala, se morata prej ploča in lesorez zdrgniti z grafitom.

Slika 159.



Stroj za grafitiranje.

Ko je matrica na ta ali oni način izgotovljena, treba jej dati prevodno površino. To se zgodi z najfinejo grafitovo moko, ki se s ščetjo, imajočo dolgo in mehko dlako, namaže po odtisu. Dotično delo se imenuje grafitiranje. Za grafitiranje so zgradili posebne stroje, kakršnega vidimo na sliki 159. Matrica leži na mizni ploči, katero stroj samodelno kakor sanke premika semtertja. Nad ploščo je ščet od velblodje dlake. Poseben mehanizem ziblje ščet jako hitro okoli njene horizontalne osi, tako da s ščetinami neprestano briše po matrici. Ker se ob jednem tudi mizna ploča, na kateri leži matrica, semtertja premika, je lahko umevno, da se vsled sočasnega gibanja predmeta in ščeti grafitna moka, katera se potrosi po matrici, zelo jednakomerno in natančno po kalupu razmaže in razdeli.

Ko je kalup grafitiran, mu z mehom odstranijo grafitno moko, kolikor je je bilo preveč na njem, potem pa mu pritrdijo dovodne žice. Matricam od gutaperče se prevrta na robu s šilom luknjica, v katero se vtakneta dve bakreni žici. Na jednem koncu se žici kljukasto zavijeta, da se kalup lahko obesi na katodno palico, ostala konca pa se

tako skrivita, da se vzmetno dotikata grafitirane ploskve. Po voščenih matricah se dovodne žice pritrdijo v posebna ušesca kovinske škatle, v kateri se matrica nahaja.

Ko je postala v kopeli bakrena oborina približno $^1/_3$ mm debela, se previdno od kalupa odlušči ter z zlitino od svinca, kositra in antimona zalije, da tvori približno 3 mm debelo solidno ploč o. Ploči se robovi premočrtno in pravokotno pooblajo, zadnja stran se ji gladko ostruži, končno pa se pritrdi z žeblji ali vijaki na leseno deščico. Tedaj je galvano izgotovljen.

Na sličen način postopajo z dragocenimi bakrorezi. Bakrorez se v tiskalu kmalo odrgne in odtisi postanejo neostri ter manj vredni. Zato se napravi od originala galvanoplastičen posnemek; prvi odtis kaže seveda vse črte izbočene (pridvižna ploča), a od te se pozneje delajo klišeji, ki so originalu do pičice jednaki.

Kadar pa tiskajo z originalno ploč o, je običajno, da jo prej galvanoplastično pojeklijo ali pa poniklj ajo. Jeklena (prav za prav železna) ali nikljeva kožica napravi ploč o dokaj odpornejšo, a sliki, ki je vrezana v ploč o, nikakor ne škoduje. Pojekljene ploče prenesó do 15.000, poniklj ane pa do 20.000 brezhibnih odtisov. Za pojekljevanje rabijo raztopino 2 delov železnega vitrijola in 1 dela salmijaka v 8 delih vode. Raztopini se pridene nekoliko svetlih železnih koscev, potem se pa spravi v dobro zamašeni steklenici. Nikljeva kopel sestoji običajno iz žveplenokislega nikljevega oksidula.

V novejšem času so takozvani cinkovi klišeji močno izpodrinili uporabo lesorezov in bakrorezov. Cinkovi klišeji so dokaj ceneji; čas njihovega izdelovanja je jako kratek in nezavisen od veličine ploče. Umetniški vtis cinkovih klišejev se seveda ne more primerjati z vtisom prej imenovanih ploč, a ker se pri modernih ilustracijah, namenjenih masi naroda žal premalo gleda na umetnost, si cinkov klišé pridobiva vedno širših tal. Tudi od teh ploč se delajo galvanoplastični posnemki, ki se potem posojujejo ali pa prodajajo tiskarnam in založnikom knjig. Vse podobe v naši knjigi so galvanoplastični posnemki v les rezanih ali pa v cinek vjedkanih originalov; dobavila jih je založna tvrdka Otto Spammer-jeva v Lipsiji, ki se peča z razprodajo vsakovrstnih galvanov.

A ne le tiskarske ilustracijske ploče, temveč tudi navadni tiskarski stavki in stereotipne ploče se čestokrat pomnožujejo z galvanoplastičnimi odtisi. Dotično postopanje je jednako onemu, ki smo ga očrtali pri izdelovanju galvanov. Zato se tu ne bodemo spuščali v ponavljajoče opisovanje.

IX. Telegrafija.

Chappe-ov optični telegraf. Sömmeringov električni brzojav. Schillingov iglasti telegraf. Cookov peteroiglasti brzojav. Gauss-Weberjev telegraf. Steinheilov telegraf. Morsejev pisalni brzojav. Pozemna telegrafija in njeni aparati. Opis iglastega telegrafa. Wheatstone-ov, Brequetov in W. Siemensov kazalni brzojav. Siemensov magnetoindukcijski kazalni brzojav. Morsejev pisalni brzojav. Hughesov aparat. Cassellijev posnemni telegraf. Pantelegraf. Telavtograf. Stikanje brzojavnih aparatov. Mnogoterna telegrafija. Nasprotno, dvojno in dvojnonasprotno brzojavljanje. Podmorska telegrafija in njeni aparati. Kabelj med Francosko in Angleško. Kabelj med Evropo in Ameriko. Merjenje kabljev. Zrcalni galvanometer kot prijemalo. Thomsonov natezni pisalni aparat. Lauritzenov undulator in samodelna telegrafija, Wheatstone-ov samodelni aparat. Stikanje podmorskih zvez. Razne druge telegrafske priprave. Hišni brzojavi. Električni naznanjevalci. Stikanje pri hišnih brzojavih. Železniške telegrafske priprave. Linijski signali. Distančni signali. Zavarovalni signali. Kontrolni aparati. Brzojavi za požarne brambe. Samodelni požarni brzojavi. Samodelni toplotni naznanilniki. Telegrafija za naznambo časa. Električna kazala. Časovni signali. Električno uravnavanje ur. Kronograf. Glasovalni telegraf. Telegrafija brez žice.

V dosedanjih poglavjih smo se skoraj izključno pečali z uporabo jakih električnih tokov. A tudi takozvani slabi toki so velevažnega pomena za moderno življenje. Z njimi se je elektrotehnika najprej pečala in najprej stopila v tekmovanje z drugimi prirodnimi silami. S pomočjo slabih tokov so fiziki utemeljili one zakone, ki so stoprav omogočili one čudovite iznajdbe na polju jakih tokov, katere sedaj uživa človeštvo.

Dve lastnosti električnega toka sta bili v prvi vrsti vzrok, da so se izumitelji od nekdaj radi pečali s to naturno silo. Prva teh lastnostij je ogromna hitrost, s katero se električno stanje širi po kovinskih prevodnikih, druga pa, da se električni tok strogo drži predpisane poti. Zato so bili razni veleumi že zgodaj prepričani, da je električna sila kakor nalašč ustvarjena za prenašanje poročil v oddaljene kraje, tedaj za namene takozvane električne telegrafije.

Potreba po telegrafskem občevanju je skoraj toliko stara, kakor zgodovina človeštva. Že v starodavnih časih so si ljudje dajali znamenja z grmadami na gorah, s prižganimi bakljami, z zastavami i. t. d. Cerkveni zvonovi doné čez hrib in plan ter obveščajo župljane o veselih in žalostnih dogodkih cele fare. Odkar so izumili smodnik, je grmenje topov priljubljeno sredstvo za signale; pokanje možnarjev naznanja vesele prihode in pričetke slavnostij, vdanemu ljudstvu poroča, da se je porodil vladarski hiši prestolonaslednik, a drugič priča, da so izročili materi zemlji visokega dostojanstvenika; narod obvešča o pretečih nevarnostih, streli z ladije kličejo po pomoči in rešitvi i. t. d.

To je telegrafija v najširšem pomenu, ki pa nima za naše svrhe nikake važnosti. Stoprav tedaj, ko je dospela telegrafija do tega, da je mogla poljubne vesti pravilno in stalno pošiljati v oddaljene kraje, moremo govoriti o pravem telegrafskem prometu. To se je zgodilo koncem minolega stoletja, ko je Chappe nastopil s svojim optičnim telegrafom. Na stolpe je postavil visoke jadrenike, na katerih so bili kakor roke pritrjeni premični vzvodi. S pomočjo žic in verig je človek, stoječ v stolpu, dajal vzvodom različne lege ter s tem pošiljal dogovorjena znamenja sosednjemu stolpu z jednako napravo, kjer so se znamenja ponavljala, da jih je videl tretji stolp i. t. d. Chappe-ov telegraf je bil seveda dokaj okoren in popolnoma zavisen od ugodnega vremena, vendar so se z njegovo pomočjo nepričakovano hitro širile depeše. Francoska vlada je imela vsa glavna mesta zvezana s tem občilom in tudi na Nemškem je bilo mnogo postaj. Od reke Rene do Berolina je potrebovalo optično telegrafsko poročilo le nekoliko ur. Ko so l. 1809. Avstrijci udarili na Monakovo ter pregnali volilnega kneza Maksa Josipa, je Chappe-ov telegraf hitro nesel to vest v Pariz, in 14 dnij pozneje so bili Francozi že na Bavarskem, ter so pregnali zmagovalce. Državniki so jeli uvidevati, kolike važnosti so brzojavna poročila za državne in vojaške namene, in zato je tiste dni bavarski minister grof Montgelas pri nekem obedu nagovarjal anatoma dr. Tomaža pl. Sömmeringa, da naj študira, kako bi se po vsem Bavarskem napravile optične telegrafske postaje. Sömmering se je te ideje z navdušenjem poprijel, a kmalu se mu je vrinila misel, mesto optičnega telegrafa vvesti primerne električne znake. Osem tednov pozneje je Sömmering že predložil bavarski akademiji prvi model električnega telegrafa. Leto 1809 velja torej kot rojstno leto moderni električni telegrafiji.

Sömmeringov brzojav je bil zgrajen na temelju kemičnih učinkov električnega toka ter dajal znamenja s pomočjo razkrajanja vode. V stekleni kadički, napolnjeni z nakisano vodo, stoji 25 vertikalnih iglic od tenke zlate žice. Ako se dve poljubni igli zvežeta s poloma

tokorodnega aparata, se tvorijo ob iglah mehurčki vodika in kisika. Ker je množina izločenih plinov različna, se takoj lahko vidi, katera iglica proizvaja vodikov, oziroma kisikov plin. Vsaka igla je bila zaznamenovana z jedno črko alfabeta. Ako se torej utikata po dve in dve igli v tokov krog, je lahko sestaviti poljubne besede.

Opisana priprava je bila s 24 žicami zvezana s posebnim stikalom, ki je posamične pare iglic, rekše črk, na jednostaven način vdevalo v tokov krog, potrebne toke pa je dajal znani Voltov steber.

Ako stojita oba aparata — kadička z iglicami in stikalo — na dveh oddaljenih krajih, je umevno, da moremo s stikalom poljubno vtikati po dve in dve iglici v tokov krog ter na njih izločati plinove mehurčke, rekše dajati znamenja ali pošiljati depeše na ono mesto, kjer stoji kadička.

Sömmeringova iznajdba ni imela praktičnega pomena, kajti že uporaba 24 žic je bila velik zadržek v tehničnem, kakor v materijalnem oziru, vendar pa je dala pobudo za mnoge neprestane in vztrajne poskuse na polju električne telegrafije ter bila temelj vsem poznejšim izumiteljem. Ideja Sömmeringova je padla najprej na Nemškem na rodovitna tla, a tu je dolgo časa tlela skoraj nepoznana. Ob jednem so se je oprijeli Rusi in za njimi Angleži, dokler ni dospela do Amerikancev, ki so takoj prehiteli počasno Evropo in si z Morsejevim brzojavom priborili venec zmage. Pri porodu in razširjevanju električnega telegrafa razločujemo zategadelj troje več ali manj samostojnih panog: nemško, rusko-angleško in amerikansko.

Za Sömmeringovo iznajdbo se je prvi dejansko zanimal ruski državni svétnik Schilling pl. Cannstadt, ki je vzel jeden model novega telegrafa s seboj na Rusko, da ga predstavi carju. Misel, kako uporabiti električni tok za brzojavna poročila, od tedaj ni več zapustila Schillinga in pečal se je ž njo nad 20 let, dokler ga ni prehitela smrt. Med tem časom je našel Oersted odklon magnetne igle, Ampère dognal elektrodinamično učinke galvanskega toka, in Schweigger konstruiral prvi multiplikator. Te nove uspehe je Schilling primerno izkoristil ter zgradil prvi iglasti telegraf, katerega je leta 1835. razložil na zborovanju prirodopiscev v Bonnu. Schillingov telegraf je bil sestavljen iz več magnetnih igel, visečih na svilnatih nitkah in zibajočih se sredi multiplikatorja, t. j. ploske žične tuljave z mnogimi ovoji. Ako je švignil tok po ovojih multiplikatorjevih, se je igla odklonila na jedno ali drugo stran, kakršno mer je tok ravno imel. Da je bilo gibanje igle lažje opazovati, je bil na njej tako prilepljen kosček papirja, da je opazovalec videl njegov rob, ko je bila igla pri miru; ako se je pa igla odklonila, je papir kazal jedno ali drugo svojih raznobarvnih stranskih

ploskev. Aparat je imel petero takih igel; s kombinacijo njihovih odklonov je Schilling sestavil alfabet in potrebne številke.

Tudi Schillingova brzojavna priprava je bila preokorna za širšo uporabo. V imenovanem zborovanju se je prof. Muncke iz Heidelberga zelo zanimal za Schillingov brzojavni aparat ter vzel jeden model s seboj, da ga pokaže svojim slušateljem. V istem času je bival v Heidelbergu mlad Anglež William Fothergille Cooke, ki se je pečal z izdelovanjem anatomičnih voščenih preparatov. Slučajno je prišel na univerzo in tam videl Schillingov brzojav. Takoj je spoznal važnost te iznajdbe, sklenil obesiti svojo voščeno umetnost na kol in posvetiti se telegrafiji. Dal si je napraviti model Schillingovega brzojava ter se vrnil ž njim na Angleško, kjer je pridobil slovečega Wheatstone-a za sodelovanje. Že malo mesecev pozneje (leta 1837.) sta oba dobila patent za novi brzojavni aparat, kateremu sta nadela ime peteroiglasti telegraf.

Z električno telegrafijo se je pečal tudi sloveči matematik profesor Gauss v Göttingenu. Ko je s prof. Viljemom Weberom utemeljil zakone o elektriki in magnetizmu ter izumil zrcalni galvanometer, jima je prišlo na misel, zvezati svoji delavnici, fizikalni laboratorij in zvezdarno s tokovodom in uporabiti zrcalni galvanometer za pošiljanje dogovorjenih znamenj. V ta namen je leta 1833. prof. Weber napel dva tokovoda nad mestnimi hišami ter začel s svojim tovarišem brzojavno občevati. Oba učenjaka sta na ta način več let potom električnega toka brzojavljala med seboj ter zgradila prvo uporabno, če tudi privatno telegrafsko progo na svetu, dokazujoč ž njo, da se tudi nepraktičnim profesorjem včasih vendar posrečijo jako praktične iznajdbe.

Gauss je opozoril profesorja Karola Avgusta Steinheila v Monakovem na električne brzojavne aparate. Steinheil je z bistrim očesom in genijalnim duhom začel popolnjevati primitivno in dokaj okorno Gaussovo telegrafsko pripravo in že spomladi leta 1837. je otvoril v Monakovem štiri telegrafske proge, opremljene z boljšimi aparati, ki so bile namenjene privatnemu pogovoru med raznimi znanstvenimi zavodi. Preden se je posrečilo Steinheilu pridobiti javne faktorje za obsežnejši, javnosti namenjeni poskus, sta Cooke in Wheatstone dobila od Birminghamske železnice dovoljenje, napraviti ob železničnem tiru 60 km dolgo telegrafsko zvezo s svojim peteroiglastim brzojavom ter jo izročiti javnemu prometu. Njun brzojav je bil torej prva javna telegrafska naprava na zemlji.

Če tudi sta angleška izumitelja Steinheila v javnosti prehitela, je on vendar brzojavni aparat toliko popolnil, da s svojimi zaslugami nadkriljuje imenovana Angleža. Steinheil je bil tudi prvi, ki je odpravil jedno izmed obeh tokovodnih žic ter pokazal, da je potrebna samo dovodna žica, dočim lahko zemlja prevzame ulogo odvodne žice.

Zemni vod je temeljnega pomena za telegrafske naprave, kajti ž njim prihranimo polovico tokovodnega materijala ter si ujednostavimo celo podjetje.

Poleg evropskih so se tudi amerikanski izumitelji hitro poprijeli nove ideje Sömmeringove in dosegli dokaj lepše rezultate nego učenjaki starega sveta. Leta 1835. se je peljala na ladji «Sully» večja družba iz Evrope v Ameriko. Med potniki sta bila tudi dr. Jackson in slikar Samuel Morse. Prvi je pripovedoval med vožnjo, da je videl v Parizu zanimive električne poskuse ter sprožil misel, da bi se morebiti elektromagneti mogli uporabljati za električno telegrafijo. Besede dr. Jacksona slikarju Morseju niso šle več iz glave in začel je noč in dan premišljevati, kako bi električnim potom mogel prenašati telegrafska poročila. Zdelo se mu je, da bi s kotvico, katero elektromagnet privlačuje in odbija in na katero bi bil privezan svinčnik, lahko delal znamenja na kosček papirja. Ker pa ni imel skoraj nikakega znanja v fiziki in mehaniki, so se mu prvi poskusi ponesrečili in stoprav, ko so mu prišli prof. Gale in brata Vaila na pomoč, je dovršil v jeseni leta 1837. brzojavni aparat, katerega je leta 1840. toliko spopolnil, da je postal praktičnega pomena. S pomočjo svojega pisalnega brzojava je Morse leta 1843. otvoril prvo telegrafsko progo Washington-Baltimore. Uspeh je bil velikanski in od tedaj se je brzojavni promet jel hitro razširjati po Ameriki. V Evropo je prišel prvi Morsejev pisalni brzojav še le leta 1848.; uporabili so ga najprej na telegrafski liniji med Hamburgom in Kuxhavenom.

Morsejevo iznajdbo so tehniki starega in novega sveta neprestano popolnjevali in izboljševali; razvila se je posebna telegrafska tehnika in brzojavne proge so se čudovito hitro množile po kulturnih državah. Brzi in neprestani razvoj telegrafskega prometa pa je kmalu pokazal, da Morse-jev aparat ne more zadoščati naraščajočim potrebam. Zato so izumitelji korakali dalje ter prihajali pred svet z novimi brzojavnimi pripravami. Tudi so se telegrafski tehniki začeli podrobneje baviti s prevodniki, ki so poleg pisalnega stroja velevažen del vsake proge. Izboljšali so izolatorje, ob jednem pa so jeli misliti tudi na podzemne oziroma podmorske elektrovode. Ker pa je tedaj izolacija žic delala še velike težave, so se prvi dotični poskusi ponesrečili in zračni tokovodi so ostali vedno še jedino zanesljivi. Leta 1847. je Siemens poskušal udomačiti podzemne, z gutaperčo izolirane žice, a dotični tokovodi so se kmalu pokvarili. Vendar se podjetni elektrotehniki tega niso ustrašili ter delali nove poskuse s podmorskimi elektrovodi; že leta 1850. so položili med Francoskim in Angleškim prvi podmorski telegrafski kabelj, ki je bil osamljen z odejo od gutaperče. Novi kabelj, na katerega so stavili mnogo nad, pa je bil v malo urah pokvarjen, kajti

mehka gutaperča se je odrgnila in razčohala, ž njo pa je izginila izolacija. Spoznali so, da je treba dati kablju uporno odejo proti mehaničnim poškodbam. Napravili so kabelj, pri katerem je bila gutaperča najprej ovita s konopno odejo, ta pa zavarovana s pocinkano železno žico proti vnanjim nezgodam. Tak kabelj so v jeseni leta 1851. potopili v morsko ožino med Francoskim in Angleškim ter z njim vnovič poskusili telegrafsko občevanje med obema deželama. Sedaj je ostal promet nemoten in oni starina med podmorskimi kablji je še danes v rabi. Podmorske brzojavne zveze so se hitro množile in že leta 1857. je Cir W. Field položil prvi transatlantski kabelj med Evropo in Ameriko. Ogromno podjetje se je sicer izjalovilo, nikakor pa ni vzelo tehnikom poguma. Devet let pozneje se je posrečila nova zveza med starim in novim kontinentom, in lahko se reče, da je od tedaj bila tehnika podmorskih kabljev osigurjena in ustanovljena. Podmorski telegrafski prevodniki se od onega časa skoraj tako zanesljivo polagajo, kakor se gradijo pozemne in zračne telegrafske proge. Kulturne države so hitele graditi podmorske zveze s svojimi kolonijami, in danes krijejo skoraj vsa morja razpleteno mrežo kabljev na svojem dnu. Leta 1895. je bilo 1100 podmorskih telegrafskih zvez v prometu, in njih kablji so bili dolgi nad 130.000 morskih milj.

A tudi tehnika pozemnih zračnih prevodnikov ni zaostajala in proizvajala je dela, ki niso stala nič manj duševnega truda in telesnega napora kakor polaganje podmorskih kabljev. Zvezali so Indijo z Evropo, potegnili telegrafske žice čez Sibirijo ter napeli električne tokovode povprek čez avstralski kontinent. Danes je vsa kopna zemlja, osobito pa omikane države, prepredena s telegrafskimi žicami, po katerih švigajo vesti od kraja do kraja. V občevanju ne pozna svet nikake razdalje, in kar se dogaja pri antipodih, čitamo par ur pozneje med brzojavnimi poročili naših časnikov.

A. Pozemna telegrafija in njeni aparati.

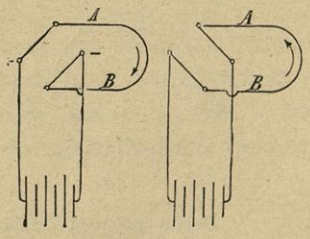
Pri vsaki telegrafski napravi razločujemo štiri glavne dele: 1. tokorodnike, ki so navadne galvanske baterije, 2. ključ ali dajalo, s katerim se galvanski tok sklepa in prekida ali s katerim pošiljamo telegrafske učinke v daljave, 3. prejemalo ali stroj, kateri znake sprejema in navadno tudi zapisuje, 4. prevodnike ali tokovode.

1. Iglasti brzojavi. Prvotni uporabni telegrafski aparati so se naslanjali na dejstvo, da galvanski tok odklanja magnetno iglo v določeni meri. Če imamo na jednem mestu galvansko baterijo in pripravo, s katero moremo tok v jedni ali drugi meri spuščati v tokov krog, na oddaljenem mestu pa magnetno iglo, okoli katere je navita tokovodna

žica, moremo s prvega kraja provzročevati odklone magnetne igle na desno in na levo. Jeden odklon na desno in jeden odklon na levo lahko znači določeno črko. Ako hočemo več znakov, rekše več črk, je treba le iglo po večkrat na jedno ali drugo stran odklanjati. S kombinacijo raznoštevilnih in raznostranskih odklonov sestavimo popoln alfabet, s katerim lahko pošiljamo vsako besedo našega jezika v oddaljeno telegrafsko postajo.

Ključ ali dajalo ima pri iglastih telegrafih nalogo, da pošilja tok v jedni ali drugi meri do prejemala; stikati mora obe tokovodni žici na tak način z galvansko baterijo, da je vsak prevodnik premenjema v zvezi sedaj s pozitivnim, sedaj pa zopet z negativnim polom. Ključ je torej tokovo menjalo; princip njegov kažeta sliki 160. in 161. Na primerni ploči se nahajajo štiri, kvadratno razvrščeni pritiskalni vijaki. Z znakom (+) označeni vijak je z žico zvezan s pozitivnim, z znakom (—) označeni pa z negativnim polom galvanske baterije, dočim sta v ostalih dveh vijakih pritrjeni obe elektrovodni žici A in B. Če zvežemo vijak (+) z zgornjim, ob vertikalni kvadratovi središčnici stoječim vijakom, vijak (—) pa s spodnjim, gre tok po A do oddaljene postaje in se vrača po B nazaj v baterijo. Ako sedaj zvezo vijakov zamenjamo, t. j. ako vijak (+) staknemo s spodnjim, vijak (—) pa z zgornjim vijakom, je očividno, da mora tok v nasprotni meri teči po prevodnikih A in B. Očrtano menjavanje zvez med obema paroma vijakov je povsem jednostavno in se more izvrševati s priprostimi mehaničnimi sredstvi.

Slika 160. Slika 161.



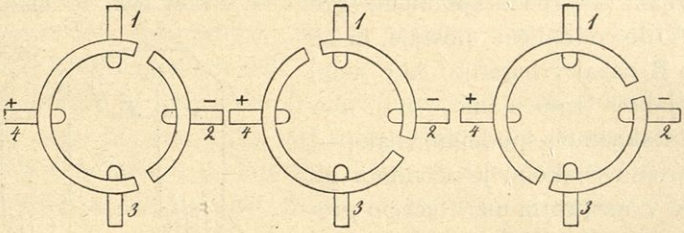
Princip tokovega menjala.

Dajalo pa ima pri iglastem brzojavu še drugo nalogo; mora namreč vezati oba prevodnika A in B, tudi če ne pošilja toka do oddaljene postaje, torej tudi tedaj, ko se na prvi postaji ne brzojavlja. Ko bi ne bila prevodnika sklenjena, bi od druge postaje ne mogli telegrafirati v prvo. Zato damo ključu obliko, kakršno vidimo na slikah 162., 163. in 164. Na leseni ali gumasti vrtljivi ploči je pritrjen bakren obroč, ki drže na štirih peresih, vodečih od prej imenovanih štirih pritiskalnih vijakov. Bakreni obroč je na dveh mestih prerezan, a oba loka sta drug od drugega izolirana. Loka nista jednako velika, temveč jeden je večji kakor polukrog, drugi pa nekoliko manjši. V sliki 162. veže večji lok vzmetna peresa 1, 3 in 4, oziroma dotične pritiskalne vijake, manjši lok pa je samo s peresom 2 v zvezi. Če sedaj vrtljivo ploču na levo zasučemo (slika 163.), stika večji bakreni lok peresi 3 in 4, manjši pa 1 in 2; če pa obratno ploču zavrtimo na desno (slika 164), veže

večji lok peresi 1 in 4, manjši pa 2 in 3. Ker sta peresi 4 in 2 (vijaka [+] in [—] v sliki 160.) zvezani z dotičnima poloma baterije, je očividno, da v sliki 162. večji lok veže oba prevodnika A in B, ki izvirata od peres 1 in 3, dočim je baterija izločena; v sliki 163. kroži tok jednako kakor v šematični sliki 161. in v sliki 164. tako kakor v obrazcu 160. Z vrtenjem ploče torej stikamo na prvi postaji obe elektrovodni žici, ne da bi ob jednem vdejali baterije (mirno stanje), ali pa pošiljamo tok v jedni ali drugi meri v oddaljeno postajo (levo in desno stanje dajala).

Kako sta obe postaji staknjeni, vidimo na sliki 165. Na postaji A je menjalo tako zasukano, da je elektrovod staknjen s pozitivnim polom baterije, na postaji B pa veže menjalo elektrovod in zemljo, dočim je baterija iztaknjena. Potemtakem kroži tok od pozitivnega pola na postaji A skozi žične ovoje, ki obdajajo magnetno iglo, in od tod dalje

Slika 162. Slika 163. Slika 164.



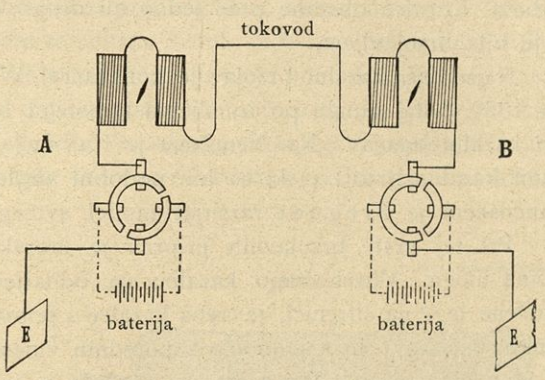
Dajalo iglastega brzojava v mirnem, v levem in v desnem stanju.

po prevodni žici v postajo B, kjer obhodi najprej žične ovoje krog magnetne igle, od tod pa se poda skozi menjalo do podzemne ploče E ter po zemlji do prve postaje, kjer se s pomočjo podzemne ploče E vrača skozi negativni pol v baterijo nazaj. S primernim vrtenjem menjala more telegrafist na prvi postaji magnetni igli v A in B poljubno odklanjati na desno ali na levo, in umeje se, da istotako postaja B lahko občuje s postajo A.

Magnetna igla se giblje sredi žičnih ovojev. Ko bi imeli samo jednostaven žični locenj ovit okoli igle, bi večino tokove energije použil dolgi elektrovod, a v ovoju bi preostajalo jako malo sile za odklon magnetne igle. Zato je treba okoli igle naviti mnogo ovojev, rekše uporabljati multiplikator. V njem odklanja vsak ovoj iglo v istem smislu in učinki posamičnih ovojev se sumirajo. Pri dveh ovojih bi zadoščala približno polovica, pri desetih ovojih desetina, pri sto ovojih stotina tokove jakosti v primeri z jednim samim ovojem. S pomno-

ževanjem ovojev sicer narašča upor v tokovem krogu, a ta skupni upor ne postaja v istem razmerju večji, kakor se množé učinki žičnih ovojev na magnetno iglo. Uporaba multiplikatorja je bila torej velik napredek v električni telegrafiji.

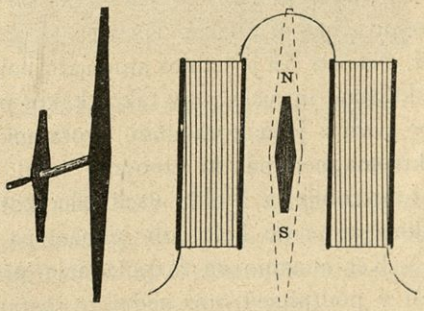
Slika 165.



Stik dveh postaj z iglastim brzojavom.

Pri Cooke-ovem in Wheatstone-ovem iglastem brzojavnem aparatu se magnetna igla ne ziblje horizontalno na vertikalni osi, temveč njena os je horizontalna, in igla stoji po koncu, Na sliki 166. in 167. opazimo uredbo igle in multiplikatorjevih tuljav. Aparat ima dvoje igel; manjša (slika 166.) je med žičnimi ovoji in je z njimi vred skrita v omarici, večja pa je pritrjena na koncu skupne osi zunaj omarice kakor kazalec na urni cifrenici, kjer s svojimi odkloni daje telegrafistu vidna znamenja. Igli sta tako nasajeni na skupno os, da sta pola jedne igle nasprotna poloma druge. Oni del tuljave (slika 167.), ki je med obema iglama, vpliva na sprednjo iglo v istem smislu, kakor vpliva ves multiplikator na magnetno iglo, katero obdaja s svojimi ovoji.

Slika 166. Slika 167.



Dvojnata igla in multiplikatorjeve tuljave pri iglastem brzojavu.

Mesto opisanega tokovega menjala uporabljajo tudi ključe, ki so slični navadnim tipačem, samo da sta združena dva tipača na skupni ploči. S pritiskom na prvi tipač pošiljamo tok v jedni meri v tokovo mrežo, a s pritiskom na druzega mu damo obratno mer.

Iglasti brzojavi so zelo jednostavni aparati, ki ne potrebujejo mnogo tokove jakosti ter razmerno hitro delujejo. Na Angleškem so še danes

mnogostransko priljubljeni, in niso jih še povsem mogle izpodriniti novejše brzojavne priprave. Tudi na Avstrijskem je iglasti telegraf dalje časa bil vpeljan na raznih postajah.

2. Kazalni brzojavi. Pri teh aparatih se s pomočjo električnega toka premika kazalec na cifrenici, na kateri se nahajajo črke alfabeta. Kazalec obstane pred jedno ali drugo črko ter s tem označi, da je bila brzojavljena.

Najstarejši kazalni brzojav je konstruiral Wheatstone, ki je že leta 1839, tedaj kmalu po izumljenju iglastega brzojava, vzel patent na prvi kazalni brzojav. Na Nemškem je Fardely v Mannheimu najprej gradil kazalne brzojave, ki so bili podobni angleškemu izvirniku, in na Francoskem je Breguet razširjal model svojega kazalnega brzojava.

Pri tej vrsti brzojavnih priprav je urarski umetnosti odkazana glavna uloga. Ako hočemo kazalcu na oddaljeni postaji predpisovati določene lege na cifrenici, je treba kazalec s pomočjo zaporednih tokovih učinkov (sunkov) in s pomočjo zaporednih vmesnih postojank potiskati na zahtevano mesto. Urarstvo nas uči, da je to mogoče doseči na tri načine. Po prvem premaknemo kazalec z vsakim tokovim sunkom za določeno pot naprej; s ponavljanjem tokovih sunkov lahko torej kazalec spravimo v poljubno lego. Po drugem načinu potiska posebna utež ali pero kazalec na okoli, a tokove sunke rabimo v to, da sprožajo zavoro, ki kazalec ustavlja. Pri vsakem sproženju zapirača skoči kazalec za jeden zob dalje. Število kazalčevih skokov je zategadelj jednako številu tokovih sunkov. Tretjič pa kazalec prosto teka po cifrenici, a s tokovim udarcem ga ustavimo v onem hipu, ko se nahaja ravno pred zahtevano črko.

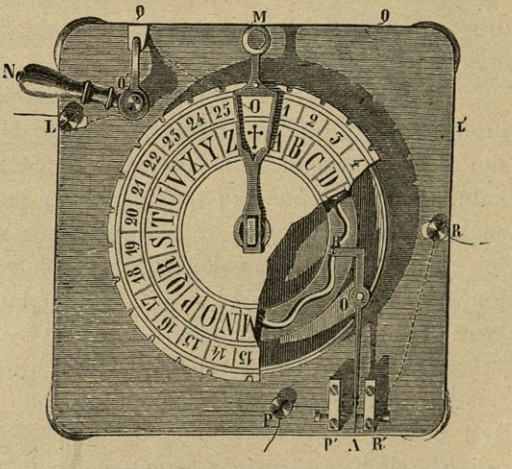
Wheatstone-ov kazalni brzojav ima prejemalo, ki je zgrajeno po drugem načinu. Kazalec je pritrjen na osi, katero vrti posebna utež. Na isti osi je nabito stopnjato kolo, v katero sega kotvica z dvema kljukicama, in sicer prav tako, kakor pri navadni uri z nihalom. Kotvica je v zvezi z jednakoramnim dvoramnim vzvodom, ležečim nad dvema elektromagnetoma, ki vzvodovi rami premenjema privlačujeta. Vzvod se torej ziblje, a ž njim vred niha kotvica, ki z vsakim nihanjem premakne stopnjato kolo, ob jednem pa tudi kazalec, za jeden zob dalje.

Ker nimamo na razpolaganje primernih slik, se ne bodemo spuščali v podrobneji opis sedaj že zastarelega Wheatstone-ovega aparata, njegovega prejemala in dajala, pač pa si oglejmo na sliki 168. dajalo Breguet-ovega kazalnega brzojava, da spoznamo tudi ta del iglastih telegrafskih priprav. Cifrenica s črkami in številkami je nepremična. Po njej se vrti ročica M, a pod njo leži krožnata kovinska ploča, v katero je vrezan valovit utor. V tem utoru se premika kratek klinec B, ki je vtaknjen v krajšo ramo vzvoda O. Ako sučemo ročico na cifrenici, se ob jednem vrti kovinska ploča pod njo, in klinec B se

z vzvodom O vred premika semtertja. Daljša rama vzvoda O ima na svojem koncu kontaktno pero A, ki se premenjema dotika kontaktnih vijakov P' in R', izmed katerih je vsak v zvezi z jednim polom baterije. Utor na krožnati ploči ima toliko valov, da se pri vsakem polnem vrtežu ploče tok trinajstkrat stakne in trinajstkrat prekine. Breguet-ovo prejemalo ima jednako uredbo kakor prej navedeno Wheatstone-ovo; na stopnjatem kolesu kazalčevem se nahaja 26 zob, in ker se pri vsakem stiku in raztiku toka stopnjato kolo za jeden zob dalje premakne, pokaže kazalec naslednjo črko, ako na dajalu prestavimo ročico za $^1/_{26}$ krožnega oboda.

Nov princip za zgradbo kazalnega brzojava je uporabil l. 1846. tedanji artilerijski poročnik Werner Siemens. Pri tem aparatu vrti tok neprestano kazalca na prejemalu in dajalu. Vsaka črka ima svoj posebni tipač na cifrenici; s pritiskom na jeden ali drugi tipač se ustavi kazalec pri pripadajočem znamenju. Telegrafist pritiska zavrstjo na tipače onih črk, katere hoče brzojaviti, a na drugi postaji se vrteči kazalec za nekaj hipov ustavlja na dotičnih črkah. Kazalec potrebuje približno 2 sekundi za jeden obtek. Ako leže črke zahtevane besede zaporedno v alfabetu, je mogoče med jednim samim obtekom označiti več črk. Zato deluje Siemensov kazalni brzojav zelo hitro ter je še danes priljubljen aparat; razširjen je osobito za privatne namene po Nemškem in Ruskem, a tudi drugod tekmuje v ožjem krogu s sorodnimi brzojavnimi pripravami.

Slika 168.



Dajalo Breguet-ovega kazalnega brzojava.

Neprestano vrtenje stopnjatega kolesa je Siemens dosegel s pripravo, ki nas spominja na znano Neefovo kladivce. Kotvica, katera se pod poloma tega prekidala semtertja ziblje, ima na svojem daljšem koncu pritrjeno pravokotno kljukasto vzmet, ki sega s svojo kljukico med zobe stopnjatega kolesa. Ko potegne elektromagnet kotvico navzgor k sebi, potegne kljukasta vzmet zob stopnjatega kolesa navzdol ter zavrti kolo za širino jednega zoba. Ko pa preneha v elektromagnetu magnetizem, požene

spiralno pero kotvico zopet navzdol. Vzmet se dvigne, njena kljukica pograbi čez prihodnji zob na kolesu ter se zaseka zanj, da ga potem vnovič navzdol potisne, ko elektromagnet zopet kotvico k sebi potegne.

Oddajna in prejemna postaja sta opremljeni z jednakimi aparati in tok kroži okoli obeh elektromagnetov. S sklepanjem in prekidanjem toka na jedni postaji se kazalca na obeh postajah istočasno vrtita, oziroma ustavljata. S posebnim tipačem moremo torej iz oddajne postaje premikati in ustavljati kazalca obeh postaj.

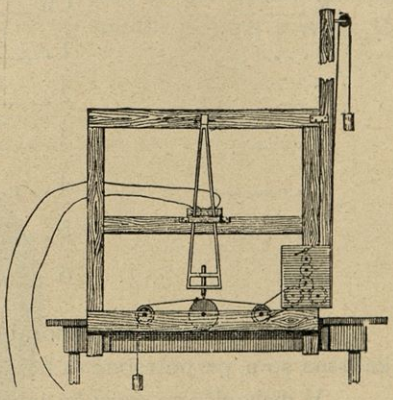
Siemens je tudi sestavil takozvani magnetoindukcijski brzojav, pri katerem proizvaja s pomočjo magnetoelektričnega stroja toliko tokovih sunkov izmenične meri, kolikorkrat naj kazalec izpremeni svojo lego. Ta brzojav je zelo jednostaven in ker daje potrebne toke magnetoelektrični stroj, ne potrebujemo pri njem nikake galvanske baterije. Toke proizvaja telegrafist sam s silo svoje roke, ki suče magnetoelektrični stroj. Omenjeni aparat ima torej marsikatere prednosti pred drugimi kazalnimi brzojavi; uporabljajo ga še danes za namene policije in gasilnih društev.

Kazalni brzojavi so se morali v teku let umakniti v svetovnem prometu aparatom, ki brzojavljene znake fiksirajo in zategadelj dokaj sigurneje izvršujejo svojo nalogo. Že Steinheil je pri svojem brzojavu, katerega smo v početku tega poglavja omenjali, ustanavljal prenesene znake na premikajočem se papirju. V to svrho je privezal na magnetne igle, katere je odklanjal električni tok v jedno ali drugo mer, male lončke s črnilom; ko se je igla odklonila, je zadel lonček na papir in tvoril tam pikičasto znamenje. Steinheilov brzojav je imel dve magnetni igli in vsaka je delala svoje pike na papirnatem traku. S kombinacijo nastalih pik je sestavil Steinheil alfabet, s katerim je mogel približno šest besedij brzojaviti v jedni minuti. Njegov aparat je bil torej prednik pisalnih brzojavov, ki značijo novo dôbo v telegrafski tehniki.

3. Pisalni brzojavi. Morse-jev pisalni aparat. Morse-jev pisalni aparat je kmalu prekosil vse druge brzojavne priprave in danes je v nebrojnem številu razširjen po vsi zemlji. Morse je uporabil premikajočo se kotvico elektromagneta za proizvajanje stalnih znamenj. Na kotvico je privezal črtalni klinec (svinčnik), a pod svinčnikom je z urnim kolesjem premikal papirnati trak, na katerem je svinčnik risal valovito črto. Prvotni Morse-jev aparat predstavlja slika 169. Zgrajen je bil s pomočjo starega slikarskega stojala. Na zgornjem povprečnem lesu visi nihalo v obliki jednakokrakega trikotnika. Sredi nihala je pritrjena kotvica, njej nasproti na osrednjem povprečnem lesu pa elektromagnet, do katerega vodita žici od baterije. Elektromagnet privlačuje kotvico k sebi ter jo premika v meri, ki je pravokotna na ploskev naše slike. Osnovnica trikotnikova nosi vertikalno pisalo, katero riše

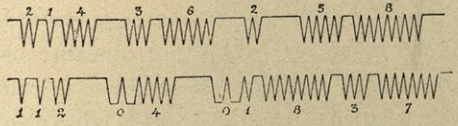
po papirnatem traku, premikajočem se čez osrednji valj. Na papirju se tvorijo siksaki, in iz števila siksakov je sestavljal Morse s pomočjo posebnega ključa besede. Slika 170. kaže prvi brzojav, ki se je Morse-ju posrečil s takimi črtami. Prvotni ključ za besede je Morse kmalu zapustil ter nadomestil znamenja, ki so se razločevala samo po številu siksakov, z drugimi kombinacijskimi znaki, sestavljenimi iz krajših in daljših prog v napisani črti. Ob jednem je dal aparatu drugo pripravnejšo obliko, ki se je hitro udomačila. Na skupno ploščo je postavil dvokrak elektromagnet, temu nasproti pa na dvoramnem vzvodu železno kotvico. Drugi konec vzvoda nosi poševno stoječ klinec, ki je na koncu nekoliko priostren. Nad klincem se premika papirnat trak med dvema valjema, gnan od posebnega urnega kolesja. Dokler ne kroži galvanski tok okoli elektromagneta, vleče prožno pero ono ramo vzvoda navzdol, ki nosi pisalni klinec. V hipu, ko pošljemo tok skozi ovoje elektromagneta, potegne ta kotvico nase in klinec

Slika 169.



Morse-jev prvi pisalni brzojav.

Slika 170.



Morse-jeva prva pisava na siksak.

214 successful (posrečeni)
36 experiment (poskus)
2 with (s)
58 telegraph (telegrafom)
112 september
04 4
01837 1837

pritiska na papir. Klinec naredi na papirju piko ali črto, ako je bil tok sklenjen samo za jeden hip, oziroma za več časa. Iz pik in črt je sestavil Morse ves alfabet, ki ima v sedanjem času nastopno obliko:

A . —	E .	J . — — —
Ä . — . —	F . . — .	K — . —
B — . . .	G — — .	L . — . .
C — . — .	H	M — —
D — . .	I . .	N — .

O ___	W .__	7 __...
Ö ____.	X __.._	8 ____..
P .__.	Y _.__	9 _____.
Q __._	Z __..	0 _____
R ._.	Ch ____	pika .....
S ...	1 ._____	dvopičje ____...
T _	2 .____	podpičje _._._.
U .._	3 ...__	vejica ._._._
Ü .._ __	4 ...._	vprašaj .._ __..
V ..._	5	klicaj __ .. __
	6 _....	

Razen teh znakov se uporabljajo tudi razna mednarodna znamenja, kakršna so n. pr. potrebna za besede: državni telegram, nujno, zmota i. t. d.

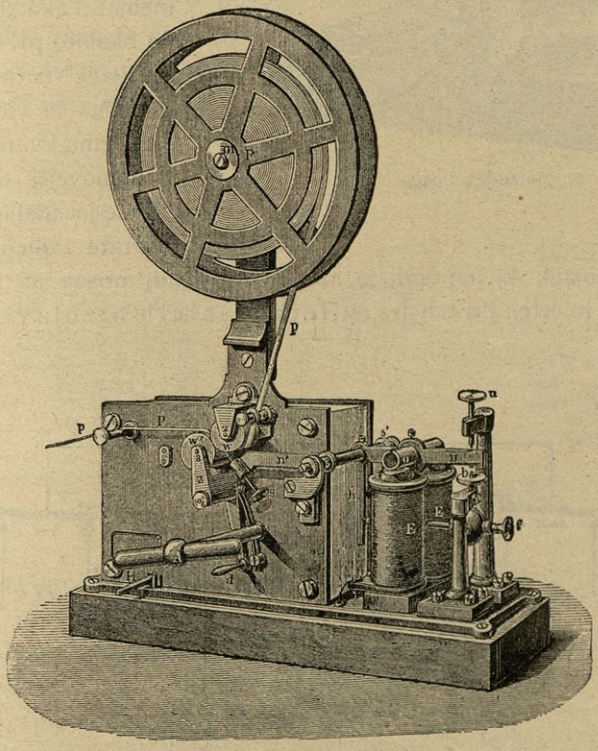
V mehaničnem oziru še nekoliko pomankljivo Morse-jevo prejemalo so izkušeni tehniki neprestano izboljševali. Slika 171. kaže moderni Morse-jev pisalni stroj, pri katerem je papirnat trak navit na velikem vretenu, a urno kolesje je ločeno od drugih delov aparata. Pri tej uredbi se papir lažje zamenjuje in posamični deli so bolj pristopni, kakor so bili pri starejših pripravah.

Ker je treba pri Morse-jevem pisalnem brzojavu galvanski tok samo sklepati in prekidati, je naravno, da ima dajalo dokaj bolj priprosto nalogo, kakor pri kazalnih telegrafih in zategadelj tudi jednostavnejšo obliko. Morse-jevo dajalo (ključ, tipač) sestoji iz dvoramnega vzvoda, kakršnega opazimo na sliki 172. Vzvod se vrti okoli horizontalne osi; krajšo ramo mu prožno pero tako navzdol pritiska, da se konec te rame dotika pod njim ležečega kovinskega stožca (prvotna lega). Daljša rama nosi osamljen gumb; s pritiskom na ta gumb dvignemo krajšo ramo in pretrgamo njen kontakt s stožcem, ob jednem pa pritisnemo kontaktni klinec, stoječ sredi daljše rame, na drug kovinski stožec.

Ploča nosi troje pritiskalnih vijakov, ki so posamič zvezani s kontaktnima stožcema pod krajšo in daljšo vzvodovo ramo in s horizontalno osjo, rekše z vzvodom samim. V vijakih so tako utrjene prevodne žice, kakor nam razlaga šematična slika 173., ko predstavlja zvezo dveh telegrafskih postaj. Na postaji I. vidimo tipač T, na levo pod njim elektromagnet s pisalnim klincem, na desno pa galvansko baterijo. Uporabljen je samo jeden zračni prevodnik, dočim nadomešča druzega zemlja, v katero stopa tok s pomočjo velike podzemne ploče E. Prav tako kakor prva postaja, opremljena je postaja II. Tok, ki prihaja od te postaje

na postajo I., gre najprej v tipačevo os, kroži po krajši rami skozi podstavljeni kontaktni stožec dalje okoli elektromagneta v prejemalu in od tam naprej potom podzemne ploče E nazaj proti drugi postaji; tu dospe s pomočjo podzemne ploče E v baterijo in po tipaču, kateremu je gumb potisnjen navzdol, dalje v zračni prevodnik, vodeč proti prvi postaji, kjer elektromagnet pritegne k sebi kotvico, rekše dvigne pisalni klinec, da zariše znamenje v papirnat trak. Pri tej uredbi je torej postaja II.

Slika 171.



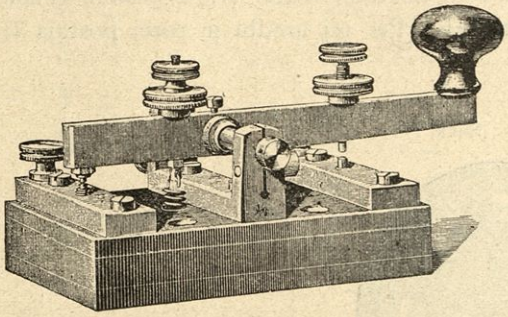
Novo Morse-jevo prejemalo.

sklenila tokov krog in dala znamenje na postajo I. Umeje se, da tudi postaja I. na jednak način lahko tok sklepa in pošilja znamenja v postajo II., ako je tu dajalo v svoji prvobitni legi.

Ko sta tipača v obeh postajah v prvobitni legi, ne kroži nikak tok od prve do druge postaje; tedaj pravimo, da je proga odprta. Telegrafiranje, ki rabi tok samo tedaj, ko se prenašajo znamenja, se imenuje brzojavljanje z delovršnim tokom. Pri drugem sistemu pa

kroži slab tok neprestano med obema postajama in pri telegrafiranju se tok na določen način za krajši ali daljši čas prekine. To je brzojavljanje z mirujočim tokom. Obe metodi imata svoje vrline in se uporabljata jednako pogostoma.

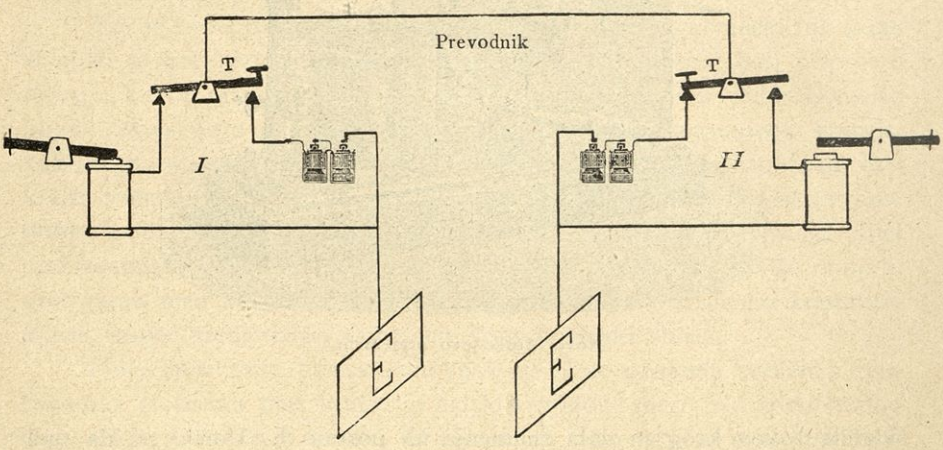
Slika 172.



Morse-jev tipač.

Dosedaj opisani Morsejev brzojav proizvaja na ta način stalna znamenja, da vtiskuje pisalni klinec v papir pike in črte, torej reliefna ali pridvižna znamenja. Taka znamenja so pa osobito pri umetni razsvetljavi več ali manj nerazločna in vidu telegrafistovemu kvarna. Zato so v najnovejši dôbi začeli Morse-jeve reliefne pisalne aparate zamenjavati s pisalnimi brzojavi, ki napravljajo mesto pridvižnih utisov na papir barvane pike in črte. Pri teh barvilnih pisalnih brzojavih je jekleni

Slika 173.



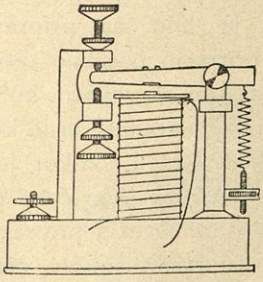
Zveza dveh Morse-jevih postaj.

klinec nadomeščen z malim kolescem, ki je na periferiji namočeno z modrim anilinskim barvilom. Kadar se kolesce dotakne papirja, napravi na njem krajšo ali daljšo modro črtico. Kolesce dobiva svojo barvo

iz male skledice, v katero se s svojim spodnjim robom potaplja. Ostali aparat se v svojih druzih delih v ničemer ne razlikuje od navadnega Morse-jevega prejemala.

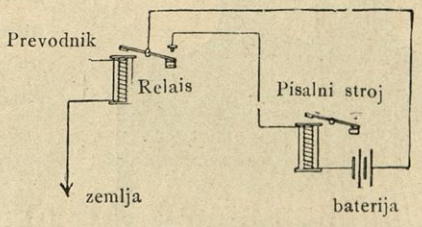
Relais ali priprega. Ako je telegrafska proga dolga, potrebujemo razmerno močno linijsko baterijo, da more elektromagnet z zadostno silo pritegovati kotvico k sebi. A dolgi tokovodi tvorijo velik upor in čim daljša postaja proga, tem več elementov je treba združiti v baterijo, da dobimo zadostno jake toke za vzbujanje elektromagnetov. Končno bi dobili tolike baterije, da bi bila delovršba neprimerno draga in nepripravna. Tedaj si pomagamo s takozvano priprego ali relejem (relais), katero je poznal že Wheatstone pri svojih aparatih. Uredbo razlaga slika 174. Na temeljni ploči stoji elektromagnet, ki dobiva svoj tok od oddaljene postaje. Nad elektromagnetom se vrti horizontalna kotvica. Ko kroži po ovojih elektromagneta galvanski

Slika 174.



Priprega (relais).

Slika 175.



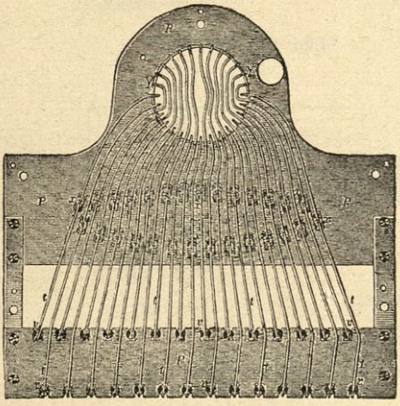
Stik pri uporabi priprege.

tok, potegne kotvico navzdol ter jo pritisne na kontaktni vijak. Kotvica in ta vijak sta del novega tokovega kroga, ki je bil prej prekinjen; ko se kotvica na kontaktni vijak uleže, se dotični tokov krog hipno sklene. Kadar pa elektromagnet kotvico izpusti, švigne kotvica kvišku do druzega vijaka, ki ni s tokovim krogom v nikaki zvezi in tok je pretrgan. Slabi tok, ki prihaja iz baterije na oddaljeni postaji, stopi potemtakem najprej v priprego, v kateri vzbudi zadostno magnetizma, da potegne kotvico navzdol. V tem hipu sklene kotvica poseben tokov krog, katerega napaja posebna lokalna baterija na postaji. V ta tokov krog je vtaknjeno Morsejevo prejemalo, ki tedaj dobiva od bližnje baterije dovolj močne toke za gibanje pisalnega vzvoda. Slika 175. razlaga, kako je opremljena telegrafska postaja, ki uporablja priprego. Zveza je jednaka kakor pri sliki 173., le mesto pisalnega aparata je v linijsko baterijo vdejana priprega. Z vzvodom priprege in njenim kontaktnim vijakom sta zvezana pola lokalne baterije, a v tem novem

tokovem krogu se nahaja elektromagnet pisalnega brzojava. Če tedaj na oddaljeni postaji telegrafist pritisne gumb tipača navzdol, kroži po tokovodnih žicah linijski tok, ki vzbuja kotvico priprege na naši postaji. Kotvica sklene tok lokalne baterije, ki kroži okoli elektromagneta pisalnega aparata ter kotvico s pisalnim klincem toliko časa priteguje, dokler priteguje linijski tok kotvico na pripregi.

Ker potrebuje priprega dokaj manj toka za privlačevanje svoje lahke kotvice, kakor ga zahteva elektromagnet za gibanje krepkega pisalnega vzvoda, je umevno, da izhajamo z razmerno slabimi linijskimi toki. Vkljub temu, da mora biti na vsaki postaji posebna lokalna baterija, prihranimo vendar mnogo elementov in ujednostavimo skupno delovršbo.

Slika 176.



Razporedba vzvodov pri klavijaturi.

Pri prvotnih Morse-jevih pisalnih aparatih je telegrafist sproževal urno kolesje, ko je došla depeša, in ga zopet ustavljal, ko je bila depeša sprejeta. V ta namen je bilo na pripravnem mestu pritrjeno posebno zatikalo, ki je segalo v zobato kolo. Z zatikalom je uradnik urno kolesje zagnal in ustavil, kakor je bilo potreba. V novejšem času pa so aparati opremljeni s pripravo, ki kolesje samodelno sproži, oziroma zapre, ne da bi moral uradnik biti poleg brzojava. Došla depeša se sama in brez človeške pomoči odtisne. Tako samodelno sne-malo se lahko napravi, ako zvežemo pisalni klinec z zatiko. Gibanje klinca vpliva na zatiko in sprožuje ter ustavlja urno kolesje.

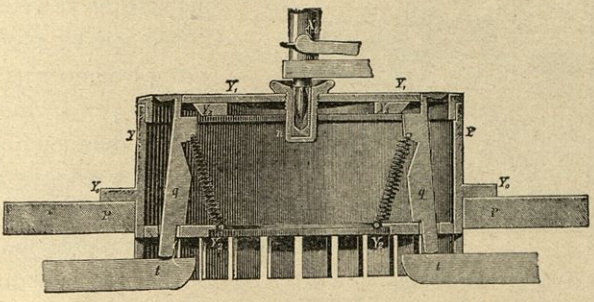
Morsejev aparat je sicer jako priprosta in jednostavna mašina, a ker potrebuje posebne znake za črke, je treba precej vaje in učenja, da znamo brzojavljati in dobljene telegrame čitati. Ker je sestavljena vsaka črka iz več znakov, kateri se posamič telegrafirajo, nastane precejšnja zamuda časa, ki je ravno v nasprotji s temeljnimi zahtevami telegrafije. Vajena roka more vsako minuto približno 100 znakov brzojaviti v oddaljeno postajo. Ker je vsaka črka sestavljena iz povprečno 3—4 znakov, je možno vsako minuto le 25—35 besedij telegrafirati.

Želja po hitrejših brzojavnih aparatih, kakor je Morse-jev, osobito pa želja po pripravah, ki bi došle depeše takoj tiskale z navadnimi

črkami, je bila torej opravičena. Rodila je tudi več brzojavnih aparatov, ki prejete telegrame tiskajo na papir. Izmed teh črkostavnih brzojavnih aparatov se je Hughesov črkostavni brzojav povzpel do tolike važnosti in tolikega pomena, da je zdaj na velikih postajah splošno v rabi in da nadkriljuje vse druge tekmece. Hughes je dobil prve patente za svoj model leta 1855., a uporabili so ga prvič stoprav leta 1866. na telegrafski črti med Parizom in Lyonom.

Princip Hughesovega črkostavnega brzojava je nastopni: Na vsakem aparatu se nahaja kolo (črkovno kolo), ki ima na svojem obodu tiskarske črke, številke in ločila. Urno kolesje vrti to kolo neprestano z veliko hitrostjo na okoli, in sicer se morata kolesi na jedni in drugi postaji vrteti s popolnoma jednako hitrostjo, ali kakor pravimo, vrtenje mora biti sinhronsko. Ko dojde zahtevana črka na kolesu do najnižjega mesta, dvigne posebno kolesce papirnat trak proti črki in črka

Slika 177.



Škatla s klinci Hughes-ovega aparata.

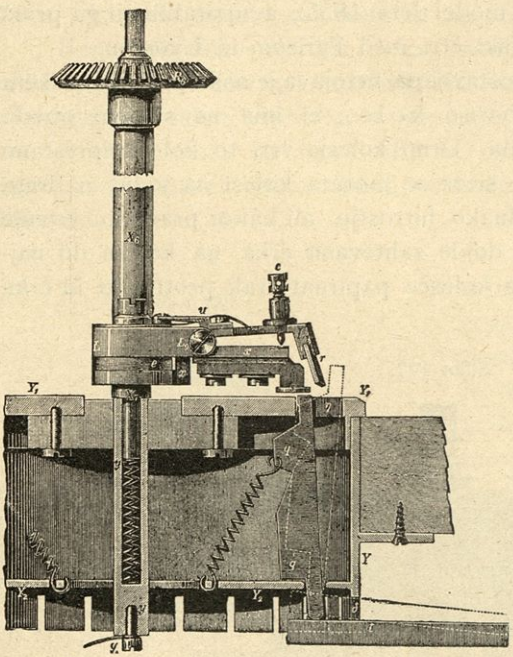
se odtisne na papir. Papir se dvigne s pomočjo elektromagneta, katerega vzbuja telegrafist na oddajni postaji. V ta namen ima aparat klavijaturo, ki nosi na posamičnih tipkah črke, številke in ločila. Ko telegrafist pritisne tipko, pošlje tok v prejemno postajo. Aparat je tako urejen, da more tok le tedaj švigniti na drugo postajo, ko se zahtevana črka črkovnega kolesa nahaja ravno na najnižjem mestu.

Vsak črkostavni brzojav sestoji torej iz kolesja, ki žene črkovno kolo in druge postranske dele, iz elektromagneta, ki dviga papirnat trak proti črki in iz klavijature, ki sklepa galvanski tok.

Klavijatura ima tipke, ki nosijo, kakor smo že omenili, potrebna znamenja. Vsaka tipka sedi na jednem koncu dvoramnega vzvoda, dočim sega drugi konec vzvoda pod dno okrogle škatlice. Slika 176. kaže, kako so razvrščeni in zaviti dvoramni vzvodi, da morejo njih konci priti vsi pod okroglo škatlico.

Škatlica, pod katero segajo dvoramni vzvodi, ima na svojem obodu razvrščenih toliko jeklenih klincev, kolikor je tipek, oziroma dvoramnih vzvodov na klavijaturi. Slika 177. predstavlja prerezano škatlico. Na njej vidimo konca dveh dvoramnih vzvodov t t, na katerih stojita ploščnata klinca q q. Pokrov škatlice y y ima toliko luknjic, kolikor je v njej klincev, a sredi pokrova se nahaja vertikalna os X, na katero so pritrjene takozvane s a n k e L. Sliki 178. in 179. nam uredbo pokrova in sank L podrobneje razlagata. Sanke so viličast kos medi, zvezan z vertikalno, neprestano se vrtečo osjo in noseč spodaj pločico s, kateri pravimo s u v a l e c.

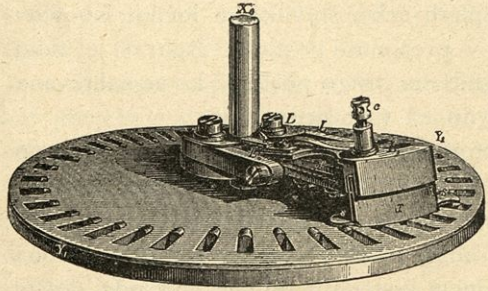
Slika 178.



Škatla in sanke Hughes-ovega aparata.

Ako pritisnemo na katero tipko, dvignemo pripadajoči klinec v škatli in glavica njegova pogleda skozi luknjico na pokrovu. Ko pridršejo sanke do klinčeve glavice, moleče iz pokrova, potisne suvalec glavico nekoliko na zunaj, ob jednem pa se jeklena pločica r, ki je spredaj poševno odsekana, potisne in dvigne čez glavico klinca. Vsled tega se dvigne na sankah vzvod, ki nosi pločico r ter stakne s pomočjo raznih vmesnih delov vertikalno os X z zunanjim tokovim krogom. Ker je klinec q zvezan z jednim polom baterije, teče sedaj tok od baterije po klincu q v pločico r, od te v vertikalno os X in potem dalje proti elektromagnetu na drugi postaji, od koder se vrača po zemlji nazaj do druzega pola baterije.

Slika 179.

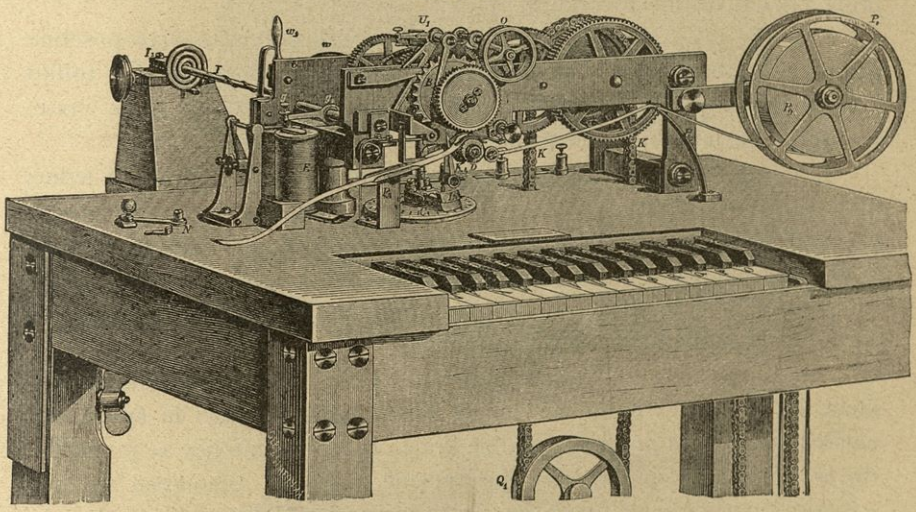


Pokrov škatle in sanke posebej.

Ker je vrtenje sank sinhronsko z vrtenjem črkovnega kolesa, prileti tok ravno v onem hipu v prejemno postajo, ko se tam nahaja ona črka na najnižjem mestu črkovnega kolesa, katero smo na oddajni postaji s pritiskom tipke, oziroma pripadajočega klinca, hoteli brzojaviti.

V onem trenutku, ko se torej nahaja zaželjena črka na najnižjem mestu črkovnega kolesa, se je klinec dotične črka na prvi postaji dvignil, sklenil tok, in vzbudil na drugi postaji elektromagnet, da sproži mehanizem, ki pritisne papirnat trak na najnižjo črko kolesa. Ker je poseben barvilni valj črke poprej namazal z barvo, se napravi sedaj razločen odtis znaka na papir. Da pritisnjeni papir ne ustavlja vrtečega se kolesa,

Slika 180.



Hughesov črkostavni brzojav.

se ob jednem sam za ravno toliko dalje premakne, kolikor se je za časa pritiska kolo zavrtelo.

Vsaka postaja je opremljena s klavijaturo, kolesjem in elektromagnetom, kakor ima vsaka Morse-jeva postaja svoje dajalo in prejemalo. Slika 180. kaže vse dele Hughesovega črkostavnega aparata, nastanjene na trdni mizni ploči. Spredaj opazimo klavijaturo, v ozadju pa kolesje, katero goni utež, viseča na škripcu Q_1 pod mizo. Sredi kolesja biva črkovno kolo, ki je podobno zobatemu kolesu. Pod tem kolesom se vije papirnat trak, ležeč na malem valju, kojega dviga mehanizem kvišku, kadar ga sproži elektromagnet. Na levo pod črkovnim kolesom opazimo na mizi pokrov one škatle, ki hrani v sebi klince, kateri dvigajo sanke L, ako pritiskamo na dotično tipko v klavijaturi.

Za regulacijo sinhronskega vrtenja so nastanjene razne priprave, osobito pa horizontalno nihalo J, ki se vidi na skrajnem levem ozadju naše slike.

Pomote v istočasnosti vrtenja se na aparatu takoj javljajo. Ako namreč telegrafist prve postaje večkrat zapored pritisne na jedno in isto tipko, a na drugi postaji se odtisnejo različne črke, je to dokaz, da vrtenje ni povsem istočasno. Če sestoji dogovorjeno znamenje tudi iz jednakih črk, lahko uradnik na drugi postaji ob jednem spozna, sta li oba aparata prav postavljena ali ne. Recimo da telegrafira prva postaja dogovorno kot vvod zapored a a a a a, na drugi postaji pa se tiska vrsta b b b b b, potem ve dotičnik, da se oba aparata sicer sinhronsko vrtita, da pa mora svoje črkovno kolo tako prestaviti, da pride črka *a* na mesto črke *b*.

Za vse take regulacije in premike ima črkostavni brzojav posebne priprave, katerih pa tu ne bodemo podrobneje opisovali. Le toliko omenjamo, da je Hughesova iznajdba mehaničen umotvor prve vrste, s katerim se morebiti sme primerjati samo šivalni stroj

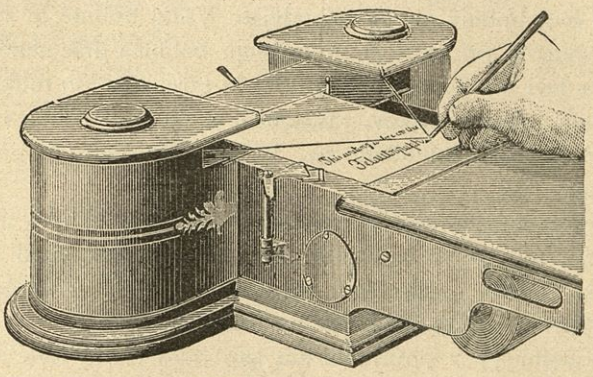
Če tudi se črkostavno kolo tako hitro vrti, da napravi v jednej minuti 100 — 120 tur, in je ves aparat zelo kompliciran, deluje vendar vseskozi točno in zanesljivo. Vsi njegovi mnogoštevilni deli se ujemajo z največjo natančnostjo in so tako urejeni, da se lahko posamič jemljo iz aparata in nadomeščajo z novimi. Hughesov črkostavni brzojav stoji na vrhuncu moderne telegrafske tehnike.

4. Kopirni ali posnemni brzojavi. Ideal telegrafskega prometa bi bil dosežen, ko bi mogli svojo lastno pisavo in sploh cele narise po telegrafu pošiljati v daljne kraje. Dokaj izumiteljev se je trudilo, da bi zgradili stroje za označene namene. Dotične brzojavne aparate zovemo kopirne ali posnemne telegrafe. Njih uspehi pa dosedaj še niso toliko povoljni, da bi mogli tekmovati z Morse-jevim ali pa celo s Hughesovim aparatom.

Kopirni telegrafi skušajo prenašati pisanje s pomočjo kemičnih učinkov galvanskega toka; na tej podlagi je sredi našega stoletja abbé Giovanni Casselli v Parizu zgradil svoj pantelegraf. Princip njegove iznajdbe je nastopni: Na vsaki postaji se nahaja kovinska ploča. Na oddajni postaji se piše depeša na kovinsko ploščo s smolno raztopino, ki ne vodi električnega toka, na prejemni postaji pa leži na ploči list papirja, napojen z raztopino krvne lužnate soli. Po obeh ploščah premika urno kolesje povsem sinhronsko navpičen klinec, ki črta vzporedne, prav tesno drugo pri drugi ležeče preme. Dokler drše klinec na prvi postaji po vodeči kovini, gre galvanski tok od baterije po zračnem prevodniku do klinca na drugi postaji in razkraja tam krvno lužnato sol, iz katere izloča berolinsko modrilo. Na papirju druge postaje se

tvorijo torej modre vzporedne črte. Ko pa stopi klinec prve postaje na smolno črto depeše, preneha tok in papir na drugi postaji ostane bel. Tako dobimo na prejemni postaji depešo v belih pismenih na modri podlagi.

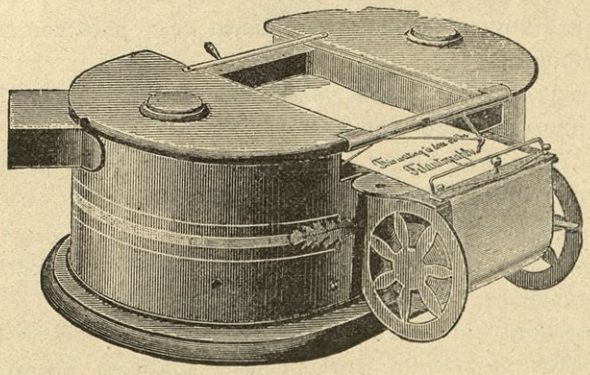
Slika 181.



Telavtograf. Dajalo.

Največja težava se kaže pri Cassellijevem pantelegrafu zaradi istočasnega premikanja pisalnih klincev, kajti to premikanje oskrbuje urno kolesje, katerega ne more regulirati galvanski tok. Zato so te vrste

Slika 182.



Telavtograf. Prejemalo.

brzojavi še nepopolni, čeravno se v svojem principu najbolj približujejo končnemu smotru telegrafskega prometa.

Na poseben način je zgrajen posnemni brzojav, katerega je konstruiral Elisha Gray in mu nadel ime telavtograf. Slika 181.

predstavlja dajalo tega brzojava. Z navadnim svinčnikom se piše na list papirja, in ko je jedna vrsta popisana, se papir s prosto roko toliko premakne, da se začne druga vrsta. Na koncu svinčnika sta pritrjeni dve svilnati niti, in vsaka je navita okoli posebnega kovinskega bobniča. Ko svinčnik piše po papirju, vleče nitki s seboj, sedaj na desno in levo, sedaj navzdol in navzgor. Kakor svinčnik nitko nateguje ali popušča, tako nitka svoj bobnič navija ali odvija. Vsak bobnič je zvezan z zobatim kolesom, in pri vsakem premikanju bobniča drše nekoliko zob na desni ali na levi ob kontaktni pripravi, ki pošilja ravno toliko pozitivnih ali negativnih tokovih sunkov, ravnajočih se po meri bobničnega vrtenja, v jedno izmed obeh odvodnih žic, ki sta napeljani do prejemala na drugi postaji.

Na tej postaji se nahaja prejemalo, kakršno vidimo na sliki 182. Tokovi sunki, prihajajoči iz dajala prve postaje, premikajo v prejemalu dva jednaka bobniča, kakršna sta v dajalu; oba se vrtita na desno ali levo, kakor se sučeta bobniča na oddajni postaji.

Okoli bobničev v prejemalu sta isto tako naviti dve svilnati nitki, ki potem na jednak način premikata pisalni klinček, kakor se premika svinčnik na dajalu. Klinček piše in riše na list papirja v prejemni postaji ravno tiste znake, kakršne je črtala roka na oddajni postaji. Poseben elektromehanizem, katerega vzbujamo s premikanjem papirja na dajalu, potiska papir dalje, ko je dokončana vrsta.

Sliki 183. in 184. kažeta originalno pisavo na dajalu in njeno reprodukcijo na prejemalu.

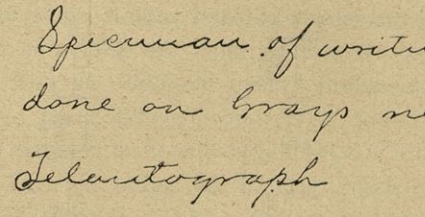
Uporaba dveh prevodnikov je velika hiba, ki poleg nekaterih druzih nedostatkov ovira večjo uporabnost sicer jako zanimivega Gray-jevega telavtografa.

Stikanje brzojavnih aparatov. Pri brzojavnem prometu razločujemo trojno uporabo električnega toka. Nekaterim progam služijo takozvani delovršni toki; pri tem sistemu je tok v krogu prekinjen, dokler promet miruje. Le tedaj, ko pošljemo tokov sunek iz jedne postaje v drugo, se pojavi znamenje na prejemalu. Druge telegrafske črte delujejo z mirujočim tokom; tu ne dobi prejemalo toliko časa nobenega znamenja, dokler kroži tok po prevodnikih. Tretje brzojavne postaje pa izkoriščajo izmenične toke za svojo delovršbo, t. j. mer tokovih sunkov po potrebi izpreminjajo v tokovem krogu. Ker se pa uporaba izmeničnih tokovih sunkov lahko izvršuje z delovršnim ali pa tudi z mirujočim tokom, rekše, ker se dajejo znamenja s pomočjo tokovih sunkov ali pa s prekidanjem toka, se ta tretji slučaj naslanja na jedno ali drugo izmed prvih dveh metod, in ni ga nam treba posebej opisovati.

Zvezo dveh Morse-jevih postaj, ki občujeta z delovršnimi toki, poznamo že iz slike 173. Tako stikanje se uporablja pri daljših tele-

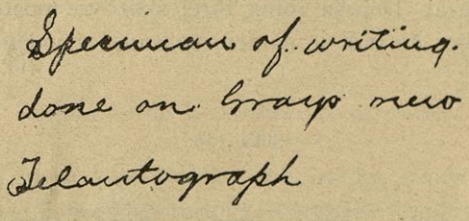
grafskih progah ter izborno zadošča svoji nalogi, dokler ni razdalja med obema postajama prevelika. Ako pa postane razdalja tolika, da stavi prevodna žica toku presilen upor, je treba pri tem stikanju seveda pomnožiti število elementov v bateriji. Poleg tega nedostatka pa se javljajo še druge hibe. Čim daljši je prevodnik, tem večje so izgube na toku, kajti vse naše izolacije so nepopolne, in na vsakem podporišču uhaja kolikor toliko toka iz žice. Brzojavljeni znaki postajajo nerazločni in sigurno prenašanje je nemogoče. V takih slučajih pretrgamo prevodnik in razdelimo progo v posamične oddelke s posamičnimi baterijami. Na vsaki postaji je nastanjena p r i p r e g a; tok, ki prihaja od prve postaje, sklene s pomočjo priprege baterijo druge postaje, in ta baterija pošlje v tem hipu svoj tok po prevodniku druge proge proti tretji bateriji, katero sklene s tretjo priprego i. t. d. Tokovi učinki se torej širijo od baterije do baterije, dokler ne pridejo v končno postajo. Uredba je zategadelj taka, kakršno poznamo že od opisovanja Morsejevega pisalnega brzojava in njegove priprege, samo da tam priprega sklepa tok, v katerega je vtaknjen pisalni aparat, dočim pošilja tu priprega toke v prihodnjo progo in do nove priprege, dokler ni vzbujena zadnja postaja. Popisano stikanje se zove p r e n a š a l n o ter je upodobljeno na sliki 185.

Slika 183.



Originalna pisava na telavtografu.

Slika 184.

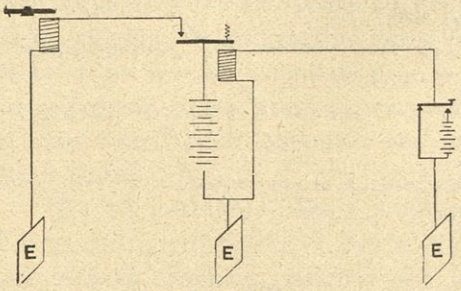


Reprodukcija pisave na telavtografu.

Pri delovršbi z m i r u j o č i m t o k o m je mnogo postaj staknjenih v skupni prevodnik. Ako jedna postaja prekine tok, dobe dotično zna-

menje vse druge postaje, a depešo sprejme in piše samo ona postaja, kateri je bila namenjena, oziroma katera je bila v to pozvana, kar spozna uradnik po trkanju aparatovem. Recimo, da so na tak način zvezane postaje med Ljubljano in Trbižem; ako Škofja Loka kliče Kranjsko Goro, čujejo ta klic vse druge postaje, a svoj aparat za sprejem brzojava bode priredil in odprl jedino le telegrafist v Kranjski Gori.

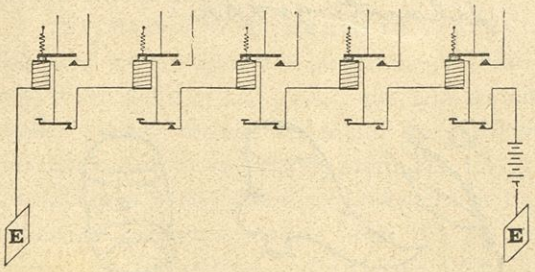
Slika 185.



Prenašalno stikanje.

Obrazec stikanja z mirujočim tokom vidimo na sliki 186. Jedna sama baterija — pravimo ji linijska baterija — pošilja svoj tok v vse postaje; tok kroži na vsaki postaji skozi Morsejev ključ in priprego, potem pa gre dalje na prihodnjo postajo, dokler se ne vrne po zemlji nazaj k drugemu polu prvotne baterije. Ako pritisnemo na jedni postaji tipačev gumb navzdol, prekinemo skupni tokov krog. Zato spuste na vseh postajah priprege svoje kotvice in sklenejo lokalno baterijo, v katero je vtaknjen brzojavni aparat. Depeša roma torej skozi vse postaje in povsodi jo lahko sprejmejo, če tudi je namenjena samo v jeden kraj.

Slika 186.



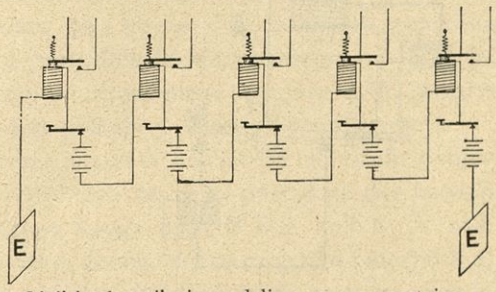
Stikanje z mirujočim tokom.

Umevno je, da je treba priprego za delovanje z mirujočim tokom v toliko izpremeniti, da sklene kotvica lokalno baterijo v onem hipu, ko odskoči od elektromagneta, dočim je lokalni tok toliko časa prekinjen, dokler priteguje elektromagnet kotvico. Včasih vdevajo mesto pripreg neposredno Morse-jeve aparate v skupni tokov krog. Kotvice teh aparatov so pritegnjene k elektromagnetu, dokler je tok sklenjen, a ko pride znamenje, spusti elektromagnet kotvico, oziroma pisalni klinec, da napravi svoj znak. Delovanje Morse-jevega pisalnega brzojava je tedaj pri mirujočem

toku ravno obratno, kakor pri delovršnem toku, ako je neposredno priklopljen v glavni tokov krog. Zategadelj se njegova konstrukcija primerno izpremeni in tako uredi, da pisalni klinec riše znamenja, ko kotvica odskakuje od elektromagneta.

Na našej sliki 186. je nastanjena jedna sama baterija za celo progo. Centraliziranje baterije je sicer samo na sebi jako ugodno in priporočljivo, vendar se pa pri daljših telegrafskih črtah kažejo razni nedostatki, ako se nahaja jedna sama skupna baterija v tokovem krogu. Tok uhaja namreč v zemljo, in čim dalje leži kaka postaja od baterije, tem manj toka prihaja vanjo. Ako na oddaljeni postaji prekinemo tok, lahko na druzih postajah vsled pomanjkljive izolacije še toliko toka prehaja po aparatih, da elektromagneti ne spuste svojih kotvic, oziroma, da ne dajejo nikakih znakov. Zato je bolje, da baterijo razdelimo in na vsaki postaji nastanimo jeden oddelek. Tokova jakost je potem po vsej progi precej jednakomerno razdeljena, in pri vsakem prekidanju se aparati sigurno oglašajo. Slika 187. predočuje, kako je linijska baterija razdeljena na postaje; ob jednem kaže, da so posamične baterije zaporedno staknjene.

Slika 187.



Linijska baterija je razdeljena na vse postaje.

Mnogoterna telegrafija. Za boljše izkoriščanje dragih telegrafskih prog so elektrotehniki izumili razne priprave, s katerimi je mogoče več telegramov istočasno v jedno ali drugo mer pošiljati po jednem samem prevodniku. Opisovanje teh metod je predmet panogi telegrafske tehnike, ki se zove mnogoterna telegrafija.

Ako odpošljemo istočasno dve brzojavki v isto mer, imenujemo to dvojno brzojavljanje; če imata depeši nasprotno mer, je bil to nasprotni govor. Združenje obeh načinov, torej istočasno pošiljanje dveh telegramov v jedno in dveh v nasprotno mer, se zove dvojnonasprotno brzojavljanje. V mejnarodnem prometu rabijo za te izraze kratice in sicer diplex za dvojni govor, duplex za nasprotni in quadruplex za dvojnonasprotni govor.

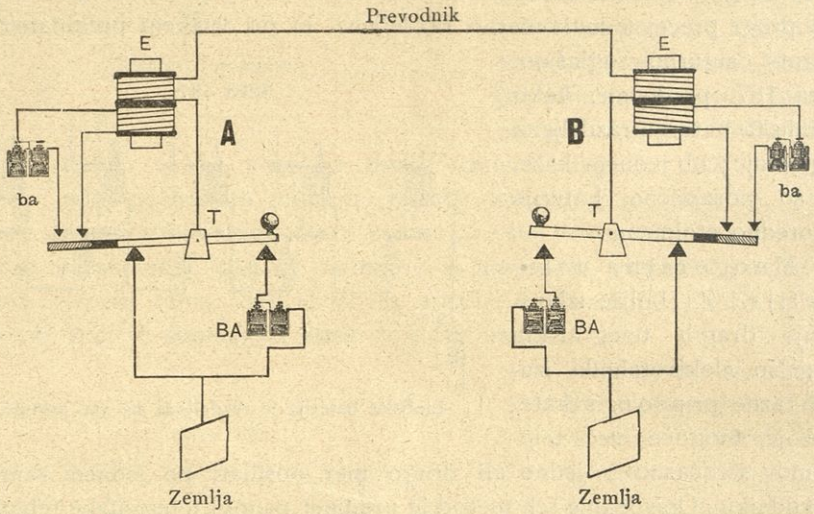
Pri odpošiljanju mnogoternih brzojavk je dvoje mogoče: Depeše gredo v istini istočasno po prevodnikih in za vsak telegram odpošiljamo znake, ne da bi motili drugo depešo. To nalogo rešuje takozvana istočasna mnogoterna telegrafija. Mogoča pa je tudi druga uredba. Prejemala namreč tako stikamo, da je vsako samo jeden hip zvezano z

dajalom; znaki depeš, katere hočemo istočasno brzojaviti, se potem ne pošiljajo povsem istočasno, temveč zaporedno in premenjema. Najprej odhaja jeden znak prvega telegrama, za njim prvi znak druzega, potem zopet drugi znak prvega in drugi znak druzega i. t. d.

Ta sistem je utemeljen na dejstvu, da more prevodnik več znakov prevajati, kakor jih more prejemalo sprejemati. Aparati delujejo vsled mehanične nepopolnosti počasi, prevodniki pa hitro. Označeni način brzojavljanja se zove mnogoterna telegrafija s presledki, ali bolje izmeničnočasna mnogoterna telegrafija (multiplex).

Mnogoterno telegrafijo je utemeljil Avstrijec Gintl, ki je leta 1853. izvršil prve praktične poskuse z metodo svojega nasprotnega govora.

Slika 188.



Gintlovo stikanje za protigovor.

Pri vsakem nasprotnem govoru je treba, da tokov sunek, prihajajoč iz postaje A, vzbuja elektromagnet na postaji B, in obratno, da tokov sunek iz B vzbuja elektromagnet v A; pri tem pa mora ostati elektromagnet oddajne postaje brez toka. Le kadar pošiljata postaji A in B istočasno tokove sunke druga proti drugi, se morata pomagnetiti elektromagneta obeh postaj.

Gintlovo stikanje dveh postaj za nasprotni govor razlaga slika 188. Na vsaki postaji sta nastanjeni dve bateriji B A in b a. Elektromagnet E ima dvoje ovojev. Ako pritisnemo na gumb ključa na jedni ali drugi postaji, sklenemo istočasno obe bateriji; B A pošilja svoj tok v zgornjo tuljavo elektromagneta in od tod po prevodniku v oddaljeno postajo,

dočim žene baterija b a svoje toke samo okoli spodnje tuljave elektromagneta E. Tokova jakost, tokova mer in število ovojev je v vsaki tuljavi tako preračunjeno, da se magnetna učinka obeh tuljav uničujeta. Ako tedaj na postaji A pritisnemo na ključ, se lastni elektromagnet ne vzbuja, kajti okoli njega krožita dva uničujoča se toka. Drugače pa je z elektromagnetom na postaji B. Tam kroži v istem hipu tok, prihajajoč iz prve postaje B A, po zgornji tuljavi elektromagneta E, a spodnja tuljava je brez toka. Zategadelj se vzbudi v jedru magnetizem, in prejemalo daje znamenja. Pri tej uredbi je torej mogoče, da pošiljamo znake iz postaje A na postajo B, ne da bi vzbujali lastni elektromagnet, kar velja obratno tudi za znake, ki prehajajo iz postaje B v A.

Kaj se pa zgodi, ako uradnika na obeh postajah istočasno pritisneta na ključa? V tem slučaju ne teče po prevodniku, ki veže obe postaji, nikak tok, kajti bateriji B A v postajah A in B sta protistaknjeni in po zgornjih ovojih elektromagnetov ni nobenega toka. Ker sta pa tipača pritisnjena navzdol, pošiljata bateriji b a svoje toke okoli spodnjih ovojev; jedri elektromagnetov se pomagnetita in pritegneta kotvici k sebi. V istem trenotku pa, ko se dvigne ključev gumb na jedni postaji, stopi tok zopet v prevodnik in sicer pride od tuje postaje. Elektromagnet spusti svojo kotvico, in znamenje se je napravilo. Lahko se torej reče, da telegrafira jedna postaja z baterijo druge postaje.

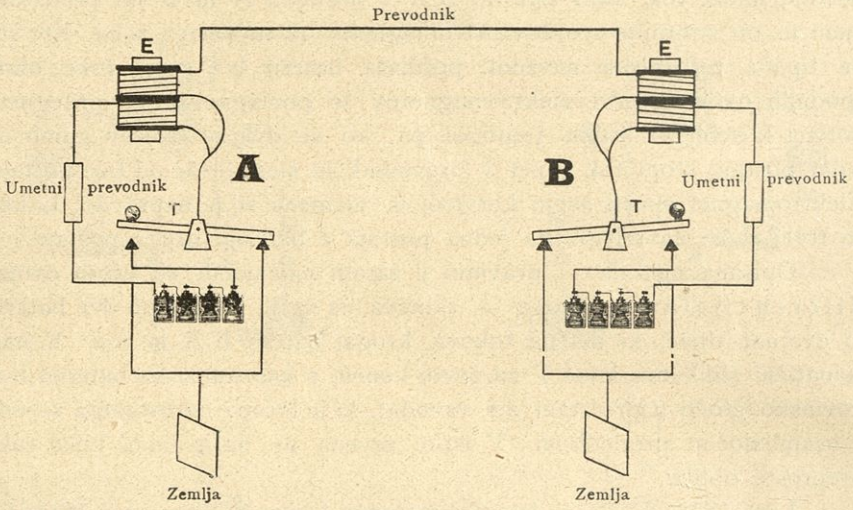
Opisana metoda — pravimo ji zaradi uničujočih se žičnih ovojev diferencijalna metoda — zahteva na vsaki postaji po dve bateriji in dvojnat tipač, ki sklepa tokova kroga baterij B A in b a. V naši šematični sliki ima ključ T na onem koncu, s katerim stika baterijo b a, kovinsko ploščo (izprečrtani del vzvoda), ki je ločena od ostalega vzvoda z osamljajočim presledkom. V istini seveda ne more imeti ključ tako preproste oblike.

Leta 1854. so Frischen in istočasno ž njim Siemens & Halske izumili način nasprotnega govora, pri katerem ni treba na vsaki postaji po dveh baterij. V ta namen se razdeli tok v dve veji; jedna gre okoli zgornje tuljave elektromagneta, od koder je napeljana v sosednjo postajo, druga pa se vije okoli spodnje tuljave ter se vrača k drugemu polu baterije (slika 189.) Da se nasprotna učinka obeh tokovih vej v elektromagnetu oddajne postaje uničujeta, se vtakne v tokov krog druge tokove veje izpremenljiv upor, takozvani umetni prevodnik, s katerim se regulira tokova jakost tega oddelka, da odposlani tokov sunek ne vzbuja elektromagneta lastne postaje. Dogodki, ki se pri tem stikanju vrše na obeh postajah, so povsem slični onim, katere smo opisali pri Gintlovi metodi. Tokovi veji postaje A ne vzbujata elektromagneta te postaje, ker so učinki v ovojih si nasprotni, pač pa gre tok po prevodniku dalje v postajo B, kjer vzbuja zgornjo tuljavo tamošnjega elektromagneta.

Ako obe postaji istočasno spuščata tok druga proti drugi, se toka v prevodniku in v zgornjih tuljavah uničujeta, a ostali tokovi veji vzbujata spodnji tuljavi, da pomagnetita železni jedri, ter pritegneta kotvici k sebi. Če sedaj na jedni postaji preneha pritisk na ključ, prihaja v v istem hipu tok od nasprotne postaje in elektromagnet spusti svojo kotvico; tudi v tem slučaju telegrafira torej jedna postaja z baterijo druge.

Označeni dogodki se seveda le tedaj vršé, ako sta obadva ključa v mirnem stanju ali pa, ako sta pritisnjena navzdol. Pri vmesnih ali viseči h legah ključev pa je tokov krog prekinjen; če n. pr. uradnik na postaji A ravno v onem trenotku pritisne na gumb, ko se v postaji B

Slika 189.



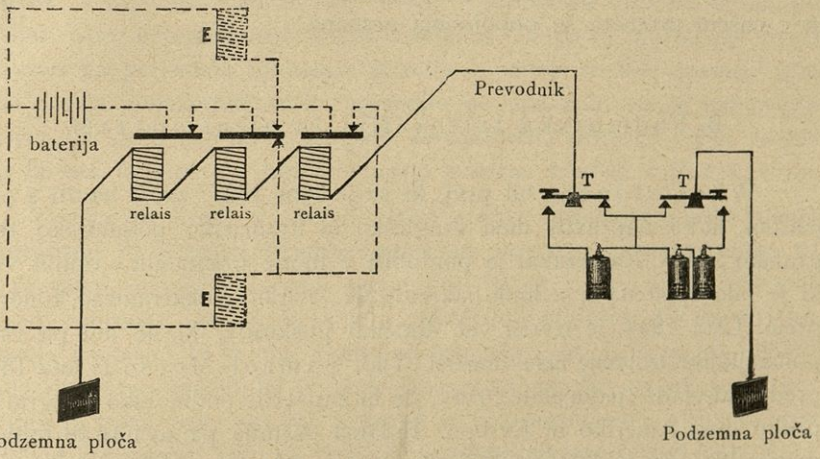
Stikanje za nasprotni govor po metodi Frischena in tvrdke Siemens & Halske.

nahaja ključ v viseči legi, ne more prehajati tok iz A v B, dočim dobiva spodnja tuljava elektromagneta v A toliko toka iz stranske veje, da se pomagneti. V postaji B bi ne dobili nikakega znaka, pač pa bi po nepotrebnem bil vzbujen lastni elektromagnet. Da kolikor mogoče prepreči te neprijetne slučaje, je že Gintl dal ključu jako majhen dvig; s tem je izdatno zmanjšal hibe, izvirajoče iz vmesnih leg dajala, a popolnoma jih vendar ni mogel odstraniti.

Povsem drugače so urejene razmere pri dvojnem govoru, pri katerem se odpošiljata dve depeši istočasno v isto mer. Na vsaki postaji se nahajata po dve prejemali. Če pritisnemo na postaji A ključ 1, se vzbudi na postaji B samo magnet 1; ravno tako samo magnet 2,

če izvrši ključ 2 svoj kontakt; končno se morata vzbuditi oba elektromagneta, ako sta pritisnjena oba ključa. Te učinke dosežemo s stopnjevanjem jakosti tokovih sunkov. Tipač 1 odpošilja n. pr. sunke, katerim je tokova jakost = 1, tipač 2 sunke z jakostjo 2, oba skupaj pa tokove sunke z jakostjo 3. Postavimo sedaj v B tri priprege, ki so zaporedno staknjene; prva pritegne kotvico, če je tokova jakost 1, a drugi dve se pri tako slabem toku ne premakneta; če je tokova jakost = 2, se vzbudi tudi druga priprega, in ko postane tokova jakost = 3, se končno premakne še kotvica tretje priprege. S pomočjo lokalne baterije in primernega stikanja moremo torej pošiljati tok sedaj v elekromagnet prvega brzojavnega aparata, sedaj v aparat druzega ali pa končno v oba aparata ob jednem.

Slika 190.



Stikanje za dvojni govor.

Stikanje za dvojni govor naj pojasni slika 190. Če pritisnemo na levi tipač T, pošljemo tok jednega elementa (jedne baterije) v priprege; tok ima toliko jakost, da vzbudi levo priprego ter dvigne prosti konec kotvice do kontaktnega gumba. Sedaj kroži tok lokalne baterije po spodnjem elektromagnetu, oziroma prejemalu E ter daje znake. Če pritisnemo na drugi tipač T, švigne tok iz dveh elementov (baterij) v elektrovod in vzbudi drugo ali osrednjo priprego. Kotvica njena se nasloni na zgornji kontaktni gumb ter pošlje lokalni tok do zgornjega elektromagneta E. Ako končno pritisnemo na oba tipača, prihaja tok iz treh elementov (baterij) ter vzbudi tretjo, desno priprego, ki v istem hipu stakne oba elektromagneta, oziroma obe prejemali.

Stikanje pri dvojnonasprotnem brzojavljanju zahteva zelo zamotanih priprav in kompliciranih zvez. Ker nima za evropske razmere sedaj še nikakega pomena, naj zadošča, ako na tem mestu samo opozarjamo na to vejo telegrafske tehnike.

Mnogoterna telegrafija se v zemljah z velikim telegrafskim prometom že dolgo časa uporablja. Osobito Zjedinjene Države so jo razvile do velike popolnosti. Tudi v Evropi se širi, če tudi počasi. Velika Britanija nadkriljuje v tem oziru vse druge države našega kontinenta. Angleška vlada namreč plačuje pristojbine lastnikom zemljišč, na katerih stojé telegrafski drogovi in zato je prisiljena izkoriščati svoje proge do skrajne meje. Pri nas so elektrovodi cenejši, ker jih država gradi po neplačanem privatnem svetu, in ker so ji tudi železne ceste v to svrho na razpolaganje. Zaradi teh ugodnih razmer in zaradi manjšega telegrafskega prometa je lahko umevno, da se pri nas mnogoterna telegrafija ne razvija v tolikem obsegu kakor pri Angležih in Amerikancih, oziroma da je v našem prometu še popolnoma neznana.

B. Podmorska telegrafija in njeni aparati.

Wheatstone je bil prvi, ki se je leta 1837. začel baviti s projektom, kako napraviti med Angleško in Francosko podmorsko telegrafsko zvezo. Nameraval je poglobiti v morje prevodnik v obliki vrvi, ki je bila spletena iz sedmih bakrenih žic, ovitih s pokatranjeno konopno prejo. Leta 1844. je izvršil več dotičnih poskusov, ki se mu pa vsled pomanjkljive izolacije niso obnesli. Tudi Samuel Morse je leta 1843. predlagal vladi Zjedinjenih Držav, da bi napravile podmorsko telegrafsko progo med Ameriko in Evropo. Tedanja osamila pa so bila še tolikanj nepopolna, da ni bilo mogoče izvršiti te genijalne ideje. Kmalu po letu 1840. se je Evropa seznanila s kavčukom in gutaperčo; elektriki so uvideli, da sta ti smoli izborno osamljajoče sredstvo za podzemne in podvodne prevodnike. Werner Siemens je začel z gutaperčo izolirati elektrovode in prvi zgradil stroje, ki so odevali žice z gutaperčo. Posrečilo se mu je leta 1848. položiti v pristanišču mesta Kiel podmorske prevodnike, ki so rabili v razstreljevanje podmorskih min. Istega leta je tudi Armstrong v Ameriki uspešno polagal z gutaperčo izolirane prevodnike v morje in v svoji podvzetnosti ponovil predlog, s podmorskim kabljem zvezati stari in novi kontinent.

Jedno leto poprej je John W. Brett dobil od francoske vlade koncesijo za podmorsko telegrafsko črto med Francoskim in Angleškim, a ker ni mogel zveze izvršiti v določenem času, je njegova koncesija zapadla. Leta 1849. so mu pod pogojem, da dovrši telegrafsko progo

do 1. septembra 1850., koncesijo zopet obnovili. Ustanovil je posebno družbo, ki je takoj začela izdelovati primerni kabelj. Vzeli so 2 mm debelo bakreno žico ter jo obdali z gutaperčo, da je nastala 12·5 mm močna vrv. Tehnika za izdelovanje kabljev pa je bila tedaj še v povojih, in družba je mogla proizvajati le po 100 m dolge kose, katere so potem na ladji povezovali in združevali. Ker so bile tudi merske metode za izolacijo pomanjkljive in ker ni imel kabelj nikake trdne vnanje odeje, so bili pogoji za dolg obstanek nove zveze vsekako neugodni. Dné 23. avgusta 1850. so pri Doweru začeli kabelj polagati. Ladija «Goliath» je imela kabelj naložen; vlekel jo je poseben parnik, dočim je bojna ladija «Wigdeon» kazala natančno pot. Na večer imenovanega dne je dospel «Goliath» do sidrokaza pri Calais-u, kjer je bil pritrjen francoski že poprej položeni nabrežni kabelj. Tu se je zasidral in s pomočjo svojega kablja takoj začel občevati z angleškim bregom. Drugo jutro so zvezali kabelj z nabrežnim koncem in skušali pošiljati prve brzojave med obema deželama. Težko so pričakovali prvih odklonov na prejemalu iglastega aparata — a vse je bilo zastonj! Igla se ni hotela premakniti in le prekmalu so spoznali, da je kabelj pokvarjen. Že prvo noč se je odrgnila in razčohala njegova odeja, in ves trud in ves kapital sta bila v pravem pomenu besede vržena v vodo.

Vendar pa Brett ni obupal; dobil je novo koncesijo in iskal vnovič kapitalistov, ki bi hoteli žrtvovati potrebne novce. A denarni možje so bili previdni, in nihče ni hotel pomagati. Že se je bilo bati, da zopet ugasne koncesija, ko se je Brettu posrečilo, pridobiti Cramptona za svoje namene; ta je dal potrebne kapitalije, ob jednem pa določil kablju drugačno obliko, ki je bolje jamčila za uspeh. Kabelj je bil sestavljen iz štirih bakrenih žic, a vsaka je bila osamljena s 6 mm debelo odejo od gutaperče. Žice so povili s peterimi pokatranjenimi konopnimi vrvicami, te pa še opletli z debelejšim pokatranjenim konopnim motvozom. Dobljeno vrv so še jedenkrat povili s konopno prejo, končno pa jo obdali s plaščem prepletenih, pocinkanih železnih žic, imajočih 7 mm v premeru.

Dne 25. septembra 1851. so položili opisani kabelj, in uspeh je bil popoln. Kabelj je še danes v rabi, če tudi so ga v teku let morali večkrat popravljati in mu nadomestiti nekatere pokvarjene kose.

Nova podmorska zveza je dala pobudo, da so takoj začeli graditi druge proge. Poglobili so kablje med Angleško in Irsko, med Angleško in Holandijo, Švedsko in Norveško, in med Italijo, Sardinijo in Korsiko. Vsa ta dela pa zatemné pred velikanskim podjetjem, s katerim so zvezali staro in novo zemljo, t. j. pred polaganjem transatlantskega kablja.

Za polaganje kablja med Evropo in Ameriko si je stekel nevenljivih zaslug Amerikanec Cir W. Field, ki je z nečuveno energijo in neverjetno vztrajnostjo premagal vse težkoče in se neustrašeno boril za svoje podjetje, dokler ni dosegel popolne zmage. Field je leta 1855. izvršil telegrafsko zvezo med Ameriko in Novo Fundlandijo, potem pa se je leta 1856. podal na Angleško, da pridobi tam prijateljev in podpornikov za polaganje kablja med Novo Fundlandijo in Irsko, tedaj med Ameriko in Evropo. Začeli so z raznimi pripravami in in električnimi poskusi, in tedaj je Whitehouse prvič opazoval, da so se brzojavljeni znaki nekako zakasnjevali. Tega pojava si dolgo niso mogli razlagati in še le pozneje so dognali, da ima svoj vzrok v takozvani polnitvi kablja, in da je treba posebnih priprav, s katerimi se nedostatki, izvirajoči iz zakasnjevanja, kolikor toliko popravijo.

Meseca februarija 1857. so vzeli kabelj v delo. Sestavljen je bil iz sedmih bakrenih žic, katere je obdajala odeja od gutaperče. Okoli te duše, imajoče približno 15 mm premera, je bila ovita pokatranjena konopna preja, končno pa ves kabelj opleten z osemnajstimi železnimi vrvicami, od katerih je bila vsaka spredena iz sedmih pramenov. Nabrežne konce so še nekoliko močneje zavarovali proti drsanju in čohanju na morskem dnu. Kabelj so dovršili v štirih mesecih, potem pa se takoj pripravili na polaganje. Med Irsko in Novo Fundlandijo tvori morsko dno visoko planoto, ki se je zdela podjetnikom najbolj primerna za ležišče kablju. Ravan je pokrita s sivim peskom, v katerem kabelj varno počiva. Na tej podmorski planoti leži zdaj več kabljev, in zato ji pravijo elektrotehniki telegrafska visoka planota. Dne 6. avgusta leta 1857. je iz Valencije na Irskem odjadralo malo brodovje, ki je bilo prirejeno za polaganje kablja. Ladji «Niagara» in «Agamemnon» sta nosili vsaka polovico kablja; posebna barka je kazala pot, dva manjša parnika pa sta bila prideljena za uporabo v plitvi vodi. Dve korveti, jedna angleška in jedna amerikanska sta spremljali brodovje. Prejšnjega dne so bili položili nabrežni kabelj. Tega so zvezali s kabljem na jedni ladji in polaganje se je pričelo. Barke so jadrale s hitrostjo 2 morskih milj v jedni uri. Čez tri četrti ure je skočil kabelj s škripca, po katerem so ga spuščali v morje in se je pretrgal. Stoprav na večer druzega dne se je posrečilo zvezati pretrgana konca, in ladje so brez posebnih ovir nadaljevale svojo pot. Dne 11. avgusta je postalo morje nemirno, in ker je delavec pri kabljevi zavornici nespretno manipuliral, se je kabelj vnovič pretrgal. Do tedaj je bilo položenih 300 milj kablja; ker niso mogli odtrganega konca dvigniti iz dna morja, se je brodovje naposled vrnilo proti domu. Tu so ostala dela kablja zložili z ladij. Pregledali so ju še jedenkrat najskrbneje ter napravili toliko novega kablja, kolikor se ga je bilo pogubilo v morju.

Pomladi leta 1858. so se podale ladje zopet na morje; sredi velikega oceana so združili oba kablja, in sedaj je «Niagara» začela polagati kabelj proti Novi Fundlandiji, «Agamemnon» pa proti Angleški. Štirikrat se jima je kabelj pretrgal, a vselej so konca srečno ujeli in zvezali. Dne 5. avgusta sta dospeli ladji do cilja ter pritrdili svoja konca na bregovih starega in novega sveta, v Valenciji in v Trinity-Bay-u. Kraljica angleška in predsednik Zjedinjenih Držav sta si prva poslala svoje čestitke od jednega do druzega kontinenta, in prebivalstvo je plavalo v veselju. Velika mesta obeh držav so z razsvetljavami praznovala dogodek, kateremu ni bilo para v zgodovini človeštva. Sredi hrupnih veselic in splošnega navdušenja pa je jel kabelj odpovedovati svojo pokorščino. Brzojavljena znamenja so postajala vedno bolj nerazločna in dné 1. septembra je moralo prenehati vsako občevanje. Po dvajsetdnevnem slavnem življenju je kabelj zamrl, preden je sploh mogel služiti javnemu prometu. Vzroka temu žalostnemu dejstvu niso našli. Tudi se ni posrečilo dvigniti kabelj iz morja, in tako leži še zdaj pokopan v globini, sicer slaven in znamenit, a brez dela. Ogromno podjetje se je torej izjalovilo, vendar pa ni ostalo brez velikih posledic. Dokazalo je namreč, da je mogoče telegrafsko občevati med Evropo in Ameriko, in ta neovrgljiv dokaz je bil vzrok, da elektrotehniki niso obupali, temveč pogumno gledali v bodočnost.

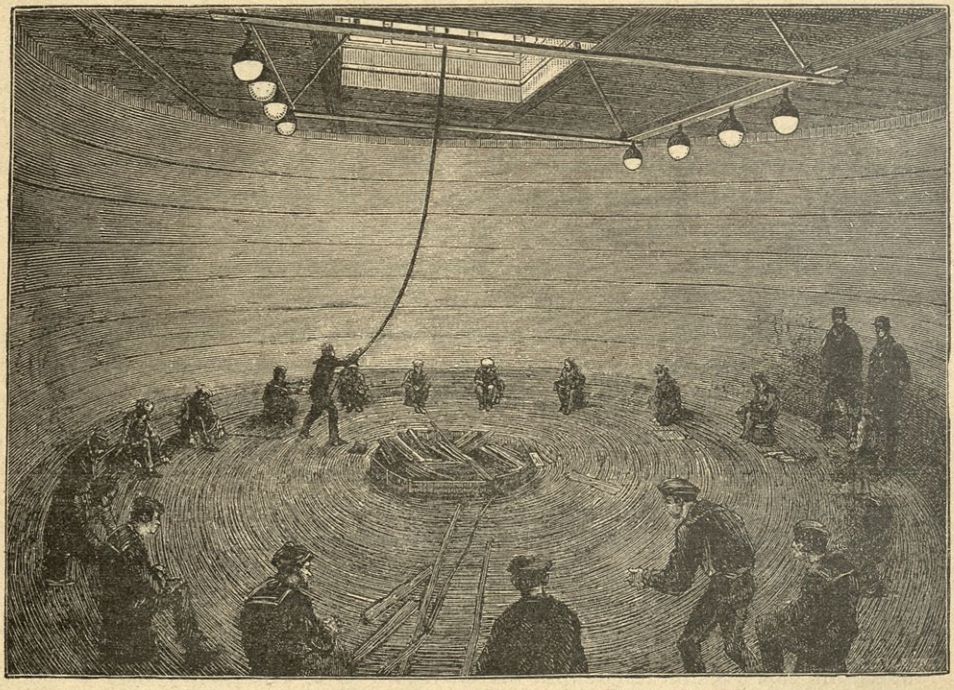
Nekako v istem času so položili Angleži kabelj med Suezom in Indijo, ki pa je imel jednako žalostno osodo kakor transatlantski. Dolg je bil 3000 morskih milj in je le kratek čas opravljal svojo nalogo. Polaganje obeh kabljev je veljalo približno 24 milijonov mark. Ves kapital je bil izgubljen in pokopan na dnu morja, a izgubljene niso bile dragocene izkušnje, katere so si pridobili s slabim izidom podjetja. Angleška vlada, ki je garantirala obresti potrošenega kapitala, je sklicala odbor učenjakov in elektrotehnikov, ter mu poverila mandat, proučevati dotedanje neuspehe in se pečati z vprašanjem, kako izdelovati in sigurnejše polagati podmorske kablje. Odbor je stopil v zvezo s slavnimi elektriki in tehničnimi strokovnjaki cele zemlje, ter izvršil nebrojno praktičnih poskusov, da dožene prevzeto nalogo. Že leta 1861. je predložil vladi obširno poročilo, v katerem je izjavil, da je po njegovem mnenju mogoče graditi podmorske telegrafske črte s popolnim uspehom; ob jednem je pokazal, kje je iskati vzrokov za dotedanja ponesrečena podjetja.

Mnenje veščakov je iznova vzbudilo podjetniški pogum in Cir W. Field je takoj zopet začel delati priprave za nov transatlantski kabelj. Tudi pri tem kablju je bila duša sestavljena iz sedmih bakrenih žic, okoli katerih so se nahajale štiri lege gutaperče. Da se je gutaperča tesneje oprijela žice, je bila poslednja namazana z lepljivo, katranu

podobno maso «Chatterton Compound» (glej stran 97.). Gutaperčo je obdajala lega pokatranjene konopne preje in ta je bila ovita z desetimi jeklenimi žicami, opredenimi s pokatranjeno manilsko konopno prejo. Nabrežni konci so dobili poleg tega še plašč, ki je bil sestavljen iz dvanajst železnih vrvic, spletenih iz treh tanjših žic. Kabelj, ki je bil namenjen za visoko morje, je imel 27 mm v premeru.

Ker je poskus iz leta 1858. pokazal, da ni priporočati dveh ladij za istočasno polaganje kablja, so zdaj zgradili jedno samo ogromno ladjo «Great Eastern» in nanjo naložili ves kabelj.

Slika 191.



Shramba za kabelj na ladji «Great Eastern».

Kabelj je ležal v barki zvit kakor svitek na dnu velike shrambe, ki jo kaže slika 191. Shramba je bila do vrha polna kabljevih ovojev, a potem so jo napolnili z vodo, katero so pri polaganju toliko izsesavali, da je bila zgornja plast svitka vedno še pokrita z vodo.

Dne 22. julija leta 1865. so poglobili nabrežni kabelj pri Valenciji, dne 23. julija pa je «Great Eastern» priklopil nanj svoj podmorski kabelj ter odjadral na visoko morje. Spremljali sta ga ladji angleške mornarice «Sphinx» in «Terrible». Polaganje je vodil Canning, dočim sta

William Thomson in F. Varley kot elektrika nadzorovala delo. S pomočjo kablja so neprestano telegrafsko občevali z bregom. Druzega dne so zapazili na kablju hibo v izolaciji in morali so namotati deset milj kablja iz dna morja. Kosček železne žice je bil namreč kabljevo odejo predrl, ter zvezal dušo z železnim plaščem. Poškodovani kos so izrezali, konca združili, potem pa zopet začeli polagati. Dne 29. julija, ko je bilo položenih že 716 milj, so aparati zopet naznanili napako v kablju. Vnovič so ga morali namotati ter popraviti napako, ki je bila popolnoma slična prvi. Kabelj je bil že drugič naboden, in zato so prestrašeni strokovnjaki jeli domnevati, da se nahaja med delavci najet zločinec, ki hoče zavratno uničiti vse podjetje. Med veliko razburjenostjo in še večjo opreznostjo so polagali dalje; do 2. avgusta je bilo že 1200 milj kablja na dnu morja. Tega dne pa se je zopet pojavila napaka, in morali so navijati kabelj iz globočine 2000 nitij.* Pri tem delu se je stroj za navijanje nekoliko pokvaril, in ladja je morala obstati. Valovi so jo zibali semtertja, kabelj se je hipno preveč nategnil — in pretrgal; konec je izginil v morsko globočino.

Iz tolike morske globočine do tedaj niso še nikdar vzdigovali kablja, a neustrašeni Canning ni obupal in se je takoj lotil dviganja. Na žično vrv je pritrdil mačka ter ga vlekel na morskem dnu, povprek na ono mer, v katerej je ležal kabelj. Iskanje kablja z mačkom grabežnikom predočuje slika 192. Petnajst ur so že lovili kabelj z mačkom, ko je dinamometer na ladji naznanil večjo napetost žične vrvi. To je bil dokaz, da je maček prijel svoj plen. Previdno so motali vrv navzgor, a ko so imeli že 700 nitij vrvi na ladji, se je železna vrv utrgala in kabelj je z vrvjo in mačkom vred vnovič izginil v neizmerni globini. Takoj so začeli kabelj zopet loviti in kmalu so ga prijeli. Vlekli so ga kvišku in že je bil skoraj na ladji, ko se je železna vrv v drugič pretrgala ter z dragocenim plenom izginila v morju. Še dvakrat je Canning poskušal zagrabiti kabelj, a vselej so se mu vrvi pretrgale. Končno so mu vrvi in mački popolnoma pošli in ekspedicija se je morala vrniti brez uspeha proti domu. Obupni so jadrali učenjaki nazaj, noseč jedino tolažbo s seboj, da je mogoče kabelj prijeti v globočini 2000 nitij ter ga dvigniti na ladjo, če so dotične priprave zadostne.

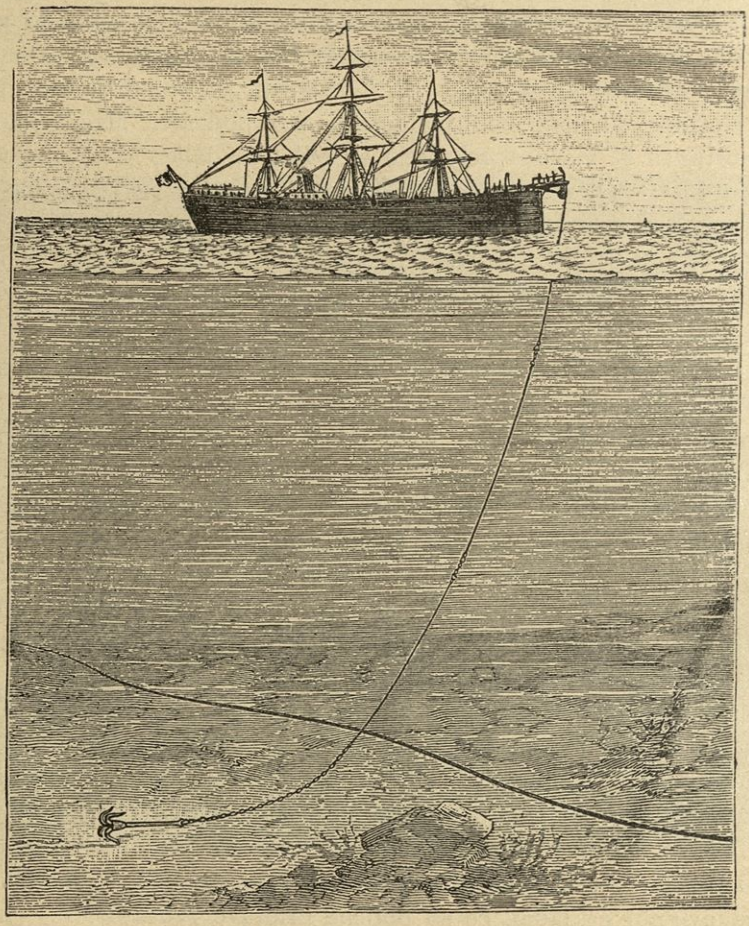
Ti idealni uspehi so bili vse, kar je prinesel Canning nazaj na Angleško. Družba se je razšla in prodala svoje pravice novi družbi «Anglo-American Co.», ki se je vkljub vsem neuspehom vnovič lotila orjaškega projekta. Po njenem naročilu je tvrdka «Glass, Elliot & Co.» nemudoma napravila nov, 3000 km dolg kabelj, ki je bil jednak prejšnjemu, le da vnanja varnostna odeja od železnih žic

* Nit je mornarsko merilo za globočine; jednaka je 1·542 m.

ni bila pokatranjena. Njegov premer je bil 27 mm, a težą mu je bila 1 kg za vsak kurentni meter.

Za polaganje so zgradili poseben stroj, ki je bil sestavljen iz šestih zaporednih vertikalnih koles z utori na periferiji. Pri vsakem kolesu se

Slika 192.



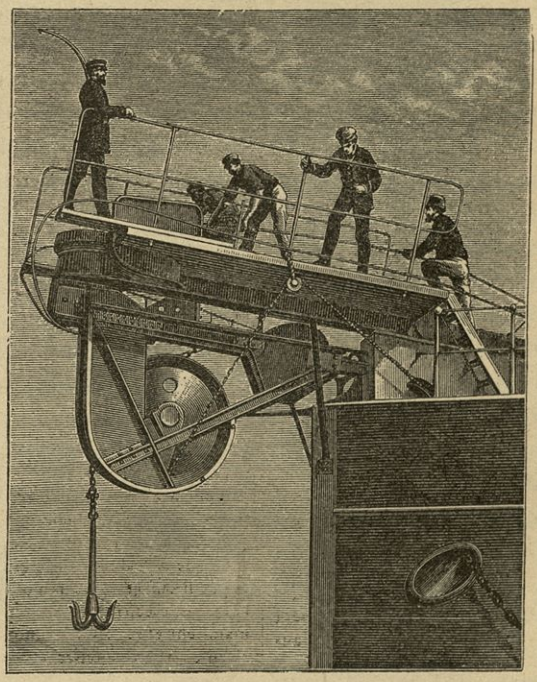
Lov kablja z mačkom grabežnikom.

je nahajala priprava, ki je pritiskala kabelj na kolo in ga tudi po potrebi zavirala. Kabelj je tekel najprej po teh kolesih, potem pa je bil štirikrat ovit okoli bobniča, imajočega premer 2 metrov. Od tod je bil napeljan še čez drug jednak bobnič. Oba bobniča sta imela nalogo, da zavirata kabelj in zato sta bila opremljena s posebnimi zavorami. Od

bobničev se je vil kabelj skozi dinamometer, potem pa spuščal čez velik škripec v vodo. Na sliki 193. vidimo dotični škripec, ki je pritrjen na koncu ladje nad morjem.

Parni stroj s 70 HP je gonil mašino za polaganje ter bil prirejen tudi za dviganje kablja. Kot reserva je stala na ladji še druga parna mašina s 70 HP; ker so imeli pripravljeno 20 milj dolgo železno vrv za dviganje kablja, je bil Canning prepričan, da ima na razpolaganje vse pogoje za srečno izvršitev.

Slika 193.



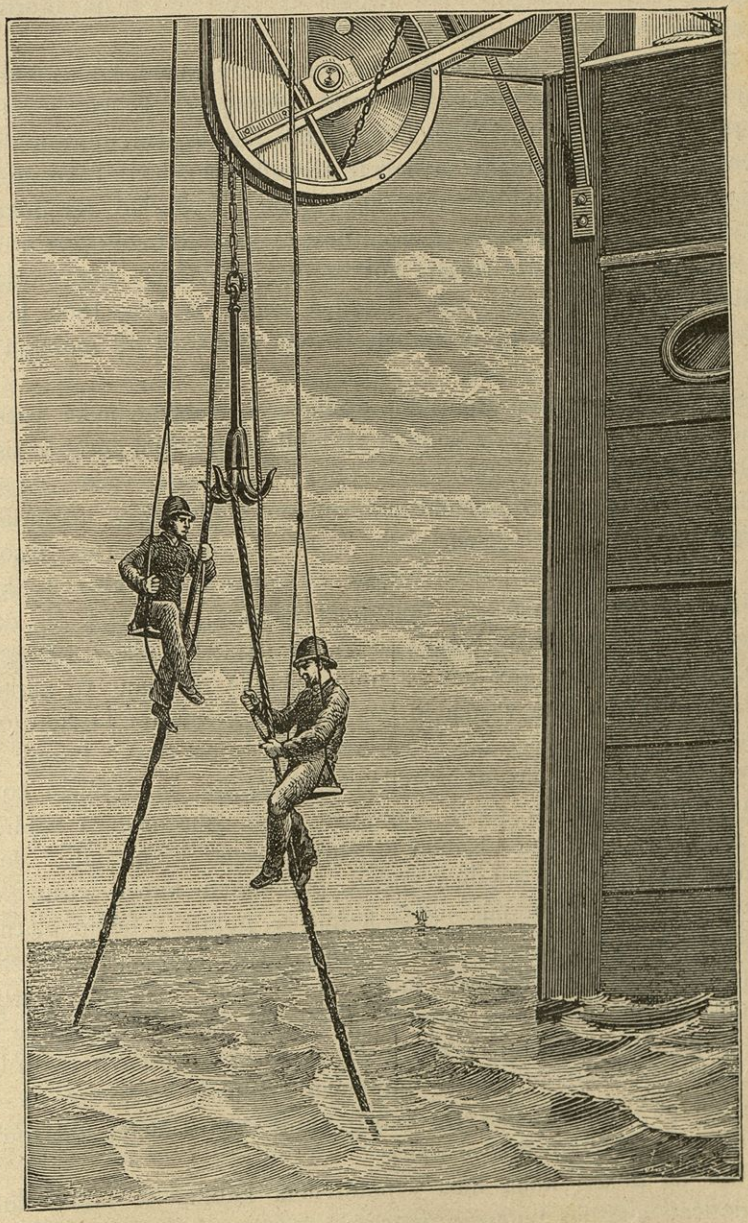
Škripec za polaganje kablja.

Dne 7. julija 1866. leta so pričeli poglobljevati nabrežni kabelj; dne 13. julija so njegov konec združili s kabljem na ladji, in polaganje se je začelo. Barke so jadrale vzporedno z lanskim potom, a oddaljene od njega 27 morskih milj. Brez posebnih dogodkov in srečno je došel «Great Eastern» dne 27. julija do obrežja Nove Fundlandije ter pripel drugi konec svojega kablja na kopno zemljo. Vztrajnost in pogum sta slavila sijajno zmago. Stari in novi kontinent sta bila telegrafsko zvezana, in nepopisna radost je zavladala med prebivalci vsega kulturnega sveta. Depeše so švigale semtertja ter oznanjevale triumf človeškega uma nad sovražnimi naturnimi silami. Sedaj se je družba odločila, da hoče popraviti neuspehe iz leta 1865. ter izgubljeni kabelj poiskati na dnu morja.

Odtrgani konec starega kablja je ležal približno 600 milj od brega Nove Fundlandije v morju. Sicer je bil Canning na dotičnem mestu zasidral sidrokaze, a viharji so bili verige že zdavnej potrgali, in valovi so odplavili znamenja Bog ve kam po morju. Vse to pa ni ustra-

šilo srčnega Canninga. Poslal je najprej dve ladji na morje, ki sta z novimi sidrokazi označili pot, po kateri so polagali prejšnji kabelj, potem pa se je podal dne 9. avgusta s parnikom «Great Eastern» za njima. Na krovu je imel toliko novega kablja, kolikor ga je manjkalo za zvezo med Novo Fundlandijo in odtrganim koncem. Canning je nameraval ujeti kabelj blizu tega konca, ter ga dvigniti do potrebne višine. Tu bi potem pomožna ladja odrezala krajši kos, da ne bi bilo treba dvigati prevelike teže. Preden je bil došel «Great Eastern» na lice mesta, je bila že ladja «Albany» ulovila kabelj ter ga privezala na sidrokaz. Vihar pa je bil sidrokaz odtrgal, in kabelj je padel nazaj v morje. Sedaj je začel «Great Eastern» sam loviti. Kmalu je prijel kabelj, a ko ga je dvignil na površje, se je izmuznila vrv in padla s kabljem vred v globino. Brez zamude so se vnovič lotili dela, in ob enajsti uri ponoči je privlekel maček kabelj do ladje. Ko so mornarji hiteli svoj plen privezovati, se jim je izmuznil iz mačka ter vnovič padel nazaj. Dne 19. avgusta so ga zopet ujeli in namotali do 1000 nitij; vsled nemirnega morja ga niso mogli pritrditi na sidrokaz in zopet je izginil proti dnu. Sedaj so lovili cel teden, ne da bi se jim posrečilo kabelj zasačiti in prijeti. Zato se je podal Canning 80 milj dalje proti vzhodu, kjer je bilo morje nekoliko bolj plitvo in samo 1900 nitij globoko. Dne 31. avgusta je maček zagrabil kabelj, katerega so takoj dvignili do 800 nitij pod morsko gladino, potem pa ga privezali na sidrokaz. «Great Eastern» je jadral še z drugo ladjo nekoliko proti vzhodu, da še na jednem mestu poprimeta kabelj.' To se je kmalu posrečilo, in tedaj so krajši konec kablja med sidrokazom in drugo ladjo z ostrim mačkom prerezali. V tem hipu se je potezna sila kablja znižala za polovico in so ga začeli zopet dvigati proti površini. Bilo je dne 2. septembra ob 1 uri zjutraj, ko se je pokazal kabelj nad morjem. Previdno so ga mornarji povezali z vrvmi ter spravili na krov. Slika 194. naj pojasni to težavno delo. Veliko veselje je vladalo na ladji, a še večja je bila radovednost, če je trud tudi poplačan in če je kabelj še rabljiv. Oluščili so odejo njegovo ter staknili dušo z zrcalnim galvanometrom. Sedaj so bili zvezani z Angleško. Mornarji so se gneli v kabini elektrikovi ter z nepopisno razburjenostjo zrli na ozki svetlobni trak, kedaj se bode premaknil ter dal znamenje od angleškega brega. Elektrik je poslal prvi galvanski sunek v kabelj; čakali so pet dolgih in mučnih minut na odgovor. Vse zastonj; svetlobni trak se je pač nemirno zibal po skali galvanometra, a znamenja ni bilo nikakega. V drugič je poklical elektrik proti daljni zemlji, in zopet ni bilo nikakega odgovora. Še tretjič so dali brzojavno znamenje z ladje v nepoznano globino, in glej — svetlobni trak se je energično odklonil v stran. Valencija je odgovorila! Kabelj je bil nepokvarjen!

Slika 194.



Zadnje dviganje kablja.

Z gromovitim hurà so mornarji pozdravljali veselo znamenje, in zgodnje jutro je našlo sredi visokega morja družbo, ki je v nepopisni radosti praznovala sijajno zmago. Prva depeša iz ladje je veljala fabrikantu na Angleškem, ki je bil kabelj izdelal.

Ko je prvo veselje minulo, so zvezali dvignjeni konec kablja z novim kosom, ki ga je imela ladja pripravljenega na krovu, in «Great Eastern» je odjadral proti Novi Fundlandiji. Dne 8. septembra je dospel do svojega cilja in mornarji so kabelj privedli na suho. Tako so zbrisali madež, ki je bil ostal na njihovem podjetju iz leta 1856. ter dokazali, da je človeški duh v pravem pomenu besede gospodar sovražne prirode.

Sedaj sta ležala oba kablja kot dobra soseda na dnu morja ter jela služiti svetovnemu prometu. Dolžina kablju iz leta 1865. je bila 1896 morskih milj, dočim je kabelj iz leta 1866. za 42 morskih milj krajši.

S polaganjem transatlanskih kabljev je elektrotehnika prestala izborno šolo. Razvil se je na podlagi pridobljenih izkušenj poseben sistem za polaganje podmorskih kabljev ter povzpel do tolike višine, da sedaj ne dela ta panoga elektrotehnike nobenih posebnih težav. Zgradili so še boljše parnike za polaganje, nego je bil «Great Eastern». Osobito se je odlikovala v tem oziru tvrdka Siemens Brothers, ki je leta 1874. zgradila ladjo za polaganje kabljev, ki velja še danes kot vzor za taka podjetja. Krstili so jo na ime «Faraday». Dolga je 120 m, široka 17 m in globoka 12 m. V njej se nahajajo tri shrambe za kabelj; vsaka je 9 m visoka in ima 13 m v premeru. Ladjo gonita dva parna stroja, in sicer suče vsak stroj po jeden vijak. Parnik nosi nadalje dve krmili; jedno na sprednjem in drugo na zadnjem koncu, da ga je moči sigurno voditi naprej in nazaj. Shrambe za kablje so zbite iz železne pločevine. Kabelj je vložen vanje v spiralah; da se ne zamota, je nastanjen poseben aparat, po katerem kabelj varno šviga na površje ladje. Predzadnji svitek kablja je pokrit z belim platnom, ki polagatelje opozarja, da bode shramba kmalu prazna. Tedaj začne ladja počasneje teči in monterji hitro prosti konec ostanka zvarijo z začetkom kablja v prihodnji shrambi. Kabelj je najprej napeljan v priprave, ki ga varno zavirajo, a potem je tri do štirikrat navit okoli velikega bobniča, kateri je tudi še opremljen z zanesljivo zavoro za urejevanje potega. Od bobniča gre kabelj skozi dinamometer, od tod pa na škripec, po katerem drše v morje.

Ako se pojavi kaka hiba v položenem kablju, se lahko kmalu najde dotično mesto s pomočjo merskih aparatov, ki so nastanjeni na bregu. V ta namen dobi kabelj pri polaganju znamke, ki so druga od druge po jedno miljo oddaljene. Kadar se prikaže znamka na bobniču, se dotični čas v posebni knjigi natanko zapiše. Ker je nadalje v parni-

kovem dnevniku natanko označena pot ladje, in je iz njega razvidno, na kateri točki te poti se je parnik v tem ali onem času nahajal, se pozneje lahko z veliko sigurnostjo določi, na katerem mestu morskega dna je kos kablja, ki je toliko in toliko milj oddaljen od brega. Ko merski aparati povedo razdaljo pokvarjenega dela, se poda ladja z monterji na dotično mesto ter dvigne poškodovani kabelj iz morske globočine, da ga primerno popravi. Ker se hibe večkrat pojavljajo, pluje danes veliko brodovje, broječe nad 30 parnikov, neprestano po raznih morjih, da išče, dviga in popravlja kablje.

Kablje je treba med izdelovanjem in tudi pozneje še vedno skrbno nadzorovati in meriti. Določiti se jim morajo tri količine, in sicer upor bakrene duše, upor osamljajoče odeje in kolikost polnitve, t. j. množino elektrike, katero more kabelj pri določenem električnem tlaku sprejeti vase. Pri tem merjenju je treba velike natančnosti in pozornosti, kajti kabelj je dragocena stvar, in polaganje stane ogromne novce. O rezultatih električnega merjenja in sploh o električnih svojstvih vsakega dela kablja pišejo dnevnik, ki pozneje omogočuje iskanje pokvarjenih delov. O silni natančnosti in zanesljivosti merskih priprav nas poučuje dejstvo, da se pri določevanju, kje leži pokvarjeni kos, pojavljajo napake, ki znašajo k večjemu par sto metrov.

Opremljeni s tolikimi sredstvi na tehničnem in znanstvenem polju so elektrotehniki in podjetniki hiteli graditi nove podmorske telegrafske zveze. Dvajset let po prvem srečnem poskusu je bilo med Evropo in Ameriko že 10 novih podmorskih telegrafskih črt, ne da bi šteli prvotni dve progi, ki sta leta 1873. oziroma 1877. odpovedali pokorščino ter se pogubili na dnu atlantskega oceana.

Kmalu so položili tudi kablje med Evropo in južno poluoblo naše zemlje. Tja do Kine in Japana ter dalje do Avstralije je zdaj otvorjen telegrafski promet. Poleg teh gigantičnih zvez je zgrajenih mnogo krajših prog, in gosta elektrovodna mreža počiva v vseh morjih, ki vežejo glavne kraje naše zemlje med seboj. Vsi podmorski kablji merijo zdaj nad 130.000 morskih milj in v njih je invenstiran kapital blizu 800 miljonov mark.

Večina teh kabljev je last privatnih družb, katerih je 24. V oskrbi imajo 277 kabljev z dolžino 118.000 morskih milj; troški za te proge znašajo približno 700 milijonov mark. Države imajo v svoji lasti 28 kabljev, katerim je dolžina približno 12.000 morskih milj.

Denarni uspehi podmorskih kabljev so jako ugodni, in družbe plačujejo svojim delničarjem velike dividende, čeravno so pristojbine izdatno znižale. V prvih letih je veljala vsaka beseda iz Nemškega v Ameriko 9 goldinarjev, dočim se zdaj plača iz naše države v Novi

Jork za jedno besedo samo 85 kr., v angleško Vzhodno Indijo čez Trst in Suez pa 2·50 goldinarja.

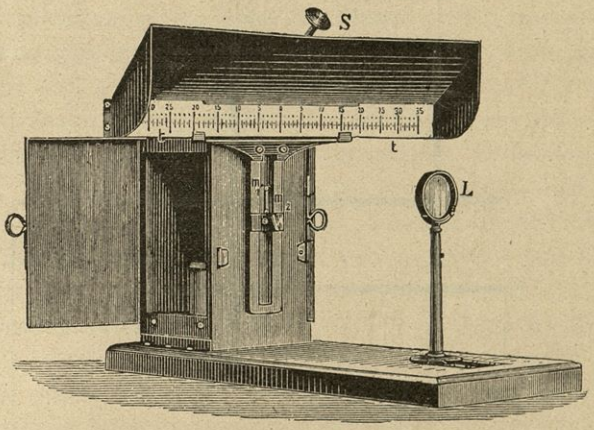
Aparati za podmorsko telegrafijo. Ker so podmorske telegrafske črte večinoma jako dolge, stavijo njih prevodniki zelo velike upore galvanskemu toku. Ko bi hoteli pri podmorskem brzojavnem prometu uporabljati navadne brzojavne aparate, ki zahtevajo razmerno močne toke, bi morali nastaviti v nabrežnih postajah razsežne baterije za proizvajanje potrebnih tokov. To bi sicer ne imelo nikakih neugodnih posledic za podjetje, kajti troški baterije bi bili v primeri z dragocenimi kablji povsem neznatni. Tudi bi si končno pomagali z dinamostroji in z akumulatorji, ki bi dajali toke primerne napetosti. Vendar pa je uporaba močnih tokov v podmorskem telegrafskem prometu popolnoma izključena. Kabelj namreč ne prevaja samo električne energije, temveč nabira in shranjuje jo tudi v sebi, ali kakor pravimo, kabelj se z elektriko polni. Obnaša se kakor leydenska steklenica; njegova duša tvori jedno (notranjo) oblogo, morska voda, ki kabelj obdaja, pa drugo (vnanjo) oblogo. Ako zvežemo dušo, rekše notranjo oblogo kablja z močno baterijo, sprejema vase električno energijo in se polni. Polnitev se pa ne izvrši na mah, in tudi izpraznjevanje traja nekoliko časa. Zategadelj se sklepanje in prekidanje toka na oddajni postaji ne more hipno javljati tudi na prejemnem mestu; za vsako izmeno v meri toka je treba najprej počakati, da se kabelj napolni in izprazni, sicer so brzojavljeni znaki nejasni in nerabni. Vsled polnitve kablja se torej vsaka depeša izdatno zakasni, kar je pri dragem kablju, pri katerem je treba vsak trenotek izkoristiti, v materijalnem oziru na veliko škodo. Poleg tega dejstva je uporaba jakih tokov tudi zato izključena, ker se pri jakih tokih dokaj hitreje prikazujejo razne hibe v kablju, ki privedo dragoceno vrv v prezgodnjo pogubo. Ti vzroki so povod, da delujejo na podmorskih brzojavnih progah izključno le s slabimi toki, kakršni ne morejo gibati navadnih brzojavnih aparatov. Pri uporabi slabih tokov se polnitev in izpraznjevanje kablja razmerno hitreje vrši, in izguba na času ni toliko občutna kakor pri jakih tokih.

Ker bi slabi toki ne mogli gibati kotvice navadnih brzojavnih priprav, so bili elektrotehniki primorani izumiti nova, dokaj bolj občutna prejemala, in sicer so posegli po Gaussovem zrcalnem galvanometru.

Ako so vzbujajoči galvanski toki zelo slabi, je odklon magnetne igle tako majhen, da ga komaj zapazimo s prostim očesom. Sicer bi lahko vzeli daljšo iglo, oziroma pritrdili nanjo daljši kazalec, da bi napravila ost večjo pot. A tedaj bi postala igla pretežka, in gibanje bi bilo preokorno. Zato prevzame pri tem galvanometru ulogo kazalca ozek svetlobni trak, ki igle ne obteži in je v premikanju nikakor ne ustavlja. V ta namen se pritrdi sredi magnetne igle lahko zrcalce, in

sicer tako, da stoji njegova ploskev pravokotno na njeni osi. Zrcalu nasproti se nahaja daljnogled, pod njim pa v stopnje razdeljena skala. Ako gledamo skozi daljnovid na zrcalo, zapazimo v njem sliko skale. Kadar magnetna igla počiva, vidimo v zrcalu določeno črto skale, ko se pa igla odkloni, zrcalo reflektira drugo črto v daljnovid; razlika med črtama, ki se zrcalita od mirne in odklonjene igle, je tem večja, čim bolj je skala oddaljena od zrcala. Ako postavimo namesto daljnovida svetilnico, ki meče svoje žarke na zrcalo, odbija poslednje vpadne svetlobne trake na skalo, in po tej se premika zajček, kakor se odklanja magnetna igla. Svetlobni trak nadomešča torej dolge kazalce ter razločno naznanja najmanjši odklon magnetne igle.

Slika 195.



Razsvetljevalni aparat s skalo.

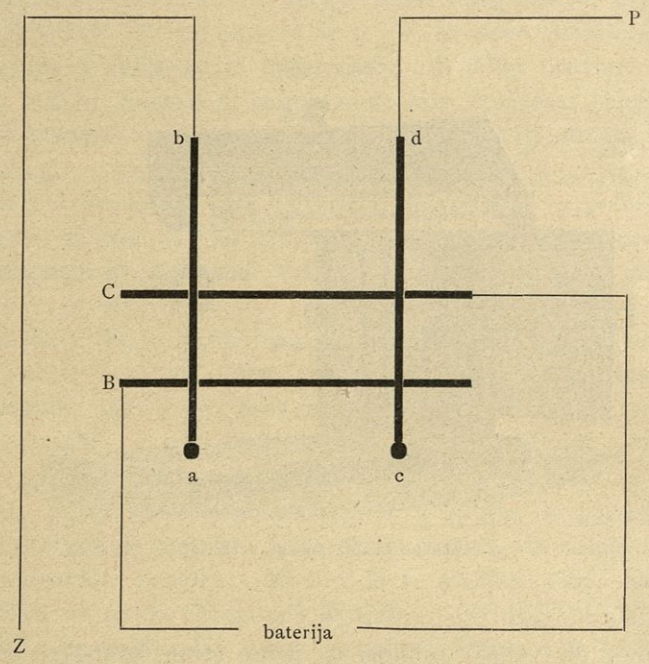
Recimo, da veljajo odkloni na jedno stran za točke, odkloni na drugo stran pa za črte Morse-jevih brzojavnih znamenj, potem lahko umejemo, da se pri opisani pripravi izhaja z najslabšimi toki. Treba je seveda ogromne vaje in bistre pozornosti uradniku, da po skakajočem svetlobnem traku (zajčku) na skali hipno spozna vsak poslani znak ter sestavlja črke in besede. Služba pri aparatih na podmorskih telegrafskih postajah je zategadelj jako utrudljiva, in uradnik more le par ur neprestano ustrezati svoji nalogi.

Slika 195. nam predočuje jeden del označenega prejemala in sicer svetilnico s skalo. V omarici, kateri so na sliki vratca odprta, je nastanjena svetilnica. Skozi špranjo m_1 m_2 padajo svetlobni traki na zbiralno lečo L, ki trake koncentrira ter meče na zrcalo magnetne igle.

Zrcalo reflektira trakove nazaj na skalo, ki je pritrjena na sprednji strani omarice. Da telegrafist bolje razločuje skakajoče zajčke, biva s svojimi aparati v temni sobi.

Galvanometer, v katerem se premika magnetna igla z zrcalom, ima tuljavo z mnogo tisoč ovoji tenke žice. V tuljavo je vtaknjena bakrena cev, v kateri visi okroglo zrcalce na kokonski niti. Na zadnji strani zrcala je prilepljen magnetni kosček jekla, ki je prevzel nalogo magnetne igle. Ker bi se po vsakem odklonu zrcalo nekoliko časa zibalo ter s tem uradnika motilo v čitanju znakov, je bakrena cev

Slika 196.



Dvojnat ključ za podmorske brzojave.

napolnjena z glicerinom, v katerem se magnet po vsakem odklonu skoraj hipno umiri, dočim glicerin nikakor ne ovira poti svetlobnemu traku.

Dajalo, ki pošilja tokove sunke v jedno ali drugo mer v kabelj, da odklanjajo magnetno iglo na desno ali levo, je jako preprosto zgrajeno ter v principu povsem jednako tokovemu menjalu, kakršno smo opisali pri iglastih brzojavih. Slika 196. naj nam razloži njegovo sestavo. Dajalo ima dva kontaktna vzvoda ab in cd, in zato mu pravimo dvojnati ključ ali tipač. Na skupni ploči sta pritrjeni dve kontaktni šini B in C; prva je zvezana z jednim (pozitivnim), druga pa

z ostalim (negativnim) polom galvanske baterije. Šina C stoji nekoliko višje nego B, tako, da ležita vzvoda ab in cd med obema šinama, oziroma, da biva šina B pod njima, a šina C nad njima. Vzvod ab je v zvezi s podzemno ploščo Z, vzvod cd pa staknjen s prevodnikom ali kabljem P. Vzmetni peresi tiščita oba vzvoda kvišku, da se dotikata šine C, dočim nimata v tej legi nikakega kontakta s šino B. Tok, ki prihaja po prevodniku P v dajalo, gre tedaj neposredno do podzemne ploče Z in od tod nazaj po zemlji na prvotno postajo, baterija naše postaje pa je izločena iz tokovega kroga. Če zdaj pritisnemo na gumb a, da se pripadajoči vzvod odtrga od šine C ter dotakne šine B, zvežemo zemljo s pozitivnim polom baterije, a negativni pol je staknjen s prevodnikom P. Potemtakem gre tok iz baterije po zemlji na oddaljeno postajo, od koder se po kablju P vrača nazaj v našo baterijo. Ako pa pritisnemo na gumb c, kroži tok v nasprotno mer po zemlji in po kablju. S pritiskanjem na jedni ali drugi gumb moremo torej toke različne meri pošiljati v prejemalo druge postaje. Z dajalom je v primerni zvezi tudi prejemalo vsake postaje, da moremo z lastnimi očmi kontrolirati znake, katere pošiljamo v oddaljeno postajo.

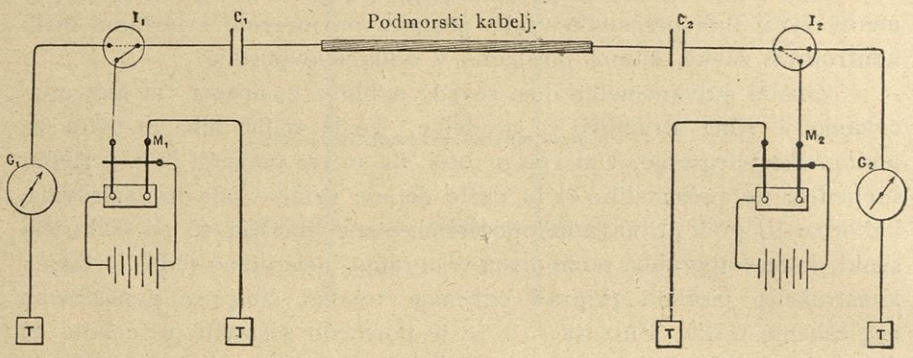
Zrcalni galvanometer daje seveda minljiva znamenja, in njih opazovanje je silno utrudljivo za uradnike. To je velika hiba in ovira za podmorsko telegrafijo. Umevno je torej, da so vsa podjetja že iz pričetka hrepenela po prejemalih, ki bi došle depeše ustanavljala in zapisovala, kakor se to godi pri navadnih pozemnih brzojavih. Ker so pa električni sunki, katere uporablja podmorska telegrafija, neizrečeno slabi, je delala konstrukcija pisalnih priprav ogromne težave. Stoprav genijalnemu angleškemu fiziku Thomsonu se je posrečilo sestaviti prejemalo, ki vkljub neznatnim električnim sunkom piše znake na papirnat list. Njegov natezni pisalni aparat (Syphon Recorder) rešuje dano nalogo na zanesljiv način in riše znake s pomočjo krive natege, sestoječe iz tenke steklene cevi, po kateri teče modra anilinska barva na papir. Nastali znaki tvorijo sliko valovite črte. Hribi jedne strani pomenjajo točke, a hribi druge strani črte Morse-jevega alfabeta. Natezni pisalni aparat za podmorske telegrafske proge dela torej takozvano valovito pisanje ter odpravlja nedostatke, ki so združeni z uporabo zrcalnega galvanometra. Ker pa nimamo pri rokah primerne slike, se ne bodemo spuščali v podrobnejši opis te v električnem in mehaničnem oziru velezanimive iznajdbe.

Da se brzojavljanje hitreje vrši ter draga proga bolje izkorišča, so izumili nadalje tudi aparate, ki samodelno, torej hitreje kakor človeška roka, telegrafirajo depeše. V tem oziru je najbolj znana priprava, kateri pravimo Lauritzenov undulator. Uporablja ga «Velika severna telegrafska družba», ki ima položene kablje med

Skandinavijo, Dansko in Angleško, ter daleč tja do Vzhodne Indije. Tudi pri tem pisalnem brzojavu piše tenka cevka valovite črte na papirnat trak, a dajalo je povsem drugače zgrajeno kakor pri dosedanjih aparatih. Glavni njegov del je papirnat trak, imajoč dve vrsti luknjic, po katerih dršeta dva kontaktna vzvoda. Za vsako luknjico jedne vrste pošilja dajalo tokov sunek v jedni, a za vsako luknjico druge vrste v nasprotni meri proti prejemalu. Urno kolesje potiska preluknjani papirnati trak hitro dalje; ko dospe luknjica pod ost kontaktnega vzvoda, se tok hipno sklene, in tokov sunek švigne dalje v jedno ali drugo mer, da odkloni na prejemni postaji pisalno cevko.

Da tedaj napravimo na prejemalu valovito črto, ki s svojimi hribi odgovarja točkam Morse-jevega alfabeta, treba je prej v papirnat trak nabosti določeno število primerno razvrščenih luknjic; potem se potisne

Slika 197.



Stik dveh podmorskih postaj.

trak v dajalo, kjer ga urno kolesje premika in vleče pod obema kontaktnima vzvodoma. Tokovi sunki se s to pripravo odpošiljajo dokaj hitreje, kakor jih more najurnejša človeška roka. Luknjice se nabadajo v papir s posebnim strojem, ki delo olajšuje in pospešuje. Šest mož ima dovolj opraviti s preluknjevanjem papirja, ako hočejo aparat nepretrgoma zalagati z depešami.

Poleg Lauritzenovega undulatorja in njegovega samodelnega dajala je razširjen tudi Wheatstone-ov samodelni aparat, ki na sličen način brzojavlja s pomočjo preluknjanih papirnatih trakov, znake pa piše s pisalnim kolescem. Hitrost mu je tolika, da more v jedni minuti telegrafirati do 400 (angleških) besedij.

Zvezo dveh podmorskih postaj in njih aparatov razlaga slika 197. M_1 in M_3 sta dotična dvojnata tipača; vsak je zvezan s svojo baterijo.

G_1 in G_2 pomenita zrcalna galvanometra (prejemali). Črke T značijo podzemne ploče, ki dovajajo toke v tla, da si prihranimo jeden kabelj, kakor je to običajno pri pozemni telegrafiji. Vsaka postaja ima svoje pretikalo I_1 in I_2, s katerim uradnik tok pretika od prejemala na dajalo in obratno. Na mestih C_1 in C_2 je prevodnik pretrgan, in na prvi hip je nerazumljivo, kako je pri odprtem tokovem krogu mogoče pošiljati znake z jedne postaje na drugo. Da rešimo to zastavico, pomislimo najprej na znano svojstvo leydenske steklenice. Ako zvežemo jedno njenih oblog s pozitivnim polom električnega kolovrata, se dotična obloga napolni s pozitivno elektriko, dočim se na drugi oblogi veže negativna elektrika, pozitivna pa odbija dalje. Recimo, da sta pripravi C_1 in C_2 dve taki leydenski steklenici, in da so njiju notranje obloge zvezane s kabljem, vnanje pa z dajalom, oziroma prejemalom, potem se vrše pri brzojavljanju nastopni dogodki: Če leva postaja na naši sliki s primernim pritiskom na tipačev gumb vnanjo oblogo svoje leydenske steklenice napolni s pozitivno elektriko, se ob jednem na notranji oblogi veže in kopiči negativna elektrika; pozitivna pa se odbija v kabelj in gre na drugo postajo, kjer polni notranjo oblogo tamošnje leydenske steklenice s pozitivno elektriko. Na vnanji oblogi steklenice C_2 se potem na sličen način zbira in veže negativna elektrika, a pozitivna se odbija ter gre skozi prejemalo v tla; končno se vrača po zemlji nazaj v prvo postajo, kjer se s tamošnjo negativno elektriko izravnava.

Leydenski steklenici pošiljata torej posamične tokove sunke dalje, in ker zadoščajo taki sunki za brzojavljanje, je umevno, da moremo vkljub pretrganim prevodnikom pošiljati znake v daljavo. Čemu pa smo prav za prav vdejali na vsaki postaji leydensko steklenico in nismo rajši ostali pri bateriji sami? To nam postane takoj jasno, ako se spomnimo na dejstvo, da se kabelj z elektriko polni. Ko bi kabelj neposredno zvezali s polom baterije, bi začel v sebi elektriko nabirati, in trajalo bi nekoliko časa, preden bi se napolnil. Drugače pa je pri naši uredbi. Tu se na vsakem koncu kablja zbira in kopiči raznoimenska elektrika. Če na oddajni postaji steklenico izpraznimo, oprostimo vezani elektriki obeh steklenic; ker sta pa obe raznoimenski, se hitro izravnata v kablju in ni potreba, da bi istoimenska elektrika šele počasi odtekala ali da bi jo polagoma uničevali s protiimensko, kar bi se moralo zgoditi, ko bi ne imeli leydenskih steklenic. Te priprave tedaj pospešujejo uničevanje električne polnitve v kablju, ter so glavni pogoj za hitro brzojavljanje. Poleg tega pa imajo še jedno ugodnost. Tudi pri daljšem pritisku na tipko pošiljajo samo po jeden tokov sunek v tokovo mrežo, in odklonjena magnetna igla se takoj vrača v prvobitno lego nazaj, ne da bi po nepotrebnem postajala v odklonu ter motila uradnika v čitanju znakov.

V praksi podmorska telegrafija ne uporablja preprostih leydenskih steklenic, ampak sorodne priprave, ki imajo večje obloge in dovoljujejo intezivnejšo polnitev. To so kondenzatorji, pri katerih tvorita oblogi jako razsežne ploskve. Oblogi nista jednotni, temveč vsaka je sestavljena iz mnogih posamičnih listov stanijola, ki so med seboj sigurno izolirani. Na deski leži najprej list od osamljajoče tvarine; nanj pride list stanijola, na tega zopet osamljajoča plast; potem vnovič stanijol in osamilo itd. Tako dobimo mnogo vznasad naloženih malih oblog, ki so druga od druge izolirane. Ako zvežemo lihe stanijolove liste med seboj, in ravno tako sode, je rezultat isti, kakor bi imeli dve veliki jednotni oblogi. Kondenzator je tedaj ogromna leydenska steklenica ali Franklinova ploča, ki pa je umetno zložena na majhen prostor.

Uporaba kondenzatorjev je tudi zategadelj velikega pomena, ker zabranjujejo zemeljskim tokom pot v kabelj. Po zemlji krožijo namreč električni toki, ki so posledica različnih električnih tlakov; primerjati jih smemo z vetrovi, ki tudi nastajajo vsled tlakovnih razlik v atmosferi. Lahko se pripeti, da je n. pr. električni tlak v Ameriki večji nego v Evropi; v takem slučaju bi si elektrika izvolila pripravno pot v kablju, da se izravna. Odklanjala bi magnetno iglo ter motila brzojavljene znake. Kondenzator pa ji pot pretrga in ji onemogoči vsako škodljivo nakano.

Povedali smo, da podmorski telegrafiji služijo edino le slabi toki; čudovito pa je, da zadošča že baterija 10 elementov od cinka in bakra. S tako majhno silo torej moremo prenašati telegrafska znamenja okoli naše zemlje ter govoriti čez daljna morja od kontinenta do kontinenta.

C. Razne druge telegrafske priprave.

Hišni brzojavi. Poleg brzojavnih aparatov, ki so vpeljani v svetovnem prometu in imajo nalogo, da vežejo posamične kraje, mesta, dežele in kontinente, je jako razvita tehnika hišnih brzojavov, ki so namenjeni potrebam privatnih stanovanj, tvornic in hotelov. Tu nadomeščajo starokopitne hišne zvonce in trkalca na vratih, ob jednem pa skrbe v obsežni meri za ugodnost stanovalcev.

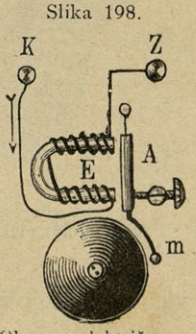
Glavni del hišnih brzojavov so električni zvonci, katere je prvi uporabljal J. Miraud v Rouenu za namene hišne telegrafije. Istodobno je Leclanché iznašel prikladen galvanski element, ki je s svojo trajnostjo in preprosto sestavo v nemali meri pomagal širiti to koristno panogo elektrotehnike.

Uporaba hišnega brzojava je danes tako mnogostranska, da je težko našteti vse glavne slučaje, v katerih posegamo po njem. V prvi

vrsti ga nahajamo pri hišnih vratih, kjer kliče odpirat ali pa samodelno zvoni, ko vstopa poklican ali nepoklican gost. S pritiskom na gumb kliče načelnik urada podrejeno mu osobje na pogovor in gospodar pozivlja z njim svoje posle k sebi. V zvezi s hrambami blaga in blagajničnimi omarami brani hišni brzojav tatovom, da se ne morejo nezapaženi približati zakladom. V hotelih omogočuje hitri promet in točno postrežbo. Čuvaj kliče s hišnim brzojavom ognjegasce in policija ga izkorišča vsestransko v svoje namene. Celo zamrtnik, ležeč v mrtvašnici, daje s hišnim brzojavom nevedoma znamenje, da se je zopet vzbudil k življenju. — Ta mnogostranska uporaba je napravila hišne brzojave za najpopularnejšo vejo elektrotehnike ter je vzrok, da se zdaj peča z njo silno razsežna in pomenljiva industrija.

Električni zvonec, ki igra pri hišnem brzojavu glavno ulogo, sestoji iz elektromagneta, kovinskega kladivca ali klepca in zvonca. Slika 198. naj nam razloži notranjo uredbo električnega zvonca. E je podkovast elektromagnet; okoli njega je navita osamljena bakrena žica, a njena konca sta pritrjena v pritiskalnih vijakih K in Z, ki sta v zvezi s pozitivnim, oziroma negativnim polom galvanskega elementa ali baterije. Železna kotvica A, viseča na prožnem peresu, nosi na drugem koncu klepec ali kladivce m. Ko kroži električni tok po ovojih elektromagneta, potegne ta kotvico nase in kladivce udari na zvonec; ko se pa tok prekine, odmakne vzmetno pero kotvico in kladivce od elektromagneta, oziroma od zvonca. Vsak tokov sunek proizvaja torej po jeden udarec, in kolikorkrat tok sklenemo, se zvonec oglasi.

Slika 198.

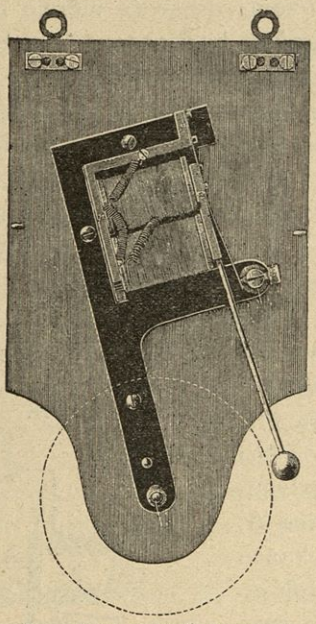


Obrazec električnega zvonca.

Ko bi s tako pripravo hoteli dalje časa zvoniti, bi morali tok zaporedno stikati in prekidati. Da se ognemo temu delu, izročimo prekidanje samodelnemu prekidalu in električni zvonec dobi drugo uredbo. Mislimo si, da vstopa na sliki 198. galvanski tok v kontaktni vijak, ki se nahaja na desni strani kotvice med črkama A in m, ter da gre dalje po kotvici in njenem vzmetnem peresu v elektromagnet, od koder se vrača v baterijo nazaj. Tedaj je tok sklenjen; elektromagnet pritegne kotvico k sebi in klepec udari ob zvonec. V istem hipu pa je kotvica zapustila pritiskalni vijak na svojej desni strani in tok je prekinjen. Prožno pero odtrga zopet kotvico od elektromagneta in kotvica se vnovič dotakne kontaktnega vijaka na desni; tok se sklene na novo in vse se zopet ponavlja. V tem času pa bije kladivce ob zvonec. Slika 199. kaže tak zvonec s samodelnim prekidanjem toka. Elektromagnet je z zvoncem in kladivcem vred montiran na leseni

pločici. Pokrit je z leseno škatlico, iz katere gledata samo zvonec in njegov klepec.

Slika 199.

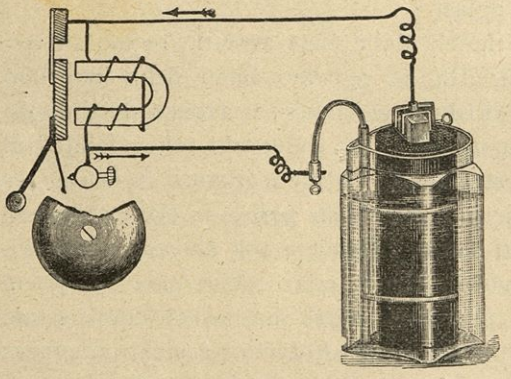


Samodelni električni zvonec.

Opisani zvonec je torej na naslednji način staknjen z galvanskim elementom: Od jednega pola elementa je napeljana žica najprej do kontaktnega ali pritiskalnega gumba. Če pritisnemo na gumb, gre tok skozi gumb dalje do elektromagneta, obhodi njegova kraka in stopi v kotvico po njenem vzmetnem peresu; od tod švigne v kontaktni vijak na njeni desni strani, od koder se vrača k drugemu polu elementa nazaj.

Poleg tega stikanja posamičnih delov električnega zvonca rabimo še drugo, ki je označeno na sliki 200. Konca elektromagnetovih ovojev sta v trajni zvezi z obema žicama, ki vodita od polov elementa. Dokler ni tok prekinjen, teče tedaj po ovojih ves, kar se ga nahaja v tokovem krogu. Kotvica je na jednem koncu v zvezi z dovodno žico, na drugem pa nosi kontaktno pero, ki se lahko nasloni na vijak, ki stoji v zvezi z odvodno žico. Ko sklenemo tokov krog, se vzbudi elektromagnet in potegne kotvico nase. V tem hipu se kotvica s svojim kontaktnim peresom pritisne na omenjeni kontaktni vijak; sedaj gre tok rajše po bližnji poti, ki mu jo nudi kotvica, kakor po dolgi žici okoli elektromagneta. Glavni del toka si potemtakem izvoli prikladnejšo pot, in okoli elektromagneta kroži tako neznatna množina toka, da elektromagnet ne more več privlačevati kotvice. Kotvica odskoči, a v istem trenotku je toku pretrgana prikladnejša pot in primoran je zopet v polni moči krožiti okoli elektromagneta. Sedaj zopet

Slika 200.

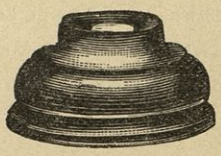


Zvonec na stranski stik.

pritegne kotvico — in igra se ponavlja. To so zvonci na stranski stik, ki nam v nekaterih slučajih prihranijo nekoliko prevodne žice in imajo zategadelj svoj posebni pomen v hišni telegrafiji.

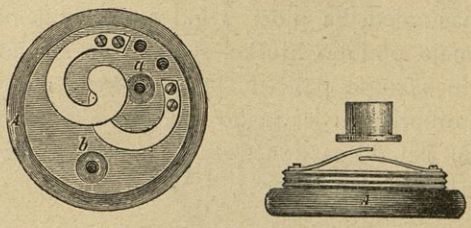
Električni zvonci se izdelujejo v ogromnih množinah; posamične tvornice si prizadevajo, ujednostaviti fabrikacijo ter dati zvoncem obliko, ki je kolikor mogoče preprosta, pristopna in v tehničnem oziru lahko

Slika 201.



Pritiskalni gumb, vnanje lice.

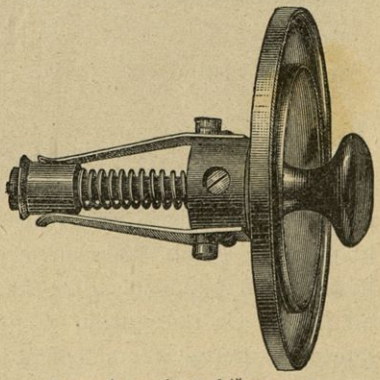
Slika 202.



Pritiskalni gumb, mehanizem.

izpeljiva. Zategadelj nahajamo v trgovini jako različne oblike električnih zvoncev. Električna uredba je sicer vsem jednaka, a v mehaničnem oziru vlada velika mnogovrstnost. Tudi glede lepote in elegance zvoncev tekmujejo tvrdke med seboj; elektrotehnika in umetni obrt imata v tem oziru hvaležno nalogo in obilno zaslužka.

Slika 203.



Potezni gumb za hišna vrata.

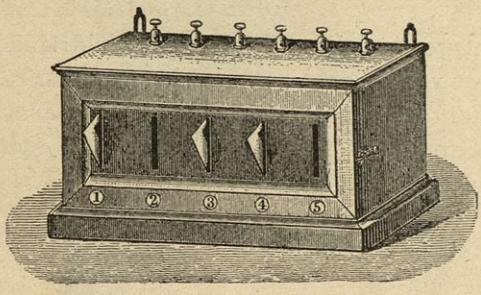
Navadne električne zvonce vzbujamo z istomernimi toki; vendar se tudi izmenični toki čestokrat uporabljajo. Pri zvoncih, ki so prirejeni za izmenične toke, ne potrebujemo nikakega tokovega prekidala, kajti mer menjajoči toki gibljejo kladivce neposredno semtertja. Za proizvajanje potrebnih izmeničnih tokov so zgradili majhne magnetoindukcijske stroje, katere gonimo z roko. Ker pa je uporaba hišnih brzojavov z izmeničnimi toki omejena na malopotevilne, posebne slučaje, se tu ne spuščamo v podrobneje opisovanje dotičnih zvoncev in tokorodnikov.

Za sklepanje toka služijo pri hišnih brzojavih skoro izključno takozvani pritiskalni gumbi. Slika 201. predstavlja pritiskalni gumb v vnanji obliki, slika 202. pa razlaga njegov mehanizem. V notrini gumba sta nameščeni dve vzmetni peresi, imajoči obliko kratke spirale. Konca peres ležita drug na drugem, a se ne dotikata. Če pa

pritisnemo na koščeno glavico, ki se nahaja sredi pokrova, združimo obe peresi. Ostala konca teh peres sta z vijaki pritrjena na temeljni ploči A, ter stojita v zvezi s koncema tokovodne žice, prihajajoče od galvanskega elementa. Konca se vtakneta skozi luknjici a in b v gumb ter privijačita na spirali. Ko pritisnemo na glavico sredi gumba, se uleže zgornje pero na spodnje ter sklene tokov krog, ki je bil prej na tem mestu prekinjen.

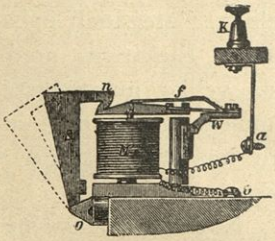
Pritiskalni gumbi dobé za razne slučaje različno vnanje lice. Včasih so nastanjeni na ploči, s katero obtežujemo pisma, drugič vise prosto in imajo podobo hruške, slednjič pa so tudi zgrajeni v obliki precepa. To je okrogla paličica, ki je preklana po sredi. Vsaka polovica je znotraj obložena s kovinsko pločico; ako precep stisnemo, sklenemo tokovodni žici, ki se končujeta v vsaki polovici. Takim aparatom pravimo stiskalni kontakti.

Slika 204.



Breguet-ov naznanjevalec.

Slika 205.



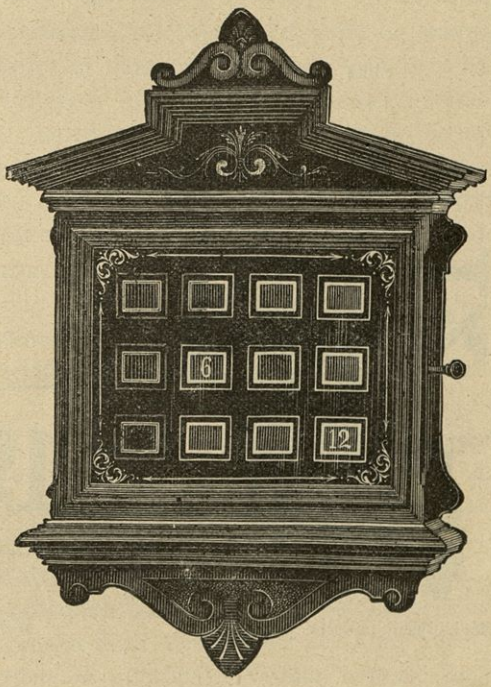
Notranji mehanizem Breguet-ovega naznanjevalca.

Pri dosedaj omenjenih stikalih sklepamo tok s pritiskom. Za razne namene pa bolje ustrezajo potezni kontakti, pri katerih s potezom združujemo pretrgane tokovode. Na sliki 203. vidimo potezni kontakt ali gumb, kakršen je priljubljen pri hišnih vratih. Na potezni horizontalni palici je nabita krožna kovinska ploča, ki je dobro izolirana od palice. Če potegnemo za gumb, potisnemo kovinsko pločo med dve kontaktni peresi, ter sklenemo tok. Ko pa gumb spustimo iz rok, požene spiralna vzmet gumb nazaj in ž njim vred tudi kovinsko pločico; Kontaktni peresi morata zapustiti pločico in se uleči na njen valjasti vratnik od trde gume — tok je prekinjen.

V posebnih slučajih sklepamo tok z nogo in tedaj so kontaktni gumbi na primernem kraju poglobljeni v tla. Ako n. pr. hočemo, da se pri odpiranju durij tok sklene ter naznani prišleca, položimo pod vrata ali pa v durni oboj pritiskalni gumb, s katerim vrata nezapaženo sklepajo tokov krog hišnega zvonca.

Električni naznanjevalci. Kadar pozvanjamo iz različnih mest jedni sami osebi, je treba posebnih priprav, ki označujejo mesto klicalčevo. Tako se godi n. pr. v hotelih, kjer hoče vsak gost iz svoje sobe pozvanjati vratarju, hišni i. t. d. Naznanilno pripravo, kakršno je izumel Breguet, vidimo na sliki 204. Za vsako pozivališče se nahaja v skupni omarici posebna padalna pločica, ki pogleda iz razpoke, kakor hitro je kdo poslal tokov sunek z dotičnega mesta v odzivališče. Ko je zvonec zapel, vidi poklicana oseba na pločici, odkod je došlo znamenje; potem potisne z roko pločico v razpoko nazaj, in priprava je zopet prirejena za nove signale. Notranjo uredbo razlaga slika 205. Od pozivališča prihajajoči tok gre okoli elektromagneta M, ki pritegne k sebi kotvico A. Na jednem koncu kotvice se nahaja nos, v katerega se ujema kljuka n, ki je na podaljšku padalne pločice S. Vsled pritega kotvice se kljuka n sname z nosa; pločica S se oprosti, pade proč od elektromagneta ter se pokaže pri špranji. Ko potisnemo pločico nazaj, se njena kljuka zopet zapne za kotvičin nos.

Slika 206.

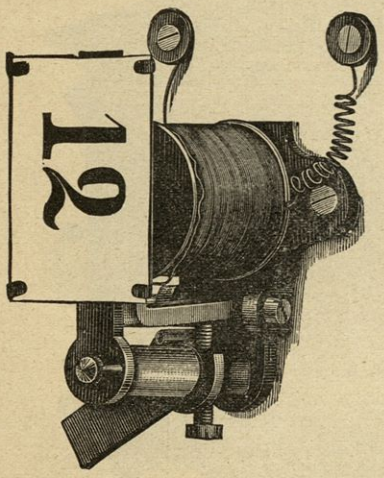


Naznanjevalna omara.

Umeje se, da mora vsako pozivališče imeti svoj lastni tokov krog, vendar pa ni treba, da bi imeli po vsej daljavi napeljanih toliko prevodnikov, kolikor je pozivališč. Le oni del tokovoda, ki leži med naznanjevalcem in med vsakim pritiskalnim gumbom, se mora za vsako pozivališče posebej napeti, a od tod dalje so vsi prevodniki združeni v skupno žico. Od baterije vodi potemtakem jedna sama žica, ki se razcepi stoprav pred pritiskalnimi gumbi v toliko vej, kolikor je gumbov. Od vsakega gumba je potem posebna žica napeljana do njegovega elektromagneta v naznanjevalcu, a omaro zapušča zopet jeden sam tokovod, ki gre do zvonca, od tod pa nazaj k drugemu polu baterije.

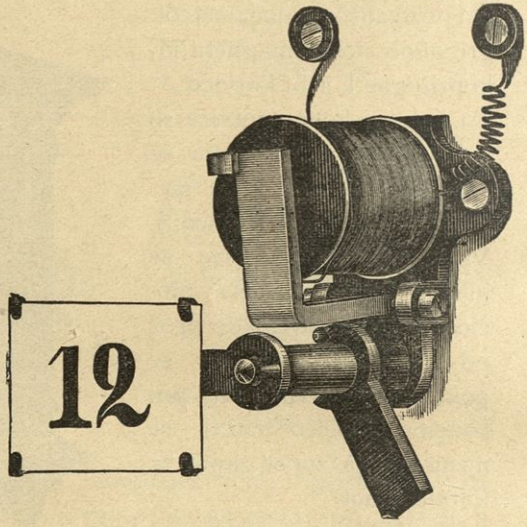
Breguet-ov naznanjevalec ima dvoje napak. Pločice mole premalo iz razpok in niso od daleč vidne, potem pa prah preveč sili skozi špranje v omaro ter pokvarja njen notranji mehanizem. Zato imajo novejši naznanjevalci nekoliko drugačno obliko, pri kateri so navedene hibe odstranjene. Tako naznanjevalno omaro vidimo na sliki 206. Za vsako pozivališče se prikaže pri malem okencu posebna številka, ki pove, iz katere sobe je došel klic. Sliki 207. in 208. nam podrobneje razlagata notranjo uredbo cele priprave. Za vsakim okencem je elektromagnet, kojemu je temeljna ploča pritrjena na ozadju omare. Pod elektromagnetom je kotvica, imajoča podobo kotastega vzvoda (slika 208.). Na koncu vertikalnega kraka te kotvice sedi nos, ki pri-

Slika 207.



Mehanizem padalne ploče (zaprt).

Slika 208.



Mehanizem padalne ploče (sprožen).

jema za vzvod, na katerem je nastanjena padalna ploča (slika 207.). V onem hipu, ko elektromagnet pritegne kotvico k sebi, spusti nos pločo; ta pade navzdol ter se prikaže pri svojem okencu (slika 206.). Na osi, okoli katere se vrti ploča s številko, je pritrjen še drug vzvod, moleč poševno navzdol. S tem vzvodom spravimo pločo zopet kvišku, da izgine pri okencu, ko je opravila svojo nalogo. V ta namen je pod vsako okensko vrsto ali pod vsakim nadstropjem omarice kovinska šina, imajoča pod vsakim navzdol molečim vzvodom pokončen zob; ta potisne vzvod in ž njim vred številko kvišku, ako šino pomaknemo od desne proti levi. Šine vsakega nadstropja so med seboj zvezane, da jih lahko premikamo z jednim samim gumbom, kojega

opazimo na levi strani slike 206. S pritiskom na gumb dvignemo torej vse ploče, kolikor jih je bilo padlo, ter jih zataknemo za nosove dotičnih kotvic. Ko se je to zgodilo, potisne vzmetno pero šine samodelno nazaj, da številke zopet svobodno padajo.

Če so hišni brzojavi jako razsežni, potrebujemo razmerno velikih baterij, da dobimo potrebno napetost toka. Mesto jedne same baterije je včasih bolj umestno postaviti dve ter uporabljati priprego, kakršno smo opisali pri pozemnih telegrafskih zvezah. Priprega je vtaknjena v glavni tokov krog pozivališča; ko pritisnemo na gumb, sklene priprega tokov krog druge baterije, v katerem se nahajajo posamični zvonci.

Prevodniki, katerih se poslužujemo pri hišnih brzojavih, ne stavijo ravno velikih zahtev glede izolacije in natančnih dimenzij, kajti opraviti imamo z jako slabimi toki in z žicami, ki so napete po sobah in hodnikih v varnem zavetju. V obče zadoščajo prevodniki, ki imajo jedno samo odejo tkanine. Na vlažnih stenah ali sploh na mestih, kamor prihaja mokrota, napenja hišna telegrafija žice, katerim je odeja napojena z voskom ali celo z gutaperčo. Za prevodnike v posebno mokrih prostorih n. pr. v kleteh, je treba gutaperčo zavarovati še z odejo od bombaža ali asfaltirane konopne preje. V skrajnih slučajih rabimo svinčene kablje, kakršne poznamo že s strani 97.; to velja n. pr. za prevodnike na vnanjih zidovih naših hiš ali pa za take, ki so zakopani v vrtna ali dvoriščna tla.

Žice se pritrjujejo na stene s pomočjo kljukastih žebljičkov; kjer pa hočemo tokovode skriti očem, vrežemo v stene primerne utore, v katere poglobimo žice. Utori se zadelajo z malcem in ko se je stena preslikala, so prevodniki nevidni.

Na mestih, kjer se odcepi stranska veja od glavnega prevodnika, je treba poslednjemu oluščiti osamljajočo odejo ter okoli ostrgane duše tesno oviti razgaljeni konec stranske žice. Vezišče se navadno zvari, ali pa vsaj skrbno ovije s papirjem od gutaperče. Včasih ovijemo žici tudi s stanijolom, ki se dobro prime obeh duš in nadomešča zvarjenje, ob jednem pa tudi pomaga pri prevajanju toka.

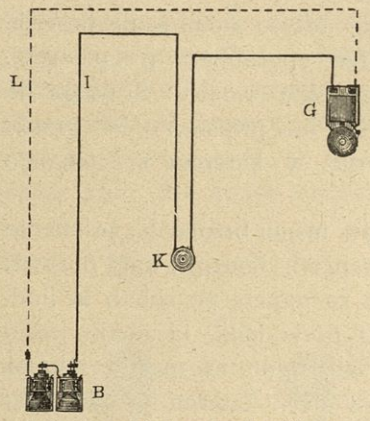
Stikanje pri hišnih brzojavih. Pri stikanju prevodnikov in aparatov, ki pridejo v poštev pri hišnih brzojavih, se moramo navadno ozirati na nastopne štiri slučaje:

1. Jedno pozivališče in jedno odzivališče;
2. jedno pozivališče in več odzivališč;
3. več pozivališč in jedno odzivališče;
4. več pozivališč in več odzivališč.

Stikanje za prvi slučaj, v katerem poznamo samo jedno pozivališče in jedno odzivališče, nam pojasni slika 209., katera pač ne potrebuje

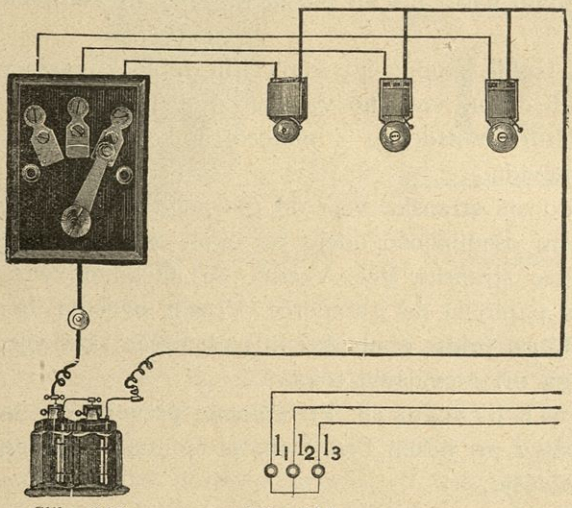
nobene razlage. Le toliko omenjamo, da znači črka B baterijo, G zvonec, K kontakt ali pritiskalni gumb, L in l pa tokovode. Ako pritisnemo na gumb K, sklenemo tokov krog, in zvonec se oglasi. Umevno je, da smemo baterijo namestiti v katerem koli delu tokovoda L, bodisi blizu gumba, blizu zvonca ali pa med obema.

Slika 209.



Stikanje pri jednem pozivališču in jednem odzivališču.

V drugem slučaju, pri katerem imamo jedno pozivališče in več odzivališč, je treba razločevati, če mora pozivališče klicati poljubno vsako odzivališče posamič ali pa vse skupaj na jedenkrat. Pri hišnih brzojavih prve vrste potrebujemo toliko tokovih krogov, kolikor je zvoncev, vendar pa si lahko nekoliko žice prihranimo, ako pritrdimo za odvod toka jeden sam skupni prevodnik. Od vsakega zvonca je napeljana jedna žica do tega skupnega prevodnika, druga pa do pretikala, s katerim stikamo posamične tokove kroge. Slika 210. kaže dotično uredbo. Pretikalo se nahaja na pravokotniški ploči nad baterijo. Če se hočemo ogniti pretikala, napravimo za vsak zvonec poseben pritiskalni gumb (slika 211.). Ako pretikalo v sliki 210. nadomestimo s sliko 211., kažočo v vsakem tokovodu po jeden kontaktni gumb, nam postane dotično stikanje popolnoma jasno.



Slika 210. Slika 211.

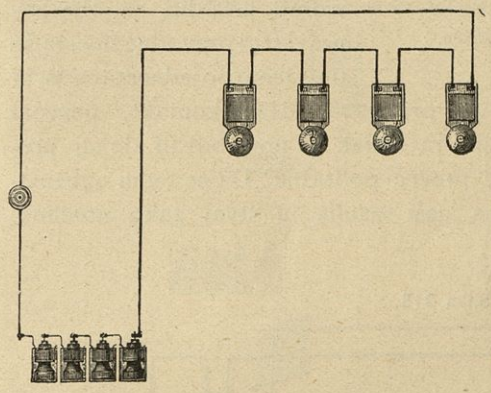
Jedno pozivališče kliče več odzivališč s pretikalom s pritiskalnimi gumbi.

Kadar treba z jednega pozivališča istočasno klicati več odzivališč, vtaknemo v tokov krog več zvoncev zapored. Navadni električni zvonci s samodelnim prekidanjem seveda v tem slučaju niso uporabni; jeden zvonec moti druzega v delovanju, kajti tok se ne prekida in sklepa

istočasno v vseh zaporedno staknjenih zvoncih. Drugače pa je, ako uporabljamo zvonce s stranskim stikom, kakršne smo opisali pri sliki 200. Pri teh zvoncih se tok nikdar ne prekine, temveč hodi le premenjema po dveh različnih potih; premikanje kladivca ne provzročuje prekidanja toka, in zategadelj zvone vsi zaporedno staknjeni zvonci jednakomerno. Na sliki 212. vidimo štiri zaporedno staknjene zvonce, zgrajene na stranski stik. A tudi navadne električne zvonce s samodelnim prekidanjem lahko uporabimo za označeni namen, ako jih staknemo vzporedno, kakor je narisano na sliki 213. Seveda je treba pri takem postopanju vzeti več žice; delovršba pa je celo sigurnejša, kakor pri zaporednem stikanju.

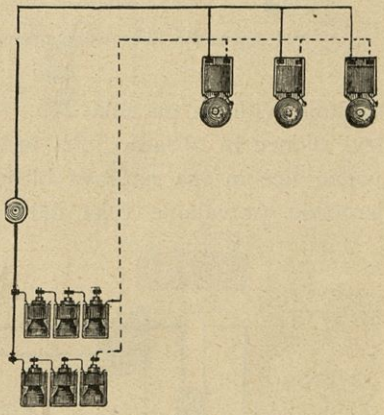
Umeje se, da se pojavlja pri zaporednem stikanju dokaj večji upor nego pri vzporednem. Zato postavimo v prvem slučaju baterijo

Slika 212.



Štirje zvonci zaporedno staknjeni.

Slika 213.



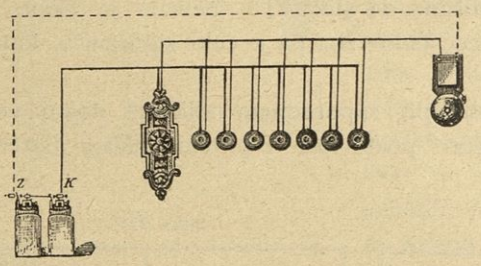
Trije zvonci vzporedno staknjeni.

z večjo napetostjo, v drugem pa baterijo z manjšim notranjim uporom; ravnati se nam je sploh po pravilih, katere smo opisali v poglavju o stikanju galvanskih elementov (str. 14—18).

Tretji slučaj, v katerem več pozivališč pozvanja jednemu odzivališču, je jako razširjen ter se nahaja osobito v hotelih in velikomestnih hišah, kjer vsaka stranka kliče vratarja, hišno i. t. d. Na odzivališču je nameščen samo zvonec ali pa tudi naznanjevalec, kakršnega smo prej podrobneje naslikali. Če zadošča sam zvonec, je stikanje zelo priprosto, kakor priča slika 214. Odvodna in dovodna žica sta jednostavni, samo oni del tokovoda je treba podvojiti, ki je napeljan mimo pozivališč. S tem podvojenim kosom tokovega kroga so staknjeni posamični pritiskalni gumbi, kakor kaže naša slika.

Četrti slučaj, pri katerem pride v poštev več pozivališč in odzivališč, je jako zapleten ter se bliža razmeram, katere nahajamo pri telefonskem prometu. Dokler je število pozivališč in odzivališč neznatno, napravimo za vsako mesto poseben tokov krog, a pri večjem številu postane to nemogoče in stikanje prevzame posebna osrednja postaja, kakršno bodemo pozneje pri poglavju o telefonu podrobneje opisali.

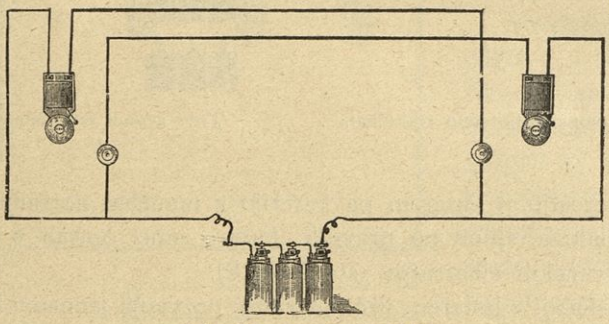
Slika 214.



Več pozivališč kliče jedno odzivališče.

Naposled naj omenimo še stikanja, ki je tedaj običajno, kadar je vsako mesto ob jednem pozivališče in odzivališče. V ta namen bi lahko napravili dva povsem ločena tokova kroga, izmed katerih bi bil vsak tako urejen, kakor kaže slika 209. Ker bi pa morali pritrditi za obe napravi štiri prevodne žice, rajše posežemo po jednostavnejšem stikanju, vidnem na sliki 215. Ako pritisnemo desni kontakt, pozvoni levi zvonec in obratno. Pri večjih razdaljah bi potrebovali dokaj prevodne žice in vsa naprava bi se preveč podražila. Da se temu ognemo, izročimo prevajanje toka deloma naši zemlji, in stvar tako uredimo,

Slika 215.



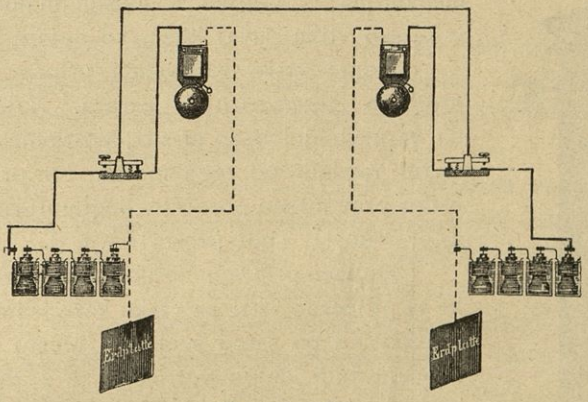
Stikanje za poziv in odziv.

kakor pri brzojavnem prometu. Vsaka postaja dobi svojo baterijo ter Morse-jev ključ, ki pošilja tok do zvonca druge postaje, kadar mu gumb pritisnemo navzdol. Slika 215. razlaga dotično stikanje, pri katerem so uporabljene podzemne ploče in Morse-jevi tipači.

Železniške telegrafske priprave. V obsežni meri služijo brzojavni aparati našim železnicam. Železniški promet bi se ne bil

nikdar povzpel do sedanje višine, ko bi ne imel na svoji strani zvestega pomočnika v obliki galvanskega toka. Varnost za potujoče občinstvo in železniško osobje bi ne bila nikdar na toliki stopnji, ko ne bi električni prevodniki spremljali in prepregali železniških prog. Vsaka postaja je zvezana z drugo s telegrafskim aparatom in občuje z vso črto, kadarkoli je treba. Brzojavne priprave, s katerimi pošiljajo uradniki službene in privatne depeše v oddaljene postaje, so popolnoma jednake onim, ki se rabijo na navadnih telegrafskih progah. Pri nas se vrši govor s pomočjo Morse-jevega pisalnega aparata, Angleži segajo še vedno po iglastem brzojavu, a praktičnim Amerikancem zadošča večinoma neka vrsta Morse-jevih aparatov, ki ne daje stalnih znamenj, temveč le s trkanjem naznanja vsebino brzojavke. Poleg teh nam že znanih priprav za navadni telegrafski promet pa potrebuje železnica še

Slika 216.



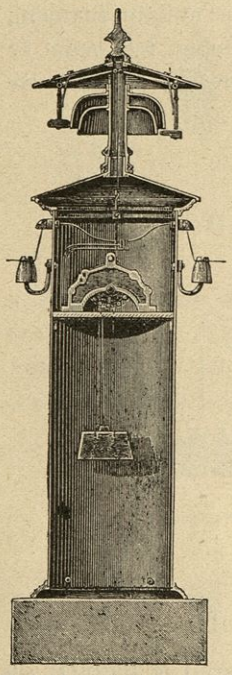
Poziv in odziv.

druzih električnih signalnih aparatov, katerim je naloga, da dajejo važna znamenja na preprost, viden ali slišen način.

V prvi vrsti omenjamo linijske signale, katere pozna čitatelj vsaj po vnanji obliki. Glavne železnice imajo ob progi svoje čuvaje, ki v določenih presledkih nadzirajo cesto, odpirajo in zapirajo prehode in sploh skrbe za varnost podrejenega jim oddelka. Čuvajem je treba dati znamenje, ko se bliža vlak. V ta namen so postavljeni linijski signali, ki z udarci na zvonec opozarjajo čuvaja in občinstvo na prihajajoče vlake. Ti električni zvonci se razločujejo od navadnih hišnih električnih zvoncev; pri njih ne premika klepca električni tok, temveč to mehanično delo opravlja posebna utež, katero čuvaj po potrebi navija. Električni tok le sprožuje utež, da začne goniti kolesje ter premikati kladivce. Ko bi hoteli neposredno s tokom vzbujati klepce,

bi potrebovali preveč električne energije za mnogoštevilne signale ob progi. To energijo mora brezplačno dajati čuvaj, ko navija urno kolesje, a električni tok prevzame manjšo in lažjo nalogo sproževanja. Na podobi 217. je naslikan stebrič za linijske signale, kakršnega postavlja tvrdka Siemens & Halske ob naših železnicah. Na zidanem temelju ali pa na podlagi od litega železa se dviga valjast stebrič od železne pločevine; v njem je nameščen mehanizem, na svoji strehi pa nosi velik zvonec. Urno kolesje goni utež; do kladivca poleg zvonca so od kolesja napeljane potezne žice, ki kladivce dvigajo in sprožujejo. Na vnanji steni hišice sta v višini urnega kolesja nameščena izolatorja, na katera sta privezana konca tokovoda; od izolatorjev gresta žici po porcelanskih ceveh v notrino stebriča, kjer vzbujata elektromagnet. Stebrič ima seveda posebna vratca, ki dovoljujejo pristop do notranjega mehanizma; v vratcih se nahaja majhna luknjica, v katero vtika čuvaj ključ, ko navija kolesje.

Slika 217.



Stebrič za linijske signale; vertikalni prerez.

Druge vrste varnostnih priprav ob železni progi so distančni signali. Naloga jim je, da varujejo določeno mesto; postavljeni so v primerni razdalji od tega mesta, ter prihajajočemu vlaku pravočasno poročajo dogovorjeno znamenje, n. pr. «stoj!», «pot prosta!» i. t. d.

Dotične priprave nosijo barvan krog ali kolut, ki se primerno vrti, da vlaku kaže jedno ali drugo ploskev ali pa samo svoj rob. Mesto koluta uporabljajo tudi dolge vetrnice, ki z različno lego podajajo signale. Po noči nadomeščajo kroge in vetrnice močne svetiljke, pred katere potiska mehanizem rdečo, zeleno ali belo stekleno pločo.

Poprej je distančne signale prestavljal čuvaj na licu mesta, sedaj pa to že čestokrat opravlja električni tok; z njim postavlja uradnik, sedeč v svoji pisarni, oddaljene kolute ali vetrnice, oziroma z njimi zvezane barvane steklene ploče v predpisano lego ter daje potrebne signale, ne da bi moral hoditi do vsake priprave posebej.

Premikanje težkega telesa, ki rabi v signale, izvršuje seveda urno kolesje z utežjo; električni tok kolesje le sprožuje ter primerno urejuje zvezo kolesja in osi, na kateri je pritrjeno pregibljivo telo, da se pojavljajo zahtevane lege.

Ker je električni del distančnih signalov jako preprost ter sestoji poglavitno le iz elektromagneta, ki priteguje kotvico, se ne bodemo

spuščali v podrobnejši opis teh aparatov; njih konstrukcija zanima bolj navadnega mehanika nego elektrotehnika.

Med jako važne varnostne priprave na železnicah spadajo tudi razni varovalni signali, ki čuvajo vlak na prosti progi in mu zabranjujejo vhod na koloteč, na katerem že stoji drug vlak. Železniške proge so navadno razdeljene v več oddelkov; na koncu vsakega oddelka stoji signal in vlak ne sme prej na prihodnji oddelek, dokler mu tega signal ne dopušča. Dotične signale postavlja električni tok, ali pa jih premika čuvaj s svojo roko, ko mu sosednji tovariš naznani, da se bliža vlak.

Taka znamenja si dajo čuvaji električnim potom; v to svrho je najbolj priljubljena priprava, katero je izumila tvrdka Siemens & Halske. Čuvaj dobi obvestilo o bližajočem se vlaku, ob jednem pa električni tok stoprav z došlim obvestilom odpre varnostni mehanizem; čuvaj je potem primoran, da ravno v določenem času postavi znamenje v primerno lego.

Tudi varovalni signali ne morejo biti na tem mestu predmet širšega opisovanja; zadošča naj, ako poudarjamo, da jih je mogoče dajati in oskrbovati jedino le s pomočjo električnih tokov, teh zvestih spremljevalcev vožnje na železnici.

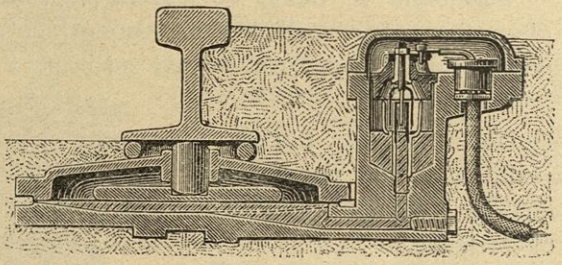
Kontrolni ali prigledni aparati za hitrost vlaka so v sedanjem času istotako velevažen del večjih in živahnejših železniških prog, na katerih se morajo vlaki strogo držati predpisane hitrosti, da ne trčijo drug ob druzega. Železniška uprava se ne more absolutno zanašati na poštenost in treznost svojih uslužbljencev; zato posega po priglednih pripravah, ki samodelno naznanjajo hitrost vsakega vlaka. Mislimo si, da so na vsej progi v jednakih presledkih pritrjeni tipači, katere pritiska memo drdrajoči vlak; od tipačev so napeljani elektrovodi do postaje, kjer se nahaja Morse-jev pisalni brzojav. Ko pritisne kolo na tipač, se napravi na papirnatem traku brzojavnega aparata znamenje, in če se papir jednakomerno odvija, lahko spozna uradnik po nastalih znakih, na katerem mestu se vlak ravno nahaja in s koliko hitrostjo se vozi.

Ker ima vlak velikansko težo in ne drdra ravno rahlo po šinah, morajo biti prigledni tipači povsem drugače zgrajeni nego navadni električni ključi. Ogromnega pritiska lokomotive in vagonov ne kaže neposredno izkoriščati, temveč bolje je, da uporabljamo upogibanje šin za dajanje kontaktov. Vlak namreč nekoliko skrivi elastično šino, ko se pelje čez njo; nastali majhni upogib že lahko zadošča, da napravimo električni kontakt. Nekatere tvrdke polagajo v ta namen pod šine nejednakoramen vzvod; krajša rama sega pod šino, daljša pa nosi na prostem koncu pripravo za kontakt. Neznatni upogib šine se z daljšo

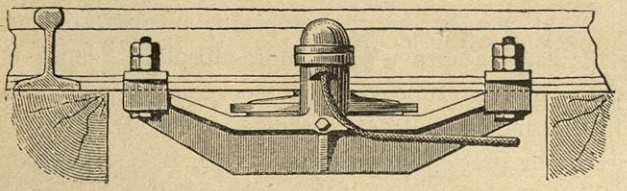
vzvodovo ramo jako poveča in zato je kontakt zagotovljen, ko gre vlak čez dotično mesto.

Tvrdka Siemens & Halske je zgradila kontrolni aparat za hitrost vožnje po drugem principu. Mesto vzvodov jej služi hidravlično prenašanje upogiba od šine do kontakta. Njeno metodo razlagata sliki 218. in 219. Prva slika je risana v večjem merilu nego druga ter nam kaže počezni prerez čez cesto, oziroma čez jedno šino; druga slika ima manjše merilo in predstavlja podolžni del šine med dvema pragoma. Pod šino leži nizka okrogla posoda od litega železa, ki ima sredi pokrova vdejan masiven bat. Ko se šina upogne, pritisne bat navzdol v posodo. Bat stoji s spodnjim koncem na debelejši pločí, katera počiva na tenki jekleni opni. Opna pokriva in zapira spodnji pločnati del posode, ki je napolnjena z živim srebrom. Od tod vodi ozka cev do lonca, katerega opazimo na prvi sliki prerezanega poleg šine. Upognjena šina pritisne na bat in ta na opno; opna pritiska dalje na živo srebro ter ga stiska po cevi v lonec, kjer se izliva v zgornji, nekoliko širši prostor. Ta prostor je pokrit s stekleno pločico, skozi katero mole vanj trozobate, dobro izolirane vilice.

Slika 218.



Slika 219.



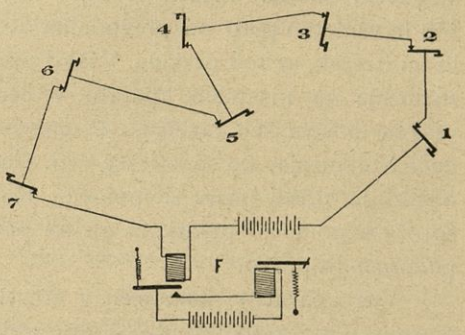
Kontakt tvrdke Siemens & Halske.

Zgornji konec vilic je zvezan s prevodnikom, ki prihaja od zunaj v lonec. Dvigajoče se živo srebro dospe končno do izoliranih vilic; v tem hipu se napravi kontakt, kajti vilice so v zvezi z zunanjim tokovodom, živo srebro pa je potom železnega lonca staknjeno z zemljo. Ko je vlak odšel, se šina zopet dvigne, z njo vred pa se dvigne tudi elastična jeklena opna, posrka živo srebro nazaj v posodo, ter pretrga kontakt.

Prereza posode z živim srebrom in cevi v loncu sta si kakor 600 : 1; zato se mora že pri najmanjšem upogibu šine živo srebro izdatno dvigniti kvišku.

Brzojavi za požarne brambe. Požarne brambe morejo samo tedaj ustrezati svoji nalogi, ako prihajajo gasilci z brizgalnicami pravočasno na gorišče. Zategadelj so priprave, katere brzo naznanjajo nastale požare, velikega pomena za vsako večje gasilno društvo. Streljanje iz topov, znamenje z govorili, zvonjenje i. t. d. so pač sredstva, ki so svoje dni ustrezala, a v dobi električnega toka je umevno, da električna sila tudi pri gasilnih društvih izpodriva stare srednjeveške signale. Električni tok je najhitrejši in najzanesljivejši sel in izlasti v večjih mestih bi bil moderni razvoj gasilnih priprav nemogoč, ko bi ne imeli na razpolaganje električnega toka.

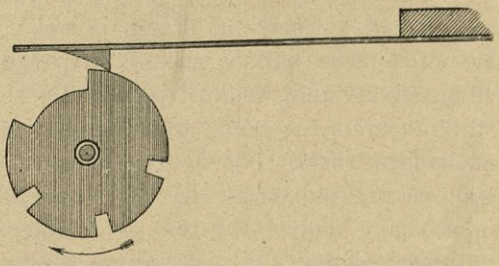
Slika 220.



Stikanje pri požarnem telegrafu.

Najprej so rabile požarne brambe navadne telegrafske aparate, osobito pa kazalne brzojave, ki so bili nameščeni na stražnicah in javnih mestih, od koder so stražniki ali drugi javni činovniki poročali požarni brambi, kje in kaj da gori. Pozneje so izumili priprave, s katerimi more občinstvo samo klicati požarno brambo, ki po pozivališču na jednostaven način spozna, odkod da prihaja klic po pomoči. Tako so nastali samodelni požarni telegrafi, ki so zdaj razširjeni po vseh večjih mestih kulturnega sveta.

Slika 221.



Mehanično dajalo za požarne brzojave.

Uredbo take priprave kaže šematična slika 220. Pozivališča 1 do 7 so med seboj in s postajo požarne brambe F zvezana v jeden tokov krog. Na vsakem pozivališču je nameščen ključ, ki v normalni legi sklepa tokov krog, da more tok, prihajajoč iz baterije v centrali F, krožiti skozi vsa pozivališča. Ako pritisnemo na gumb tipača jednega ali druzega pozivališča, prekinemo tok in damo znamenje v centralo, kakor se to godi sploh pri telegrafskih napravah, ki delujejo z mirujočim tokom.

Jednostavno znamenje pa v tem slučaju še ne zadošča, kajti požarna bramba mora tudi vedeti, od katerega pozivališča je bilo poslano

znamenje v centralo. Ker od navadnega človeka ne moremo zahtevati, da bi znal pravilno brzojavljati, je treba skrbeti, da tipač ali dajalo samodelno naznani centrali svojo postajo. Tvrdka Siemens & Halske je zgradila v ta namen mehanično dajalo, katero vidimo na sliki 221. Majhno medeno kolesce, imajoče na periferiji razne izrezke, je pritrjeno na kovinski osi, katero vrti urno kolesje. Po obodu kolesca drše zob, sedeč na koncu vzmetega peresa. Kolesce je v zvezi z jednim koncem tokovoda, vzmetno pero pa z drugim. Ko se kolesce vrti, drše zob po njegovem obodu. Dokler je obod nepretrgan, kroži tok skozi kolesce, zob in vzmetno pero od prevodnika do prevodnika, a ko skoči zob v izolirani izrezek, se tok prekine. Vsako prekidanje toka provzroči Morse-jevo znamenje na pisalnem aparatu v centrali; ako so izrezki kolesca na vsakem pozivališču različni, je umevno, da daje vsako pozvališče drugačna znamenja, ko se kolesce vrti. Čuvaj v centrali torej lahko spozna, odkod je prišel poziv za pomoč. Kolesje, ki goni medeno kolesce, se sproža s pomočjo pritiskalnega ali poteznega gumba ali s kako drugo podobno pripravo.

Ves aparat je nameščen v omarici s steklenimi vrati. Kdor hoče alarmirati požarno brambo, mora steklo razbiti, da pride do pritiskalnega gumba. Ta uredba je zategadelj potrebna, ker bi se bilo sicer bati, da bi razni poulični postopači uganjali nedopustne burke s požarno brambo, ko bi jim bil gumb brez vsake težave pristopen. Stekla se pa vendar ne upa vsakdo brez potrebe razbiti, in to tem manj, ker žvenkljanje šip privabi bližnje občinstvo, ki začne popraševati po požaru in s svojim zanimanjem vsekako ovira zlorabo aparata.

Nekateri naznanilniki požara so tako zgrajeni, da mora človek z roko sukati kolesce; pri drugih je treba najprej z ročico naviti kolesje, ki potem žene kolesce naokoli. Aparati tretje vrste naznanjajo s številom vrtežev tudi kolikost požara. Če se ročica n. pr. dvakrat, trikrat, štirikrat zavrti, se ravno tolikrat zavrti tudi kolesce, ter naznani s ponavljanjem znakov, da je ogenj male, srednje ali velike razsežnosti. Izkušeni praktiki trdijo, da se naznanilniki te vrste malokdaj pravilno uporabljajo, kajti občinstvo se v svojej razburjenosti le prerado zmoti v številu vrtežev. Od navadnega človeka, ki brez sape prileti naznanjat požar, se menda v istini ne sme več zahtevati in pričakovati, kakor da razbije steklo, da potegne za gumb in da končno še počaka pri naznanilniku, dokler ne prihiti iz poklicane postaje oddelek požarne brambe, kateremu ustmeno razloži potrebne podrobnosti.

Požarne brambe se poslužujejo tudi samodelnih naznanilnikov, ki jih brez človeške pomoči obveščajo o nastalih požarih. Aparat te vrste je medena škatla; mesto pokrova ima tenko opno, nad katero je nameščen kontakten klinec. Škatla se pritrdi na stropu

dotičnega prostora, katerega hočemo zavarovati proti požaru, oziroma v katerega hočemo pravočasno poklicati požarno brambo. Ako nastane v sobi ogenj, se zrak hitro razgreje ter podeli svojo toploto tudi škatli; zrak v njej se toliko raztegne, da dvigne tenki elastični pokrov kvišku, opna se zadene ob kontaktni klinec, tedaj pa tudi sklene električni tok. Zanesljive take priprave seveda niso, kajti le prerado se pripeti, da je že vsa soba v plamenu, ko šele začne samodelni naznanilnik klicati po pomoči.

Zanesljivejše delujejo samodelni naznanilniki, ki poročajo, da je v kakem prostoru temperatura prekoračila določeno stopnjo ali pa da je padla pod njo.

Najjednostavnejše priprave, ki so zgrajene v ta namen, sestoje iz navadnega toplomera, kateremu je v kroglico z živim srebrom vtopljena platinova žica. Druga jednaka žica je vdelana v zgornji del cevi ter sega do one stopnje, pri kateri naj se priprava oglasi. Toplomer je s svojima žicama vdejan v tokov krog, v katerem se nahaja tudi električen zvonec. Ko se dvigne živo srebro do kritične stopnje, se dotakne platinove žice in sklene tok. V tem hipu zazvoni zvonec in obvesti uslužbljence, da je dopustna temperatura prekoračena.

Ako naj priprava naznanja, da je padla toplota pod določeno stopnjo, je treba uporabiti stikanje z mirujočim tokom; tedaj se tok prekine, ko živo srebro toliko pade, da se loči od platinove žice. V tem trenotku se zvonec oglasi ter pokliče ljudi.

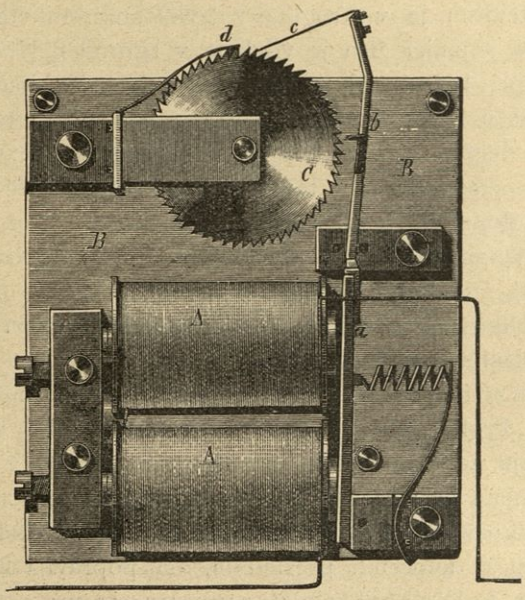
Telegrafija za naznambo časa. Ta panoga elektrotehnike se peča s tremi nalogami. Prvič hoče na oddaljenem mestu redno naznanjati čas, kakor to delajo navadne ure s kolesjem; to je časovna telegrafija v ožjem pomenu besede. Drugič poudarja samo določene časovne oddelke in daje takozvane časovne signale. Tretjič pa naj na navadne ure tako vpliva v določenih presledkih, da popravlja njih napačni tek, kar imenujemo telegrafično uravnavanje ur.

1. Električna kazala. Pri električnih kazalih, s katerimi trajno naznanjamo čas, je treba s pomočjo električnih sunkov vrteti kolo, ki s posredovanjem večjega ali manjšega števila zobatih koles premika kazalce na cifrenici. Električni sunki se morajo v določenih presledkih ponavljati, recimo od sekunde do sekunde, ali pa od minute do minute, a vselej mora kazalec primerno dalje poskočiti. Tokove sunke odpošilja navadna dobra ura, ki lahko celo vrsto kazal preskrbuje z istočasnimi vzbudami.

Električna kazala so v obče podobna kazalnim brzojavom, katere že poznamo iz prvega oddelka tega poglavja. Ako nadomestimo pri takem aparatu črke z minutami in urami ter zvežemo kazalčevo os s kolesjem, ki goni kazalec za ure, dobimo električno kazalo, ki ne po-

trebuje nikakega podrobnega opisovanja. Tako električno kazalo nam razlaga slika 222. Izumila ga je tvrdka Siemens & Halske. Dvokraki elektromagnet A pritegne k sebi jednoramen vzvod, katerega vleče prožno pero v nasprotno mer. Na koncu vzvoda se nahaja prot c, ki potisne stopnjato kolo C za jeden zob dalje, kadar elektromagnet vzvod k sebi potegne. Da se stopnjato kolo ne premakne več kakor za jeden zob, je pritrjena na vzvodu majhna zatika b, katera poseže med zobe, ko se kolo za jeden zob premakne, ter zabrani daljnje vrtenje. Tokovi sunki se vrste v pravilnih presledkih in zategadelj se stopnjato kolo in njegov kazalec vrtita sinhronsko s centralno uro, od katere prihajajo tokovi sunki. Kako je stopnjato kolo s pomočjo kolesja zvezano s kazalcem za ure, nam pač ni treba posebej razlagati; o tej zvezi se lahko poučimo pri vsaki navadni stenski uri.

Slika 222.



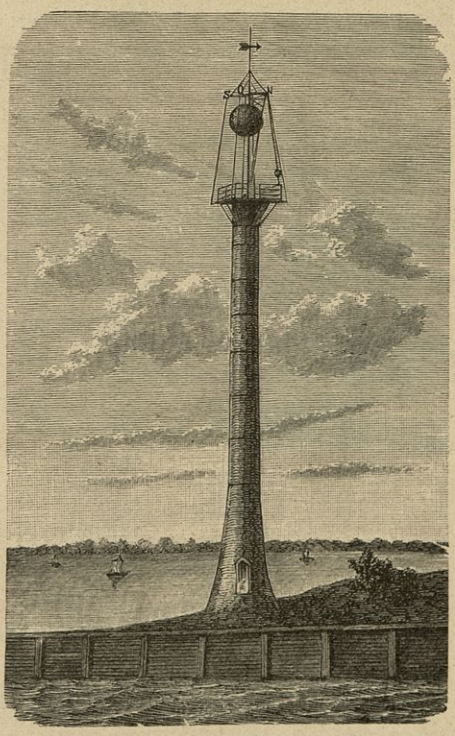
Kazalo tvrdke Siemens & Halske.

Elektriki in mehaniki so izumili celo vrsto jako finih in duhovitih priprav za prenašanje tokovih sunkov na kazalo; zgrajene so deloma za istomerne, deloma za izmenične toke. Vendar bi prišli predaleč, ko bi hoteli slediti vsem dotičnim konstrukcijam, ki so si več ali manj podobne. Vse uporabljajo magnetične učinke galvanskega toka in razlikujejo se le v mehaničnem oziru, kar pa končno bolj zanima urarja nego elektrotehnika.

Tokovi sunki se pošiljajo posamičnim uram od dobre centralne, normalne ali primarne ure, ki v določenih presledkih — vsako sekundo, vsaki dve sekundi, vsake pol minute ali vsako minuto — sklepa tokov krog ter poganja kazalce priklopljenih ur. V ta namen je centralna ura opremljena s primernimi kontakti. Take kontakte najlažje napravimo, ako pritrdimo na vsako stran nihala vzmetno kontaktno pero; ko zadene nihalo ob kontakt, sklene tok, in tokov sunek gre dalje.

Čeravno je upor, katerega stavi kontaktna vzmet nihalu, neizrečeno majhen, ovira vendar kolikor toliko gibanje nihala, in ura ne gre povsem natančno. Da bi zmanjšal ta upor, je Tiede pritrdil na nihalo kotasto ukrivljen prot od platina, ki s svojo ostrino pri vsakem razmahu prereže kapljico živega srebra, nahajajočo se pod protom. Kapljica moli iz cevke, ki je napolnjena z živim srebrom ter nameščena na urni omarici; spodaj ima vijak, s katerim se živo srebro toliko dvigne iz cevke, da tvori zadostno kapljico. Ker je živo srebro zvezano z jednim, nihalo pa z drugim koncem tokovoda, se tok vselej sklene, ko prot prereže živosrebrno kapljico.

Slika 223.



Časovna krogla.

Če zadošča, da normalna ura odpošilja tokove sunke le od minute do minute, izhajamo z navadnimi drsalnimi kontakti, ki so nataknjeni na os sekundnega kazalca. Pri vsakem polnem vrtežu kazalca se zvrši po jeden kontakt, oziroma odpošlje se jeden tokov sunek do sekundarne ure.

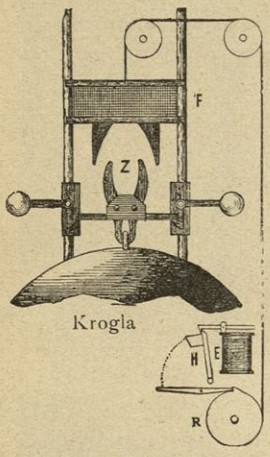
Tudi pri uredbi kontaktov na normalnih urah se odpira urarski umetnosti široko polje in vsak urar, ki se peča s to stroko, ima kaj posebnega in dobrega v svojih konstrukcijah, katerim pa tu ne moremo natančneje slediti.

Velikansko električno uro, ki vzbuja 624 druzih ur, so postavili letos na kolodvoru železnice Great Eastern v Londonu. Cifrenica jej je 6·50 m visoka in mali kazalec tehta 70 kg. Tek vseh ur, katerim pošilja ta velikanka tokove sunke, je toliko natančen, da se nekatere v jednej četrti leta komaj za $^1/_{500}$ sekunde razlikujejo od osrednje ure. Vsako prehitevanje ali zastajanje priklopljenih ur se takoj samodelno javlja na posebnem aparatu v centrali.

Kot drugo nalogo telegrafije za naznambo časa smo označili dajanje časovnih signalov. Dotične priprave ne pošiljajo oddaljenemu

kolesju rednih tokovih sunkov, temveč dajati morajo ob določenem času, recimo točno ob dvanajsti uri opoludne, daleč vidno, kratko znamenje. Po tem znamenju spozna občinstvo pravi čas in uravnava ter popravlja svoje ure. Časovni signali so največjega pomena za brodarstvo, ki je navezano na natančno določevanje časa, ako hoče sigurno pluti po brezpotni morski gladini. Brodarstvu v korist se zategadelj v primorskih mestih redno nahajajo priprave za časovne signale in sicer večinoma takozvane časovne krogle (slika 223.). Na visokem jamboru ali stolpu je pritrjena vertikalna palica, na kateri visi velika, daleč vidna krogla iz kake lahke tvarine, n. pr. iz vrbovih šibic. Kroglo drži v višini posebna zavora, imajoča podobo klešč. Točno ob določenem času (ob 12. uri) pošlje zvezdarna ali drug v to poverjen urad tokov sunek do krogle ter sproži njeno zavoro. Oproščena krogla smukne ob treh palicah navzdol ter s tem naznani mornarjem in prebivalcem mesta točni poldnevni čas.

Slika 224.



Sproževalni mehanizem.

Elektromehanizem za sproževanje zavore ali klešč vidimo na sliki 224. Časovno kroglo drže klešče Z. Došli tokov sunek vzbudi elektromagnet E, da pritegne kotvico k sebi. Vsled tega se oprosti kladivo H ter udari na zatiko kolesa R. Zatika se dvigne od zoba na kolesu, kolo postane prosto in težka klada F, noseča na spodnji strani dva drsalna zoba, lahko pade navzdol. Zoba stisneta klešče, da odpro spodnje čeljusti. V tem hipu švigne časovna krogla v globino.

Tretja naloga telegrafije za naznambo časa obsega telegrafsko uravnavanje navadnih ur. Pri tej vrsti električnih ur ne goni tok kazalcev z neprestanimi, rednimi sunki istočasno s kolesjem na osrednji uri, ampak tok le popravlja hojo sekundarnih ur. Uravnavanje se vrši na dva načina. Pri prvem se kazalci ob določeni uri s primerno pripravo ustavijo, oziroma dalje potisnejo; s tem se izravnavajo nejednakosti v hoji, ki so se do tedaj morebiti pojavljale. Pri druzih urah pa vpliva tok neposredno na hojo kolesja ter spravlja s svojim vplivom uro v soglasje s centralno astronomično uro. Prve priprave imenujemo urne naravnalnike, druge pa električne urne regulatorje.

Urni naravnalnik sestoji navadno iz dveh vzvodov, ki molita iz cifrenice na vsaki strani številke XII. Kolesje dotične ure je tolikanj skrbno narejeno, da je pri jednem obhodu kazalca razlika v gibanju

jako neznatna. Ko ura poteka in se tedaj minutni kazalec nahaja prav blizu številke XII., se nagneta oba vzvoda navzdol, objameta kazalec ter se postavita v jednaki razdalji od črte, ki označuje uro XII. Če se je bil minutni kazalec nekoliko zamudil, ga levi vzvod potisne naprej na pravo mesto, če pa je bil nekoliko prenagel, ga desni vzvod sune primerno nazaj. Čez nekaj sekund se vzvoda zopet razmakneta in oproščeni kazalec nadaljuje svojo pot. Škarjasto približevanje in razmikanje obeh vzvodov provzroča elektromagnet, ki je skrit za urno cifrenico.

Pri električni regulaciji ur vpliva tok neposredno na hojo ure, ter skrbi za to, da gredo sekundarne ure z isto točnostjo, kakor natančna ura v centrali. Da se to doseže, vpliva tok na nihalo ter uravnava trajnost njegovega nihanja.

V centrali (zvezdarni) se nahaja astronomična ura, ki s pomočjo kontaktov, ki se vrše ob njenem nihalu, v določenih presledkih, recimo, vsako drugo sekundo, pošilja tokove sunke, trajajoče $^1/_{10}$ sekunde, do ur druge vrste, ki so nameščene v oddaljenih postajah. To so navadne ure z nihali, katere sili osrednja ura, da gredo ž njo povsem jednako. Nihalo vsake ure nosi na skrajnem koncu horizontalno žično tuljavo, od katere sta napeljani končni žici navzgor po nihalu in od tod dalje v tokov krog. Na jedni strani urne omarice je v višini žične tuljave pritrjena magnetna palica, čez katero se tuljava s svojo odprtino poganja, ko se nihalo giblje proti dotični strani. Tuljava ima toliko odprtino, da se palice nikdar ne dotakne, temveč jo le prosto obsega; ko švigne električni tok po žičnih ovojih, potegne magnetna palica tuljavo k sebi; če nihalo niha prepočasi, ga požene, če pa prehiteva, ga ustavlja. Recimo, da odpošilja osrednja ura tokove sunke ravno v onih trenotkih, ko je njeno nihalo na skrajnem razmahu. Ako je tudi nihalo kake sekundarne ure v tej legi, in sicer na oni strani, kjer je pritrjena magnetna palica, nima privlačna sila med palico in ovoji nikakega vpliva na nihanje, kajti v tem hipu postoji nihalo za jeden trenotek, a ko se vrne nazaj, je tok že izginil. Če pa je bilo nihalo nekoliko zaostalo, in se še ni pognalo do skrajne meje čez magnetno palico, ko je došel tokov sunek, se takoj pokaže vpliv privlačnosti in nihalo se hitreje giblje.

Na jednak način se javlja učinek magneta, kadar nihalo prehiteva, ko pada navzdol in kadar tuljava prehitro zapušča magnetno palico. Vsled privlačevanja se padajoče nihalo ovira in zategadelj zaostaja tudi ura. Nihalo je potemtakem prisiljeno, nihati s tokovimi sunki, ali kar je jedno in isto, z nihalom osrednje ure, v jednakem taktu; normalne ure gredo povsem jednako z osrednjo uro.

Pri dosedaj opisanih aparatih smo videli, da tok vzbuja oddaljene ure in da služi za natančno naznambo časa bodisi na jeden ali drugi način. Električni tok pa je tudi izborno sredstvo za določitev časovnih dogodkov in za merjenje majhnih časovnih delov. Fizikalna veda, izlasti pa astronomija, potrebuje za svoje namene sila natančnih določitev časa, katerih ni mogoče izvrševati s človeškimi čutili. To nalogo rajše poverimo galvanskemu toku, ki z nečuveno točnostjo in zanesljivostjo ustanavlja pričetek in konec kacega dogodka ter meri njegovo trajnost, ob jednem pa celo zariše dobljene podatke.

Za določevanje majhnih časovnih delov, njih pričetka in konca, so zgradili aparat, kateremu pravijo kronograf. Princip kronografa je zelo jednostaven. Na jednem kraku glasbenih vilic je pritrjen majhen klinček; vilicam in klinčku nasproti se vrti bobnič, ki je ovit s sajastim papirjem. Tresaji glasbenih vilic so jako pravilni in trajnost jim je zelo majhna. Ako se vilice tresejo, se trese tudi klinček na njihovem koncu, ter riše tresaje vilic z belo črto na sajastem papirju. Ker se ob jednem tudi bobnič vrti, nastane vsled kombinacije obeh gibanj valovita črta na papirju. Vsak val pomenja jednak časovni del. Da se po dokončanem jednem vrtežu bobniča novi znaki ne rišejo po prejšnji valjavici, so glasbene vilice vtaknjene v suport, katerega premika vijak dalje, kakor pri znani stružnici za rezanje vijakov. Vsled tega premikanja se narisane črte nikdar ne krijejo, temveč napravljajo zavojito pot okoli valja. Neprestano tresenje glasbenih vilic provzroča elektromagnet, ki deluje s privlačevanjem in odbijanjem na jeden krak vilic ter daje potrebne impulze.

V določenem času se napravi na papirju določeno število valovnih vrhov in dolov. Ako drug elektromagnet s povprečnimi črtami označuje pričetek ali konec kakega dogodka, spoznamo iz števila valovnih vrhov, koliko časovnih delov je trajal dogodek, ob jednem pa vemo, kedaj se je pričel in kedaj je prenehal. Tako moremo določati stotinke, tisočinke ali še manjše dele jedne sekunde povsem zanesljivo in pripravno.

Sorodnih aparatov se poslužuje tudi moderna fotografija, ko slika n. pr. kroglo, izstreljeno iz puške ali topa, in določa njeno hitrost. Leteča krogla pretrga na dveh krajih svoje poti nastavljen tokov krog ter v istem trenotku vzbudi elektromagnet, ki zariše na valoviti črti kronografa pričetek in konec dotične kratke poti, ob jednem pa odpre in zapre momentno zapiralo primernega fotografskega aparata. Tako se posrečijo precej natančne fotografije izstreljenih krogel; celo vale, katere tvori komprimirani zrak pred kroglo, opazimo na takih slikah.

Glasovalni telegraf. V deželnih in državnih zborih vzame glasovanje dokaj drazega časa in provzroča mnogo protestov in prepirov, kajti manjšina rada trdi, da se je predsednik pri seštevanju

glasov hote ali nehote zmotil. V novejšem času se je pridružilo tem neprilikam še sloveče glasovanje po imenih, s katerim obstrukcijske stranke zavlačujejo zborovanje ter ovirajo zakonodajne posle parlamentarne mašine. Zategadelj bi morali parlamentarni krogi z veseljem pozdravljati glasovalni telegraf, katerega je izumel Werner pl. Siemens. Morali bi se podvizati, da ga kar najhitreje vpeljejo v zbornice ter se z njegovo pomočjo povrnejo k hitrejšemu in uspešnejšemu poslovanju. Čeravno se to še nikjer ni zgodilo, vendar ne bodemo trdili, da nekaterim parlamentom ni do resnega dela; tu hočemo le opozarjati, da je Siemensova iznajdba jako zanimiv, jednostaven in popoln aparat, ki bi lahko temeljito odstranil označene nedostatke. Glasovanje se s pomočjo tega telegrafa takole vrši: Vsak poslanec ima na svoji mizi dve stikalni pripravi; jedna služi za glasovanje z «da», druga pa za glasovanje z «ne». Stikali delujeta samo tedaj, če se vtika vanje poseben ključ, ki ima za vsakega poslanca drugo obliko, da se prepreči vsaka zmota in zloraba. Ko so vsi poslanci s svojimi ključi sklenili kontakte, večina seveda z «da», opozicija pa z običajnim «ne», zavrti sluga ročico na aparatu in takoj se pokaže rezultat glasovanja; na prvi ploči se bliščí število glasov z «da», na drugi število glasov z «ne» in na tretji skupno število vseh glasovalcev. A to še ni dovolj; na papirnatem traku, na katerem so tiskana imena vseh poslancev, je označeno poleg imena vsacega poslanca tudi njegovo glasovanje. Trak roma seveda k aktom ter služi še poznim rodovom v dokaz, kako so se vedli njih poslanci in kako so zastopali njih interese.

D. Telegrafija brez žice.

Pri vsakem telegrafskem prometu smo navezani na tokovodne žice, ki so napeljane od postaje do postaje. Že razmerno zgodaj so jeli telegrafski tehniki misliti na to, kako bi se otresli teh ovir in kako bi pošiljali tokove sunke v daljavo brez tokovodov. Nekateri so se hoteli temu idealu telegrafije približati z uporabo višjih zračnih plastij, drugi z uporabo vode, a tretji s pomočjo zemeljske skorje. Leta 1894. se je posrečilo načelniku angleške telegrafske uprave, W. H. Preece-u, brez žic pošiljati brzojavke po morski vodi 8 km daleč, in v Berolinu je Erich Rathenau s posredovanjem indukcijskih tokov telegrafsko občeval z ladjami ki so se vozile blizu bregov Wannskega jezera. Vse te zanimive, vendar pa nezrele in nepraktične poskuse je prekosil mladi italijanski inžener Guglielmo Marconi (por. leta 1874.), ki je na novi podlagi utemeljil telegrafijo brez žice ter jej dal uredbo, ki obeta dokaj večjih praktičnih posledic. Marconi je porabil slovečo Hertzovo iz-

najdbo o žareči elektriki in o njenem valovitem razširjevanju za zgradbo svojih aparatov. Hertzove poskuse smo opisali na strani LX — LXIV. Razložili smo tam, kako je genijalni eksperimentator s takozvanim sekundarnim prevodnikom sledil električnim valom ter doganjal, kje se nahajajo njih vozli in hribi. S sekundarnim prevodnikom moremo torej na oddaljenem mestu prestrezati električne vale in ž njih pomočjo inducirati električne toke. Ko bi bila Hertzova priprava dovolj občutljiva, bi jo lahko uporabljali za dajanje znakov, kajti s krajšim ali daljšim proizvajanjem električnih valov bi dobivali med koncema sekundarnega prevodnika iskre manjše ali večje trajnosti.

Leta 1890. je našel fizik Branly, da postane rahel kovinski prah, ki sicer stavi električnemu toku velik upor, boljši prevodnik, ako ga zadevajo električni vali. Na podlagi tega dejstva je angleški fizik Lodge sestavil aparat, ki je z velikim uspehom nadomeščal Hertzov sekundarni prevodnik. V stekleno cev, katera je bila na vsaki strani zatvorjena s kovinsko pločico, je natrosil kovinskih opilkov. Do končnih pločic sta bili napeljani žici tokovega kroga, v katerem se je nahajal tudi galvanski element in električni zvonec. Vsled velikega upora opilkov se zvonec ni glasil, čeravno je bil tokov krog sklenjen. Kakor hitro pa je zadel stekleno cev električen val, je začel zvonec zvoniti; to je dokaz, da se je zmanjšal upor v cevi. Zmanjšani upor traja toliko časa, dokler vsled kakega pretresa železni opilki ne izpremene medsebojne lege.

Če tedaj s Hertzovimi tresaji tvorimo električne vale, a na oddaljenem mestu postavimo Lodge-ev aparat, ki je z električnim zvoncem ali z Morsejevim pisalnim brzojavom v tokovem krogu galvanskega elementa, zadevajo pri primerni uredbi električni vali stekleno cev, zmanjšujejo upor kovinskih opilkov in provzročajo, da zvoni zvonec, oziroma da trka Morsejev pisalni aparat. Marconijeva zasluga je, da je dal posamičnim delom ugodno obliko in boljšo razvrstitev, kakor njegovi predniki.

Električne tresaje proizvaja Marconi z dajalom ali budnikom, ki ga je konstruiral prof. Righi v Bologni. Sestavljen je iz štirih krogel, izmed katerih sta vnanji dve zvezani s poloma krepkega induktorja, a osrednji dve stojita v posodi, napolnjeni z vazelinom; med njima se javljajo vzbujajoči električni tresaji. Za prejemalo služi Lodge-eva cev, ki je 2 do 2·5 mm široka. Cev zapirata dva, po 5 mm dolga srebrna zamaška, med katerima se nahaja samo 0·8 mm presledka. V tem presledku je natrošen kovinski prah, sestoječ iz nikljevih opilkov, katerim so pridejani 4% srebrnega praha. Marconi je nadalje opremil svoj aparat s pripravo, pri kateri tok sam stekleno cev pretresa in izpreminja njen upor. Ko namreč električen val zadene ob cev in s tem poveča prevodljivost kovinskega prahu, se vzbudi

samodelno prekidalo, ki je vtaknjeno v tokov krog. Klepec prekidala udarja na stekleno cev, kovinski opilki izpremene svojo lego, in njih prevodljivost se zmanjša. V imenovani tokov krog je vdejana še občutljiva priprega, ki s svojo kotvico sklepa in prekida tokov krog, v katerem je nameščen Morsejev pisalni brzojav. Če električni vali, prihajajoči od dajala, več ali manj časa vplivajo na stekleno cev prejemala, se tvorijo na papirnatem traku pisalnega aparata točke in črte Morsejevega alfabeta. Da se povečajo učinki aparata, je jedna izmed vnanjih krogel Righijevega budnika zvezana z zemljo, druga pa nosi pokončno žico, ki sega visoko v zrak. Istotako je prejemalo oboroženo z vertikalno žico, ki prestreza došle tokove vale.

Električni vali, katere izkorišča Marconi pri svojem aparatu, napravljajo po 250 milijonov tresajev v jedni sekundi. Na svoji poti prodirajo z večjim ali manjšim uspehom skozi nevodeča telesa, dočim jih vodeče mase zadržujejo.

Marconi se je s svojo iznajdbo obrnil na Angleško, kjer je že prej imenovanega načelnika telegrafske uprave Preece-a pridobil zanjo in z njegovo pomočjo napravil razsežne poskuse.

S početka je bila največja daljava, do katere je mogel Marconi brzojavljati z novim aparatom, k večjemu 3500 metrov. Tokovi vali se lahko tako ojačijo, da premagajo in predero razsežne nevodeče mase, n. pr. zidove in gore. Na tej poti se sicer močno oslabe, a z občutljivimi pripregami izvajajo se lahko zadostno razločna znamenja na pisalnih aparatih. Zato je izumitelj prepričan, da bode njegova telegrafija osobito za vojne namene mnogo koristila. Iz trdnjav bodo takorekoč čez glavo oblegajočega sovražnika pošiljali brzojavke oddaljenemu prijatelju in obratno od njega prejemali poročila. Izlasti pa more Marconijeva telegrafija brez žice dobiti velik pomen za brodarstvo. Postaja na bregu bode občevala z ladjo, ki jadra mnogo kilometrov daleč od brega, in narobe, prejemala bode od nje vsakojaka naznanila. Ravno tako si lahko ladje na visokem morju brzojavljajo ter govore jedna z drugo. Na morju je razdalja, ki dopušča pošiljanje brzojavk po Marconijevem sistemu, dokaj večja, kakor na kopnem. Z ozirom na očrtani pomen Marconijeve iznajdbe je sestavila italijanska mornarska vojna uprava odbor strokovnjakov, ki je meseca julija 1897. leta uprizarjal v bojni luki Spezzia obširne poskuse s to novo panogo telegrafije. Hoteli so dognati, kolik je pomen te iznajdbe za brodarstvo sploh in posebej za vojno mornarico. Med poskusi so imeli dajalo na bregu, prejemalo pa je bilo pritrjeno na krovu parnika, ki je bil najprej zasidran v luki, a pozneje je odjadral na visoko morje. Dobili so naslednje rezultate: 1. Pri ugodnih zračnih razmerah in sicer osobito tedaj, ko je atmosfera prosta električne napetosti, je mogoče telegra-

firati 16·5 km daleč. 2. Prisotnost električne napetosti v zraku onemogoči vsako občevanje z Marconijevem aparatom. 3. Tudi pri jasnem, vsake električne napetosti prostem zraku ovirajo, oziroma onemogočujejo telegrafiranje pomoli, poluotoki, otoki in hribi, ležeči med postajo na bregu in med ladjo na morju. 4. Tudi če ni ravnokar naštetih ovir, se zmanjša razdalja, v kateri še dohajajo razločne brzojavke, ako se ladja premika proti bregu, in se nahajajo jambori in dimniki na črti med prejemalom in dajalom.

Ob jednem je komisija dognala, da so kazali aparati še razne tehnične in električne nedostatke, kateri se pa odboru niso zdeli toliki, da bi jih ne bilo mogoče odstraniti.

Ti razmerno zelo ugodni poskusi so napotili angleško družbo Wirelles Telegraph and Signal Co., da je nakupila Marconijevo iznajdbo za 2 milijona mark, in sicer z namenom, izkoriščati jo za svarilne signale med bregom in memo jadrajočimi ladjami. Družba je uprizorila mnogo poskusov z zapadnega brega otoka Wight ter sistem v toliko popolnila, da so z uspehom pošiljali po morju brzojavke 30 km v daljavo, četudi so skrčili višino prestregovalnih žic od 45 na 30 metrov. Sedaj dela družba priprave za občevanje med Doverom in Calaisom, tedaj za telegrafiranje čez kanal, ki ima na tem mestu širino 48 km. Angleški telegrafski tehniki so povsem prepričani, da se bodo poskusi dobro obnesli, in da ima Marconijeva metoda veliko prihodnjost.

X. Telefon in mikrofon.

Reisov telefon. Bellov telefon. Škatlasti in žličasti telefoni. Višina, jakost in barvnost tonov. Mikrofon. Hughesov ogljeni mikrofon. Aderjev, Gower-Bellov, Theilerjev in Dejonghov mikrofon. Mikrofon tvrdke Mix & Genest. Berlinerov jednokontaktni mikrofon. Blake-ov mikrofon. Hunningov, Berlinerov mikrofon z ogljenim prahom. Induktivno prenašanje. Stikanje telefonskih aparatov. Klicalna piščal. Električni zvonci ali budilniki. Samodelno pretikalo. Zatično pretikalo. Linijski izbiralec. Telefonske centrale. Naznanilnik. Zvezni aparat. Izmenično stojalo. Mnogoterna pretikalnica. Mejmestni ali interurbanski telefonski promet. Različne uporabe telefona.

Telegrafija je dolgo časa zadoščala za prenašanje poročil v daljne kraje, a v novejši dobi se ji je pridružila tekmovalna iznajdba, ki na jednostavnejši način posreduje medsebojno občevanje dveh oseb. Pri brzojavnem prometu potrebujemo aparatov, ki sprejemajo in dajejo znake, tedaj posredoval, ki vsekako omejujejo popolno izkoriščanje časa. Te ovire so skoraj izginile z iznajdbo telefona, ki prenaša človeške besede neposredno od postaje do postaje ter dovoljuje govorjenje in slišanje na daljavo.

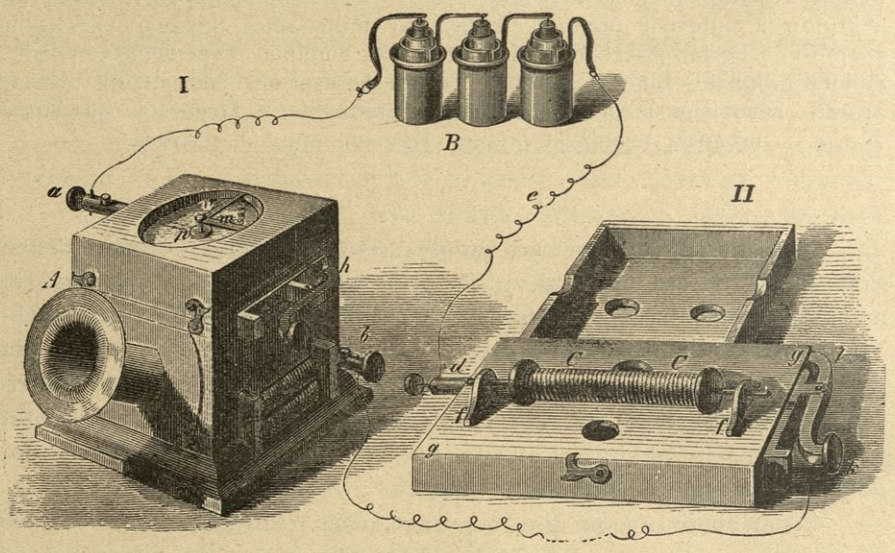
S telefonom se je na prej nepoznan način razširilo ustno občevanje in otvorila se je nova doba v odnošajih človeških. Govorjena beseda in ustno pomenkovanje imata v življenju ogromen pomen, in zato je telefonu zagotovljena velevažna uloga v sedanjosti in prihodnjosti. Čeravno ga poznamo stoprav dobrih 20 let, se razvija njegova uporaba nepopisno hitro in postal je širšim slojem prepotreben vsakdanji tovariš; lahko se trdi, da se bode telefonski promet v teku prihodnjih desetletij razširil po vsej zemlji kot poglavitno sredstvo za naglo, zanesljivo in preprosto občevanje.

Telefon v sedanji obliki je iznajdba Amerikanca Grahama Bella ter spada med najgenijalnejše aparate, kar jih pozna fizika, in to tem bolj, ker je njegova uredba tako jednostavna, kakor čudovito popolna. Bell sicer ni bil prvi, ki je poskušal zvoke in glase električnim potom pošiljati v daljavo, kajti že leta 1860. je Nemec Filip Reis konstruiral pripravo za električno prenašanje glasov ter jej dal ime telefon,

a njegov aparat ni imel nikakega praktičnega pomena, dočim je amerikanski izumitelj takoj nastopil z obliko, ki je ustrezala praktičnim potrebam; zato je pa tudi z njo mahoma priboril svetovno torišče.

Reis je bil s početka trgovski vajenec, a pozneje se mu je posrečilo postati učitelj; v tem novem stanu se je mnogo pečal z fizikalnimi vedami ter zgradil svoj telefon, katerega vidimo na sliki 225. Da bodemo aparat lažje razumeli, hočemo najprej opozoriti na znano poglavje iz akustike, ki nas uči, da je vzrok vsakemu zvoku tresenje zvenečih teles, tedaj neka vrsta gibanja. Naloga, prenašati zvoke električnim potom v daljavo, tedaj ni ničesar druzega, kakor prenašati

Slika 225.



Reisov telefon.

gibanje. Na jednem mestu (na jedni postaji) spravimo telo v tresaje; ti tresaji provzročajo električne sunke in toke, ki se širijo po tokovodih do druzega mesta, kjer vnovič provzročajo tresaje, rekše tone. Skratka: električna energija se pretvarja v energijo gibanja.

Elektrikom je bilo že dolgo znano, da elektromagneti v določenih slučajih proizvajajo tone, ako se električni tok hitro sklepa in prekida. To dejstvo je porabil Reis pri konstrukciji svojega aparata. Štirioglata lesena omarica ima spredaj zvočno cev A, v katero govorimo. Na vrhu omare je izrezana krožna odprtina, ki je pokrita z elastično opno. Ako govorimo ali pojemo v zvočno cev, se širijo zračni tresaji do opne ter jo spravijo v tresaje, ki so po številu in jakosti slični tresajem tona.

Sredi elastične opne je prilepljena platinova pločica p, ki je s pomočjo platinove žice v zvezi z jednim polom baterije B. Nad opno je pritrjen kotasti kovinski mostič n, ki nosi navzdol obrnjeno platinovo iglico; ta se pločice p toliko časa dotika, dokler opna miruje. Od mostiča je napeljan tokovod do prejemala II in od tod dalje do druzega pola baterije. Ko se jame opna tresti vsled govorjenja v zvočno cev, se zveza med pločico in iglo pretrga, kadar se opna navzdol izboči, in tok je prekinjen; ko pa se opna dvigne kvišku, se pločica dotakne igle, in tok je sklenjen. Vsak zvočni val torej tok jedenkrat sklene in jedenkrat prekine ter tako proizvede tokov sunek.

Prejemalo II sestoji iz resonančnega dna, na katerem leži pletilna iglica ali pletenka, noseča žično tuljavo CC, po kateri kroži galvanski tok. Pri vsakem tokovem sunku se pletenka pomagneti, a ko tok preneha, izgubi deloma svoj magnetizem. Vsled izmene v magnetizmu nastajajo toni, ki so slični onim, ki so bili govorjeni v zvočno cev dajala I.

Ostali deli na desni strani omarice I služijo za sklepanje toka, preden se prične prenašanje tonov, in za klicanje postaje, na kateri je prejemalo.

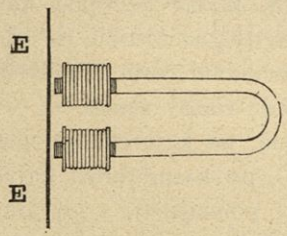
Reisov telefon prenaša muzikalne tone precej dobro, a za členovite glase se ne more uporabljati. Zato nam velja le za zanimiv pričetek in deloma za temelj, na katerem stoji moderna telefonija.

Graham Bell je pri svojem telefonu uporabil kovinske elastične opne in magnete ter z njih pomočjo proizvajal potrebne tokove sunke, oziroma tokove vale, ki so tresaje iz prve postaje prenašali na jednako opno druge postaje, ter tu vzbujali glase. Za boljše umevanje principa Bellovega telefona si oglejmo najprej sliko 226. Pred poloma dvokrakega permamentnega magneta je v posebnem okviru — ki pa v sliki ni označen — pritrjena tenka železna ploča EE, ki se vsled bližine jeklenega magneta sama začasno pomagneti. Na vsakem kraku magneta je nataknjena žična tuljava. Ako govorimo proti opni, udarjajo zračni vali nanjo, in ona se trese primerno z višino tona; sedaj se približa magnetu, sedaj se zopet oddalji od njega. Vsled gibanja ploče narašča in pojema število silokaznic, ki izstopajo iz magnetnih polov, in zato se vzbujajo v tuljavah inducirani toki določene meri.

Jednaka priprava se nahaja na drugi postaji; žični tuljavi sta zvezani v skupni tokov krog, kakor kaže slika 227. Pri tej sliki so uporabljeni jednokraki magneti, v ostalem pa je razvrstitev posamičnih delov jednaka, kakor na prejšnji podobi. Nastali indukcijski toki gredó po tokovodu do magneta druge postaje, kjer stopajo v žično tuljavo ter ojačujejo njegov magnetizem. Ojačeni magnet pritegne železno opno k sebi, ki se izboči proti polu ter napravi jednako gibanje kakor ploča prve

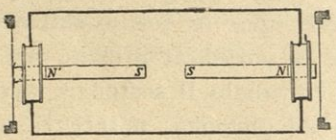
postaje; če se prva ploča od magneta oddalji, se vsled pojemajočega toka in svoje prožnosti oddalji tudi druga ploča od pola. Ako se tedaj prva ploča trese, napravlja druga ploča natančno iste tresaje. Ker je število tresajev prve ploče primerno višini tona, ki zadeva vanjo, izvrši

Slika 226.



Proizvajanje tokovih valov s tresočo železno opno.

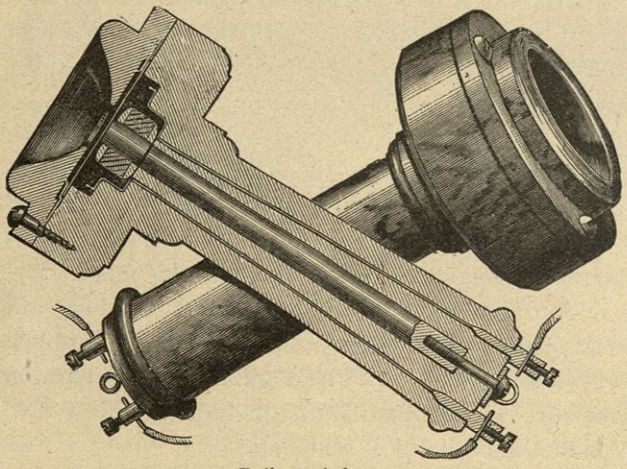
Slika 227.



Princip telefonskega prenašanja glasov.

tudi druga ploča ravno toliko tresajev v časovni jednoti. S svojim tresenjem pa vzbuja bližnji zrak in mu podeljuje iste tresaje, ki zadevajo končno ob bobnič našega ušesa in nam napravljajo dojem onega glasa, ki je bil govorjen proti prvi pločí.

Slika 228.



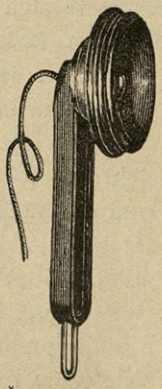
Bellov telefon.

Na označeni način se je Bellu posrečilo električnim potom prenašati tone. Ker pri njegovem aparatu tokovi sunki polagoma naraščajo in pojemajo, ker so tedaj tokovi sunki izpremenjeni v tokove vale, je njegov telefon dokaj bolj primeren bistvu človeškega glasu, kakor Reisov aparat, ki deluje le s hipnimi tokovimi sunki in njih naglimi presledki. Zategadelj prenaša Bellov telefon človeške glase povsem razločno in natanko. Ker je pri tem aparatu dajalo popolnoma jednako prejemalu, in se obe lahko zamenjujeta, je Bellova iznajdba tudi v mehaničnem oziru zelo jednostavna in skoraj nedosegljiva.

Slika 228. nam kaže dva Bellova telefona in sicer jednega v podolžnem prerezu. V cilindrastem lesenem trupu je nameščen jeklen magnet, imajoč obliko dolge palice Na zgornjem, severnem polu ima črevelj od mehkega železa, na katero je nataknjena tuljava z mnogimi tenkožičnimi ovoji. Konca žičnih ovojev sta napeljana skozi trup do spodnjih pritiskalnih vijakov, od katerih vodijo žice do telefona na drugi postaji. Glava lesenega trupa je razširjena in na njej leži opna od železne pločevine. Vrh opne je pritrjen ustnik, ki opno trdo drži in ji daje potrebno napetost. Ustnik je na sredi lijasto izdolben, da koncentrira govorjene glase, ter jih vodi proti sredini opne. Železna opna je 0·2 — 0·4 mm debela ter na vnanji strani lakirana, da se je rja ne prijemlje vsled mokre sape.

Francoski elektrotehniki izdelujejo telefone, pri katerih so vsi deli spravljeni v pločnati okrogli škatli brez držal. Gowerjev telefon n. pr. je nameščen v škatli, ki je le nekoliko večja nego navadna žepna ura. Škatlasti telefoni so sicer na prvi hip jako priročni, a izkušnja je pokazala, da se pri mnogokratni uporabi roka hitro utrudi, ko prijemlje s celo dlanjo za široki pločnati trup. Zategadelj je bolj priljubljena oblika žličastih telefonov, pri katerih tvori dvokraki magnet jako pripravno držalo. Žličasti telefon nam kaže slika 229. Take telefone uporablja tudi avstrijska telefonska uprava; lahko se reče, da so sedaj najbolj razširjeni in udomačeni po celem svetu.

Slika 229.



Žličasti telefon.

Pri vsakem tonu razločujemo tri elemente: Višino, jakost in barvnost tona. Višina tona je zavisna od števila tresajev v jedni sekundi, torej od števila tresajev železne opne v prvem telefonu. Ker tvori vsak tresaj prve opne primeren tokov val, se tudi druga opna povsem jednako giblje in provzroča tone iste višine. Jakost tona vpliva na gibanje open. Jačji toni potisnejo pločo bliže magnetnemu polu, oziroma izbočijo jo dalje od njega; zato so tudi nastali indukcijski toki jačji, oziroma slabši. Lahko tedaj umejemo, da sledi telefon vsaki izpremembi v višini in jakosti tona, katerega smo govorili vanj. Vendar pa to glede jakosti ne velja v popolni meri. Jakost je namreč na prejemni postaji izdatno manjša, kakor je jakost govora na oddajnem mestu. Tresoči se zračni delci morajo na prvi postaji svojo energijo najprej oddati železni opni, vsled česar se že velik del te energije poizgubi. Mehanična energija železne opne se pretvarja potem v električno in to pomenja novo izgubo. Na prejemni postaji se došla električna energija izpreminja nazaj v mehanično in tedaj se izgube zopet ponavljajo. Po tolikih pretvorbah se ne smemo

čuditi, da imajo toni na drugi postaji manjšo jakost, kakor na onem mestu, kjer jih človek govori v telefon.

Telefon prenaša pa tudi barvnost tona v daljavo. Človeški glas ima drug značaj, kakor ga imajo n. pr. gosli, piščali i. t. d., čeravno so morebiti dotični toni jednako visoki. Vsak ton ima nekaj posebnega, kar ga razločuje od jednako visokih tonov druzih proizvodnikov zvoka. To svojstvo tonov imenujemo njih barvnost. Po slovečih raziskih Helmholtzovih vemo, da ima vsako zveneče telo poleg svojega osnovnega tona še celo vrsto bolj ali manj jakih, takozvanih višjih harmoničnih tonov; števila njih tresajev so celotni mnogokratniki osnovnega tona, višji harmonični toni pa provzročajo barvnost zvenka. Število višjih tonov je različno; nekateri zvenki jih imajo mnogo, drugi pa zopet manj. Včasih je vrsta višjih tonov nepopolna; tudi so lahko nekateri jačji nego drugi, a vse to je merodajno za barvnost tona. Opisane razmere se docela ponavljajo pri telefonskem prenašanju glasov. Če se namreč na oddajnem aparatu jeden delec na kompliciran način trese in napravlja sedaj večje, sedaj manjše zamahe, če se giblje včasih hitreje, včasih počasneje, se popolnoma slično izpreminjajo tudi električni toki ter vzbujajo železno opno druzega telefona k jednakim kompliciranim tresajem. Ploča podeljuje svoje tresaje bližnjemu zraku, in zategadelj čuje na prejemni postaji naše uho tone in besede v jednaki višini, jednaki barvnosti in razmerno manjši jakosti.

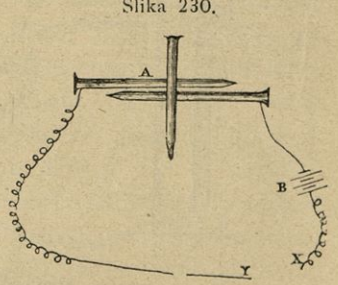
Poprej smo rekli, da opravlja telefon dvojno nalogo. Na oddajni postaji sprejema vase tone, na prejemni pa jih oddaja človeškemu ušesu. Telefon je torej preobračljiva mašina, t. j. služi lahko za dajalo (govorilo) in prejemalo (slušalo). Na jednem mestu tokovega kroga govorimo v telefon besede, dočim jednak aparat na drugem mestu dotični govor sporoča; kmalu potem sprejema telefon druge postaje zvočne vale in jih pošilja v aparat prve postaje, kjer prevzame prejšnje dajalo ulogo prejemala. Dva telefona, katerima sta žični tuljavi zvezani z dvema tokovodoma, sta torej najjednostavnejša priprava za prenašanje glasov s pomočjo električnega toka. Pri tem ne potrebujemo nikake galvanske baterije, kajti nastali indukcijski toki zadoščajo za manjše razdalje in navadne slučaje. Ako pa je razdalja med obema postajama velika, naraste upor prevodnikov v toliki meri, da začne pojemati jakost toka, ž njo vred pa seveda tudi jakost prenesenih tonov. Pri večjih razdaljah postajajo torej glasovi nerazločni, nerazumljivi, in končno nam odreče naprava svojo pokorščino. Bellov telefon v ravnokar označeni uredbi nam tedaj le toliko časa uspešno služi, dokler ne znaša razdalja obeh postaj več nego par sto metrov.

Za večje razdalje moramo dobiti sredstev, s katerimi primerno ojačujemo poslane tone. Na pomoč vzamemo galvanski tok, katerega

od zunaj dovajamo jednostavnemu tokovemu krogu obeh telefonov. Delovanje telefona stoji na dejstvu, da zvočni vali provzročajo perijodične zibeže toka, katere na prejemnem telefonu s pomočjo magneta izpreminjamo v perijodično tresenje železne opne. Pri telefonskih zvezah, kakršne smo dosedaj opisovali, pa naš govor ne izpreminja samo tokove jakosti, temveč ob jednem tudi proizvaja dotične toke. To zadnje delo pa je očividno nepotrebno, ako imamo v tokov krog obeh telefonov že naprej napeljan tok galvanskega elementa ali galvanske baterije. V tem slučaju nam le še preostaje, da napravljamo s svojim govorom potrebne zibeže tokove jakosti, ki se v sprejemnem telefonu pretvarjajo v zvočne vale. Take zibeže v tokovem krogu napravlja moderna telefonija s pomočjo jako priprostega aparata, kateremu pravimo mikrofon.

Da bodemo bolje umeli delovanje mikrofona, se spomnimo na Ohmov zakon, po katerem je jakost toka zavisna od elektromotorske sile in od upora, kojega nahaja tok pri svojem kroženju. V tokovem krogu z določenim uporom in določeno elektromotorsko silo ima tok določeno jakost. Ako s poljubnim sredstvom izpreminjamo upor, izpreminjamo ob jednem tudi jakost toka. Z rastočim uporom ponehuje jakost, s pojemajočim uporom pa narašča. Če izpreminjamo upor soglasno z zvočnimi vali, nastajajo v tokovem krogu zibeži, imajoči jednak ritem, kakor zvočni vali. V telefonu, ki je zvezan s takim zibajočim se tokom, tvori tedaj opna jednako število tresajev in vzbuja ton iste višine, kakor jo ima ton, ki je provzročil zibeže v uporu.

Slika 230.



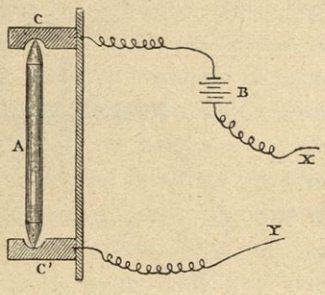
Mikrofon od žičnih cvetov.

Primerne zibeže v uporu izvršujemo že lahko s pripravo, katero vidimo na sliki 230. Na resonančnem dnu ležita dva vzporedna žična cveka A, ne da bi se dotikala. Vsak cvek je zvezan z jednim polom baterije B. Tokov krog sklenemo s tretjim cvekom, katerega položimo povprek čez prva dva. Na dotikališčih zgornjega cveka s spodnjima najde tok določen upor, ki se takoj izpremeni, če na zgornji cvek nekoliko pritisnemo. Vendar pa ni treba surovega ročnega pritiska za take izpremembe v tlaku, oziroma v uporu, kajti učinek je že nepričakovano velik, če na cveke samo pihamo ali pa govorimo. O tem se prepričamo, če vtaknemo telefon v tokov krog. Vsak zvočni val, prihajajoč od naših ust, ritmično povečuje in zmanjšuje pritisk zgornjega cveka ter proizvaja tokove zibeže, ki se javljajo v telefonu kot zvoki.

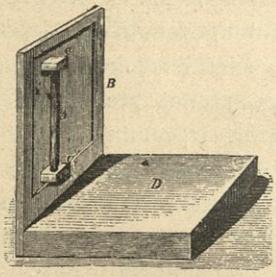
Če denemo žepno uro na mizo, tvori njeno tikanje toliko izmene v tlaku, da uro razločno čujemo v oddaljenem telefonu.

Izdatno večje učinke dosežemo z ogljenimi cveki. Hughes je prvi konstruiral ogljeni mikrofon, ki je narisan v slikah 231. in 232. Resonančno dno D nosi pokončno deščico B z dvema horizontalnima ogljenima pomoloma C in C'. Pomola sta nekoliko izdolbena in v jamicah stoji ogljen klinec A, ki je na vsakem koncu priostren. Pomola C in C' sta vdejana v tokov krog, v katerem sta tudi baterija in telefon. Ako govorimo proti resonančni ploči mikrofona, slišimo v telefonu govor jako razločno. Če rahlo potipljemo s prstom na ploščo, čujemo v telefonu mogočno prasketanje in bobnenje; če pihamo na mikrofon, slišimo v prejemalu šumenje viharja, in celo korake muhe, ki se izprehaja po resonančnem dnu, oznanja telefon našemu ušesu.

Slika 231.



Slika 232.



Hughesov mikrofon v prvotni obliki.

Mikrofon je potemtakem izborno sredstvo za proizvajanje tokovih zibežev in za ojačevanje prenesenih tonov. V opisani prvotni obliki seveda ne zadošča praktičnemu prometu. Že pokončni ogljeni klinec je vzrok raznim nedostatkom, kajti le prerad se trese v svojih ležiščih ter provzroča v telefonu vrišč in šumenje o nepravem času. Tudi horizontalno resonančno dno ni ugodno, ker se mora človek nagniti proti njemu, ko govori. Ves aparat je premalo zavarovan, nepriročen in sploh preokoren za mnogokratno hitro uporabo.

Mnogi elektrotehniki so se zategadelj trudili, da bi izboljšali obliko mikrofonu. V prvi vrsti so dali ogljenemu klincu horizontalno lego ter mesto jednega položili več klincev druzega poleg druzega, da se poveča končni učinek. Ob jednem so namestili nad klinci elastično opno, ob katero bijejo zvočni vali, ki naj izpreminjajo upor kontaktnih cvekov, oziroma jakost toka.

Znan in jako priljubljen je Aderjev mikrofon, ki ima do deset vzporednih ogljenih klincev v pločnati štirioglati škatli. Pri Gower-Bellovem mikrofonu so ogljeni cveki radijalno razvrščeni. Z jednim koncem so vdejani v ogljen, centralno stoječ kosček, z drugim pa tiče v ogljenih ležiščih ob periferiji kroga. Tudi pri teh dveh sistemih mora mikrofon vsaj približno ležati horizontalno. Zato so jih v praksi izpodrinili mikrofoni, pri katerih je vsa uredba pokončna; drže se lahko blizu ust, ne da bi se bilo treba človeku do njih priklanjati. Take mikrofone so zgradili Theiler in Dejongh, osobito pa Mix & Genest v Berolinu. Poslednja dva izumitelja sta dala mikrofonu obliko pločnate okrogle škatle. Govori se proti tenki opni, ki ima na spodnji, v škatlo obrnjeni strani pritrjena dva vzporedna ogljena kosčka, na katerih leže trije vzporedni ogljeni cveki. Da ti cveki ne padejo iz svojih ležišč, jih rahlo pritiska elastična blazinica od klobučevine.

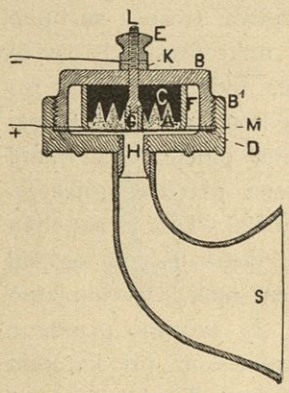
Dosedaj opisani, praktično uporabni mikrofoni dosezajo svoje učinke z večjim številom kontaktov, na katere vpliva tresoča se opna istočasno in jednakomerno. Znani so pa tudi mikrofoni z jednim samim kontaktom, ki se nahaja sredi opne, tedaj v središču gibanja. Najstarejši jednokontaktni mikrofon je konstruiral Berliner. Na sredi železne opne je pritrjena okrogla ogljena pločica, na vnanji strani skrbno oglajena. Na tej ploči leži oglajena glavica ogljenega cilindra, katerega pritiska vzmetno pero proti pločici. Tok je napeljan najprej do osrednje pločice, odtod pa gre skozi dotikališče in ogljeni cilinder v odvodno žico. Če govorimo proti železni opni, izpreminjamo pritisk ogljene pločice proti ogljenemu cilindru ter tvorimo primerne tokove zibeže. Še bolj občutljiv je Blake-ov mikrofon, pri katerem je ogljena pločica nadomeščena s kroglico od platine. Ta kroglica pa ni neposredno pritrjena na opno, temveč nosi jo šibka vzmet, ki jo rahlo pritiska proti opni. Na kroglico se naslanja tenka ogljena pločica, istotako viseča na vzmetnem peresu; njena naloga je jednaka nalogi ogljenega cilindra pri Berlinerovem mikrofonu. Lahka pregibljivost kontaktnih koscev in svobodno tresenje neobtežene opne so prednosti tega aparata ter vzrok njegovi veliki občutljivosti. Izmed vseh mikrofonov prenaša besede najbolje; govoriti ne smemo vanj preglasno, ako nočemo oškodovati razločnosti besedij.

Poleg mikrofonov z jednim ali več kontakti poznamo tudi aparate z mnogimi kontaktnimi mesti brez določene oblike. To so takozvani mikrofoni z ogljenim prahom. Najstarejši mikrofon te vrste je Hunningov. Na dnu okrogle pločnate škatle leži ogljena ploča, 2 do 3 mm nad njo pa je pritrjena opna od platinove pločevine. Vmesni prostor med obema pločama je napolnjen z ogljenimi zrni. Ako govorimo proti aparatu, se platinova opna vbočuje in odjenjuje, ter

sedaj bolj, sedaj manj pritiska na ogljena zrna. S tem izpreminja upor ogljene plasti, in tok, ki vstopa v platinovo opno ter zapušča škatlo na dnu pri ogljeni ploči, izpreminja svojo jakost primerno pritisku na ogljeni prah.

Podoben mikrofon je sestavil Berliner; slika 233. nam kaže njegov aparat v prerezu. V pločnato, okroglo in leseno škatlo B^1 je privita druga poveznjena škatlica B, ki pritiska in drži kovinsko opno D. Na pokrov zgornje škatle je s pokončnim vijakom L pritrjen ogljeni kos C, imajoč koncentrične utore s trikotniškimi prerezi. Ogljeni kos C je obdan s plaščem od klobučevine M, ki sega doli do opne D. Vmesni prostor med opno D in ogljem C je napolnjen z ogljenim prahom, na katerega vplivajo tresaji opne na sličen način, kakor pri Hunningovem mikrofonu. Škatla B nosi na vrhu pokrova pritiskalni vijak E, ki prijemlje odvodno žico. V dno spodnje škatle B^1 je vdelana cev H, na katero je nataknjena zvočna troba S od mehke gume. S pomočjo trobe lahko govorimo proti mikrofonu, ne da bi se nam bilo treba priklanjati.

Slika 233.



Berlinerov mikrofon ali univerzalni transmiter.

Berlinerov mikrofon ali univerzalni transmiter se jako dobro obnaša in nadkriljuje osobito pri dolgih progah druge sorodne priprave.

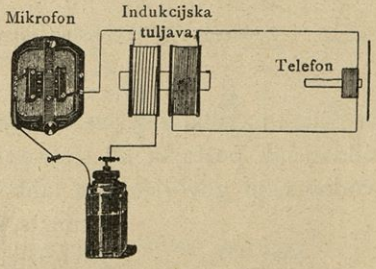
V mikrofonih imamo jednostavno in izdatno sredstvo za povečevanje zibežev toka v telefonu. Treba je le tok jednega ali več elementov spustiti skozi tokov krog telefona in mikrofona in govoriti proti mikrofonu; potem čuje uho pri telefonu glase, ki so bili govorjeni proti mikrofonu. Hughesova uredba se potemtakem v dvojnem oziru razločuje od Bellove telefonske zveze. Bell je uporabljal dva slična aparata za govorjenje in poslušanje. Glasovno dajalo ali, kakor sedaj navadno pravimo transmiter, in glasovno prejemalo sta dva čisto jednaka, navadna telefona. Hughes pa nadomešča glasovno dajalo z mikrofonom. Bell nadalje ne potrebuje galvanskih elementov, kajti zvočni vali proizvajajo v prvem telefonu indukcijske toke, ki vzbujajo opno druzega telefona. Pri Hughesovi metodi se pa mora po tokovem krogu, v katerega sta vdejana mikrofon in telefon, pretakati tok galvanskih elementov, in govorjenje ima samo nalogo, da pričujoče toke ritmično ojačuje in slabi.

Umevno je, da je jakost onih učinkov, katere provzročajo tokovi zibeži, v tesni zvezi s skupnim uporom tokovodov. Recimo, da imamo v tokovem krogu skupni upor 10 ali 20 ohmov, in da se upor v mikro-

fonu izpreminja za 1 ali 2 ohma na zgoraj in na spodaj, potem nastajajo tokovi vali, ki so v primeri z osrednjo tokovo jakostjo dokaj veliki in izdatni; v telefonu se njih delovanje razločno javlja. Ako se pa upor tokovega kroga poveča n. pr. na 100 ohmov, postanejo tokovi vali manjši in slabši, kajti izmene upora v mikrofonu se niso predrugačile.

Da se ognemo neprilikam, ki izvirajo iz rastoče daljave prevodnikov, posežemo po novem sredstvu; glasovno prejemalo odstranimo namreč iz skupnega tokovega kroga ter vzbujamo ovoje telefona s pomočjo *indukcijskih tokov*. V ta namen nam lahko služi priprava, katero smo šematično načrtali na strani 84. v sliki 65. Jedno tuljavo staknemo z baterijo in mikrofonom v skupni tokov krog, drugo pa v nov poseben tokov krog, v katerem je nastanjen telefon. Izpremene upora v mikrofonu napravljajo tokove zibeže, ki vplivajo zopet na število silokaznic na železnem jedru, na katero sta tuljavi nataknjeni. Silokaznice naraščajo in pojemajo ritmično z izmenami tokove jakosti. Tokovi vali delujejo torej kakor izmenični toki in proizvajajo v drugi, telefonskemu tokovemu krogu pripadajoči tuljavi izmenične toke, ki vzbujajo telefon.

Slika 234.



Induktivno prenašanje tokovih valov.

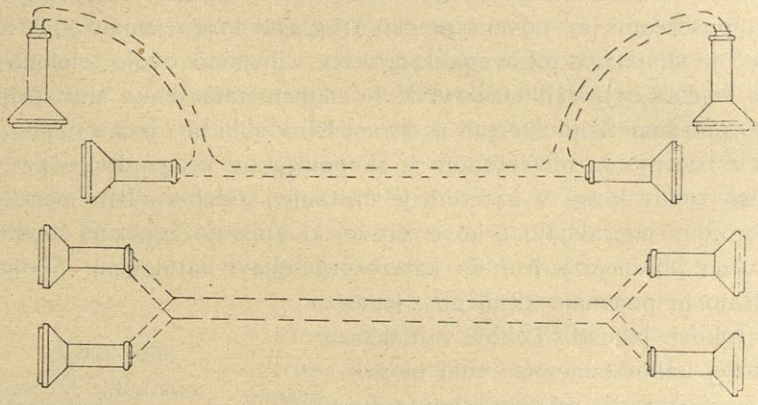
Izpremenljivih tokov galvanskega elementa ne pošiljamo torej neposredno v žične ovoje telefona, temveč jedino le v primarne ovoje indukcijske tuljave. V sekundarnih ovojih tuljave nastanejo potem indukcijski toki, katere napeljemo v telefon. Zvezo vseh teh aparatov v dveh skupnih tokovih krogih predstavlja slika 234., katera ne potrebuje nobene posebne razlage.

Induktivno prenašanje tokovih valov je vselej umestno, kadar je upor tokovoda v primeri z uporom mikrofona izdaten in velik. Pri krajših progah, n. pr. pri telefonih jednega in istega poslopja seveda ne potrebujemo indukcijskih tuljav.

Uporabljena indukcijska tuljava (transformator) je jako preprosto zgrajena. Dolga je 6 do 8 cm; nanjo je najprej navita primarna žica, 0·5 — 0·6 mm debela in skrbno opletena s svilo. Vseh ovojev je 200; vtaknjeni so, kakor že vemo, v mikrofonov tokov krog. Okoli primarnih ovojev je navita sekundarna žica in sicer 1500 do 1600krat; izolirana je tudi s svilo, in premer jej je 0·15 mm. Železno jedro sestoji iz butarice tenkih železnih žic, ki je vdejana v votlino tuljave. Induktor je spravljen v mikrofonovi škatli ali pa v omarici, ki nosi tudi druge aparate.

Stikanje telefonskih aparatov. Pri vsaki telefonski zvezi mora biti stvar tako urejena, da govorimo lahko iz prve postaje v drugo, a obratno tudi iz druge nazaj v prvo postajo. Ker je telefon preobračljiv aparat, je stikanje za jednostavne slučaje, kakršnega smo

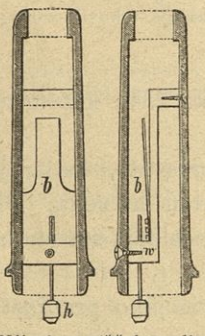
Slika 235. in 236.



Zaporedno in vzporedno stikanje govorilnega in poslušalnega telefona v jednem tokovodu.

že videli na sliki 232., zelo preprosto. Telefona, ki se nahajata na obeh oddaljenih postajah ali govorilnicah, je treba zvezati z dvema tokovodoma, in govorjenje se lahko prične. Govornik drži svoj telefon pred ustmi, a poslušalec svojega tik ušesa. Ker pa se govorjenje in poslušanje menjava, vzamemo rajše na vsaki postaji po dva telefona; jeden nam služi za govorjenje, drugi za poslušanje. Telefona vsake postaje sta običajno zaporedno staknjena. Tudi vzporedno stikanje je mogoče, čeravno se manj priporoča nego prvo. Sliki 235. in 236. kažeta, kako sta govorilni in poslušalni telefon staknjena, bodisi zaporedno, bodisi vzporedno, v jednostaven krog.

Slika 237.



Klicalna piščal tvrdke Siemens & Halske.

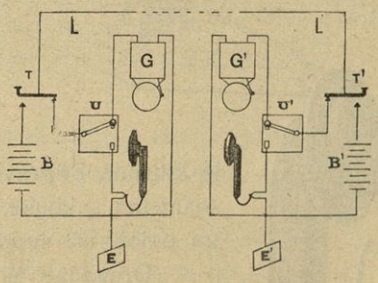
V praksi seveda take preproste zveze malokdaj zadoščajo, kajti redko se primeri, da bi govornik in poslušalec slučajno bila hkrati pri aparatih. Navadno je treba onega, s katerim hočemo govoriti, k telefonu še le poklicati. Telefon mora biti torej opremljen s pripravo, ki daje glasna znamenja in opozarja prejemno postajo, da želi nekdo govoriti ž njo.

Za krajše proge moremo telefon sam uporabljati za klicanje, ako ga zvežemo s klicalno piščaljo, katero je izumila tvrdka Sie-

mens & Halske. Klicalna piščal (slika 237.) sestoji iz konične cevke od trde gume in se postavlja v ustnik telefona. Cev je znotraj s kotasto ukrivljeno medenino predeljena v dva prekata. Pokončni krak medenega kota ima štirioglato, podolžno odprtino, katero zapira prožna kovinska pločica ali jeziček b. Ako pihamo v zgornjo odprtino piščali, spravimo jeziček v tresno gibanje, in tresoči se jeziček proizvaja klarineti podobne tone. Ti toni vplivajo na opno telefona in se javljajo potem na prejemni postaji s toliko jakostjo, da jih je čuti po vsej sobi. Da se toni še bolj ojačijo, se nahaja v spodnjem horizontalnem kraku medenega kota pregibljiv klinček, noseč na vnanjem koncu debelo glavico h. Ko vtaknemo piščal v telefonov ustnik, se glavica postavi na opno in se ž njo vred trese; s svojim rožljanjem po opni proizvaja prasketajoče tone v poslušalnem telefonu in pomnožuje učinke klicalne piščali.

Za večje razdalje piščal ne zadošča in treba je poseči po električnih zvoncih ali budilnikih. Tedaj pa postane stikanje bolj komplicirano; sicer ne uporabljamo posebnih tokovodov za električne zvonce in vdevamo jih v pričujoče telefonske tokove kroge, a namestiti je treba zanje posebno baterijo. V tem slučaju je stikanje zelo podobno jednostavni zvezi dveh Morsejevih telegrafskih postaj. Slika 238. riše dotične razmere. Tu prvič opazimo, da zadošča jeden sam zračni tokovod, dočim nadomešča zemlja drugo žico. Tok stopa po podzemnih pločah E in E' v tla. Konca tokovoda L sta napeljana v vzvoda tipačev T in T' na vsaki postaji. Dokler nikdo ne pritiska na tipačev gumb, je prevodnik L zvezan s pretikalom U, ki je navadno tako postavljeno, da veže elektrovod L z električnim zvoncem. Ako hoče sedaj jedna postaja poklicati drugo, prestavi najprej tako vzvod svojega pretikala, da sklene elektrovod L s telefonom; stoprav ko se je to zgodilo, pritisne na tipačev gumb. V istem hipu je tokovod L staknjen z jednim polom baterije B. Tok gre sedaj po prevodniku L in L' v drugo postajo, preleti tipač T' in švigne s pomočjo pretikala U' do električnega zvonca G', od koder se po podzemni ploči E' in po zemlji vrne nazaj do prve postaje in njene baterije.

Slika 238.



Stikanje za klicanje in govorjenje.

Na drugi postaji je tedaj zazvonilo in poklicanec se poda k aparatu. Najprej prestavi vzvod pretikala U' ter zveže prevodnik L' s svojim telefonom. Med tem je dvignil klicalec prve postaje telefon na svoje uho, pričakujoč, da se poklicanec zglasi. Ko se je to v istini zgodilo,

se začne občevanje. Po končanem govorjenju se s pretikali U in U' zvežeta zvonca zopet z elektrovodom L L' in obe postaji sta vnovič pripravljeni za klicanje.

Pretikanje na zvonec in na telefon se sedaj večinoma izvršuje samodelno in sicer tako, da obešamo telefon na prigibljivi vzvod pretikala ali da ga snemamo z njega. S tem je onemogočena vsaka zmota in vsaka pozabljivost, kajti če hoče poklicanec odgovoriti, mora telefon sneti z vzvoda, a v istem hipu je staknil telefon z elektrovodom. Ko je govor dovršen, skoraj ni misliti, da bi kdo pustil bingljati telefon na dolgi vrvici, ampak vsak ga bode obesil na vzvod, s tem pa ob jednem izvršil potrebno stikanje.

Slika 239.



Samodelno pretikalo.

Samodelno pretikalo, ki deluje vsled obešanja ali snemanja telefona, je predočeno na sliki 239. Na temeljni ploči je pritrjen pregibljiv vzvod, ki je na prostem koncu kljukasto zakrivljen. Ako obesimo telefon na kljuko, se dvigne ostali konec vzvoda ter pritisne na zgornji kontakt; tedaj je klicalna priprava zvezana z elektrovodom. Ako telefon snamemo s kljuke, razbremenimo vzvod, in prožno pero ga položi na spodnji kontakt, ki je s telefonom v zvezi.

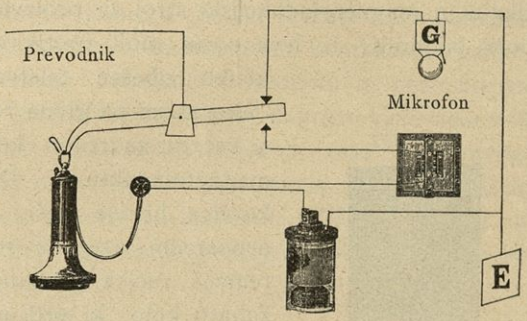
Drugačne so razmere pri telefonskih napravah, katerim služi mikrofon za dajalo. Poleg samodelnega pretikanja tokovoda moramo nastaviti še pripravo, ki samodelno stika in raztika mikrofonovo baterijo. Tudi moramo za to skrbeti, da ni baterija sklenjena, ko aparati mirujejo. Umeje se, da bodemo obe samodelni pretikali združili v jeden aparat. Ako ne uporabljamo induktivnega prenašanja tokovih valov, je oblika samodelnega pretikala zelo preprosta, kajti stikanje in raztikanje baterije se mora istočasno vršiti s stikanjem in raztikanjem telefona. O teh razmerah nas pouči slika 240. Če telefon snamemo, se uleže vzvod na kontakt, ki stakne mikrofon, telefon in jeden pol baterije, dočim je ostali pol baterije s posredovanjem podzemne ploče E v zvezi z zemljo. Tok gre tedaj skozi telefon in mikrofon po vzvodu pretikala v tokovod, ki je napeljan v drugo postajo. Baterija za zvonec G in ključ za sklepanje njenega tokovega kroga sta na naši sliki izpuščena; zato opomnimo, da so ti deli ravno tako staknjeni, kakor smo jih videli na sliki 238.

Pri induktivnem prenašanju priraste k dosedanjim pripravam še indukcijska tuljava ali transformator. Dotično stikanje razlaga slika 241.

Tu imamo dva ločena tokova kroga, namreč mikrofonov in telefonov tokov krog.

Mikrofonov krog sklenemo, ako snamemo telefon s kljuke pretikalnega vzvoda. Toke za ta krog daje mikrofonova baterija M B; primarne ovoje transformatorja vidimo označene pri črki P. Sekundarni ovoji so na jednem koncu zvezani s pripadajočim kontaktom na pretikalu, drugi konec pa vodi v telefon in od tod dalje po podzemni ploči E v zemljo. Ko je telefon snet z vzvoda, je torej sklenjen mikrofonov tokov krog in njegovi tokovi sunki inducirajo v telefonovem tokovem krogu nove toke; ti gredo po pretikalnem vzvodu v tokovod in dalje v drugo postajo, od koder se po zemlji vračajo nazaj do indukcijskega aparata.

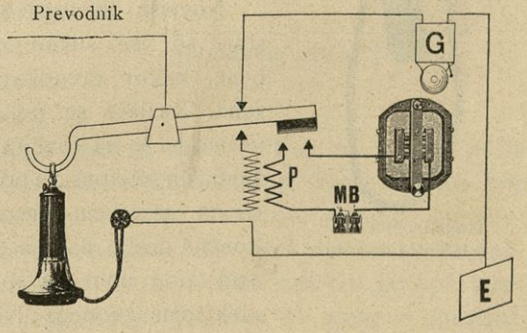
Slika 240.



Stikanje mikrofona in telefona.

Sedaj poznamo stikanje za one slučaje, v katerih prideta v poštev samo jedno poziválišče in jedno odzivališče, bodisi da uporabljamo za dajalo in prejemalo navadne telefone, bodisi da nadomeščamo govorilni telefon z mikrofonom, ali pa da posegamo celo po induktivnem prenašanju tokovih valov. Preden se obrnemo do bolj kompliciranih zvez, hočemo čitatelju še predstaviti nekatere najbolj priljubljene oblike popolnoma urejenih telefonskih postaj. Vsi posamični aparati so običajno pritrjeni na skupni deski ali omarici. Jednostaven vzgled takega združenja je narisan na sliki 242. Na pravokotniški deski so montirani trije glavni deli, namreč tipač, pretikalo in telefon. Ob zgornjem robu so štirje pritiskalni vijaki; dva vežeta aparat s prevodnikom in zemeljsko

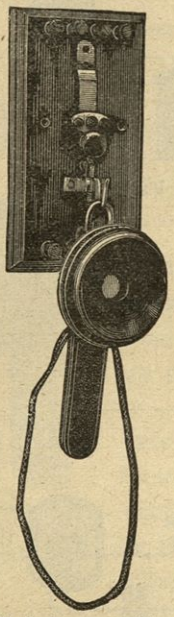
Slika 241.



Stikanje pri induktivnem prenašanju.

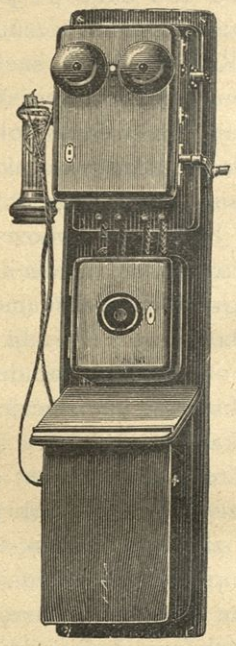
ploščo, dva pa z zvoncem. Pritiskalna vijaka ob spodnjem robu sklepata pola klicalne baterije. Popolnejšo telefonsko postajo vidimo na sliki 243. Pri tej uredbi ne vzbujamo električnega zvonca ali budilnika s pomočjo posebne galvanske baterije, temveč njeno ulogo prevzame majhen magnetoindukcijski stroj, kateremu vrtimo kotvico z ročico. Na naši sliki nosi vertikalna, na steno pritrjena deska tri omarice. Zgornja ima na pokrovu dva električna zvonca, v notrini pa skriva samodelno pretikalo in magnetoindukcijski stroj za proizvajanje tokov, katere potrebuje budilnik. Iz leve stene moli pretikalni vzvod, kateremu je na kljuko obešen telefon, iz desne stene pa gleda ročica, s katero zavrtimo kotvico magnetoinduktorja. Da se kotvica hitreje suče, ni v neposredni zvezi z ročico, temveč ročica goni najprej zobato kolo, ki vrti potem gonilo, nataknjeno na kotvično os. Pod zgornjo omarico se nahaja manjša škatla za mikrofon, v spodnji največji omarici pa je nameščena mikrofonova baterija.

Slika 242.



Najjednostavnejši telefonski aparat.

Slika 243.



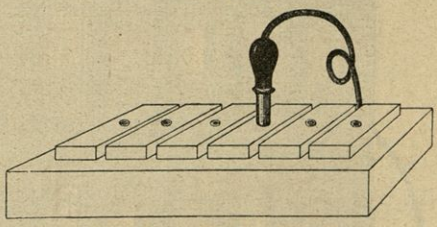
Telefonska postaja z magnetoindukcijskim budilnikom in mikrofonom.

Novejše telefonske postaje so vse slično opremljene, kakor ravnokar opisana. Razlike se pojavljajo večinoma le na vnanjih delih. Pri naših telefonskih postajah se na najvišjem mestu pokončne deske nahaja strelovod pod njim pa dvojnati električni zvonec. Nižje je nameščen mikrofon, ki ni zaprt v posebni omarici, temveč nosita ga dva vidna kovinska locnja. Spodnja omarica ima poševen pokrov, na katerem lahko pišemo ali na katerega kako knjigo polagamo; razdeljena je v dva prekata. V levem delu zgornjega je pritrjen transformator, poleg njega pa je pretikalo, ki moli svoj pregibljivi vzvod na zunaj, da se nanj obeša levi telefon; v desnem kotu tega prekata stoji magnetoindukcijski aparat, kateremu sega ročica skozi desno stran omarice. Na tej plati je vdelana tudi nepremična kljuka za obešanje desnega telefona. V spodnjem prekatu sta shranjena dva galvanska elementa, ki vzbujata mikrofonski tokov krog.

Pri ogromnem razvoju telefonskega prometa so postali oni slučaji, ki računajo samo z dvema postajama, jako redki. Večinoma hoče jedna postaja govoriti z mnogimi druzimi in ob jednem tudi zahteva, da vse druge postaje ž njo občujejo. Končno dospemo do razsežnih telefonskih mrež, ki vežejo mnogoštevilne abonente in zahtevajo posebne osrednje postaje, na katerih izurjeno osobje neprestano skrbi za hitro stikanje posamičnih postaj.

Kadar hočemo z jednega samega mesta klicati več poljubnih odzivališč, zadošča navadno pretikalo, ki ima toliko kontaktnih gumbov, kolikor je postaj z nami v zvezi. Pretikalo z vzvodom ni posebno priročno, in zategadelj je bolj priljubljeno pretikalo, kakršno kaže slika 244. Poglavitni del tega pretikala je navaden zatik in zato mu pravimo zatično pretikalo. Naša slika velja za šest postaj. Na leseni pločici je pritrjenih šest pravokotnih koscev od medenine. Od vsacega je napeljan po jeden prevodnik do pripadajoče postaje. Tokovod glavne postaje se končuje v tokovodno vrvco, ki nosi koničen kovinski zatik. Sredi vsake medene pločice je zavrtana luknja, v katero se zatik dobro prilega. Če vtaknemo zatik v jedno ali drugo luknjo, zvežemo pripadajočo postajo z našim aparatom.

Slika 244.



Jednostavno zatično pretikalo.

Opisano stikanje se uporablja n. pr. v uradih, v kupčijskih hišah in v tvornicah, kjer hoče načelnik govoriti sedaj z jednim, sedaj z drugim uslužbljencem, ne da bi tudi ti imeli priliko na jednak način občevati z gospodom. Potruditi se jim je osebno do njega, če mu žele kaj poročati. Sedanji telefonski promet pa večinoma zahteva iste pravice za pozivališče in odzivališče. Vsak naj lahko govori z vsako postajo, kazati se ne smejo nikake meje in ovire. Ravno zahteva po splošnem in neomejenem občevanju je pripomogla telefonu do njegove ogromne priljubljenosti in važnosti.

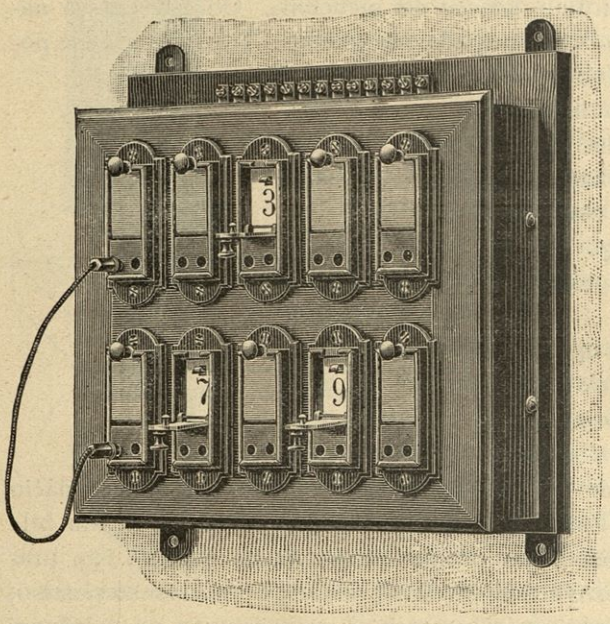
Če je treba manjše število telefonov tako zvezati med seboj, da more vsak udeleženec poljubno klicati vse druge in občevati z njimi, ne da bi potreboval pomoči posebnega uradnika za stikanje, pritrdimo na vsaki postaji pripravo, s katero izbiramo in vežemo prejemna mesta. Dotični aparat se zove linijski izbiralec in sestoji iz pločice s primernim številom kontaktov. Za štiri postaje moramo n. pr. imeti pet tokovodov, ali pa vsaj štiri, če poverimo zemlji odvajanje toka. Za deset postaj je treba napeljati jednajst, oziroma deset žic; zato je

umevno, da se take naprave zelo zamotajo in podraže, in da kmalu dospemo do meje, pri kateri se sistem več ne priporoča.

Za večje število naročnikov, osobito pa za promet med mnogoštevilnimi abonenti kacega kraja, je treba posebnih osrednjih postaj ali telefonskih central, v katere so napeljani tokovodi vseh posamičnih govorilnic. V centrali biva izurjena manipulantka — telefonske uprave nastavljajo namreč v te namene najrajše ženske — ki naročnike združuje, kadar se oglašajo za pogovor.

Centrala mora torej biti opremljena z aparati, ki dovoljujejo, da jo kliče in da z njo občuje vsak abonent; obratno naj centrala takoj spozna, odkod je došel klic, in imeti mora pripravo, s katero sklepa kličočega naročnika s pozvano postajo. Končno treba pretrgati zvezo, če je pogovor dovršen, ne da bi se količkaj ovirali ostali abonentje v klicanju in občevanju.

Slika 245.



Naznanilnik za 10 postaj.

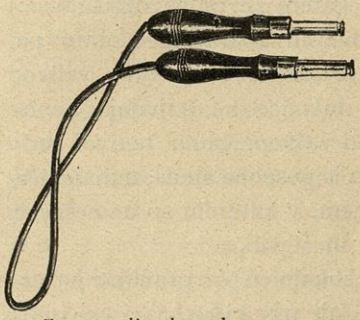
Klicanje in spoznavanje kličoče postaje ne dela nikakih težav; izvršuje se z naznanilniki, ki so nam že znani iz poglavja o hišni telegrafiji. Vendar so tu odstranjeni zvonci in znamenja dajo same zaklopnice, katere sprožuje električni tok; ko pade zaklopnica navzdol, odkrije številko kličočega abonenta. Padajoča zaklopnica glasno udari ob steno omare in služi zategadelj tudi kot akustično znamenje. Slika 245. predstavlja omarico, imajočo deset zaklopnic, torej namenjeno za deset postaj. Za vsako zaklopnico je nastanjen elektromagnet, ki je vtaknjen v tokov krog dotičnega abonenta. Nad elektromagnetom je kotvica, ki moli s svojim nosom skozi številčno pločico ter drži zaklopnico kvišku. Ko sklene abonent klicalno baterijo ali pa ko

zavrti kotvico magnetoindukcijskega stroja, vzbudi elektromagnet, ki pritegne kotvico k sebi ter oprosti zaklopnico, da pade navzdol.

Takih zaklopnic se nahaja v centrali toliko, kolikor je postaj z njo v zvezi. Padajoča zaklopnica naznanja, da abonent nekaj želi, in sedaj je naloga centrale, da zveže svoj telefon z abonentom, ob jednem pa abonenta z zahtevano postajo.

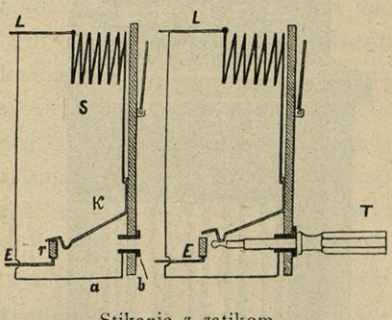
Te zveze se navadno vrše s tokovodnimi vrvcami, ki se končujejo v zatične kontakte (slika 246). Vendar pa ne zadošča jednostaven zatični kontakt; kajti pomisliti je treba, da je jeden konec elektromagnetovih ovojev zvezan z zemljo, oziroma z odvodnim tokovodom. Ako hočemo dve postaji zvezati v centrali, moramo najprej prekiniti njiju zvezo z zemljo, ker sicer bi tok ne šel iz jedne postaje v drugo in se od tam vračal nazaj, temveč šel bi rajše že iz centrale v tla in nazaj. Če naprava ne deluje z zemnim vodom, temveč uporablja

Slika 246.



Zvezna ali tokovodna vrvca.

Slika 247.



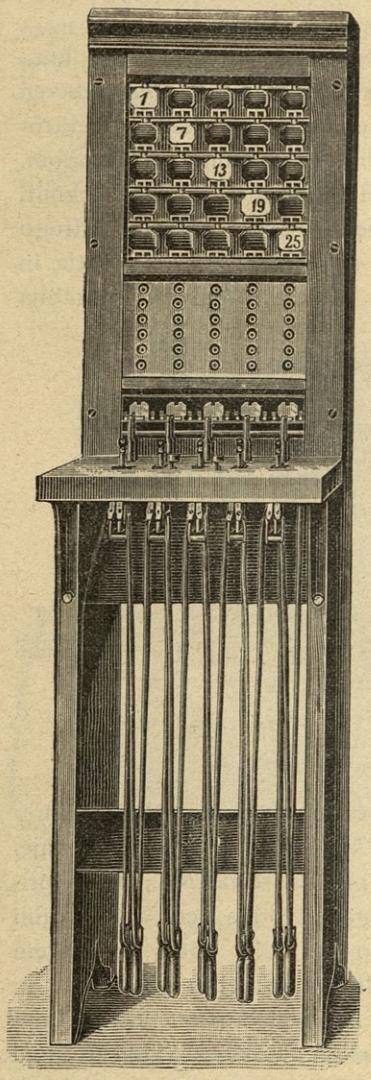
Stikanje z zatikom.

posebno žico za odvajanje toka, je treba tudi to zvezo v centrali pretrgati ter stakniti dovodni in odvodni žici kličoče in poklicane postaje.

Kako se izvaja to stikanje, naj nam pojasni slika 247., ki je prirejena za slučaj, da je zemlji izročena naloga odvodne žice. V vertikalni steni je pritrjena kovinska pušica, v katero se vtika zatik na dolgem držalu T. V notrini omare se nahaja izolirana vzmetna kljuka K, ki moli od sprednje stene poševno navzdol in je na koncu tako zakrivljena, kakor kaže slika. Prosti zakrivljeni konec vzmetne kljuke K sloni na medenem koščku r ter je z njim v vodeči zvezi (glej levo sliko). Ako pa vtaknemo zatik v pušico, dvigne njegova glavica kljuko od medenega kosca ter pretrga njuno zvezo (glej desno sliko). Sedaj so posamični deli takole staknjeni: Tokovod gre najprej do ovojev elektromagneta, ki so šematično označeni v zgornjem delu omarice; odtod se poda do vzmeti K, in ko bi ta slonela še na medenem koscu r,

bi šel tok po zemnem vodu E v tla. Ker pa smo vtaknili zatik v pušico, je zveza z zemljo prekinjena; tok mora iti od vzmeti po zatiku in po prevodni vrvci do druzega zatika, ki je zvezan s tokovodom druge postaje. Na sliki opazimo še nadalje, da je tokovod L tudi s kovinsko pušico v zvezi, to pa zategadelj, da gre tok lahko neposredno do zatika, in da mu ni treba iti v magnetne ovoje, kjer nahaja izdaten upor. Slika 245. kaže pod vsako zaklopnico po dvoje luknjic, za katerimi je pritrjena ravnokar opisana priprava za pretikanje; v te luknjice se potiska zatik s tokovodno vrvco. Za naš namen bi zadoščala jedna luknjica pod vsako številko; da sta na sliki po dve, so povod postranski vzroki, na katere se tu ne oziramo.

Slika 248.



Pretikalno stojalo za 25 postaj.

Pri novejših aparatih, osobito pa tam, kjer je število abonentov veliko, se zatične luknjice ne nahajajo neposredno pod zaklopnicami, temveč odmerjena jim je posebna stena, nahajajoča se pod poljem, v katerem so nameščene zaklopnice in številke.

Tako stikalnico — pravimo jej izmenično ali pretikalno stojalo — nam predočuje slika 248. Zgrajena je za 25 postaj, izmed katerih ima vsaka svojo številko na stojalu. Zaklopnice so razvrščene v petih vrstah, pod njimi pa opazimo 25 zatičnih luknjic. Zatiki sami stoje, kadar jih ne rabimo, po koncu na ploči majhne mizice, ki je s stojalom v zvezi. Tokovodne vrvce mole skozi mizo navzdol in so obtežene z utežmi, ki vise na osi malega škripca. Vrvce so zategadelj obtežene, da se pri dviganju ne zamotajo.

Ko na oddaljeni, kličoči postaji naročnik pritisne na tipač budilnikove baterije, oziroma ko zavrti ročico svojega magnetoindukcijskega stroja, vzbudi v centrali elektromagnet, ki je nameščen za njegovo številko. V tem hipu pade dotična zaklopnica in odkrije številko. Sedaj

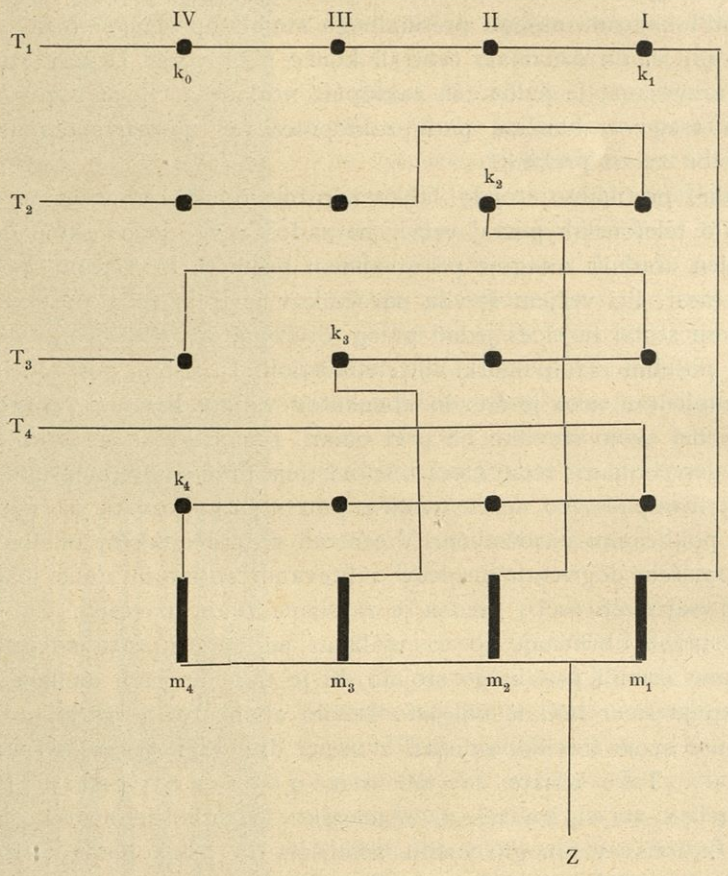
ve manipulantka, da jo določena postaja kliče. Hitro vzame svoj telefon, ter ga s pomočjo posebne tokovodne vrvce in s posebnim kontaktom zveže s kličočim abonentom, ki že s telefonom na ušesih čaka, da se centrala oglasi. Manipulantka kratko povpraša, katero postajo, rekše številko, naj sklene s klicalcem. Ko je to zvedela, dvigne zatika jedne vrvce iz mizne ploče, ter ju vtakne v luknjici kličočega in klicanega abonenta. S tem je ob jednem pretrgala zvezo obeh postaj z zemljo, ter ju tako sklenila, da moreta občevati med seboj.

Pod luknjicami našega pretikalnega stojala opazimo še 5 zaklopnic. Naloga jim je, da oznanjajo centrali konec razgovora. Dokler sta dva abonenta zvezana, je jedna teh zaklopnic vtaknjena v njun tokov krog, ko pa je razgovor končan, pade zaklopnica ter opozori manipulantko, da je treba zvezo prekiniti.

Jedno pretikalno stojalo lahko združuje do 200 abonentov. Če je pa število telefonskih postaj večje, ne zadošča več jedna sama omara, kajti jeden uradnik zmaguje pri živahnem prometu k večjemu 200 telefonskih mest. Pri večjem številu naročnikov je treba tedaj postaviti več pretikalnih stojal in sicer jedno poleg druzega, a oskrbovanje vsacega poveriti posebni manipulantki ali telefonistinji. Ta sistem postane seveda zelo kompliciran, ako je število abonentov veliko. Recimo, da želi abonent, ki ima svojo številko na prvi omari, govoriti z abonentom, kateri pripada deseti omari; tedaj mora telefonistinja prve omare najprej v zvezo stopiti z manipulantko desete omare, potem pa jo pozvati, da nadaljuje zvezo s poklicanim naročnikom. V centrali se potemtakem telefonistinje med seboj šele dogovarjajo glede zahtevanih stikov in treba je posredovanja vsaj dveh oseb, preden je zaželjena zveza izvršena. Za naglo in jednostavno občevanje je to vsekako neprijetno; zato so praktični Amerikanci izumili pretikalno stojalo, ki je tako urejeno, da ima vsaka telefonistinja sicer tudi le omejeno število abonentov v oskrbi, a vkljub temu more svoje številke sklepati z vsemi drugimi abonenti, ki spadajo v centralo. Take omare zovemo mnogoterne pretikalnice (multiplex-pretikalnica). Ameriško iznajdbo je nemška tvrdka Mix & Genest v mnogih ozirih izboljšala in njena mnogoterna pretikalnica je sedaj v večjih centralah jako razširjena in priljubljena. Princip take pretikalnice je zelo jednostaven. Omara sestoji iz več posamičnih oddelkov, ki tvorijo vsak zase pretikalno stojalo, kakršno smo prej opisali. Elektrovod vsacega abonenta pa ni neposredno napeljan v omaro, katera nosi njegovo številko, in v kateri se nahaja elektromagnet z zaklopnico in luknjo, temveč tokovod gre prej skozi vsa druga pretikalna stojala in stoprav na zadnje v svojo omaro. V vsaki tuji omari je žica v zvezi s pripravo, ki je povsem jednaka vzmetni kljuki K na sliki 252., a elektromagneta ni nikacega zraven. Do kljuke

vodi pušica, v katero se vtika kovinski zatik s tokovodno vrvco. Vsaka manipulantka ima na svojem oddelku, oziroma na svojem pretikalnem stojalu 200 številk z 200 elektromagneti in pripadajočimi kljukami, katere mora neposredno nadzorovati in oskrbovati. Poleg teh

Slika 249.



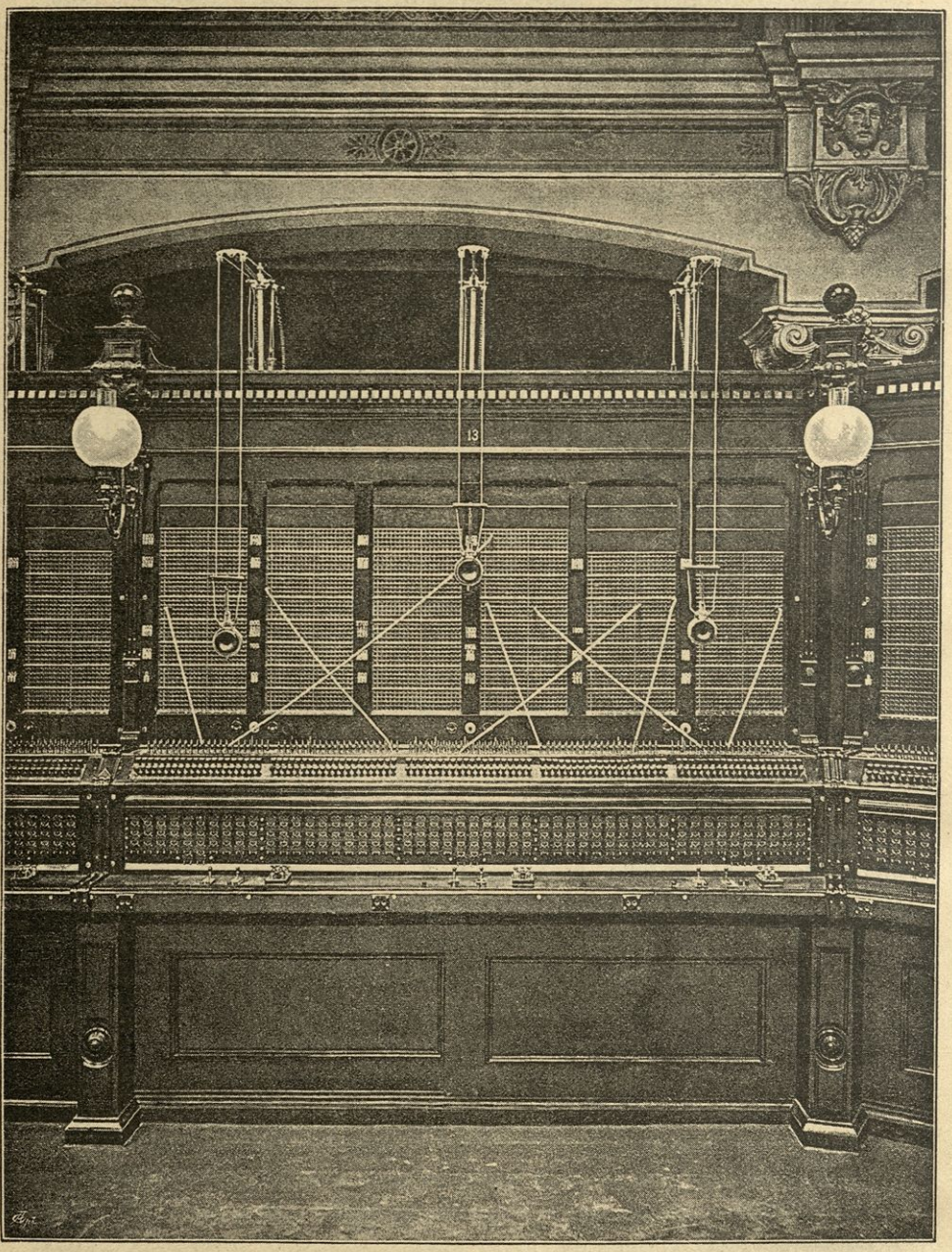
Stikanje tokovodov v pretikalnih stojalih.

kaže omara še toliko luknjic, kolikor je abonentov prideljenih tudi ostalim omaram. Če je vseh postaj 2000, ima torej vsaka telefonistinja 200 lastnih številk z elektromagneti in kljukami, ter 1800 številk, oziroma luknjic, brez elektromagnetov in samo s kljukami. Centrala z 2000 abonenti ima potemtakem združenih 10 pretikalnih stojal v veliko

omaro, kateri pravimo mnogoterna pretikalnica. V vsakem stojalu je 200 elektromagnetov z zaklopnicami in 200 + 1800 luknjic s ključkami. Uredbo žic in njih napeljavo naj nam pojasni šematična slika 249. Pri sliki si naj čitatelj predstavlja, da se tokovodi T_1, T_2, T_3 in T_4 na križiščih ne dotikajo, ampak da je med njimi vmesen prostor, ki ne dovoli toku prehajati z jedne žice na drugo. S številkami I, II, III, IV zaznamenovane vertikalne kolone predočujejo štiri pretikalna stojala ali omare. T_1 je tokovod, ki je napeljan k elektromagnetu m_1 omare I, tedaj od abonenta z jedno izmed številk 1—200. Tokovod T_1 pa ne gre neposredno do svojega elektromagneta m_1, temveč prej gre do ključke k v omari IV, od koder je zaporedno napeljan do ključk v omarah III, II in končno še le do svoje prave ključke k_1 v omari I. Ko je obhodil še elektromagnet m_1, se vrne potom zemne ploče Z k abonentu nazaj. Ravno tako vodi žica T_2 druzega abonenta, ki spada med številke 201 do 400, najprej skozi stojala (in njih ključke) IV, III in I, potem pa stopi stoprav v svojo omaro II do lastne ključke k_2 in do svojega elektromagneta m_2, odkoder se vrača po zemlji nazaj v klicalno postajo. Jednako so staknjeni tokovodi T_3 in T_4. Vsak mora najprej skozi ključke tujih omar, preden vstopi v lastno stojalo, ključko in elektromagnet, ter se more vrniti po skupni zemni ploči Z na svojo postajo. Sedaj ni težko umeti, kako vsaka manipulantka na svoji omari sklepa dva poljubna abonenta. Recimo, da pokliče naročnik telefonistinjo pri omari IV, tedaj abonent, ki ima jedno izmed številk med 601 in 800. Tok njegove postaje teče skozi ključke vseh ostalih omar in vzbudi končno elektromagnet m_4, ki spusti zaklopnico navzdol. Po razgrnjeni številki spozna manipulantka, kdo jo kliče; ko je s pomočjo svojega telefona zvedela, da hoče klicalec govoriti z abonentom, ki ima n. pr. svojo številko v omari I, in sicer morebiti ravno z onim, kateremu pripada tokovod T_1, vzame prevodno vrvco ter vtakne njen zatik v luknjico dotične številke svojega pretikalnega stojala. S tem zveže obe postaji, kajti tok gre po žici T_4 do spodnje ključke k_4, a ker je ključka z zatikom dvignjena, ne more v zemljo, temveč švigne po kovinskem zatiku in tokovodni vrvci do zatika, ki dviga zgornjo ključko k_0 iste omare; od tod gre potem dalje po tokovodu T_1 do poklicane postaje.

Mnogoterna pretikalnica je torej v principu povsem jednostavna, a v praksi se kaže kot jako komplicirana naprava z mnogobrojnimi žicami, elektromagneti, zaklopnicami, ključkami i. t. d. Ako je omara zgrajena za 2000 abonentov, mora imeti 10×2000, torej 20.000 ključk, oziroma luknjic in kontaktov; pri 6000 postajah znaša število kontaktov $30 \times 6000 = 180.000$, i. t. d. Na sliki 250. vidimo del velike mnogoterne pretikalnice. Stena med obema svetilnicama spada k jednemu

Slika 250.



Del mnogoterne pretikalnice.

pretikalnemu stojalu. Nad mizno ploščo, ki nosi razne priprave za stikanje, zapazimo najprej v štirih vrstah 200 zaklopnic, za katerimi so skrite številke pripadajočih 200 postaj. Nad zaklopnicami se dviga stena z luknjicami za vse ostale abonente. Luknjice so tako gosto sejane, da jih je na sliki komaj razločiti. Zaradi pomanjkanja prostora niso zaznamenovane s številkami, temveč razvrščene so s horizontalnimi in vertikalnimi rebri v vidne oddelke in skupine po 10, oziroma po 5 številk. Telefonistinje se hitro privadijo, da najdejo pravo luknjico in čeravno ni številk, se pomote le malokdaj pojavljajo. Pretikalnica naše slike je nadalje tako urejena, da se žica vsakega abonenta neposredno končuje v tokovodno vrvco, imajočo na prostem koncu kontaktni zatik, ki je opremljen s kovinskim obročkom Dokler ni dotični abonent sklenjen s kako drugo postajo, počiva njegov zatik v primerni luknjici namizne ploče; s kovinskim obročem se dotika kovinskega kontakta v ploči, od katerega je tok napeljan v zemljo. Ko dvigne manipulantka zatik iz luknjice na mizi, ter ga vtakne v zatično luknjo klicanega abonenta, je zveza z zemljo pretrgana, in tok gre po vrvci do zahtevane številke in njene postaje.

Med steno z zaklopnicami in steno z luknjicami vidimo poševno ploščo z dvojno vrsto pritiskalnih gumbov. Ti gumbi imajo nalogo, da stikajo telefon centrale s kličočim abonentom. Ko pritisne manipulantka na gumb, zveže svoj telefon z dotično postajo, da lahko občuje ž njo. Vsako stojalo ima zategadelj toliko pritiskalnih gumbov, kolikor je zaklopnic, pri našem vzgledu torej 200.

Telefonski promet se potem na podlagi teh duhovitih priprav takole vrši: Centrala se pokliče z jedenkratnim močnim pozvonjenjem; klicalec v ta namen parkrat naglo zavrti ročico magnetoindukcijskega stroja. Na to dene slušali na ušesi in čaka, da se centrala oglasi s vprašanjem: «Haló, katera številka?» Klicalec imenuje številko dotičnega naročnika, s katerim želi govoriti. Telefonistinja v centrali ponavlja označeno številko in sicer zategadelj, da se lahko številka še popravi, če jo je centrala napačno razumela. Klicalec mora mej tem držati telefona toliko časa na ušesih, dokler se pozvani abonent ne odzove z besedami: «Haló, tukaj N N; kdo tam?», ali dokler ga centrala ne obvesti, da zahtevana številka ni prosta, oziroma da se ne oglasi. Pogovor tedaj ni mogoč; klicalec odgovori: «Umejem», ter obesi slušali zopet na normalno mesto; pozneje lahko vnovič kliče in ponavlja prvotno postopanje. — Naročnik, ki je bil poklican, dene na znamenje dobljeno z zvoncem obe slušali na ušesi, ne da bi dal prej kako znamenje in obgovori nepoznanega klicalca, s katerim je v tem trenotku že zvezan, s klicem: «Haló, tukaj N N; kdo tam?» Ko je tudi klicalec povedal svoje ime, se začne pogovor. Po dovršenem pogovoru zaključeta obe

stranki: «Končano!», obesita telefone na kljuki in dasta po preteku 3 — 4 sekund telefonski centrali znamenje, da je pogovor končan in da naj zvezo pretrga.

Uporaba telefona se je v teku zadnjih let po vseh kulturnih deželah ogromno razširila; leta 1877. so prišli prvi telefoni na Nemško, in sedaj je njih število tako ogromno, da je težko natančno slediti temu napredku vede in industrije. Glede telefonskega prometa nadkriljuje Amerika vse druge zemlje. Leta 1892. je bilo tam približno 200.000 telefonskih postaj, a danes znaša njih število že okoli 900.000. Za Ameriko stopa Nemško cesarstvo, ki je imelo leta 1894. kacih 93.000 telefonskih postaj, dočim jih naštejemo letos že 140.000. Izmed teh se jih nahaja samo v Berolinu 32.000; zato se Nemci z vso pravico ponašajo, da ima njih stolica na vsej zemlji najrazsežnejšo telefonsko mrežo. V našej državni polovici nahajamo približno 20.000 telefonskih govorilnic; Dunaj jih je koncem leta 1898. štel 13.339, Ljubljana pa 155. V deželah ogrske krone je 10.000 postaj. Izmed ostalih držav omenjamo Angleško s 75.000, Švedsko s 50.000, Francosko s 35.000 in malo Švico s 30.000 telefonskimi govorilnicami. Ruska jih ima 18.000, Norvegija 16.000, Danska 15.000, Laška 14.000, Španska in Holandska pa po 12.000. V Belgiji uporabljajo 11.000, na Irskem 6000, na Portugalskem 2000, na Rumunskem 400 in na Bolgarskem 300 telefonskih aparatov.

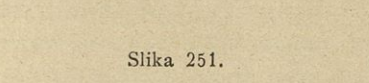
Tokovode za telefonske postaje napenjajo večinoma po zraku in sicer običajno vrh hišnih streh. Ker se pa vsled neprestanega množenja abonentov prevodniki vedno bolj razpletajo nad glavami velikomestnih prebivalcev, in postaja žična mreža toliko gosta, da je iz estetičnih in praktičnih vzrokov ne kaže pomnoževati, so se telefonske uprave večjih mest odločile za podzemne prevodnike in kablje, ki združujejo vsaj glavne žice. Kablji so v obče ravno tako sestavljeni kakor oni, ki rabijo za telegrafski promet. Posamične žice so primerno izolirane in v večjem številu posukane v debelejšo vrv, ki je osamljena z napojenim bombažem in končno zavarovana s svinčeno odejo, katero obdajajo spletene železne žice. Mesto bombaža rabijo nekatera podjetja tudi papirnate trake za izolacijo. Pravijo, da papir zmanjšuje polnitev kablja; zategadelj se izolacija s papirjem, ki je tudi izmed vseh druzih najceneja, vedno bolj udomačuje pri telefonskih kabljih. V jednem kablju se navadno nahaja po 14 do 28 posamičnih tokovodov, ki služijo za dovod in odvod električnega toka, ali pa tudi samo za dovod, ako je odvajanje izročeno zemlji.

Kako so kablji zvezani s prevodniki zračne razdelilne mreže, in kako so napeljani v centrale, se ravna po razmerah dotičnega mesta ter spada med podrobnosti, ki v prvi vrsti zanimajo telefonske monterje. Zato se na tem mestu ne bodemo spuščali v natančnejše opise telefon-

skih podzemnih in zračnih tokovodnih mrež; omenjamo le, da veljajo zanje v obče ista pravila, kakor za telegrafske proge.

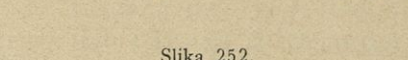
Ko se je telefonski promet med prebivalci jednega in istega mesta tako bujno razvil, se je kmalu vsestransko pokazala želja po telefonski zvezi med sosednjimi mesti; telefonska uprava se je kmalu morala pečati z nalogo o uredbi telefonskega pogovarjanja s kraja v kraj, z mesta v mesto. Razvil se je takozvani mejmestni ali interurbanski telefonski promet. Pri takih zvezah pa so se elektrotehnikom s početka javljale velike težkoče, ki so vplivale na razločnost govora. Telefonski tokovodi, namenjeni za daljavo, se morajo boriti z zemeljskimi toki in z indukcijo bližnjih tokovodov. Zemeljski toki zajdejo v telefonov tokov krog, ako uporabljamo zemljo za odvod toka; zategadelj čujemo v telefonu razno šumenje in vrvenje, ki moti pogovor osobito tedaj, če so razdalje velike. Da se ognemo takim oviram, odstranimo zemni vod in ga nadomestimo z nadzemnim tokovodom. Dve oddaljeni postaji sta torej zvezani z dvema žicama, izmed katerih rabi jedna za dovajanje,

Slika 251.



Uničevanje indukcijskih učinkov telegrafske žice na dvojnate telefonske tokovode.

Slika 252.



Uničevanje indukcijskih učinkov s križanjem telefonskih tokovodov.

druga pa za odvajanje toka. Sedaj so zemeljski toki izključeni in motenje od te strani je postalo nemogoče. S takimi dvojnatimi tokovodi, ali kakor navadno pravimo, s petljastimi tokovodi, lahko občujemo več sto kilometrov daleč povsem razločno in natančno.

Če so nadalje telefonski tokovodi napeti v bližini telegrafskih žic, inducirajo telegrafski toki v telefonskih prevodnikih posebne toke, ki tudi vplivajo na tresenje elastične opne v telefonu; celo toki jednega telefonskega tokovoda inducirajo toke v sosednjem, vzporedno ž njim potegnjenem telefonskem tokovodu ter provzročajo, da se čujejo na vsaki žici besede, ki jih prenaša druga.

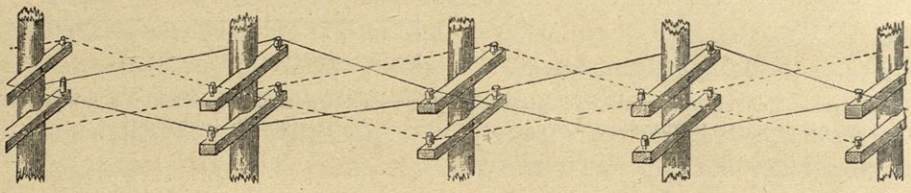
Ako imamo opraviti z jedno samo žico, ki bi lahko z indukcijskimi toki motila oba telefonska prevodnika, pritrdimo poslednja dva simetrično z motečo žico, kakor kaže slika 251. Ako leži telegrafski tokovod L ravno na sredi med obema telefonskima tokovodoma T' in T", vzbuja tokov sunek v L, imajoč mer puščice na sliki, v vsakem telefonskem tokovodu tokove sunke nasprotne meri, ki je označena s puščicama. Ti tokovi sunki gredo jeden proti drugemu v telefonskem tokovem krogu in se zategadelj uničujejo. Oba telefonska tokovoda sta

potemtakem lahko pritrjena na istih drogovih s telegrafsko žico; tudi ni treba, da bi vsi trije tokovodi ležali v isti ravnini; žica L sme biti tudi na strani, če ima le simetrično lego proti T' in T".

Ker je v praksi jako težko izvesti popolno simetrijo, napenjajo elektrotehniki telefonske žice rajše tako na drogove, da se v določenih presledkih križajo. Tako pritrjevanje vidimo na sliki 252. Tu inducira telegrafski tokovod L na jedni progi del telefonske žice T' močneje, na prihodnji progi pa istotako zopet jeden del tokovoda T"; posamični oddelki telefonskih žic T' in T" izpreminjajo svojo lego proti telegrafski žici L od proge do proge, in četudi niso za vsak oddelek povsem simetrične z L, je vendar vsa črta v svojej skupnosti toliko simetrična s telegrafskim tokovodom, da prenehajo indukcijski učinki.

Po nekaterih krajih, osobito na Angleškem, zamenjujejo lege posamičnih žičnih oddelkov s spiralno uredbo tokovodov, kakor kaže slika 253. Umeje se, da so na naši sliki drogovi pregosto postavljeni, to pa zategadelj, da lažje sledimo spiralam vsake žice. Monterji tožijo,

Slika 253.



Spiralno pritrjeni telefonski tokovodi.

da je pri spiralni razvrstitvi tokovodov težko slediti posamezni žici in na licu mesta še težje določati njeno pristojnost v tokovem krogu. Zato so se druga podjetja odločila, da križajo žici z zavijanjem okoli droga, v ostalem pa napenjajo prevodnika vzporedno od droga do droga.

Pri zelo dolgih telefonskih progah ne zadoščajo več tokovodi od železne žice, kar si lahko razlagamo s svojstvi telefonskih tokov. Ti toki so namreč izmenični, in pri vsaki izmeni se pojavljajo v tokovodu mimobežni ali ekstra-toki (str. LVIII.), ki slabe prvotni tok in izpreminjajo njegov značaj. Čim daljši je tokovod, tem jačji so mimobežni toki; v železnih žicah so mimobežni toki vrh tega približno 300krat močnejši nego v bakrenih. Zategadelj se tok pri dolgih elektrovodih sploh zelo oslabi, osobito pa, ako so železni. Za dolge proge je torej treba posegati po bakrenih ali bronastih žicah, a umeje se, da so tudi za kratke zveze ugodnejše nego železne. Navadno se jemlje sedaj silicijev bron za prevodnike; ta zlitina združuje veliko prevodljivost z izdatno trgoporno trdnostjo, kar jako pospešuje napenjanje na velike razdalje.

S pravim spoznanjem električnih in mehaničnih svojstev telefonskih prevodnikov so elektrotehniki premagali prvotne težkoče in posrečilo se jim je ogromne razdalje zvezati za telefonsko občevanje. Največja proga na svetu je v Ameriki med Novim Jorkom in Chicagom; izgotovljena je bila leta 1892. ter meri 1520 km. V Evropi sta s pričetka sloveli telefonski progi Pariz-Bruselj in Pariz-London; prva ima dolžino 320 km, druga pa 490 km. Sedaj so ju pač že prekosile druge, daljše črte. Na progi Pariz-London je položen telefonski kabelj po dnu morja; ker ni bilo poprej nobene tako dolge podmorske telefonske zveze, je srečna izvršitev te črte vzbudila vsestransko zanimanje elektrotehnikov ter jim nemalo ojačila pogum. Kakor z velikomestnim, nadkriljuje tudi z interurbanskim telefonskim prometom Nemčija vse druge države evropskega kontinenta. Berolin je telefonsko zvezan s 518 mesti, mej drugimi tudi z Dunajem; dotična proga meri 434·7 km. Najdaljša zveza je Berolin-Memel, ki je dolga 1012 km. V Avstriji imamo znamenite proge Dunaj-Praga (316·1 km), Dunaj-Trst (504·1 km) in Dunaj-Budimpešta (252·2 km), ki je tudi v neposredni zvezi z Berolinom. Vseh skupaj vodi z Dunaja 28 telefonskih prog do različnih mest naše državne polovice.

Ako se ozremo na naštete dolge proge, uvidimo, da je teoretično mogoče telefonsko občevati v poljubne razdalje. V praksi seveda se pojavljajo pri vseh večjih daljavah še razne ovire, katerih tehniki dosedaj še niso mogli uspešno odpraviti. Tako je n. pr. nemogoče neposredno govoriti iz Budimpešte v Memel, čeravno se progi Budimpešta-Berolin in Berolin-Memel stekata v isti centrali.

Zraven tehničnih težkoč pridejo pri velikih razdaljah tudi ogromni troški za tokovode v poštev, ki spravijo rentabiliteto v nevarnost. Preračunali so, da bode veljala proga Berolin-Bruselj-Pariz skoraj tri milijone mark; zato so dolge proge samo med najbolj obljudenimi in na vrhuncu prometa stoječimi mesti mogoče. Bila je doba, ko so elektrotehniki menili, da bode telefon v kratkem izpodrinil brzojavno občevanje ter omogočil ustni pogovor od kontinenta do kontinenta. Sedaj jim je jasno, da imata telefon in telegraf vsak svoje področje, ki se z našimi sedanjimi sredstvi ne more prekoračiti. Za občevanje prebivalcev jednega in istega mesta med seboj in med bližnjimi sosedi, kakor tudi za občevanje med oddaljenimi središči omike, kupčije in industrije, je telefon najboljše in najpripravnejše sredstvo, ki si pridobiva od dne do dne širših tal. Za promet čez daljne neobljudene kraje in za promet čez široka morja pa telegraf zmagovito tekmuje s telefonom.

Poleg svoje glavne naloge kot najpripravnejše občilo med sosedi, ima telefon tudi pomen za nekatere posebne svrhe praktičnega življenja. Vojaštvo se ga poslužuje v obilni meri in si obeta v vojnem

času od njega izdatnih koristij. Za zvezo posamičnih vojaških oddelkov rabijo tenke kablje, katere nosijo vojaki v tuljavo navite v posebni, tornistru podobni omarici na hrbtu. V njej je nameščen tudi telefon, ki služi ob jednem kot dajalo in prejemalo. Vojak polaga kabelj gredoč po določeni poti. Ves aparat tehta 15 kg in ima v sebi 500 metrov tokovoda. A ne samo v boju proti bližnjemu, temveč tudi v boju proti prirodnim silam je telefon zvest tovariš človeku. Potapljalci, ki v vodni globočini izvršujejo svoj nevarni posel, so opremljeni s telefonom in po njem združeni z zgornjim svetom. Ladje, bivajoče dalje časa v pristaniščih, se telefonsko zvežejo z obrežjem, da jim je tudi tedaj mogoče občevati s kopno zemljo, ko je vsak drug promet vsled vremenskih nezgod nemogoč, in da se izognejo zamudnemu veslanju od barke do brega in nazaj. V bolniščnicah morejo bolniki in njih strežaji, ki so vsled kužnih boleznij osamljeni od vnanjega sveta, telefonsko govoriti s svojimi drazimi, ne da bi jih spravljali v najmanjšo nevarnost. Za kirurgične namene je Hughes sestavil poseben aparat, ki s pomočjo telefona zdravniku naznanja, v katerem delu telesa se nahaja puščna krogla, ki je ranjenca zadela. Ako namreč čez ranjeni del pomikamo žično tuljavo, primerno zvezano s telefonom in mikrofonom, se v tuljavi izpreminjajo indukcijski toki vsled bližine krogle. Tikanje žepne ure, katera stoji pred opno mikrofona, postaja jačje ali slabše, razmerno z jačjimi in slabšimi indukcijskimi toki. Bližina krogle se torej javlja z močnejšim tikanjem ure v telefonu. Ker so sedaj Röntgenovi trakovi boljše in zanesljivejše sredstvo za iskanje izgubljenih puščnih krogel in zrn, je Hughesov zanimivi aparat pač že pozabljen; omenjamo ga le zategadelj, da čitatelj spozna mnogostransko uporabnost telefona.

Hughes je sestavil tudi pripravo, ki določuje občutljivost človeškega sluha. Dotični aparat se zove avdiometer ter sestoji iz treh žičnih tuljav, ki so nataknjene na horizontalno palico. Končni tuljavi inducirata nasprotujoče si toke v osrednji tuljavi, in stvar je tako urejena, da se pri določeni legi osrednje tuljave v njej inducirana toka uničujeta. S končnima tuljavama je staknjen mikrofon, ki nosi žepno uro, osrednja tuljava pa je zvezana s telefonom; dokler je v taki legi, da se v njej inducirana toka uničujeta, ne sliši uho tikanja ure. Ako pa osrednjo tuljavo na palici premaknemo proti jedni ali drugi končni tuljavi, zmaguje indukcija bližnje tuljave in v telefonu začujemo tikanje ure. Čim občutljivejše je uho, tem manj je treba osrednjo tuljavo premakniti na palici, ki je za določevanje posamičnih leg tuljave opremljena s primerno skalo.

Nepopisno občutljivost telefona izkoriščajo tudi za merjenje jakosti izmeničnih tokov, oziroma za dokazovanje njih prisotnosti. V tem oziru se telefon sicer ne more primerjati z galvanometrom, a za navadne

slučaje, v katerih gre v prvi vrsti za konstatiranje toka, je telefon jako priročno sredstvo. Ž njim preskušajo tudi strelovode, pri katerih je zadostna prevodljivost temeljnega pomena.

Jako poučno in praktično uporabo telefona je naznanil A. Paris v Altoni. Pri tamošnjem vodovodu so namreč vodne cevi čestokrat puščale, in malokdaj je bilo lahko natančno in hitro določiti poškodovano mesto. Zamudno iskanje puščajočih cevij je Paris poveril občutljivemu mikrofonu. Pokončna palica od suhega smrekovega lesa, ki je dober prevodnik tonov, ima na zgornjem koncu pritrjen mikrofon z nekaterimi suhimi elementi. Z mikrofonom je zvezan telefon, ki naznanja njegove učinke. Ako postavimo palico na vodovodno cev, čujemo v telefonu vsako kapljico, ki pada od cevi, in lahko je najti poškodovano mesto.

Celo za prisluškovanje je telefon dober. V sobi visi nedolžna podoba, ki je slikana na leseno opno — a za njo je skrit mikrofon. Od mikrofona sta napeljana dva skrita tokovoda v sosednjo sobo, kjer sta zvezana s telefonom. Kar se govori v prvi sobi, čuje prisluškovalec pri telefonu. Take priprave priporočajo izumitelji osobito za jetniščnice, kjer more preiskalni svetnik poslušati vse tajnosti, ki jih jetniki zaupajo drug drugemu. Naša naloga ni, da bi se spuščali v oceno moralnosti in upravičenosti označenega aparata; hoteli smo le opozoriti na to zanimivo, četudi morebiti zavržljivo uporabo telefona.

S pripravami za prisluškovanje so tehnično sorodni aparati, ki prenašajo glasbo iz koncertnih in opernih dvoran v oddaljene kraje. Njih uredba je v principu jako preprosta. V bližini orkestra ali odra je postavljenih več krepkih mikrofonov, ki pošiljajo zvočne vale do raznih oddaljenih telefonov. Prenašanje glasbe pa je še dokaj pomanjkljivo, in daleč smo menda še od onega aparata, s katerim bodemo razločno slišali koncerte in opere v svojej sobi, ter si doma pri peči privoščili jednakih užitkov, kakršne imajo pravi obiskovalci gledališča, ki potrpežljivo vztrajajo na svojih sedežih.

Dospeli smo do konca. Očrtali smo postanek, rast in pomen električne vede; videli smo, da so bili začetki mali in skromni, razvoj pa nepopisno živahen in buren. V vedno hitrejšem teku je sledil izumek izumku, in sedaj je skoraj ni stroke človeškega delovanja, kjer bi elektrika ne imela odločilne ali saj velevažne besede. V privatnem in javnem življenju stojimo pod njenim vplivom, in povsodi se zmagovito in ponosno javljajo učinki te ogromne, neizcrpne prirodne sile. Najbolj vesela pa je prikazen, da ga skoraj ni dneva, ki bi nam ne prinesel poročil o novih uspehih elektrotehnike; iznajdba, včeraj narejena, je danes že

zastarela in marsikateri oddelek naše knjige je v teku časa, ko smo pisali te liste, že izgubil pravico najzadnje novosti. Tako je v l. 1898. — da omenimo le nekaj važnejših slučajev — izdatno napredovala tehnika akumulatorjev in zategadelj se je tudi nepričakovano povzdignilo izdelovanje električnih avtomobilnih voz v Severni Ameriki, na Angleškem in Francoskem. Nič manj se ni razvila elektrokemija; čiščenje kovin in njih izločevanje iz rude se je v minulem letu toliko povzpelo, da so se trgovski odnošaji pri nekaterih kovinah izdatno izpremenili. Kilogramu aluminija je padla cena na 1·75 gld., in v Ameriki so nastale tvornice, ki s pomočjo električnega toka izločajo na dan po 1150 kg srebra in dobivajo na leto po 2040 kg zlata. Schäfer je izumel novo metodo za natančno in zanesljivo določevanje pokvarjenih mest podmorskih kabljev; Marconijevo telegrafijo brez žice so dokaj popolnili, in sedaj je mogoče tudi na kopnem brez tokovodov pošiljati brzojavke 18 km daleč. Prof. Zickler v Brnu dela poskuse z novim telegrafskim sistemom, ki stoji na istodobnem izkoriščanju svetlobnih in električnih valov. Ako se njegova iznajdba obnese, bodo telegrafske uprave občevale brez žic na veliko večje razdalje, kakor jih zmaguje Marconijev aparat. — Tudi razsvetljevalna tehnika ni zaostajala. Nernst in Auer sta nastopila z novimi žarečimi telesi, ki se odlikujejo od sedanjih po večji svetljivosti in manjših cenah ter bodo najbrže kmalu tekmovala z našimi žarnicami. Istotako prihajajo na trg nove obločnice, ki neprestano svetijo do 200 ur, ne da bi bilo treba menjati ogljenih klincev. — Morebiti največje napredke pa more zabeležiti elektroterapija. Zdravniki so dognali, da ima električna luč veliko zdravilno moč za razne bolezni. Röntgenovi svetlobni traki, ki so v tesni zvezi z elektriko, so z izboljšanjem Crooke-ovih cevij postali prevažen faktor modernega zdravilstva, in to tembolj, odkar je prof. Niels Findsen v Kopenhagenu izločil nekatere sestavine Röntgenovih trakov, ter s tem odstranil škodljive učinke te svetlobe na zdravo človeško kožo. Vrh tega so našli, da so Röntgenovi trakovi smrtonosni za bakterije, in že jih uporabljajo razni zdravstveni zavodi v razkuževalne namene. — Ti vzgledi že zadostno pričajo, da ga menda ni polja, kjer bi električna veda dobrodejno in blažilno ne vplivala na dejanje in nehanje človeškega rodu, na življenje berača in bogatina; kjer bi s tisočerimi glasi ne dokazovala, da je vtisnila naši dobi svoj pečat, in da se končuje stoletje v znamenju elektrike.

Kazalo in vsebina.

XI. Kazalo

imen in važnejših izrazov.

Številka pomeni stran, na kateri se ime (izraz) prvikrat nahaja.

Acetilen, 203.
Akumulator, 71.
Ampère, XXXIII.
Ampère (merska jednota), XLII.
Ampèromer, ampèrometer, 143.
Anion, XLVII.
Anoda, XLVII.
Aparat, indukcijski, LIX.
— natezni, pisalni, 283.
— prigledni, kontrolni, 299.
— Ruhmkorffov, LIX.
— žgalni, 197.
Archereau, 8.
Armatura, oprema, kotva, 28.
Armstrong, 268.
Atcheson, 202.
Auer, 344.
Avdiometer, 342.

Baterija, galvanska, 3.
— linijska, 262.
— protistaknjena, 33.
Bell, XII.
Bláthy, 88.
Bonaparte, Luis, 6.
Böttger, 226.
Branly, 310.
Breguet, 246.
Brett, 268.
Brzojav, gl. telegraf.
Budilnik, 325.
Buligin, 129.
Bunsen, 8.

Callaud, 11.
Casselli, 258.
Centrala, električna, gl. elektrarna.
— telefonska, 330.
Changy, de, 128.
Chappe, 238.
Chatterton-Compound, 97.
Coffin, 199.
Cooke, 240.
Correns, 75.
Coulomb, XIX.
Coulomb (merska jednota), XL.
Crampton, 269.
Cuivre poli, 231.

Člen, gl. element.
Črevelj, polarni, 28.
Črte silokaznice, LI.

Dajalo, 242.
— dvojnato, 282.
— glasovno, 322.
Daniell, 4.
Davy, X.
Dekapiranje, 222.
Delitev toka, 102.
Delivec naponski, 108.
Deprez, 66.
Déri, 88.
Deska stikalnica, gl. stikalnica.
Dielektrik, XXIV.
Diferenca, naponska, potencijalna, XX.
Dina, XL.
Dinamo-stroj, dinamo, 30.
— z glavnim tokom, 60.
— z mešanimi ovoji, zvezni stroj, compound-stroj, 67.
— s stranskim tokom, 62.
Diplex, 263.
Drog, razdelilni, 102.
Ducretet, 201.
Duplex, 263.
Dupré, 9.
Duša, kabljeva, 98.

Ebner, pl., 194.
Edison, XI.
Efekt, industrijalni, 183.
— uporabni, 73.
Elektrarna, 137.
Električnost, XVII.
Elektrika, negativna, XVIII.
— pozitivna, XVIII.
Elektrika, influenčna, XXIII.
— torna, XVII.
Elektrizovanje, XVII.
— po podelitvi, XVII.
— po razdelbi, influenci, XXIII.
— s trenjem, XVII.
Elektroda, XLVII.
Elektrodinamika, LIV.
Elektrolit, XLVII.
Elektroliza, XLVII.
Elektromagnet, LII.
Elektron, VIII.
Elektroštevec, elektromer, 144.
— Dr. Aronov. 144.
— Thomsonov, 146.
Elektrovod, gl. prevodnik.
Element, 2.
— galvanski, 2.
— sekundarni, L.
— stalni, 5.
— suhi, 14.
— termoelektrični, 19.
— voltovski, 2.
Elkington, 208.
Elmore, 209.
Erg, XL.

Farad, XLIII.
Faraday, XXV.
Fardely, 246.
Farmer, 128.
Faure, 71.
— aktivna masa, 75.
— akumulator, 71.
Faza toka, 55.
Fazna razlika, 56.
Feddersen, LXI.
Ferraris, 158.
Fleischer, 13.
Field, 270.
Fontaine, 116.
Formiranje elementa, 70.
Frischen, 265.

Gale, 241
Gall, 217.
Galvani, IX.
Galvano, 234.

Galvanokavstika, 195.
Galvanometer, zrcalni, 280.
Galvanoplastika, 220.
Galvanostegija, 220.
Galvanotehnika, 220.
Ganz & Co., 50.
Gassner, 14.
Gaulard, 87.
Gauss, XXXIX.
Generator, sekundarni, 87.
Gibbs, 88.
Gilbert, VIII.
Gintl, 264.
Gostilnik, gl. kondensator.
Gostota elektrike, XXII.
— tokova, 207.
Govorilnica, 324.
Govorilo, 318.
Gower, 317.
Grafitiranje, 235.
Gramme, 30.
Grammejev obroč, 30.
Gray, 259.
Grenet, 9.
Grove, 7.
Gülcher, 20.
Gumb, pritiskalni, 289.

Hall, 213.
Hefner-Alteneck, pl., X.
Helmholz, 318.
Héroult, 213.
Hertz, XIV.
Histereza železa, LIII.
Hopkinson, 42.
Hruška, žarnična, 130.
Hughes, 255.

Indukcija, LVI.
Induktor, 28.
Intenziteta toka, XXXIII.
Ioni, XLVII.

Izbiralec, linijski, 329.
Izolator, XVIII.
— oljnati, 94.
Izpraznjenje, hipno, disruptivno, XXV.
— oscilatorično, LXI.
Izpreminjevalec, 92.

Jabloškov, XI.
Jackson, 241.
Jakost, poljska, LI.
— toka, gl. intenziteta.
Jantar, XVII.
Jeantaud, 179.
Jednota Siemensova, XXXV.
Jobard, 128.
Johnson & Phillips, 95.

Kabelj, dvojnati, 99.
— jednotni, 99.
— koncentrični, 99.
— trojnati, 99.
Kapaciteta sekundarnih elementov, 69.
— prevodnikov, XXII.
Kation, XLVII.
Katoda, XLVII.
Kazalo, električno, 303.
Khotinsky, de, 75.
Kilowatt, XLI.
King, 128.
Klišé, 234.
— cinkov, 236.
Koeficijent transformatorjev, pretvorni, 87.
Koerting, 179.
Kolektor, 35.
Kolo, črkovno, 255.
Komutator, 26.
Kon, 129.
Kondenzator, XXIV.
Konduktor, XVIII.

Kontakt z ladjico, 172.
— palični, 172.
— potezni, 290.
— stiskalni, 290.
— zatični, 331.
Kopel, električna, 205.
Konstanta, dielektrična, XXIV.
Kotel, vodnocevni, 138.
Kotva, kotvica, armatura, 28.
— bobnasta, 37.
Krog tokov, XXXII.
Krogla, časovna, 306.

Ladd, 30.
Lagrange, 200.
Lanec, galvanski, gl. baterija.
Lauritzen, 283.
Leclanché, 12.
Lejeune, 201.
Locenj, drsalni, 174.
— ogljeni, 130.
Ločnica, gl. obločnica.
Lodge, 310.
Lodigin, 129.
Lok, plameneni, 113.
Lontin, 116.
Luč, ločna, obločna, 112.
— Voltova, 113.
— žareča, 113.

Maček, grabežnik, 273.
Magnes, VIII.
Magnet, sklenjeni, brezpolarni, LI.
— trajni, permamentni, L.
— začasni, temporarni, L.
Magnetizem, remanentni, 29.
Magnetoindukcija, LVII.
Man, 129.
Marconi, 309.
Marie-Davy, 14.
Mašina, gl. stroj.
Maxim, 129.
Maxwell, XXVI.
Med, polirana, gl. Cuivre poli.
Megohm, XLIV.
Meidinger, 10.
Menjalo, tokovo, gl. komutator.
Mersanne, 116.
Metalizirati, 233.
Metalurgija, električna, 204.
Mikroampère, XLIV.
— coulomb, LXIV.
— farad, XLIV.
— volt, XLIV.
Mikrofon, 319.
— Aderjev, 321.
— Blake-ov, 321.
— Berlinerov, 322.
— Dejonghov, 321.
— Gower-Bellov, 321.
— Herghesov, ogljeni, 320.
— Hunningov, 321.
— jednokontaktni, 321.
— z ogljenim prahom, 321.
— tvrdke Mix & Genest, 321.
Miliampère, XLIV.
— volt, XLIV.
Miraud, 286.
Množina, kvantiteta elektrike, XXXIII.
Močilo, živosrebrno, 6.
Moissan, 203.
Moment, magnetični, XLII.
Montlaur, de, 217.
Morse, 241.
Motor, Grüelov, 163.
— istočasni ali sinhronski, 156.
— Oerlikon, 166.
— rotacijski, 164.
— Sprague-jev, 175.
— Teslin, 160.
— trofazni, 167.
— za istomerne toke, 165.
— za izmenične toke, 165.

Mufa za kablje, 101.
Multiplex, 264.
— pretikalnica, 333.
Muray, 220.

Nabiralnik, gl. akumulator.
Napon, napetost, potencijal, XX.
Naravnalnik, urni, 306.
Navod, glej indukcija.
— kontaktni, 78.
Navodič, gl. induktor
Navodilo, gl. aparat indukcijski.
Naznanilnik, samodelni, 302.
— telefonski, 330.
Naznanjevalec, električni, 291.
Nernst, 344.
Niello-izdelki, 232.
Niels Findsen, 344.

Obdelovanje, gl. formiranje.
Obločnica Foucault-Duboscqova, 115.
— Hefner-Alteneckova, 115.
— Jasparova, 115.
— Křižikova, 120.
— Serrinova, 115.
— Křižik-Piette-jeva 121.
— Plzenska, 121.
— trakovna, 122.
Obroč, drsalni, 26.
Oerlikon, 91.
Oersted, IX.
Oglje, celovito, istovrstno, 127.
— stenjato, 127.
Ohm, (merska jednota) XXXV.
Okov, žarnični, 133.
Oscilacija, električna, LX.
Ovratnik, žarnični, 133.

Pacinotti, 30.
Pacinottijev obroč, 30.
Pantelegraf, 258.
Paris, 343.
Peč bratov Cowlesov, 212.
— električna, 196.
Permeabiliteta, magnetna, LIII.
Pisanje, valovito, 283.
Piščal, klicalna, 324.
Pixii, X.
Planté, 69.
Plantéjev akumulator, 70.
Plinij mlajši, VIII.
Ploča, podzemna, 241.
Pocinkovanje, 230.
Pogendorff, 9.
Pojeklovanje, 231.
Pokositrovanje, 280.
Pokoviniti, gl. metalizirati.
Polarizacija, XLIX.
Polje, električno, XIX.
— magnetno, 23.
Pollak, 76.
Polnitev, polnjenje, 68.
— kablja, 270.
— prevodnikov, XXVII.
— transformatorjev, 88.
Pomirjevalnik, 124.
Ponikljevanje, 226.
Poplatinjevanje, 229.
Posrebrovanje, 228.
Posvinčevanje, 230.
Pot, unanja tokova, 3.
Potencijal, gl. napon.
Pozlačevanje, 229.
Poželezovanje, 231.
Pravilo, plavarsko, LI.
Preece, 309.
Prejemalo, 242.
— glasovno, 322.
Prekidalo, 163.
Prema, nevtralna, 36.
Prenašanje električne energije, 181.
Prepolariziranje, 62.

Pretikalnica, mnogoterna, 333.
Pretikalo, 139.
— samodelno, 326.
— zatično, 329.
Pretvornik, gl. transformator.
— vrtečise, gl. izpreminjevalec.
Prevodljivost, magnetna, gl. permeabiliteta.
— specifična, XXXVI.
Prevodnik, goli, 94.
— izravnovalni, kompenzacijski.
— nevtralni, 107.
— oblečeni, 94.
— petljasti, 339.
— podmorski, 241.
— podzemni, 241.
— prečipkani, prepleteni, 96.
— prvega, druzega reda, XXX.
— razbeljeni, 193.
— tleči, 193.
— umetni, 265.
Princip, dinamoelektrični, 30.
Priprega, gl. relais.

Quadruplex, 263.

Rathenau, 309.
Razlika, naponska, gl. diferenca.
Regulator, naponski, 141.
— samodelni, 141.
— urni, 306.
Reis, 313.
Relais, 253.
Riccardo, 94.
Righi, 310.
Rive, de la, 12.
Röntgen, 344.

Samilo, osebilo, gl. izolator.
Sanke Hughesovega brzojava, 256.
Sawyer, 129.
Schäfer, 344.
Schilling, 239.
Schuckert, 122.
Schweigger, 239.
Seebeck, 19.
Segrevanje, električno, 200.
Sellon, 75.
Siemens & Halske, 37.
Siemens Werner, X.
Siemens William, 201.
Signal, časovni, 303.
— distančni, 298.
— linijski, 297.
— varovalni, 299.
Sila, elektromotorska, elektrobudna, XXXI.
— koercitivna, LII.
— ločilna, XXVIII.
Sistem, absolutni, merski, XXXIX.
— «c. g. s.», XXXIX.
— dvovodni, 107.
— peterovodni, 109.
— trovodni, 107.
Slušalo, 318.
Smee, 6.
Solenoid, LIII.
Sömmering, pl., 238.
Spajanje, električno, 198.
Spojka, gl. vijak, pritiskalni.
Sprague, 174.
Stanica Héroultova, 214.
— razkrojna, XLIX.
Stanje, električno, gl. električnost.
Stanley, 51.
Starr, 128.
Steber, Voltov, 3.
Steinheil, 240.
Stik, kratki. 62.
— talni, 148.
Stikalo, dvojnato, 79.

Stikalo, jednovito, 79.
— stanično, 78.
Stikalnica, 79.
Stikanje baterij, 3.
— dinamo-strojev, 60.
— v glavni tok, 60.
— elementov, 14.
— meševito, 18.
— prenašalno, 261.
— v stranski tok, 62.
— trikotniško, 59.
— vzporedno, paralelno, 16.
— zaporedno, vrstno, serijsko, 15.
— zvezdasto, 59.
Stojalo, izmenično, pretikalno, 332.
Stol, premični (liť), 168.
Strelovod, 147.
— z nazobčanimi pločami, 148.
— Thomsonov, 149.
— vretenasti, 147.
Stroj Allinace, 27.
— dinamoelektrični, 30.
— magnotoelektrični, 27.
— magnetoindukcijski, 28.
— mnogopolarni, multipolarni, 44.
— notranjepolarni, 46.
— preobračljivi, 153.
— samobudni, 50.
— štiripolarni, 45.
Sturgeon, 4.
Sulfatiranje, 73.
Suvalec Hughesovega brzojava, 256.
Sveča, Jabloškova, 116.
Svetilnica, diferencijalna, 117.
Syphon Recorder, 283.

Telavtograf, 259.
Telefon, 313.
Telefon, govorilni, 324.
— poslušalni, 324.
— mejmestni, interurbanski, 339.
— škatlasti, 317.
— žličasti, 317.
Telegraf, črkostavni, Hughesov, 255.
— električni, 238.
— hišni, 286.
— iglasti, 239.
— kazalni, 246.
— kopirni ali posnemni, 258.
— magnetoindukcijski, 248.
— Morsejev, 248.
— optični, 238,
— peteroiglasti, 240.
— požarni, samodelni, 301.
Telegrafija brez žice, 309.
— časovna, 303.
— dvojna, 263.
— dvojnonasprotna, 263.
— istočasna, mnogoterna, 263.
— izmeničnočasna 264.
— mnogoterna, 263.
— nasprotna, 263.
— podmorska, 268.
— s presledki, 264.
Tesla, XIV.
Thales, VIII.
Thomson, 273.
Tip Manchesterski, 44.
Tipač, 250.
Tok, delovršni, 251.
— drugotni, indukcijski, navedeni, sekundarni, LVI.
— Foucaultov, vrtinčasti, LVII.
— glavni, navajajoči, prvotni, inducirajoči, primarni, LVI.
— istomerni, LVII.
— izmenični, LVI.

Tok, mimobežni, ekstra-tok, LVIII.
— mnogofazni, vrtilni, 158.
— polarizacijski, XLIX.
Tokorodnik, tokobudnik, 242.
Tokovod, gl. prevodnik.
Topilnica, električna, 201.
Topljenje, električno, 201.
Transformirati, 84.
Transformator, 85.
— brezpolarni, 89.
— z oljem, oljnati, 91.
— s plaščem, 90.
Transmitter, univerzalni, 322.
Tresaj, električni, LX.
Trolley-jev sistem 172.
Tudorjev akumulator, 76.
Tuljava, 24.
— bifilarno navita, 159.
— napustna, 126.

Učinek, gl. efekt.
Undulator, 283.
Upor, XXXIV.
— predloženi, gl. zaviralnik.
— regulacijski, 66.
— specifični, XXXIV.
Ura ampèrska, XLII.
— centralna, normalna, primarna, 304.
— kilowattska, XLI.
— sekundarna, 305.
— wattska, XLI.
Uravnavanje ur, 303.
Užigalnik, tleči, 193.
— z iskro, 193.

Vail, 241.
Varley, 273.
Varovalo, svinčeno, 150.
Vijak, polarni, 65.
Vijak, pritiskalni, spojka, 8.
Vod, zemni, zemeljski, 241.
Volckmar, 75.
Volt (merska jednota), XXXV.
Voltampère XLIII.
Volta, IX.
Voltomer, voltometer, XLVIII.
Voz, avtomobilni, 179.
Vrsta, naponska, XXIX.
Vrvca, tokovodna, zvezna, 331.

Wadell-Entzev akumulator, 82.
Waren de la Rue, 14.
Watt, XLI.
Watt (merska jednota), XLI.
Weber, XXXIX.
Webster, 219.
Weston, 41.
Wheatstone, 29.
Whitehouse, 270.
Wilde, X.
Wilson, 202.
Woehler, 202.

Zaklep, bajonetni, 133.
Zakon Biot-Savartov, XLII.
— Joule-ov, XLVI.
— Kirchhoffov XXXVIII.
— Lenzov, LVII.
— Ohmov XXXIV.
Zaostajanje, gl. histereza.
Zatik, kontaktni, 135.
Zaviralnik, gl. pomirjevalnik.
Zickler, 344.
Zipernovsky, 50.
Zvarjanje, električno, 199.
Zvonec na stranski stik, 289.

Žarnica, 128.
Žica, opredena, 96.
— polarna, spojna, 3.

Vsebina.

Stran

Predgovor . . . . . V—VI

Vvod . . . . . VII—XVI

Osnovni električni pojavi . . . . . XVII—LXIV

I. Elektrika vzbujena s trenjem (torna elektrika) XVII—XXVII

Električno stanje. Elektriziranje s trenjem in po podelitvi. Pozitivna in negativna elektrika. Izolatorji in konduktorji. Množina elektrike Električno polje. Napon ali potencijal. Kapaciteta. Gostota. Elektriziranje po razdelbi ali influenci. Influenčna elektrika. Kondenzator. Dielektriki. Izpraznjevanje. Električni tok. Maxwellova teorija elektrike.

II. Elektrika vzbujena z dotiko ali kontaktom (galvanska elektrika) . . . . . XXVIII—XXXI

Električna ločilna sila. Naponska vrsta. Prevodniki prvega in prevodniki druzega reda. Element. Elektromotorska sila.

III. Zakoni galvanskega toka . . . . . XXXII—XXXVIII

Jakost ali intenziteta toka. Ohmov zakon. Specifični upor. Kirchhoffovi zakoni.

IV. Električne merske jednote . . . . . XXXIX—XLV

«C. g. s.» sistem. Dina (Dyne). Erg. Watt. Elektrostatična jednota. Kilowatt. Wattske, kilowattske ure. Gauss. Ampère. Coulomb. Volt. Volt-ampère. Ohm. Farad.

V. Učinki galvanskega toka . . . . . XLVI—LIX

A) Učinki toka v tokovem krogu.

Joule-ov zakon. Joule-ova toplota. Elektrolit. Elektroliza. Elektroda. Anoda. Katoda. Ioni. Anion. Kation. Sekundarni procesi elektrolize. Voltomer.

Stran

Polarizacija. Polarizacijski toki. Sekundarne baterije ali akumulatorji.

B) Učinki galvanskega toka izven tokovega kroga.

a) Magnetni učinki.

Trajni in temporarni magneti. Magnetna indukcija. Kotvica magnetova. Elektromagnetizem. Silokazne črte. Poljska jakost. Ampère-ovo plavarsko pravilo. Koercitivna sila. Histereza železa. Ampèrski ovoji. Solenoid. Magnetna permeabiliteta.

b) Medsebojni učinki galvanskih tokov (elektrodinamični učinki).

Elektrodinamika. Paralelni in križajoči se toki. Ampère-ova teorija magnetizma.

C) Indukcija ali navod.

Primarni in sekundarni toki. Magnetoindukcija. Lenzov zakon. Istomerni, izmenični in vrtinčasti toki. Samoindukcija. Mimobežni ali ekstra-toki. Indukcijski aparati ali transformatorji.

VI. Električni tresaji. Hertzovi in Teslini poskusi . . LX — LXIV

Električni tresaji ali oscilacije. Stoječi električni valovi. Brzina širjenja električnih valov. Teslina luč.

Proizvajanje električnih tokov . . . . . 1 — 92

I. Galvanski elementi . . . . . 1 — 18

Vvod. Najstarejše priprave za proizvajanje tokov. Voltovski ali galvanski element. Voltov steber. Galvanska baterija. Stalni elementi. Daniellov element. Smeejev element. Grovejev element. Bunsenov element. Element s kromovo kislino. Grenetov element. Meidingerjev element. Callaudov element. Lechanchejev element. Fleischerjev element. Elementi s klorovim srebrom. Suhi elementi. Stikanje elementov. Zaporedno ali vrstno stikanje. Vzporedno stikanje. Meševito stikanje.

II. Termoelektrični elementi . . . . . 19 — 20

Seebeckov element. Gülcherjev steber.

III. Dinamo-stroji . . . . . 21 — 67

Tipala magnetov ali črte silokaznice. Drsalni obročki. Kolektor, komutator ali menjalo. Pixiijev stroj. Magnetoelektrični stroji. Alliance-stroj. Siemensov induktor. Wildejev stroj. Dinamoelektrični princip. Grammejev obroč. Vrtinčasti toki. Grammejevi dinami. pl. Hefner-Alteneckov bobnasti induktor. Siemensovi stroji. Edisonov stroj. Manšesterski tip. Multipolarni

Stran

stroji. Stroji z notranjimi poli. Stroji za istomerne in izmenične toke. Stroji za vrtilne toke. Stikanje dinamostrojev. Stikanje v glavni tok. Stikanje v stranski tok. Mešano stikanje.

IV. Akumulatorji . . . . . 68 — 83

Sekundarni elementi. Plantéjev element. Kapaciteta. Formiranje elementov. Faure-ov akumulator. De Khotinskyjev in Correnso v akumulator. Pollakov in Tudorjev akumulator. Stanično stikalo Jednovito stikalo. Dvojnato stikalo. Wadell-Entzev akumulator

V. Transformatorji . . . . . 84 — 92

Transformacijski koeficijent. Gaulardov ali Gibbsov sekundarni generator. Transformatorji tvrdke Ganz & Co. Polnitev transformatorjev. Brezpolarni transformatorji. Transformator z jedrom. Transformator s plaščem. Heliosov transformator. Oljnati transformator. Izpreminjevalci istomernih tokov.

Uporaba električne energije . . . . . 93 — 344

I. Prevajanje tokov in njih delitev . . . . . 93 — 111

Elektrovodi, tokovodi ali prevodniki. Goli in oblečeni prevodniki. Izolatorski zvonci. Oljnati izolatorji. Opredeni ali prepleteni elektrovodi. Jednotni, dvojnati ali trojnati kablji. Sestavljanje kabljev. — Delitev toka. Zaporedno in vzporedno stikanje. Dvovodni, trovodni in peterovodni sistem. Nevtralni prevodnik. Delitev istomernih in izmeničnih tokov.

II. Ločna (obločna) luč — obločnice . . . . . 112 — 127

Regulacija plamenenega loka. Foucault-Duboscqova obločnica. Problem delitve električne luči. Jabloškova sveča Diferencijalne svetilnice. Hefner-Alteneckova diferencijalna obločnica. Křižikova obločnica. Trakovna svetilnica tvrdke Siemens & Halske. Diferencijalna svetilnica tvrdke «Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft». Predloženi upor ali zaviralnik. Stenjato oglje. Celovito oglje.

III. Žareča luč — žarnice . . . . . 128 — 136

Grovejeve in de Changyjeve žarnice. Lodyginove, Konove in Buliginove žarnice. Hiram-Maximov poskus. Edisonova žarnica. Izdelovanje žarnic. Trajnost žarnic. V žarnicah uporabljeni efekt.

IV. Električne centrale in aparati v elektrovodni mreži 137 — 151

Deska stikalnica. Stikala, pretikala. Naponski regulator. Samodelni regulatorji. Voltomer. Ampèromer. Aro-

Stran

nov elektroštevec. Števec wattskih ur. Thomsonov elektroštevec. Strelovodi. Svinčena varovala.

V. Električni motorji in njih uporaba . . . . . 152—192

Motorji na glavni, stranski tok in z zmešanimi ovoji. Motorji z istomernim, izmeničnim in vrtilnim tokom. Jacobijev motor. Grüelov motor. Rotacijski motor. Motorji tvrdke Siemens & Halske. Motorji tvrdke Oerlikon. Motor za izmenične toke tvrdke Ganz & Co. Električni motorji za delavnice, za dvigala, ventilatorje, šivalne stroje, kladiva, vrtalne stroje. Eletrične železnice in čolni. Prenašanje električne energije.

VI. Uporaba toplotnih učinkov galvanskega toka . . . 193—203

Električno zažiganje podkopov. Tleči užigalniki. Užigalniki z iskro. Galvanostegija. Užigalnik za smodke. Električna hišna peč. Električen samovar. Električen likalnik. Električen žgalni aparat. Električna valilnica za jajca. Električno spajanje, zvarjanje, topljenje. Coffinov aparat. Thomsonova priprava za zvarjanje. Električno segrevanje kovin v vodi. William Siemensova električna plavilnica. Plavilnica od Ducreteta in Lejeune-a. Karborund. Kalcijev karbid in acetilen. Moissanovi umetni demanti.

VII. Elektrokemija . . . . . 204—219

Električna metalurgija. Tokova gostota v kopeli. Dobivanje čistega bakra. Elektrolitičen baker. Brezšivne bakrene cevi. Izločevanje kositra. Dobivanje aluminija. Aluminijev bron. Peč bratov Cowles-ov. Héroultova razkrojna priprava. Razne aluminijeve tvornice. Dobivanje magnezija. Proizvajanje kloratov. Dobivanje ozona. W. Siemensove ozonske cevi. Beljenje z ozonom. Elektrolitično beljenje. Websterjevo čiščenje odpadnih vod.

VIII. Galvanotehnika . . . . . 220—236

Galvanostegija in galvanoplastika. Čiščenje in dekapiranje. Poniklјevanje. Poniklјana pločevina. Posrebrovanje. Pozlačevanje in poplatinjevanje. Pokositrovanje, pocinkovanje in posvinčevanje. Iriziranje. Pobakrovanje, pomedovanje. Cuivre poli. Poželozovanje in pojeklovanje Posnemanje niello-izdelkov. Metaliziranje. Negativni in pozitivni odtis. Klišeji ali galvani.

IX. Telegrafija . . . . . 237—311

Chappe-ov optični telegraf. Sömmeringov električni brzojav. Schillingov iglasti telegraf. Cookov peteroiglasti brzojav. Gaus-Weberjev telegraf. Steinheilov telegraf. Morsejev pisalni brzojav. Pozemna telegrafija in njeni aparati. Opis iglastega telegrafa. Wheatstone-ov, Breguetov in

Stran

W. Siemensov kazalni brzojav. Siemensov magnetoindukcijski kazalni brzojav. Morsejev pisalni brzojav. Hughesov aparat. Cassillijev posnemni telegraf. Pantelegraf. Telavtograf. Stikanje brzojavnih aparatov. Mnogoterna telegrafija. Nasprotno, dvojno in dvojnonasprotno brzojavljanje. Podmorska telegrafija in njeni aparati. Kabelj med Francosko in Angleško. Kabelj med Evropo in Ameriko. Merjenje kabljev. Zrcalni galvanometer kot prejemalo. Thomsonov natezni pisalni aparat. Lauritzenov undulator in samodelna telegrafija. Wheatstone-ov samodelni aparat. Stikanje podmorskih zvez. Razne druge telegrafske priprave. Hišni brzojavi. Električni naznanjevalci. Stikanje pri hišnih brzojavih. Železniške telegrafske priprave. Linijski signali. Distančni signali. Varovalni signali. Kontrolni aparati. Brzojavi za požarne brambe. Samodelni požarni brzojavi. Samodelni toplotni naznanilniki. Telegrafija za naznambo časa. Električna kazala. Časovni signali. Električno uravnavanje ur. Kronograf. Glasovalni telegraf. Telegrafija brez žice.

X. Telefon in mikrofon . . . . . 312—344

Reisov telefon. Bellov telefon. Škatlasti in žličasti telefoni. Višina, jakost in barvnost tonov. Mikrofon. Hughesov ogljeni mikrofon. Aderjev, Gower-Bellov, Theilerjev in Dejonghov mikrofon. Mikrofon tvrdke Mix & Genest. Berlinerov jednokontaktni mikrofon. Blake-ov mikrofon. Hunningov, Berlinerov mikrofon z ogljenim prahom. Induktivno prenašanje. Stikanje telefonskih aparatov. Klicalna piščal. Električni zvonci ali budilniki. Samodelno pretikalo. Zatično pretikalo. Linijski izbiralec. Telefonske centrale. Naznanilnik. Izmenično ali pretikalno stojalo. Mnogoterna pretikalnica. Mejmestni ali interurbanski telefonski promet. Različne uporabe telefona.

XI. Kazalo imen in važnejših izrazov . . . . . 347—354

