

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **17** (1989/1990)

Številka 3

Strani 168-171

Janez Strnad:

TOKOVNI TOP

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/17/982-Strnad.pdf>

© 1989 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

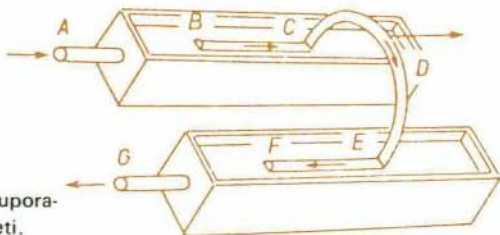
Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

TOKOVNI TOP

Kmalu bo minilo sto sedemdeset let, kar je Hans Christian Oersted opazil, da deluje vodnik s tokom na magnetnico. Samo dober teden zatem, ko je slišal za Oerstedovo odkritje, je André Marie Ampère spoznal, da delujeta vodnika s tokom drug na drugega. Med vzporednima vodnikoma s tokovoma v isti smeri deluje privlačna sila, med vodnikoma s tokovoma v nasprotnih smereh pa odbojna sila. V naslednjih letih je Ampère zavzeto delal poskuse in marsikaj odkril. Med napravami, ki jih je pri tem uporabljal, je bil tudi *tokovni top*. Kovinska prečka, ki je pravokotna na vzporedna vodnika in z njima sestavlja sklenjen električni krog, se pospešeno giblje proč od izvira. Za poskuse je pripraven podkvast bakren vodnik, ki se giblje po žlebovih z živim srebrom (slika 1). Tako dosežemo, da se prečka giblje brez velikega upora in je stik med deli kroga dober. Poskuse s tokovnim topom so delali in opisovali tudi drugi fiziki, med njimi James Clerk Maxwell, ki je leta 1873 objavil temeljno delo o električnem in magnetnem polju - *Razpravo o elektriki in magnetizmu*.

Delovanja tokovnega topa v osnovi ni težko razumeti. Okoli vodnika s tokom nastane magnetno polje s krožnimi silnicami. Njihovo smer določa s svojim vrtenjem desni vijak, ki leze v smer toka (slika 2). To magnetno polje deluje na prečko med vodnikoma, po kateri teče tok, s silo navzven. Smer sile magnetnega polja na vodnik s tokom določimo lahko takole: palec desne roke postavimo v smer toka, kazalec v smer magnetnega polja, sredinec pa kaže v smeri sile. Sila na prečko deluje v enaki smeri, tudi ko obrnemo smer toka.

Podrobno pa sile na prečko v tokovnem topu v splošnem ni mogoče izračunati. Prečka leži v ravnini, v kateri se konča tok po vzporednih vodnikih in v kateri je polje precej zapleteno. Gibanje prečke je še težje izračunati, ker se nenehno spreminja električni upor kroga in je treba upoštevati tudi inducirano napetost na prečki pri gibanju po magnetnem polju. Geometrijsko je položaj tako nepregleden, da je zelo težko zapisati osnovno enačbo, ki podaja tok po krogu, in enačbo za gibanje prečke. Poleg tega sta obe enačbi tesno povezani. Samo za zelo preprosto obliko kroga, ko nadomestimo žice z zelo širokimi tra-

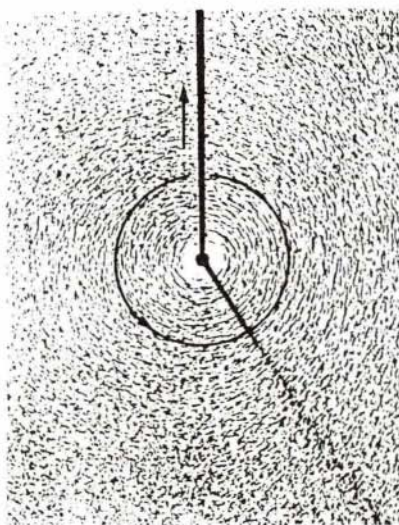


Slika 1. Tokovni top, kakršnega je uporabljal A.M. Ampère pred skoraj 170 leti.

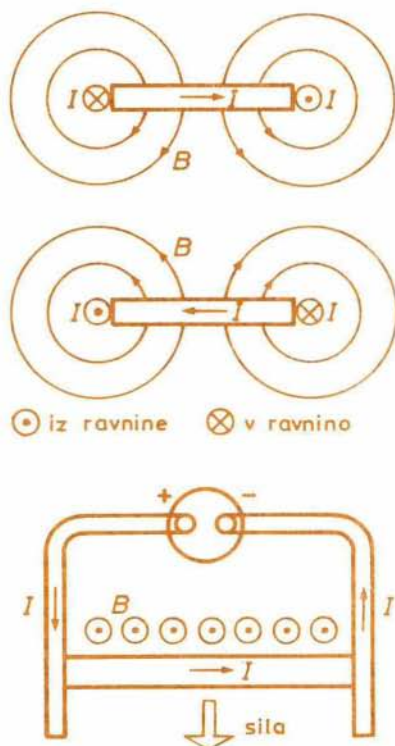
kovi, je mogoče najti za posebne primere razmeroma preproste rešitve.

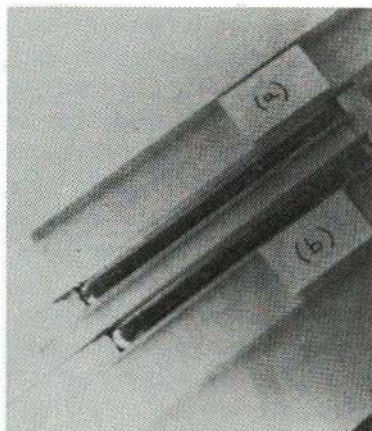
Tokovni top je zanimiv za fizike, ki se ukvarjajo s teorijo električnega in magnetnega polja, in za tiste, ki delajo poskuse. Z vprašanjem, kako izračunamo silo tega električnega kroga na drug tak krog ali na del drugega kroga ali na del istega kroga, so se ukvarjali fiziki od Ampèra preko Maxwella do današnjih fizikov. Pomemben delež je prispeval leta 1869 tudi Jožef Stefan z razpravo *O osnovnih enačbah elektrodinamike*. Vprašanje imamo lahko za rešeno za primer, ko so vsi deli kroga in krogi popolnoma togi in mirujejo drug glede na drugega. Vprašanje, kako je pri krogu z gibljivimi deli, pa vznemirja fizike še dandanes: pri tem vsi niso enakega mnenja. Na težave, ki jih pri tem srečujejo, smo že namignili pri tokovnem topu, saj sodi ta med kroge z gibljivimi deli.

Opišimo nekaj poskusov s tokovnimi topovi. Te poskuse delajo nekateri zato, da bi bolje razumeli teorijske osnove, druge pa zanima uporaba tokovnih topov. Pri poskusih uporabljajo kot nekdanj živossrebrni stik (slika 3) ali pa ko-



Slika 2. Silnice v polju ravnega vodnika s tokom (železni opilki) in polje dveh ravnih vodnikov, ki v tokovnem topu deluje s silo na prečko; če obrnemo smer toka, se smer sile ne spremeni.



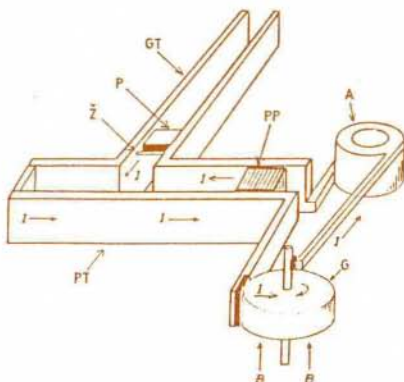


Slika 3. Tokovni top z živim srebrom, kakršnega uporablja P. Graneau na tehnični visoki šoli Massachusettsa.

vinsko prečko položijo med ploščata vodnika. Poskuse delajo tudi s prečko iz plastične snovi, na katero položijo na zadnji strani kovinsko žičko. Žička izpari, ko vključijo tok, in v nastali kovinski pari nastane električni lok. Ta poganja prečko pred seboj kot morski val poganja deskarja. Najteže je doseči v zelo kratkem času dovolj velik tok in ga nato še kratek čas vzdrževati.

Že pred slabimi dvajsetimi leti so zgradili tokovni top na univerzi v avstralski Canberri. Kot dinamostroj z majhnim uporom so uporabili tako imenovani unipolarni generator. Ploščat kovinski valj so hitro zavrteli okoli geometrijske osi v magnetnem polju, ki je vzporedno s to osjo. Dinamostroj je pognal velik tok po krogu, brž ko je bil ta sklenjen. Sklenil ga je pomožni tokovni top. Velik aluminijasti induktor je deloval kot kratkotrajno skladišče magnetne energije in kot posrednik toka velikemu tokovnemu topu. Energija je dosegla 500 milijono

Slika 4. Veliki tokovni top z univerze v Canberri: glavni tokovni top GT, prečka iz plastične snovi — izstrelek P, žička, pogosto iz tantala, Ž, pomožni tokovni top, PT in prečka tega topa kot stikalo PP, magnetno polje B, vrteča se plošča unipolarnega generatorja G, aluminijasti induktor za prenos toka A. Generator doseže največ 1.6 milijona amperov, induktor v povprečju čez kratek čas 0,5 milijona amperov.



nov joulov, tok pa je presegel milijon amperov. S 5 metrov dolgim topom so dosegli za 6 gramske prečke povprečni pospešek 3 milijone metrov na sekundo na kvadrat in hitrost več kot 5 kilometrov na sekundo (slika 4).

Pri velikem številu poskusov lahko naprave porabijo samo enkrat, ker velika odbojna sila med vzporednima vodnikoma zveriži vodnike. Z izpopolnjenim tokovnim topom z majhnim razmikom med vzporednima vodnikoma so dosegli že hitrost okoli 11 kilometrov na sekundo. Ta hitrost bi zadostovala, da bi izstrelek zapustil Zemljo, če ne bi bilo zračnega upora. Menda so v Sovjetski zvezi dosegli pri izpopolnjenem tokovnem topu pospešek milijardo metrov na sekundo na kvadrat. Zdaj na veliko delajo poskuse s tokovnimi topovi predvsem na ameriških univerzah in v laboratorijih industrijskih družb ter preskušajo številne nove zamisli. Omenimo samo tokovne topove z vzporednima vodnikoma v obliki vijačnic in večstopenjske tokovne topove. Načrt za 8 kilometrski tokovni top, s katerim bi bilo mogoče vesoljsko ladjo pospešiti do hitrosti nad 11 kilometrov na sekundo, se zdi za zdaj še kot znanstvena fantastika. Tak top bi v približno dveh minutah porabil vso energijo precej velike elektrarne.

Tokovni top, ki so ga uporabljali že pred skoraj stosedemdesetimi leti, je za fizike in tehnike še danes zanimiv.

Janez Strnad

