

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 25 / 2019 / 2 / April

Tokovne sile v
hidravličnih ventilihTribološki testi s
hidravličnimi črpalkamiRazvoj inteligentnega
tlačnega pogonaHidravlika
skozi čas

PPTcommerce d.o.o.

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA

PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

www.ppt-commerce.si
FISHER
ELMatic™

Dantorque
HYTORK
Shafer®

BETTIS™

Field

EMERSON™
Process Management

 Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo

FESTO
IMI
Precision Engineering


POCLAIN
Hydraulics

MIEL® **OMRON**
www.miel.si

OPL

Parker
ppt commerce

E L E K T R O N S K E R E Š I T V E

*Za hidrostatični pogon, ki opravlja
natančno tisto, kar zahtevate...*

KRMILNA PALICA



ARMATURNNA PLOŠČA

- smer
- vožnja/delo
- način dela/hitrost motorja
- parkirna zavora
- krmiljenje vožnje
- nadzor spodrsavanja

KRMILNIK
SD Premier



PROTIZDRSNI VENTIL

ZAVORNI VENTIL
- zaznavalo tlaka



MOTOR



TANDEM ČRPALKA
z SA krmiljem

- krmiljenje iztisnine
- potenciometer povratne zveze
- zaznavalo hitrosti
- zaznavalo omejevalnika moči



PROTIZDRSNI
VENTIL



ZAZNAVALO
HITROSTI

SPREMINJANJE
HITROSTI



**ELEKTRONSKE REŠITVE KRMILJENJA
HIDROSTATIČNEGA PRENOSA IN
SISTEMA PROTI SPODRSAVANJU**

UVODNIK



Slaven, pomemben, čaščen, oboževan, mogočen, popularen, veličasten, impozanten so besede, ki opisujejo nekaj posebnega, kar izstopa iz povprečja in kar ponavadi častijo množice. V splošnem je to lahko objekt, dogodek ali oseba. Kaj naredi neko osebo, dogodek ali predmet slaven, veličasten? Oziroma: kako priti do enega od prej naštetih pridevnikov? Pogosto se dogodi, da so nekateri dogodki, predmeti ali osebe v nekem okolju čaščeni, slavni in pomembni brez pravega razloga. Za različne ljudi so različni dogodki različno pomembni, kar je povsem normalno in običajno. Različni ljudje vidimo različne stvari različno, kar je tudi povsem normalno.

Nekatera čaščenja v nekaterih okoljih pa presegajo normalnost in slavljenje določenih oseb ali dogodkov presega vse normalne in razumne meje.

Zakaj so danes pri nas popularni predvsem nekateri športniki, nekateri umetniki, nekateri politiki in redki znanstveniki? Zakaj med temi popularnimi osebami nikoli ne najdemo tehnikov ali podjetnikov? Zakaj so prej našteje osebe bolj slavne v enem okolju kot v drugem? Ali se da množice ljudi voditi in usmerjati? Prav gotovo se da in še kako, bi odgovoril vsak strokovnjak za človeško dušo. To poznamo iz zgodovine in tudi iz sedanjosti – pri nas in v svetu.

Zakaj smo ljudje naivni? Zakaj se da z nami manipulirati? Ali je slava neke osebe res pomembna za množice ali celo narod in državo ali je vse to samo prevara, da se množice lažje vodijo in usmerjajo?

Slovenci imamo ta trenutek kar nekaj svetovno priznanih športnikov, ki delujejo v različnih državah, a le redki med temi pri nas doma. Prav gotovo je to dobro in nas je večina na to zelo ponosna.

V svetu so najbolj uspešni naši športniki in nekateri naši znanstveniki. Zelo redko pa v svetu uspejo naši kulturniki in tudi zelo redko naši politiki. V tujini so med zelo uspešnimi tudi naši podjetniki, ki jih naši mediji pogosto prezrejo.

Za bolj jasno in razumno sporočilo tega Uvodnika bom prikazal primer uspešnega delovanja Luka

Dončiča in Igorja Akrapoviča. Podobno primerjavo bi lahko naredil še s številnimi drugimi našimi športniki in uspešnimi podjetniki.

Dončič je dosegel svetovni vrh v enem od najbolj popularnih športov. Akrapovič je dosegel svetovni vrh v najbolj razširjeni in konkurenčni svetovni industriji. Dončiča poznajo ljudje po celem svetu, a le tisti, ki jih zanima košarka. Akrapoviča poznajo po vsem svetu in spet le tisti, ki jih zanimajo motorji in avtomobili. Oba sta finančno zelo dobro stoječa. Oba sta odrasla v Sloveniji. Obema je država nudila šolanje, zdravstveno zavarovanje in vse drugo, kar pripada vsem našim odraščajočim državljanom.

Ko Dončič odigra dobro igro, o njem poročajo vsi slovenski mediji. Ko Akrapovič razvije nov izpušni sistem za najprestižnejšo avtomobilsko znamko, to ni objavljeno v nobenem slovenskem mediju. Ko Dončič prestopi iz enega v drug klub, o tem poročajo vsi naši mediji. Ko Akrapovič sklene posel za izdelavo izpušnih sistemov za najprestižnejšo znamko avtomobilov, se o tem pri nas ne poroča. Ko Dončič pripravi tiskovno konferenco, se tare novinarjev, ko to naredi Akrapovič, praktično ni odziva.

Dončiča, njegovo igro in njegove neverjetne sposobnosti v igri z žogo lahko gledamo na televizijskih zaslonih. Ime Akrapovič pa zasledimo praktično po vsem svetu, kjer so parkirana motorna kolesa in na njihovih izpušnih sistemih se vidi zapis Akrapovič.

Sedaj pa še primerjava med obema omenjenima, kar bi moralo biti najpomembnejše za vsakega Slovenca pri odločanju koga slaviti, častiti in poveljevati. Kdo prispeva več v državno blagajno Akrapovič ali Dončič? Odgovor je verjetno znan vsem Slovencem. Kdo je razvil več novega znanja na svojem področju Akrapovič ali Dončič? Kdo daje delo in s tem kruh več ljudem? Kdo bolj skrbi za okolje, v katerem deluje? Kdo bo dolgoročno več prispeval k razpoznavnosti Slovenije v svetu? Kdo bo prenesel več znanja na svoje naslednike, v svojo okolico in na zaposlene čez desetletje ali dve? Kdo bo finančno bolj obogatel?

Primerjav je lahko še več. Da bralec ne bo napačno razumel – prav je, da slavimo Dončiča, in prav je, da se o njem poroča. Ni pa prav, da so naši svetovno priznani uspešni podjetniki zamlčani.

Ni politika v Sloveniji, ki bi se obregnil ob športnike, njihove zasluške in seveda na plačevanje davkov. Ob podjetnike pa se spotika veliko politikov in nekateri bi jih radi kar uničili. Prav neverjetno!

Verjetno bi bilo večina Slovencev izjemno začudena, če bi v poročilih na nacionalnem radiu slišali, da je Akrapovič sklenil nov posel z zelo znano avtomobilsko znamko. Ko pa slišimo, da je Dončič dosegel »dvojček«, smo vsi zadovoljni.

Janez Tušek

PPTcommerce d.o.o.

PPT commerce d.o.o., Celovška 334, 1210 Ljubljana-Šentvid, Slovenija
tel.: +386 1 514 23 54, faks: +386 1 514 23 55,
e-pošta: info@ppt_commerce.si, www.ppt-commerce.si

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA

PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

www.ppt-commerce.si



EMERSONTM
Process Management



BETTISTM

DantorqueTM

HYTORKTM

Shafer[®]



DOGODKI • POROČILA • VESTI	94
NOVICE • ZANIMIVOSTI	102
PROJEKTI – PROGRAMI	
Igor Kovač, Vladimir Jovan, Aleš Ude, Aleš Hančič, Dragan Kusić, Janez Štrancar	
Program GOSTOP – Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti	114
HIDRAVLICNI VENTILI	
Blaž Bobnar, Anže Čelik, Franc Majdič	
Eksperimentalno preverjanje tokovnih sil v hidravličnih ventilih	124
TRIBOLOŠKI TESTI	
Darko Lovrec, Vito Tič	
Tribološki testi s hidravličnimi črpalkami ob konstantni obremenitvi	132
AVTOMATIZACIJA V PROIZVODNJI	
Tomaž Kos, Janko Petrovčič, Zoran Šaponia, Bojan Musizza, Gregor Podržaj, Sašo Strajnar, Damir Vrančič	
Razvoj in preizkus delovanja inteligentnega diferenčnega tlačnega pogona	
s sistemom za odpravo nihanj iSET	140
HIDRAVLIKA SKOZI ČAS	
Darko Lovrec	
Razvoj hidravlične pogonske tehnike skozi čas – 2. del: prva hidravlična stiskalnica	148
LETALSTVO	
Aleksander Čičerov	
Letališče 1. svetovne vojne v Trzinu	157
BIONIKA	
Janez Škrlec	
Industrijska uporaba bionskih eksoskeletov – Bionic 4.0	160
AKTUALNO IZ INDUSTRIJE	
Mini vodila DGST (FESTO)	162
Prijemala za sodelovanje človeka in robotov (INOTEH)	163
Ročna montaža z modularnim sistemom ActiveAssist (OPL)	164
Kompaktna temperirna naprava (SMC Industrijska avtomatika)	166
Celovite rešitve za večjo učinkovitost predelave plastičnih mas (STAUBLI)	167
NOVOSTI NA TRGU	
Prvi vakuumski dvizni sistem v skladu z industrijo 4.0 (INOTEH)	168
Mehko prijemalo piSOFTGRIP® (INOTEH)	168
Popolnoma natančno z linearnimi osmi LMX (HIWIN)	169
PODJETJA PREDSTAVLJAJO	
Prijemalo GEH6000 z IO-linkom (INOTEH).....	170
Dvizni sistemi za velike obremenitve (HENNLICH).....	172
LITERATURA • LETALSTVO	
Literatura - letalstvo	174
PROGRAMSKA OPREMA • SPLETNE STRANI	
Zanimivosti na spletnih straneh	178
ZNANSTVENE IN STROKOVNE PRIREDITVE	165

MEDNARODNI STROKOVNI SEJEM SMART INDUSTRY 2019

Na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani je v organizaciji podjetja ICM, d. o. o., od 12. do 14. februarja potekal sejem pametne industrije – Smart Industry 2019, ki pod eno streho združuje štiri strokovne sejme: IFAM, ROBOTICS, ICT4Industry in INTRONIKA. Razstavljalci iz Slovenije in več evropskih držav so predstavili najnovejše proizvode in ponudili najboljše rešitve za industrijo s področja avtomatizacije, mehatronike, senzorske tehnologije, merilnih sistemov, industrijske in profesionalne elektronike, elektrotehnike, industrijske robotike in brezpilotnih sistemov ter digitalizacije poslovnih sistemov in industrije, in kot zastopniki predstavili še vrsto poznanih dobaviteljev tovrstne opreme iz drugih držav sveta.



Udeleženci sejma Smart Industry 2019 med klepetom



Na sejmu smo lahko videli izredno bogat razvoj in ponudbo sodobnih senzorjev in merilnikov (tudi domačih podjetij) ter različno moderno elektronsko opremo za industrijsko avtomatizacijo. Pri tem še posebno izstopa ponudba močnostne elektronike, vključno z napajalniki in elementi za gradnjo električnih in elektronskih omrežij. Predstavljeni so bili tudi industrijski roboti vodilnih svetovnih proizvajalcev za vgradnjo v robotizirane obdelovalne in montažne celice. Seveda je bila opazna tudi bogata ponudba opreme za računalniško vodenje in nadzor proizvodnih procesov ter označevanje.

Na sejmu se je s fakultetnima serijskima publikacijama – s strokovno revijo Ventil in znanstveno revijo Strojniški vestnik – predstavila tudi Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani.

Sejem je po videnem uspel, tako da lahko tudi v prihodnjem letu na sejmu Smart Industry v sredini februarja 2020, ki ga organizatorji že najavljajo, pričakujemo še več novosti in pestro ponudbo.

Dr. Mihael Debevec
UL, FS



2. konferenca

za informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, elektroniko in mehatroniko

Rogla, hotel Planja

30. – 31. maj 2019

<https://iktem.si>



Spoštovani!

Vabimo vas na strokovno konferenco IKTEM, konferenco za IKT, elektroniko in mehatroniko. Konferenca IKTEM je nastala na pobudo strokovnjakov iz omenjenih področij zato, da bi enkrat na leto na strokovnih predavanjih in praktičnih delavnicah spoznali in preizkusili najnovejše proizvode in tehnologije.

Ciljna publika so strokovnjaki iz razvoja in proizvodnje, ki pri svojem delu potrebujejo informacije o novih proizvodih in tehnologijah, ki so na voljo.

Združili smo tri področja, področje informacijske in komunikacijske tehnologije (IKT) z elektroniko in mehatroniko, saj se ta tri področja vedno bolj prekrivajo in dopolnjujejo.

Teme IKTEM konference so:

- Varnostne rešitve v IKT
- IoT proizvodi in rešitve
- Načrtovanje in modeliranje 3D objektov s CAD-CAM orodji
- Meritve s sodobnimi merilnimi instrumenti in metodami
- CAD-CAM orodja za področje elektronike in mehatronike
- Primeri dobre prakse iz področij IKT, elektronike in mehatronike

IKTEM konferenca traja 2 dni in je razdeljena na:

1. dan: strokovna predavanja
2. dan: praktične delavnice in demonstracije delovanja

svet
ELEKTRONIKE

svet
MEHATRONIKE



OB 70. OBLETNICI INSTITUTA »JOŽEF STEFAN«

SLAVNOSTNA AKADEMIJA S PODELITVIJO NAGRAD ZLATI ZNAK

V Cankarjevem domu v Ljubljani je Institut »Jožef Stefan« s slavnostno akademijo počastil 70. obletnico delovanja. Slavnostni govornik je bil predsednik Vlade Republike Slovenije Marjan Šarec, svečane prireditve pa so se udeležili številni vidni predstavniki politike, znanosti in gospodarstva.



Utrinek iz slovesnosti

Sicer praznovanje nevejena znanost se je tokrat s počastitvijo jubileja Instituta »Jožef Stefan« izkazala v svoji najmočnejši luči. Številni politiki s predsednikom Vlade Republike Slovenije Marjanom Šarcem na čelu, veleposlaniki različnih držav, direktorji podjetij in predstavniki znanstvenih ustanov so skupaj s sodelavci Instituta izkazali priznanje znanosti in s tem tudi opozorili na njen pomen.

Direktor Instituta »Jožef Stefan« prof. dr. Jadran Lenarčič je v nagovoru izpostavil osrednjo temo letošnjega praznovanja, to so mladi, njihova robotizirana prihodnost ter odločilna vloga znanosti in naprednih tehnologij pri humanizaciji in napredku družbe. »V takih trenutkih, kot je današnji, se zaveš zgodovinske in kulturne razsežnosti, ki jih ima Institut za slovenstvo in daleč preko tega,« je med drugim povedal Lenarčič in še dejal, da raziskovalce pri njihovem delu vodijo otroški navdih, ustvarjalnost in otroška vedoželjnost, odprtost norim idejam, različnost pogledov, zagledanost v prihodnost, okuženost z odkrivanjem in raziskovanjem ter njihova enkratna predanost. »Ker mi nismo inštitut, mi smo Institut 'Jožef Stefan'.«

V nadaljevanju je imel slavnostno predavanje prof. Vijay Kumar, eden najbolj uveljavljenih raziskovalcev na področju robotike v svetu. Prof. Kumar je dekan inženirstva Univerze v Pensilvaniji v ZDA, v predavanju pa je predstavil svojo specialnost – leteče robote.

Že tradicionalno so na slovesnosti podelili letošnja zlata znaka Jožefa Stefana. Prejela sta ju dr. Victor Vega Mayoral in dr. Primož Koželj, fizika, katerih doktorsko delo je v zadnjih treh letih mednarodno najbolj odmevalo.

Institut »Jožef Stefan« je začel delovati leta 1949 kot Fizikalni inštitut SAZU pod vodstvom direktorja Antona Peterlina, ki je gotovo najbolj zaslužen za nastanek inštituta. Današnje slovesnosti pa so se udeležili tudi vsi še živeči nekdanji direktorji: prof. dr. Boris Frlec (1975–1984), prof. dr. Tomaž Kalin (1984–1992), prof. dr. Danilo Zavratnik (1992–1996) in akademik prof. dr. Vito Turk (1996–2005).

Polona Strnad
Odnosi z javnostmi
Institut »Jožef Stefan«

DAN ODPRTIH VRAT IJS OB PRAZNOVANJU SEDEMDESETE OBLETNICE INSTITUTA »JOŽEF STEFAN«

Večdnevno praznovanje sedemdesete obletnice Instituta »Jožef Stefan« se je pričelo v soboto, 23. 3., ko je v organizaciji *Centra za prenos tehnologij* in inovacij in v sodelovanju z raziskovalnimi odseki na Institutu potekal *Dan odprtih vrat* na Institutu »Jožef Stefan«. Raziskovalci instituta so množici okrog 1000 ljudi z veseljem predstavili vse, kar jih je zanimalo.



Dan odprtih vrat IJS je namenjen posameznikom, družinam in podjetnikom (foto: Urška Mrgole)

Vodeni ogledi odsekov, centrov in laboratorijev so potekali vsako polno uro od devete ure naprej. Obiskovalci so se lahko neposredno seznanili z raziskovalnim delom glede na izbrani program, npr. vprašanja o vesolju in življenju, o božjih delcih in njihovih večjih bratih, na kakšen način gradimo sodobni svet in kako je pravzaprav sestavljen (atomi, molekule), o svetu v malem (mikroskopiji), o vsebinah o stičišču naravnega in digitalnega, življenja v čipih in čipov za življenje.

Raznovrstne in praktično naravnane vsebine je obogatila vedno odlično obiskana Šola eksperimentalne kemije z zanimivimi in navdušujočimi preizkusi, dodatno pa je pred glavno stavbo Instituta potekala predstavitev virtualne resničnosti Odseka za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev, obiskovalci pa so se lahko preizkusili tudi na posebno zasnovanem kolesu Odseka za nanostrukturne materiale, ki je s poganjanjem proizvajal električno energijo. Pri prvih so obiskovalci

dobili vpogled v svet največjih eksperimentov na svetu, postavljenih v okolje institucij, kot so CERN v Ženevi in KEK na Japonskem, pri drugem pa so lahko preverili, koliko časa bi lahko gledali televizijo ali igrali igrice, če bi si energijo za to morali proizvajati sami.

Vzporedno z dogajanjem na Jamovi cesti 39 v Ljubljani je bil organiziran brezplačen povratni avtobusni prevoz do Reaktorskega centra v Podgorici. Poleg raziskovalnega reaktorja TRIGA in razstave o jedrski tehnologiji je program vključeval še ogled edinega slovenskega pospeševalnika TANDETRON, Odseka za znanosti o okolju in Centra za energetsko učinkovitost.

Z Dnevom odprtih vrat se tudi Institut »Jožef Stefan« aktivno vključuje v proces vzpostavljanja učne družbe in razmahu zanimanja otrok, učencev, dijakov, študentov ter odraslih za naravoslovje. To potrjujejo tudi vtisi obiskovalcev. Posameznike na Institut privabi njihova lastna radovednost, kaj se skriva za vrati Instituta in kako se raziskovalno delo odraža v vsakdanjem življenju. Družine prihajajo na Institut predvsem zaradi ciljno usmerjenega in dolgoročnega načrtovanja poklicne poti otrok ter spodbujanja zanimanja za naravoslovje. Hkrati pa je Dan odprtih vrat Instituta »Jožef Stefan« odlična priložnost za podjetja, da si ogledajo laboratorije Instituta in tako dobijo prvi vtis o možnostih vzpostavitve sodelovanja med gospodarstvom in raziskovalci IJS.

Sončen dan je privabil prve obiskovalce na osrednji prizorišči Instituta že pred deveto uro, mnogi pa so se zadržali tudi po izteku ogledov. Obiskovalci vseh starosti so prišli iz celotne Slovenije, nekaj pa jih je bilo tudi iz tujine. Dogodek je bil odličen uvod v 27. Dneve Jožefa Stefana, ki so se nadaljevali v naslednjih dneh z bogatim programom in ostalimi aktivnostmi.

Urška Mrgole, Robert Premk,
Center za prenos tehnologij in inovacij,
Institut »Jožef Stefan«

DIR 2019

Že tradicionalno je skupina študentov Fakultete za elektrotehniko pod mentorstvom prof. dr. Marka Muniha organizirala *Dneve industrijske robotike 2019 - DIR19*. Enotedenski dogodek je potekal od 1. do 5. aprila in je vključeval tekmovanje RobotChallenge, predavanja strokovnjakov iz industrije, predstavitev robotskih aplikacij v avli FE ter strokovno ekskurzijo v Revoz, d. d., in TPV, d. o. o.

DIR v številkah:

- ▶ več kot 450 dijakov,
- ▶ najmanj 150 osnovnošolcev in 70 predšolskih otrok,
- ▶ več kot 70 dijakov in osnovnošolcev na aplikacijah,
- ▶ 180 prijavljenih študentov na aplikacijah,
- ▶ več kot 600 študentov in zunanjih obiskovalcev, ki so si ogledali aplikacije v popoldanskem času.

RobotChallenge

Dober teden pred uradnim začetkom dogodka je potekalo tekmovanje RobotChallenge. Osem parov študentov se je preko treh nalog stopnjujočih se težavnosti pomerilo v virtualnem načrtovanju robotskih celic. Naloge so zajemale robotsko učenje sledenja trajektorijam, prijetanje, premikanje in odlaganje predmetov z ene mize na drugo ter vodenje sodelovanja dveh robotov. Letošnja zmagovalca sta Rok Podpečan in Bor Gradečak s Fakultete za elektrotehniko v Ljubljani.

Predavanja

V ponedeljek, 1. 4., smo uradno odprli dogodek z uvodnimi besedami dekana Fakultete za elektrotehniko prof. dr. Gregorja Dolinarja in predstojnika Laboratorija za robotiko prof. dr. Marka Muniha ter

podelitvijo priznanj najbolj uspešnim na tekmovanju RobotChallenge. Čez teden so sledila tri vabljená predavanja strokovnjakov iz industrije. Asist. dr. Miha Pipan in Hugo Zupan iz LASIM FS sta v torek, 2. 4., predstavila digitalni dvojček proizvodnega sistema in implementacijo VR-tehnologije. Dr. Viktor Zaletelj iz Epiloga je v sredo, 3. 4., predstavil napredne tehnologije v logistiki pametnih tovarn, za zaključek pa je v četrtek, 4. 4., inženirka leta 2018 Dora Domajnko, RLS merilna tehnika, predavala o merjenju položaja.

Aplikacije

Od ponedeljka do četrтка je bilo v avli fakultete razstavljenih osem robotskih aplikacij, ki so jih načrtovali in predstavili študentje. V dopoldanskem času so si jih ogledale skupine vedoželjnih dijakov, osnovnošolcev ter navdušenih predšolskih otrok. Nekateri pa so sodelovali tudi na aplikacijah in se naučili več o programiranju industrijskih robotov. V popoldanskem času so se študenti, ki so se predhodno prijavili na spletni strani dogodka, spoznali z delovanjem robotov ter se tudi sami preizkusili v vodenju in programiranju v njihovem operacijskem okolju.

Čez dan so nas obiskali tudi profesorji, študenti, strokovnjaki iz industrije in drugi, ki jih zanima robotika.

Pri načrtovanju aplikacij smo imeli v mislih, da z vsako aplikacijo prikažemo drugačen način uporabe robotov. Uporabili smo različne tipe robotov – od kolaborativnih robotov do industrijskih robotskih manipulatorjev.

1. **Iskanje ter odprava poškodb v barvi** (aplikatorja: Jure Štojs in Marko Tičar)
Z robotom ABB IRB1200 je bilo prikazano nadomestilo za dolgočasni in monotoni opravili iskanja ter odprave poškodb v barvi ročno s čopičem. Napake robot s pomočjo kamere zazna in jih zelo hitro in natančno odpravi.
2. **Kaligrafija** (aplikatorja: Petra Šmid in Matej Tomc)
Prikaz združitve moderne tehnike robotike in stare umetnosti kaligrafije. Mitsubishi RV-4FRLM na listič izpiše poljubno besedo s kaligrafskim pisalom.
3. **Kavomat** (aplikatorji: Jan Fink, Rok Lakner, Aleš Ručigaj)



RobotChallenge



Aplikacija pingpong

- Na pravem gostinskem kavomatu nam je kavo kot prava baristka pripravil 6-osni robot Stäubli TX60.
4. **Pingpong** (aplikatorji: Sebastian Čolić, Peter Kmecl, Tjaša Potočar)
Yaskawin robot Motoman HC10 je s pomočjo kamer prepoznal lokacijo žogice v svoji okolici in jo poskušal balansirati/odbiti na namiznoteniškem loparju.
 5. **Pizzabot** (aplikatorji: Tanja Buh, Stane Lokar, Vid Mlačnik, Nina Seifert)
Robot Epson PS3-AS00 se je preobrazil v pravega picopeka, saj je z enim samim fleksibilnim orodjem s štirimi prijemali pobiral, prenašal in nanašal vse potrebno za okusne pica kruhke ter jih nato še spekel v pečici.
 6. **Rezkanje** (aplikatorji: Matevž Jelenko, Kristjan Jurčič, Tine Koc)
5-osno rezkanje z robotom je prikazal robot ABB IRB 120. Podobno kot CNC-stroj je uspel izdelati šahovske figure.
 7. **Spajkanje** (aplikatorji: Maruša Kerpan, Timotej



Aplikacija rezkanje



Aplikacija Vincent Van Pyrobot

- Klemenčič, Žan Matic Pratlner)
- Prikaz sodelovanja človeka z robotom Stäubli TX40. Pripravili so preprosto vezje, na katero so položili elemente, robot pa jih je prispajkal.
8. **Vincent Van Pyrobot** (aplikatorji: Vilijem Borštar, Eva Burja, Rok Čepin, Leja Poredoš)
Fotografijo so s pomočjo programa pretvorili v kodo UR Script, ki je razumljiva robotu. Tako je kolaborativni robot UR5 znal s pirografom izvesti ustrezne gibe ter ovekovečiti sliko na lesu.

Ekskurzija

DIR 2019 smo zaključili v petek, 5. 4., s strokovno ekskurzijo. Najprej nas je pot vodila v Revoz, ki je eno največjih slovenskih podjetij, edini slovenski proizvajalec avtomobilov in vrsto let največji izvoznik. Pokazali so nam kontrolno sobo, iz katere lahko ugotavljajo napake na posameznem delu linije in na vsakem robotu ter optimizirajo samo proizvodnjo, kar jim omogoča, da se s proizvodnega traku vsako minuto in pol odpelje novo vozilo. Predstavili so nam edino fleksibilno proizvodno linijo v Sloveniji, na kateri se lahko sočasno sestavljajo karoserije kar štirih različnih modelov avtomobilov. Po ogledu po številu robotov najbolj robotizirane tovarne v Sloveniji smo si ogledali tudi proizvodni obrat TPV v Veliki Loki. TPV se kot razvojni dobavitelj sestavnih delov za avtomobilsko industrijo ponaša z zelo kvalitetno proizvodnjo. Ogledali smo si napredne robotske aplikacije, ki so jih razvili v podjetju, med drugim na umetni inteligenci temelječo pametno prepoznavo 3D objektov, njihove pozicije in orientacije, kar robotu močno olajša nalogo pobiranja naključno raztresenih objektov iz škatle. Pokazali so nam tudi svoj proizvod s področja mobilne robotike oz. AGV (Automated Guided Vehicle), ki omogoča avtonomno prevažanje surovin iz skladišča do mesta obdelave, pri čemer pa lahko poln premaguje 8-stopinjski naklon.

Vodja DIR 2019
Tjaša Potočar

IN MEMORIAM

ANTONU BEOVIČU, UNIV. DIPL. INŽ. STR.

17. februarja smo se na pokopališču v Žireh poslovili od znanega sodelavca na področju fluidne tehnike Antona Beoviča. Umrl je 13. februarja. Zapustil je ženo in štiri sinove ter vnuke.



*Anton Beovič
ob prejemu
občinskega
priznanja*

Jeseni 2018 je nekaj tednov preživel v bolnici na Golniku in v UKC Ljubljana. Po znatnem izboljšanju zdravstvenega stanja sem ga konec oktobra lansko leto obiskal na domu v Žireh. Tedaj niti slutiti nisem mogel, da se vidiva zadnjič. Nekaj besed sva spregovorila o vsakoletnem srečanju »forumšev« (upokojenih strokovnih sodelavcev na področju fluidne tehnike), ki bo 25. aprila 2019. Bil je ustanovitelj in »gonilna sila« tega združenja, ki zdaj šteje 37 članov. Prosil me je le, da se za to prihodnje srečanje malo več angažiram, ker on ne bo več toliko zmožen kot doslej.

Rodil se je sredi vojne vihre leta 1942 v Žireh. Mama Ivka in oče Tone sta bila priseljenca iz Dalmacije. V zgodnjem otroštvu je izgubil očeta. Z mamo sta se morala večkrat seliti, konec petdesetih let pa sta se ustalila v lastni hiši v sedanji Sejmiški ulici, kjer je Anton z družino ostal vse življenje.

Svoje življenje je posvetil sokrajanom, Žirem in fluidni tehniki, predvsem hidravliki. Po študiju na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani se je kot prvi diplomirani inženir strojništva v Žireh zaposlil v Kladivarju. Tam so tedaj uvajali nove tehnologije plastike, kar mu najbrž ni ustrezalo, zato je šel leta 1973 v Alpino. Vendar se je po slabih treh letih vrnil v Kladivar, ki takrat še ni bil ravno ugledno podjetje. Kmalu pa

je Kladivar postal znan po proizvodnji hidravličnih sestavin (pogonsko-krmilna hidravlika). Beovič je kmalu postal vodja takrat ustanovljenega razvojnega oddelka in okoli sebe zbiral mlade strojnike. V sedemdesetih letih je postal pomočnik direktorja. To delo je opravljal vse do odhoda iz Kladivarja. Še danes nekdanji sodelavci v Kladivarju priznavajo, da je A. Beovič pomembno vplival na razvoj Kladivarja celih dvajset let. Njegovo delo je veliko prispevalo k današnji uspešnosti podjetja Poclain Hydraulics, ki je neposredno nasledilo Kladivar.

V Kladivarju je sodeloval pri gradnji in tehnološki opremlitvi prve in druge proizvodne hale. Naštejmo še nekaj projektov, pri katerih je bil prvi organizator ali vsaj tvorni sodelavec: organiziranje razvojnega oddelka za avtomatizacijo v Žireh ter za hidravliko v Škofji Loki in tehnološkega razvoja proizvodnje ob uvajanju zadnjih dosežkov tehnologije. Sodeloval je pri ustanovitvi Raziskovalne enote in INDOK centra ter pri organizaciji izvajanja raziskovalnih nalog z doprinosom nekaj nepovratnih sredstev ter ugodnih kreditov za razvoj izdelkov in podjetja. Veliko zaslug ima pri pridobivanju tujih kupcev Kladivarjevih proizvodov: Festo, Rexroth, Beka, Herion. Vodil je izobraževalni projekt Fluidaktik ter projekt sistema učil in učbenikov za poučevanje osnov hidravlike v poklicnih šolah in profesionalnih združenjih.

Anton Beovič je bil na področju fluidne tehnike zelo delaven tudi zunaj podjetja Kladivar: pri sodelovanju Fakultete za strojništvo UL s Kladivarjem, ustanovitvi Odbora za fluidno tehniko pri GZS, v odboru Združenja kovinske industrije pri GZS, pri organiziranju in financiranju raziskovalne dejavnosti v Sloveniji, po osamosvojitvi je bil glavni akter za ustanovitev združenja Fluidna tehnika Slovenije.

V času tik pred osamosvojitvijo in po njej Antonu dogajanja v podjetju Kladivar niso bila všeč. O tem je tudi pisal in obvestil sodelavce, zapustil je Kladivar in odšel v profesorske vode šolskega centra v Škofji Loki. Tudi tam je do upokojitve delal na področju fluidne tehnike, poučeval tovrstne predmete, skrbel za laboratorijsko izobraževanje in bil mentor študentom na inženirskem prvostopenjskem študiju.

Anton Beovič je bil zelo dejaven tudi na družbenem področju: en mandat je bil podžupan Občine Žiri, osem let član Občinskega sveta, prejemnik občinskega priznanja (2013), zelo dejaven v pastoralni, bil

je tudi član župnijskega sveta, gasilskega in filatelističnega društva.

V tem prispevku smo našli pomembna dela in dejavnosti v življenju Antona Beoviča, vseh pa nikakor ne. Že tega, kar je naštet, je zelo veliko. Področje fluidne tehnike je izgubilo osebnost, ki je veliko prispevala k razvoju in napredku te stroke v Sloveniji. Pogrešali ga bomo na številnih področjih. Dolgo bo živel v svojih delih.

Viri

- [1] Žirovske stopinje, glasilo Občine Žiri; februar 2019.
- [2] Mag. Milan Kopač, mag. Aleš Bizjak: zapis/nagovor ob slovesu.
- [3] Mag. Franc Jeromen, dr. Jožef Pezdirnik: spomini na prijatelja.

Dr. Jožef Pezdirnik
Uredništvo revije Ventil
UL, Fakulteta za strojništvo



Univerza v Mariboru
Fakulteta za Strojništvo
Laboratorij za Oljno Hidravliko



M A R I B O R , 1 9 . i n 2 0 . S E P T E M B E R 2 0 1 9

mednarodna konferenca

Fluidna Tehnika 2019

Vabilo

Mednarodne konference "Fluidna Tehnika" so že od leta 1995 dalje osrednji bienalni dogodek s področja tehnologij, ki jih pokrivata hidravlika in pnevmatika.

Vabimo vas, da kot avtor prispevka, kot razstavljalet ali kot pokrovitelj mednarodne konference Fluidna Tehnika 2019, predstavite nova spoznanja, nove proizvode, dosežke in storitve.

Podrobnejše informacije o konferenci, tematskih področjih, programu, pomembnih datumih, ... najdete na domači spletni strani konference.

<http://ft.fs.um.si>

K O N G R E S N I C E N T E R H A B A K U K

NAJ ROBOTE NADZIRAMO ALI SE Z NJIMI BORIMO? ALI PA SE Z NJIMI CELO ZDRUŽIMO?

Raphaël Rault, odvetnik in partner v odvetniški družbi Alter Via Avocats, je pred polno dvorano Cankarjevega doma predaval o tem, kako bomo v prihodnosti sobivali ljudje in inteligentni roboti. Izpostavil je vrsto vprašanj, s katerimi se bomo soočili, ko bo v naše življenje v še večji meri stopila umetna inteligenca, ter ponudil tudi odgovore, podkrepjene s primeri.



Raphaël Rault

Kdo je Raphaël Rault?

Raphaël Rault je od leta 2008 odvetnik in partner v odvetniški družbi Alter Via Avocats (Lille, Francija). Ima certifikat o specializaciji na področju novih tehnologij ter računalniškega in komunikacijskega prava. Izobraževal in usposabljal se je na Univerzi v Parizu 2 Panthéon Assas in na poslovni šoli EDHEC, je član francoskega združenja uradnikov za varstvo podatkov (AFCDP), poučuje digitalno pravo in je soavtor knjige z naslovom Ethical Hacking (ENI editions, že 5. izdaja) ter soavtor članka z dr. Damienom Trentesauxom z naslovom Ethical Cyber-Physical Industrial Systems, ki je bil predstavljen na 20. svetovnem kongresu IFAC.

Francoski pravnik Raphaël Rault se je v predavanju dotaknil vprašanj, kot so: kako pametni avtonomni robot (SAR) zaznavajo civilni zakoni Evropske unije, ali ima pravice in obveznosti, kako lahko SAR odgovarja za svoja dejanja in kako lahko uvajamo etiko pri vedenju SAR? Predavatelj je že v uvodu izpostavil težave pri zagotavljanju kakovosti in legalnosti podatkov, na podlagi katerih deluje umetna inteligenca. Prav tako je opozoril na napačno mišljenje, da se umetni inteligenci ni potrebno ničesar naučiti, saj velja, da bolj kot je naprava avtonomna, bolj je odvisna od vnesenih podatkov. Oblikovalci in razvijalci umetne inteligence v EU morajo zato upoštevati etiko že od samega začetka svojega dela do zaključka. Podatki, ki jih razvijalci tako zapisujejo v umetno inteligenco, morajo biti točni in redno posodobljeni, ne smejo biti pristranski, varovati morajo osebne podatke, zagotavljati nevtralnost, kar pomeni, da niso diskriminatorni itd.

Z različnimi primeri je predstavil dileme, na katere lahko naletimo pri uporabi umetne inteligence.

Tako bi bila lahko na primer varna odločitev avtonomnega hitrega vlaka, ki zazna žival na progi, da se z zaviranjem izogne trku, kar pa bi povzročilo tveganje za poškodbe nekaterih izmed 1000 potnikov (tistih, ki trenutno ne sedijo) zaradi zasilnega zaviranja. Spraševal se je tudi, ali bi bil avtopilot letala sposoben preklicati ukaz človeškega pilota, če lahko ta povzroči strmoglavljenje letala (npr. samomor). Če je odgovor da, kako zagotoviti, da ta preklic ne pripelje do še bolj kritične situacije.

V pravni vidik usmerjeno predavanje je tako navdušilo poslušalstvo, saj gre za eno izmed novjših tem prihodnosti, ki jih prinašajo pametni avtonomni roboti. To predavanje v okviru Alumni kluba Fakultete za strojništvo UL je bilo prvo v ciklu Roboti spreminjajo svet, sledita še aprilsko predavanje prof. dr. Nika Herakoviča na temo Pametne tovarne ter v maju predavanje prof. dr. Alexandra Czinka Pot robotov – včeraj, danes, jutri.

www.fs.uni-lj.si

Z DIGITALIZACIJO VSEH PROIZVODNIH PROCESOV DO POVEČANJA KONKURENČNOSTI

Prof. dr. Niko Herakovič, predstojnik Katedre za izdelovalne tehnologije in sisteme ter vodja Laboratorija za strego, montažo in pnevmatiko – LASIM – na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani, je v predavanju Pametne tovarne prihodnosti izpostavil pomembnost digitalizacije vseh procesov v podjetjih za doseg večje konkurenčnosti na trgu, ki jo potrebuje slovensko gospodarstvo. V laboratoriju so razvili lasten model tovarne prihodnosti (LASFA) in ga tudi uspešno prenesli v realno industrijsko okolje, pri čemer se osredotočajo izključno na učinkovitost delovnega procesa. Vsaka sprememba pa se, je poudaril profesor Herakovič, najprej začne pri vzgoji kulture pri ljudeh.



Prof. dr. Niko Herakovič

Kdo je Niko Herakovič ?

Prof. dr. Niko Herakovič je redni profesor na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani, kjer je predstojnik Katedre za izdelovalne tehnologije in sisteme ter vodja laboratorija LASIM. Doktorski naziv je pridobil med študijem na univerzi RWTH v Aachnu, ki velja za eno vodilnih tehniških univerz v Nemčiji. Objavil je številne znanstvene in strokovne članke in konferenčne prispevke. Znan je po tem, da je tesno povezan s prenosom znanja v gospodarstvo. V okviru laboratorija LASIM je s sodelavci zgradil edini demonstracijski center pametne tovarne v Sloveniji.

V drugem predavanju iz cikla Roboti spreminjajo svet se je predavatelj prof. dr. Niko Herakovič osredotočal na razvoj pametnih tovarn, ki so v primerjavi s klasičnimi bolj učinkovite, inteligentne, fleksibilne, agilne ter predvsem avtonomne. Predavatelj se je dotaknil vprašanj o pozitivnih vidikih uvajanja strategije industrije 4.0 kakor tudi vprašanj o tem, ali bodo tovarne prihodnosti spremenile naša življenja in kako. Predstavil je nekaj odgovorov na bojazni, da v tovarnah prihodnosti ne bomo več potrebovali delavcev, in pojasnil, da to nikakor ne drži. Delavci so in bodo hrbtenica vsake tovarne, spremenile pa se bodo potrebe po njihovih kompetencah. Zato bodo morala podjetja in delavci poskrbeti za nenehno izobraževanje za pridobivanje kompetenc na IKT in socioloških področjih, ki bodo v tovarnah prihodnosti najbolj aktualna. Podrobneje se je dotaknil tudi organiziranosti proizvodnih procesov, ki bodo v prihodnje temeljili na kibernetski povezanosti, digitalnih dvojčkih in digitalnih agentih, podprtih z umetno inteligenco itd. V drugem delu predavanja je najprej predstavil predloge, kako naj se podjetja

lotijo uvajanja tehnologij industrije 4.0 in konceptov pametne tovarne. V nadaljevanju pa je predavatelj razložil in prikazal proces izgradnje demonstracijskega centra Pametne tovarne, ki ga je kot edinega delujočega v Sloveniji zgradil s sodelavci v laboratoriju LASIM na Fakulteti za strojništvo in katerega uradna otvoritev bo v drugi polovici maja 2019. Predavanje je zaključil video prikaz delovanja demonstracijskega centra na nivoju digitalnega dvojčka, virtualne in razširjene resničnosti kakor tudi posnetek delovanja realnega sistema pametne tovarne v laboratoriju.

V duhu prihajajočega razvoja pametnih tovarn prihodnosti ter industrije 4.0, ki ji že trka na vrata 5.0, bo sledilo tudi naslednje predavanje iz cikla Roboti spreminjajo svet, ki ga organizira Alumni klub FS v sodelovanju s Cankarjevim domom. Prof. dr. Alexander Czinki iz Nemčije bo 7. maja v Kosovelovi dvorani CD predaval o poti robotov – včeraj, danes, jutri.

www.fs.uni-lj.si

ŠTUDENTI STROJNIŠTVA NA TEKMOVANJU DBF V AMERIKI PREMAGALI VSO SVETOVNO UNIVERZITETNO ELITO IN ZMAGALI

Ekipa 17 študentov ljubljanske Fakultete za strojništvo je na tekmovanju Design/Build/Fly (DBF) v Združenih državah Amerike prepričljivo zmagala v letenju daljinsko vodenega brezpilotnega letala. Uspelo jim je načrtovati in zgraditi izjemno hitro, lahko kompozitno letalo, ki dosega hitrosti preko 100 km/h in je zmožno leteti več kot 10 minut na tekmovalni hitrosti. Na tekmovanju so zmagali med 100 sodelujočimi univerzami in uspeli prehiteti priznane univerze, kot so MIT, Stanford University, University of Southern California, Georgia institute of technology, University of Hong Kong, Virginia tech ...



Ekipa Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani

Ameriški inštitut za aeronavtiko in astronavtiko (AIAA) vsako leto razpiše študentski natečaj za načrtovanje in izgradnjo vodenega brezpilotnega letala. Tekmovanje je letos potekalo od 11. do 14. aprila 2019 v mestu Tucson, Arizona, kamor je odpotovala tudi ekipa študentov Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani pod mentorstvom doc. dr. Viktorja Šajna.

Več kot šest mesecev so se pripravljali na ta dogodek, za katerega so morali glede na navodila izdelati model letala z radarjem, ki mora vzleteti z letalonosilke. Navodila so poleg omejitev dimenzij zahtevala zložljivo krilo, ki se avtomatsko razpre, in možnost

vrtenja radarja ter spuščanja bomb. Narediti so morali letalo, ki bo nosilo čim več »bomb« in bo hkrati izjemno hitro vzletelo z rampe dolžine 3 m ter bo imelo hitro pripravo na vzlet. Ekipa, ki jo je vodil študent strojništva Timotej Hofbauer, se je s pomočjo najpomembnejših sponzorjev: Pipistrel, Akrapovič in Zavod 404 odločila zgraditi letalo v kompletu iz kompozitov.

»Letalo smo gradili več kot pol leta in vanj vložili preko 2000 ur dela. Uspelo nam je zgraditi izjemno hitro, lahko kompozitno letalo, ki dosega hitrosti preko 100 km/h in je zmožno leteti več kot 10 min na tekmovalni hitrosti. Letalo, pripravljeno na letenje, tehta



Zmagovalno letalo

približno 9 kg, od tega kar 35 % teže predstavljajo le baterije. Nosi lahko 18 »bomb«, čez krila pa meri 2,5 metra,« je tehnične specifikacije letala predstavil Hofbauer, ki je letalo tudi krmilil.

Tekmovanje, ki je potekalo že skoraj v puščavi, je bilo sestavljeno iz treh misij v zraku in misije na tleh. Pri slednji so bili izjemno hitri zaradi sistema razpiranja kril, ki deluje na principu torzijske vzmeti. Prva naloga v zraku je potrdila, da je letalo zmožno odpeljati tri kroge. Pri drugi nalogi so uspeli prehiteti vse univerze, saj so zaradi izjemno dobre površine letala

vse tri kroge z nameščenim radarjem odpeljali v 1,29 minute. Tretja naloga pa je prinesla največ točk. »Tukaj smo tudi naredili največjo razliko. V 10 minutah smo uspešno odleteli rekordnih 18 krogov in spustili 18 'bomb', kar je kar štiri kroge več kot drugouvrščena ekipa. S tem smo postali absolutni zmagovalci,« je povedal Hofbauer in dodal, da je takšna prednost pred drugimi univerzami presenetila tudi njih. »Vsi smo bili zelo presenečeni, kakšno razliko smo uspeli narediti proti ostalim fakultetam.«

Odličnega rezultata je izjemno vesel tudi dekan Fakultete za strojništvo prof. dr. Mitjan Kalin: »Uspeh ekipe je rezultat znanja, prizadevnosti in trdega dela. Zelo vesel in ponosen sem, da študenti uspejo na tak način pokazati, da so kljub verjetno slabšim materialnim pogojem, kot jih imajo na večjih univerzah, sposobni poseči v sam vrh. Na fakulteti se trudimo študentom ponuditi vse.«

Sicer je bila ekipa letos postavljena pred največji izziv doslej, saj so gradili letalo, ki je zelo veliko proti prejšnjim modelom. Poleg tega so bili izdelani enormni kalupi, prostorsko stisko pa so rešili s pomočjo delavnice Zavoda 404. Kljub vsem izzivom so v šestih mesecih uspeli dokončati dva prototipa in končno brez večjih težav letalo, na tekmovanju pa so znanje in dobro pripravljenost le še potrdili. V ekipi se trudijo vsako leto izboljšati tehnologijo izdelave, zato so jim v veliko pomoč omenjeni in nenaštet sponzorji, ki se jim za prilžnost in pomoč zahvaljujejo.

www.fs.uni-lj.si

JAKŠA
MAGNETNI VENTILI

od 1965

- vrhunska kakovost izdelkov in storitev
- zelo kratki dobavni roki
- strokovno svetovanje pri izbiri
- izdelava po posebnih zahtevah
- širok proizvodni program
- celoten program na internetu



www.jaksa.si



Jakša d.o.o., Šlandrova 8, 1231 Ljubljana
T (0)1 53 73 066, F (0)1 53 73 067, E info@jaksa.si

V INDUSTRIJI 21. STOLETJA POMEMBNA TUDI BIONIKA

Čeprav je bionika mlada veda, bo pomembno vplivala na razvoj prihodnje industrije. Inženirje bionike izobražujejo tudi pri nas.



Industrija bionskih tehnologij je v velikem porastu

Raziskovalci na področju bionike imajo skupni cilj: izpolnitev obljub, da se lahko s pomočjo inovacij v bioniki obnovijo ali izboljšajo človeške sposobnosti. Leto 2016 je bilo prelomno za bioniko, ker je bila ustanovljena Neuralink, nova družba podjetja Elon Musk, kar je sovpadlo z uvedbo novega programa za načrtovanje nevroloških inženirskih sistemov za napredne raziskovalne projekte (DARPA). Gre za projekte, imenovane življenje v kinetični evoluciji. V okviru teh projektov nastajajo vrhunske bionične naprave in sistemi (tudi za komercialno protetiko), nadzorovani z mikroprocesorji, brezžičnimi senzorji, možganskimi vmesniki, umetno inteligenco idr. Cilj mreže Bionics je sodelovanje strokovnih ekip, da bi lahko uspešno razvili novo generacijo naprav, ki bodo mehkejše, pametnejše in bolj občutljive in združljive s človeškim telesom. Omrežje Bionics bo vključevalo tri ključne teme: mehko robotiko (uporaba bioničnih fleksibilnih naprav), uporaba pametnih materialov in biointegracija.

V analitskem podjetju Frost & Sullivan ocenjujejo, da bo industrija bionskih tehnologij v prihodnosti izjemno pomembna. Njihova raziskovalna služba ponuja strateško perspektivo globalno nastajajoče industrije bionskih tehnologij. Raziskovalna dejavnost na tem področju je razdeljena na tri poglavja: prvi dve se osredotočata na analizo vrhunskih trendov z vidika tehnologij in z vidika končnih uporabnikov. Tretje poglavje predstavlja konkurenčno okolje, osredotočeno na strateške scenarije znotraj industrije. V industrijo bionskih

tehnologij, povezanih z zdravjem in medicino, štejemo industrijo bionskih protez, najrazličnejših vsadkov in eksoskeletov za rehabilitacijo. Vedno pomembnejše mesto v razvoju bionskih tehnologij pa dobivajo tudi vmesniki možgani-stroj in umetni organi. Zanimiv je podatek, da so med avstralskim letom G20 ustanovili organizacijo, ki bo človeškemu bioničnemu področju dala še večji zagon. Takrat je bil uspešno razvit tudi prvi bionični vmesnik (HBI) in nastala je edinstvena pobuda za znanstvenike, vlagatelje, združenja, da prepletejo ideje, gradijo čezmejna partnerstva in da najdejo nove vire financiranja za hitro vključevanje novih tehnologij v prakso. Avstralija je med vodilnimi državami na svetu na področju razvoja bioničnega vida.

Bionski sistemi tudi v industriji

Da bi se proizvodna podjetja lahko odzvala na povpraševanje kupcev in ostala konkurenčna v 21. stoletju, morajo imeti novo vrsto proizvodnega sistema, ki se lahko hitro odziva na svetovni trg. Današnji sistemi, imenovani FMS (Flexible Manufacturing Systems), žal nimajo takih značilnosti. Globalni svetovni trg zahteva spremembo proizvodnih sistemov ter stroškovno učinkovite, rekonfigurabilne proizvodne sisteme. Na te zahteve bi po mnenju mnogih lahko odgovorili z novim razvojnim konceptom BAS – Bionic Assembly System. BAS temelji na konceptih avtonomije, sodelovanja in inteligence svojih enot. Sistem predlaga uporabo avtonomnih mobilnih robotov neposredno v proizvodnem okolju. Razvoj BAS rešuje pomanjkanje prilagodljivosti pri raznovrstnih izdelkih in njihovi uporabi, pomanjkanje fleksibilnosti pri zamenjavi opreme, upoštevajoč vse večjo kompleksnost proizvodnih sistemov. Glavni elementi predlaganega sistema so avtonomni mobilni roboti, ki morajo delovati samostojno, prilagodljivo in v močni povezavi med seboj in okoljem. Eden najpomembnejših vidikov BAS je uporaba prednostnih nalog. Bionski sistem sestavlja nov koncept samoreguliranja multirobotovskih sistemov. Ker se število mobilnih robotov povečuje, načrtuje in nadzoruje, postaja sistem vse bolj kompleksen in zapleten.

Janez Škrlec, inž. mehatronike,
Razvojnoraziskovalna dejavnost s. p.
Zgornja Polskava

V OKVIRU 52. SEJMA MOS ŽE ČETRTO STIČIŠČE ZNANOSTI IN GOSPODARSTVA

Na celjskem sejmišču bo med 10. in 15. septembrom letos več kot 50 visokotehnoloških podjetij in raziskovalnih ustanov predstavilo inovacije, vrhunske tehnologije in tehnološke procese.



Na mednarodnem sejmu obrti in podjetništva MOS v Celju bo letos že četrto Stičišče znanosti in gospodarstva, ki je projekt ministrstva za znanost, izobraževanje in šport, vodi pa ga **Janez Škrlec**, nekdanji član sveta za znanost in tehnologijo RS in ustanovitelj odbora za znanost in tehnologijo pri OZS.

Poudarki Stičišča

Letošnje Stičišče bo usmerjeno predvsem na področje mikro-, bio- in nanotehnologij ter podpornega tehnološkega sveta sodobne medicine in vesoljskih tehnologij. Predstavljeni bodo tudi visokotehnološki gradniki naprednih sistemov, implantabilni stimulatorji za medicinske aplikacije, produkti s področja vesoljskih tehnologij in drugo. Predstavljeni bodo tudi novi poklici in izobraževalni programi. Stičišče pokriva tudi naslednja področja: elektroniko, mehatroniko, avtomatiko, robotiko, energetiko, IKT, bioniko ipd.

Posebne predstavitve visokotehnoloških inovacij, ki jih potrebuje gospodarstvo in industrija, bodo

predstavili predvsem Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, Kemijski inštitut iz Ljubljane, Institut Jožef Stefan, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru in Univerze v Ljubljani in drugi. Veliko inovacij pa se pričakuje tudi iz gospodarstva.

Stičišče, ki bo v hali L1 Celjskega sejmišča, predstavlja priložnost za promocijo slovenske znanosti, zlasti pa za intenzivnejše sodelovanje med znanstveno in gospodarsko sfero. Na dogodku bodo predstavljeni tudi primeri dobre prakse sodelovanja med razvojnoraziskovalnimi institucijami in podjetji oziroma gospodarstvom.

Organizator dogodka MIZŠ



ŽIROVSKI Poclain HYDRAULICS LANI REKORDNO, ZA LETOS NAČRTUJE ZMerno RAST

Žirovski Poclain Hydraulics je v lanskem letu beležil rekordno rast, saj so načrtovani celotni prihodek presegli skoraj za petino in presegli vse zastavljene cilje. V letu 2018 so ob povečanem povpraševanju po njihovih proizvodih tako ustvarili za skoraj 42 milijonov evrov prometa, trendi pa se nadaljujejo tudi letos. Uspešno poslovanje prvenstveno pripisujejo ugodnim razmeram na tržišču ob splošni gospodarski rasti, realizaciji nekaterih razvojnih projektov ter širitvi sodelovanja z glavnimi kupci.



Mag. Aleš Bizjak, direktor Poclain Hydraulics

Hitra odzivnost in prilagajanje potrebam trga sta vplivali tudi na rast števila zaposlenih, odprta delovna mesta pa so zaradi pomanjkanja domače delovne sile zapolnili tudi strokovnjaki in kvalificirani delavci iz tujine. Kot ugledni proizvajalec hidravličnih ventilov in hidravličnih naprav bodo z vso odgovornostjo tudi v prihodnje skrbeli za nadaljnjo rast in uspeh podjetja na svetovnih trgih, kjer nenehno krepijo zaupanje svojih kupcev, kar jim ob doseženih rezultatih priznavajo tudi francoski lastniki v mednarodni skupini Poclain.

»Leto smo zaključili uspešno in z rezultati smo zelo zadovoljni, saj smo rast beležili na vseh prodajnih programih,« pojasnjuje direktor Aleš Bizjak. »Za skoraj 26 odstotkov smo zrasli pri programu ventilov, kar je za nas izjemnega pomena. Na področju zavornih ventilov se je občutno povečalo povpraševanje v segmentu kmetijstva, nove kupce pa smo pridobili tudi na področju tovornih vozil in prikol, kjer pokrivamo vse glavne evropske kupce, kot so Daimler, Iveco, Renault Trucks in druge. Za leto 2019 z vso previdnostjo načrtujemo zmerno rast, nameravamo pa izkoristiti vse priložnosti, ki se nam bodo odpirale na svetovnem trgu. Naš glavni fokus za letošnje leto je dvig produktivnosti v proizvodnji,

saj z obstoječo delovno silo želimo dosegati višjo dodano vrednost. Nadaljevali pa bomo tudi z intenzivnim vlaganjem v nove proizvode, saj so ti glavno gonilo naše rasti na tržišču.«

V žirovskem obratu nameravajo letos v naložbene aktivnosti vložiti 3 milijone evrov in se prvenstveno usmeriti v avtomatizacijo ter vitko proizvodnjo ob zagotavljanju visokega nivoja kakovosti hidravličnih izdelkov. Ob zelo precizni obdelavi sestavnih delov postaja vedno pomembnejše tudi zagotavljanje visokega nivoja čistoče proizvodov, saj razni neželeni delci v hidravliki lahko povzročijo kritične okvare. V proizvodne procese bodo tako uvajali novo strojno opremo, ki bo zagotavljala kakovostno proizvodnjo novih proizvodov za najzahtevnejše kupce, vzporedno pa bodo še izboljševali pogoje dela za zaposlene.

»Kar se kadrov tiče, še vedno iščemo kvalificirano delovno silo in strokovnjake na področjih kakovosti, logistike ter proizvodnega in razvojnega inženiringa,« poudarja Bizjak. »Lani smo v proizvodnji odprli 30 novih delovnih mest, kadre pa prvenstveno iskali doma, a nismo bili povsem uspešni, zato smo jih morali poiskati v tujini. Imeli smo tudi kar nekaj težav pri pridobivanju delovnih dovoljenj, kar je bil za nas kar velik omejitveni dejavnik, zlasti zato, ker smo se trudili pravočasno uresničiti povečana naročila. Trenutno je pri nas zaposlenih okoli 6 odstotkov tujcev in doslej smo s tistimi, ki smo jih zaposlili, zelo zadovoljni, saj s svojim znanjem in angažiranostjo uresničujemo naša pričakovanja. Danes so naše zahteve vse večje, zlasti pri strokovnih profilih, pa tudi pri delavcih v proizvodnji, kjer se povečuje delo z avtomatskimi stroji.«

Vodilo družbe Poclain Hydraulics, ki danes zaposluje 330 delavcev, od tega jih je skoraj tretjina visoko izobraženih in tretjina s srednješolsko izobrazbo, je zagotavljanje konkurenčnosti na trgu delovne sile, zato podjetje skrbi za ustrezna nadomestila zaposlenih za opravljeno delo. Kot mednarodno podjetje bodo visoko izobražene kadre tudi v bodoče iskali v tujini, v svoje vrste pa bodo glede na potrebe privabliali tudi tuje delavce za delo v proizvodnji.

Inovativno žirovsko podjetje **Poclain Hydraulics**, ki 90 odstotkov svojih prihodkov ustvari z izvozno de-



Utrinek iz delovnega procesa

javnostjo, v zadnjem desetletju z novimi francoski mi lastniki uspešno vstopa na nove trge k največjim svetovnim igralcem in je danes v svetu med najprepoznavnejšimi na področju ventilov za hidravlične transmisije ter med štirimi vodilnimi v proizvodnji ventilov za zavore. Njihov celoten proizvodni program zajema ventile za zaprte in odprte tokokroge, ventile za zavore ter hidravlične naprave in preizkuševališča, proizvajajo pa tudi bate za motorje in črpalke ter aksialne motorje. Z njimi že prodirajo na tržišče transmisij in vzporedno z avtomatizacijo in

robotiko za nadgradnjo proizvodnje sledijo smericam in industrijskim standardom 4.0. Skladno s politiko skupine Poclain in z razvojem ključnih znanj stremijo k boljši učinkovitosti, odličnosti poslovanja in vrhunski kakovosti izdelkov. Tovarna v Žireh, ki je po številu zaposlenih tretja največja med desetimi tovarnami v mednarodni skupini Poclain, je danes pomemben kompetenčni center za hidravlične ventile in hidravlične naprave znotraj skupine Poclain, obenem pa tudi tehnološki center za avtomatske preizkuševalne naprave hidravličnih sestavin.

Skupina Poclain, ki ima sedež v Verberierju v Franciji, za trg razvija in proizvaja visokozmogljive hidravlične sestavine in sisteme, večinoma za hidravlične hidrostatične pogone. Sem sodijo hidravlični motorji in črpalke, hidravlični ventili, naprave, celotni sistemi ter z njimi povezana elektronika. Skupina posluje na treh kontinentih v 20 državah in z več kot 2.000 zaposlenimi letno ustvari za približno 380 milijonov evrov prihodkov. Tehnološko dovršene, energijsko varčne in okolju prijazne izdelke skupina Poclain trži preko vseh svojih 10 tovarn, več kot 20 lastnih pisarn ter 180 distributerjev po vsem svetu. Hidravlične sestavine in sistemi, ki jih razvijajo v Žireh, tako omogočajo nemoteno obratovanje številnih industrijskih delovnih strojev, zlasti v gradbeništvu, kmetijstvu, rudarstvu, luškem, ladijskem in drugem transportu.

Miša Hrovat, agencija Maga
Fotografija: Anže Petkovšek



IRT 3000
INOVAČIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE

**SPLAČA SE
BITI NAROČNIK**



ZA SAMO 50€ DOBITE:

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (10 številok)
- strokovne vsebine na več kot 140 straneh
- vsakih 14 dni e-novice IRT3000 na osebni elektronski naslov
- možnost ugodnejšega nakupa strokovne literature

**UGODNOSTI ZA
NAROČNIKE REVIE**

Vsak novi naročnik prejme
majico in ovratni trak

NAROČITE SE! ☎ 01 5800 884 ✉ info@irt3000.si 🌐 www.irt3000.si/narocam

WWW.IRT3000.COM

Na voljo tudi digitalna različica revije



PARKER PODPIRA ŠTUDENTE PRI RAZVOJU DIRKALNEGA AVTOMOBILA

Študenti Fakultete za strojništvo in ladjedelništvo Univerze v Zagrebu (FSB) in podjetje Fering Fit, distributer podjetja Parker, ki ima sedež v Zagrebu, sodelujejo pri projektu oblikovanja vozila. Avtomobil je oblikovan za študentsko dirkalno moštvo FSB, ki je del združenja avtomobilskih inženirjev za formulo – FSAE. To združenje vsako leto organizira dirkalna tekmovanja, na katerih moštvo FSB sodeluje že od vsega začetka. Študenti tako pridobijo praktična znanja svoje študijske smeri in se povezujejo z drugimi.



Študentsko moštvo je imelo pri izdelavi avtomobila težave s sistemom hlajenja motorja. Težave so odpravili z novo zasnovo sistema hlajenja, ki je vključevala cevne priključke podjetja Parker. Potrebne cevne priključke jim je podaril Fering Fit. Izboljšani sistem zdaj optimalno uravnava temperaturo motorja. Moštvo je pred kratkim predstavilo izboljšano zasnovo avtomobila.

Podjetje Fering Fit, ki je bilo ustanovljeno leta 1994, letos praznuje svojo 25. obletnico. Podjetje se je uveljavilo kot vodilno na področju industrijske filtracije, rešitev za zrak in tehnične pline ter pnevmatske tehnologije. Od samega začetka zastopa podjetje Parker Hannifin. V začetku so prodajali le izdelke za ravnanje s stisnjenim zrakom podjetja Domnick Hunter, pozneje pa še izdelke podjetij Hiross, Zander ter Parkerjeve komponente za pnevmatiko.

Parker Hannifin, vodilni svetovni proizvajalec izdelkov in sistemov za gibanje in krmiljenje, izboljšuje delovanje avtomobilov s svojimi cevni priključki za hladilne sisteme in tako povečuje učinkovitost v avtomobilski industriji. Razen tega že 100 let podpira svoje kupce pri industrijskih, letalskih in vesoljskih projektih.

Več informacij najdete na spletnem mestu www.parker.com ali [@parkerhannifin](https://twitter.com/parkerhannifin).

Vir:

Parker Hannifin Sales CEE s.r.o., Češka Republika – Podružnica Novo mesto, tel.: 07 337 66 50, faks: 07 337 66 51, e-mail: parker.slovenia@parker.com, spletna stran: www.parker.com, Miha Šteger

2. konferenca

za informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, elektroniko in mehatroniko

Teme IKTEM konference so:

- Varnostne rešitve v IKT
- IoT proizvodi in rešitve
- Načrtovanje in modeliranje 3D objektov s CAD-CAM orodji
- Meritve s sodobnimi merilnimi instrumenti in metodami
- CAD-CAM orodja za področje elektronike in mehatronike
- Primeri dobre prakse iz področij IKT, elektronike in mehatronike

Rogla, hotel Planja

30. – 31. maj 2019

<https://iktem.si>



TESNILA IN DRUGI IZDELKI ZA HIDRAVLIKO

Kakovostna tesnila za hidravliko zagotavljajo dobro tesnjenje, preprečujejo izgubo hidravličnih medijev in tako skrbijo za boljši izkoristek hidravličnih naprav. Nakup kakovostnih hidravličnih tesnil pomeni dolgoročno optimizacijo stroškov. Za tesnjenje se pogosto uporabljajo tudi kakovostna tesnilna masa in tesnilni trakovi.



Kakovostna tesnila za hidravliko in pnevmatiko, tesnilne mase in tesnilni trakovi

Podjetje S3C ima v svojem prodajnem programu različna kakovostna, učinkovita in trpežna tesnila številnih svetovnih proizvajalcev. Tesnila iz njihove ponudbe so odporna na zelo visoke tlake in temperature. Na voljo imajo tudi tesnila za hidravlične črpalke. Kupec mora biti pri izbiri medprirobničnih tesnil pozoren na oznake, ki jih ima posamezno tesnilo (DN 100, DN 40, DN 80, DN 250 ipd.). Oznake so povezane z notranjim premerom cevi (v mm). Tako na primer DN 100 pomeni, da se tesnilo prilega cevi z notranjim premerom 100 mm.

Poleg tesnil za hidravliko pa je mogoče na spletni strani podjetja S3C izbirati tudi tesnilno maso in tesnilni trak, ki sta primerna tako za tesnjenje togih kot gibljivih cevi za vodo in hidravličnih cevi. Še posebej kakovosten je tesnilni trak Loctite, ki se v hipu oprime izbrane površine in učinkovito prepreči uhajanje tekočine. Uporabiti pa ga je mogoče

tudi za druge namene, kot na primer za izolacijo kablov.

Prav tako kakovostna in učinkovita je tudi tesnilna masa, ki jo odlikujeta izvrsten oprijem in optimalna zaščita pred uhajanjem tekočine.

Na spletni strani www.s3c.si je mogoče izbirati še drugo opremo za hidravliko, ki je kakovostna in po konkurenčnih cenah, dobavni roki pa so kratki. Dostop do spletne strani uredite z registracijo, za podporo pa pokličite: 01 423 22 22.



Vir:

S3C, d. o. o., Tržaška cesta 116, 1000 Ljubljana, 01/423-22-22, faks 01/423-22-00, e-pošta info@s3c.si

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2019 - ASM '19

4. decembra 2019

na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

NOVI, TRAJNEJŠI FILTRSKI VLOŽKI

Podjetje *Argo-Hytos* še naprej razvija filtrske vložke vrste *Exapor-Max*. Njihova večja učinkovitost omogoča tudi večjo trajnost in manjše dimenzije filtra v napravi. Poleg tega imajo novi vložki še eno lastnost, ki so jo uporabniki že dolgo pričakovali: lahko so opremljeni z individualno vsebino nalepke.

Argo-Hytos od konca leta 2018 naprej ponuja nove serijsko izdelane, na novo razvite filtrske vložke vrste Exapor-Max 3. Njihovi prototipi so bili prvič prikazani na Hanoverskem sejmu 2018. Težišče nanovo razvitih vložkov ni samo boljša zmogljivost filtriranja, ampak tudi optični videz z oznako oz. nalepko po želji uporabnikov.

Nova generacija vložkov ima boljše tehnične lastnosti, kot so: padec tlaka, kapaciteta izločanja nečistoč in povečanje pretočne trdnosti. Tako ima uporabnik možnost vgradnje manjših in zato cenejših filtrov. Na voljo so vložki z imensko vrednostjo filtriranja 5, 10 in 16 mikrometrov.

Večja kapaciteta izločanja nečistoč

Absolutna količina izločenih nečistoč in s tem večja trajnost novih vložkov sta veliko večji, kar omogoča izboljšana specifična kapaciteta izločanja nečistoč, ki so jo z okoli 14 mg/cm² povečali na 16 mg/cm², kar pomeni približno 15-odstotno povišanje. To so omogočile izkušnje in izboljšave izdelovalca pri oblikovanju strukture vložka in dobaviteljeve izboljšave filtrskega materiala.

Pri izdelavi vložkov so prvič uporabili večslojne vlaknaste materiale s tako imenovano gradientno strukturo, pri kateri je pomembna občutljiva slojevitost strukture vložka brez omejevanja števila plasti. S tem se prepreči predčasno mašenje plasti filtrirnega materiala in zagotavlja enakomernost njegove izvedbe.

Manjši padci tlaka

Uporaba novih vlaknastih materialov s hibridnim okrepljenim tkivom, preskušanih že v predhodnih

izvedbah vložkov, je zmanjšala izgube tlaka za več kot 20 %. To namesto prej uporabljenega žičnega tkiva iz plemenitega jekla omogočata hibridno okrepljeno tkivo iz sintetičnih vlaken in posebna tehnika njegove izdelave. Prednost tega so ustreznejše izvedbe gube vložka z optimalnim padcem tlaka in optimalno trajno pretočno trdnostjo. Lomljenje žičnega pletiva pri utripnih pretočnih obremenitvah se ne pojavlja več.

Različne inačice izvedbe

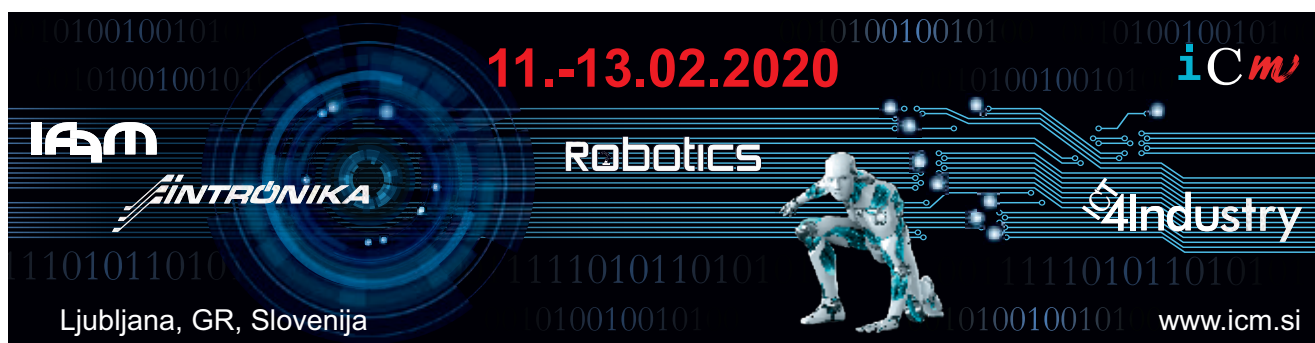
Izdelovalec nove serije vložkov ponuja različne inačice izvedbe. Na voljo so npr. majhni filtrski vložki za hidravlične krmilne mehanizme na vozilih in mobilnih delovnih strojih, enako kot veliki vložki, npr. za hidravlične naprave na strojih za brizganje plastičnih mas, kot tudi standardna kataloška ali individualnim prostorskim izvedbam prilagojena izvedba. Podatki o željah različnih uporabnikov so bili osnova za zasnovo izvedb za serijsko izdelavo.

Nalepka z logotipom in navodilom za uporabo

Poleg tehničnih lastnosti sta po željah uporabnikov spremenjeni tudi oblika vložkov in vsebina nalepke z ustreznimi podatki. Z novo tehniko tiskanja je mogoča večbarvna predstavitev znakov in podatkov.

Vir:

Siggelkow, S.: Standzeit Verlängert-Individuell bedruckte Filterelemente mit höherer Leistung – Fluid 52 (2019) 1–2, str. 18



LAŽJI HIDRAVLICNI VALJI

Nemško podjetje Mark Hydraulik iz Spitala ob Pyhrnu načrtuje velikoserijsko izdelavo hidravličnih valjev iz kompozitnega materiala, ojačanega z ogljikovimi vlakni, in s tem združiti gospodarnost z lahkostjo in protikorozijsko odpornostjo. Takšni aktuatorji bodo okoli 70 % lažji od jeklenih. S tem postaja tudi oskrba z rezervnimi deli na terenu lažja in cenejša.

Področje uporabe lahkih hidravličnih valjev postaja še posebno zanimivo pri izdelavi mobilnih strojev in električnih vozil. Podjetje *Mark Hydraulik* je zato začelo razvijati in velikoserijsko izdelovati hidravlične valje iz mešanice kompozitnega materiala, ojačanega z ogljikovimi vlakni (nem.: kohlefaserverstärkte Kunststoff – krat. CFK), aluminijevih zlitin in jekla.

Reducirano na bistveno

V osnovi naj bi bila cevnic hidravličnega valja brez večjih deformacij pod notranjim tlakom, z gladko in tribološko optimirano notranjo površino, prilagojeno uporabljenim tesnilnim materialom. Samo tako se lahko zagotovi večciklično delovanje valja. Za takšno delovanje je izbrana izvedba cevnice iz tanke notranje jeklene cevi, ki omogoča uporabo preverjenih tesnilk, njeno mehansko trdnost pa zagotavlja okoli nje ovit plašč iz ustreznega kompozitnega materiala z ogljikovimi vlakni.

Tudi končni pokrovi s tesnjenjem, priključnimi odprtinami za olje in vodilom batnice so optimalno zasnovani in izdelani iz lahke aluminijeve zlitine. Vsak uporabljeni material prevzema svojo vlogo, notranja jeklena cev varuje tesnilke, plašč iz kompozita zagotavlja trdnost, pokrovi iz aluminijske zlitine pa omogočajo dovod olja in vodenje batnice. Lažji valj je mehansko stabilen, brez obrabe tesnilk in primeren za avtomatizirano velikoserijsko izdelavo.

Pomembno lažji in korozijsko odporen

Prihranek mase lahkega valja v primerjavi s konvencionalnim jeklenim valjem lahko znaša med 30 in 70 % pri enaki mehanski trdnosti. Osnovni material kompozita je že izvirno korozijsko odporen. Notranja jeklena cevnic je posebno obdelana za dobro vezavo s kompozitom in kontaktno protikorozivnost. Aluminijski pokrovi so trdno eloksirani in s tem protikorozijsko zaščiteni. Bat in batnica sta konvencionalno iz jekla, vendar se izdelovalec pri

tem trudi uporabiti boljše in sodobnejše vrste jekla, vključno z možnostjo uporabe hibridnih delov iz jekla-plastike.

Serijski valji ali valji po meri

Hibridni valji iz kompozitnega materiala so že nekaj časa na trgu. Vendar gre za posamično ali maloserijsko izdelavo. Cilj novih razvojnih prizadevanj pa je serijska izdelava. Trenutno so že na voljo standardne izvedbe z imenskim premerom med 32 in 125 mm, za delovni tlak 100 ali 300 barov (preskusni tlak 450 bar) in delovno temperaturo med -20 in 80 °C. Mogoča so tudi druga območja delovne temperature. Zato je izdelava prilagojena novim zahtevam. Pri tem se valj najprej opremi z vsemi kovinskimi sestavnimi deli, potem pa se avtomatično ovije s kompozitnim plaščem z določeno prednapetostjo po patentiranem postopku in na koncu v peči dokončno utrdi.

Manjša teža, večja korozijska odpornost

Valj je po utrditvi v peči neposredno uporaben na širokem področju namembnosti. Tipičen primer uporabe je npr. v gradbeništvu za hidravlično podpiranje betonskih opažev s sestavinami, težkimi 100 kg in več. Prihranek 50 % omogoča lažje ravnanje z njimi. Pri manjših mobilnih strojih za delo v zgradbah je teža prav gotovo pomemben faktor. Podobno velja npr. za pomične pokrove na ladjah in silosih, ali pomolih in ročicah žerjavov. Kmetijski in komunalni stroji ter lahka električno gnana vozila in stroji so lahko pomembna področja uporabe takšnih hidravličnih valjev. Pri vseh teh primerih pa je več kot pomembna protikorozijska obstojnost.

Vir:

Kindl, A. ur., Zeiff, A. ur.: *Leichtgewichte in Serie – Diese Vorteile haben moderne CFK-Hydraulikzylinder – FLUID 52* (2019) 1–2. str. 16.

PROGRAM GOSTOP – GRADNIKI, ORODJA IN SISTEMI ZA TOVARNE PRIHODNOSTI

Igor Kovač, Vladimir Jovan, Aleš Ude, Aleš Hančič, Dragan Kusić, Janez Štrancar

Izvilleček:

Program GOSTOP – Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti, ki ga koordinira Institut Jožef Stefan, je trenutno največji program v Sloveniji. Podpirajo ga Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije, Evropski sklad za regionalni razvoj EU in slovenska industrija. Je v osrednji fazi, ko zastavljeni osnutki in koncepti v skladu s programom prehajajo iz raziskovalne v eksperimentalno fazo. V trinletnem programu združujemo raziskovalne skupine iz trinajstih podjetij in šestih raziskovalnih organizacij, ki imajo kompatibilne raziskovalnorazvojne programe na področju pametnih tovarn. Upoštevajoč slovensko strategijo pametne specializacije, ki jo je pripravila SVRK, kot tudi strategijo razvoja koncepta pametnih tovarn, ki se uveljavlja v EU in jo na primer promovira evropsko združenje EFFRA, izvajamo dela na področjih, na katerih Slovenija lahko doseže pomembne preboje v bližnji prihodnosti: tehnologije vodenja, orodjarstvo, robotika in fotonika. S tem v programu GOSTOP tudi združujemo del horizontalnih mrež (omogočitvenih tehnologij) iz strategije pametne specializacije Slovenije na področju pametnih tovarn in vključujemo vertikalne verige vrednosti, da pridemo do novih produktov, storitev in tehnologij, s katerimi bo slovenska industrija izboljšala svojo konkurenčnost. V prispevku bomo prikazali nekatere izvillečke iz dela aktivnosti znotraj posameznih stebrov programa, katerih uspešna izvedba bo prispevala k dvigu dodane vrednosti in k povečanju izvoza.

Ključne besede:

tovarne prihodnosti, pametne tovarne, tehnologije vodenja, robotika, orodjarstvo, fotonika

Uvod

Program GOSTOP – *Gradniki, orodja in sistemi za tovarne prihodnosti* je zbral slovenska raziskovalna in inovacijska znanja ter izkušnje iz industrijske in akademske sfere z namenom, da uvrsti Slovenijo med ugledne evropske ponudnike izdelkov, tehnologij in storitev za tovarne prihodnosti. Kritično maso znanj in kapacitet smo izoblikovali predvsem na tistih tehnoloških področjih, ki imajo v Sloveniji komparativne prednosti in imajo realne možnosti za večjo uveljavitev slovenskega znanja tudi v svetu. V programu sodeluje devetnajst partnerjev. Pet javnoraziskovalnih organizacij (Institut »Jožef Stefan«;

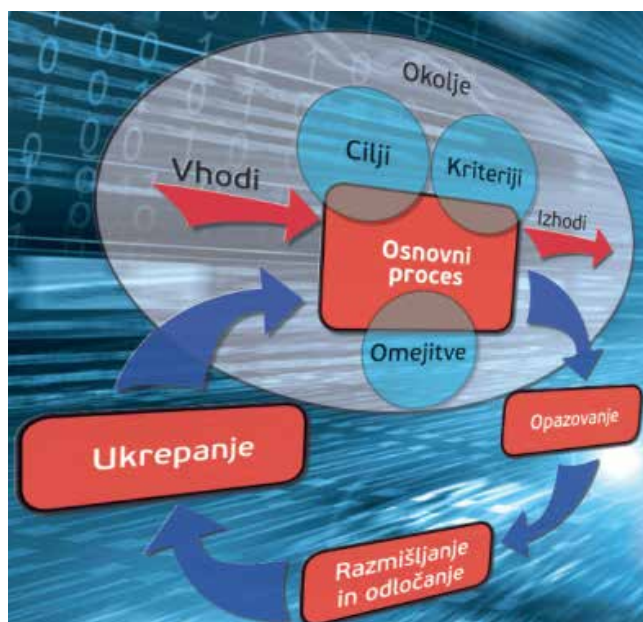
Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani; Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani; Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani, in Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru, ter Razvojni center orodjarstva Slovenije TECOS). Iz industrije so vključena tako velika kot tudi srednja in mala podjetja (Kolektor Group, d. o. o., INEA, d. o. o., METRONIK, d. o. o., HIDRIA ROTOMATIKA, d. o. o., YASKAWA Slovenija, d. o. o., PODKRIŽNIK, d. o. o., NELA razvojni center, d. o. o., COSYLAB, d. d., L-TEK, d. o. o., ŠPICA INTERNATIONAL, d. o. o., OPTOTEK, d. o. o., LPKF, d. o. o., in FOTONA, d. o. o.). Program GOSTOP je vreden skupno 9,4 mio EUR, od tega je 5,95 mio EUR sofinanciranja. Sestavljajo ga štirje stebri: tehnologije vodenja, robotika, orodjarstvo in fotonika. Poleg vsebinskega je pomemben tudi personalni vidik programa. V programu so se v začetnem obdobju na večini predlaganih tematik oblikovale povsem nove vsebine, ki so botrovale formiranju novih skupin tako v industrijskem kot tudi v akademskem okolju. To je odlična priložnost, da se pritegnejo novi perspektivni mladi strokovni kadri. Zato smo začetni fazi posvetili še posebno pozornost, saj je sedanje nemoteno delo plod dobro zastavljene zasnove, ki pa ni bila enostavna in je terjala precej truda vseh vpletenih partnerjev.

Doc. dr. Igor Kovač, univ. dipl. inž., **dr. Vladimir Jovan**, univ. dipl. inž., **prof. dr. Aleš Ude**, univ. dipl. inž., vsi Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana;
Dr. Aleš Hančič, univ. dipl. inž., **dr. Dragan Kusić**, univ. dipl. inž., oba TECOS Razvojni center orodjarstva Slovenije, Celje;
Dr. Janez Štrancar, univ. dipl. inž., Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana

V okviru programa GOSTOP so bile opravljene številne predstavitve in nastopi na strokovnih ali sejmskih dogodkih, objavljeni izsledki v obliki domačih in mednarodnih člankov in referatov, prijavljene izboljšave in patenti, novi projekti itd. Beležimo tudi, da se ustvarjajo nove zamisli v obliki novih raziskovalnih in poslovnih povezav tako v domačem kot tudi v mednarodnem okolju, kar nas še posebej veseli. V prispevku so od številnih aktivnosti prikazane samo nekatere, ki so opisane po posameznih stebrih programa GOSTOP. Naložbo sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.

Tehnologije vodenja

Tehnologija vodenja (avtomatizacija, informatizacija, kibernizacija) je izrazito infrastrukturna omogočitelna tehnologija, ki je vključena v praktično vseh sodobnih napravah, strojih, procesih in sistemih. Z uporabo paradigme povratne zanke (slika 1) zagotavlja njihovo funkcionalnost, zanesljivost, varnost in učinkovitost delovanja. Zaradi svoje ključne vloge v končnem sistemu/izdelku je naravni integrator vseh tehnologij, ki nastopajo pri zasnovi in izvedbi novega sistema/izdelka in je eno ključnih področij tovarn prihodnosti.



Slika 1 : Koncept povratne zanke

Gre torej za tipično omogočitelno tehnologijo, ki se uporablja na zelo različnih področjih, med katerimi izstopa uporaba tehnologij vodenja pri razvoju gradnikov, orodij in sistemov za tovarne prihodnosti/pametne tovarne. Koncept pametne tovarne uveljavlja spremembo proizvodne informacijske infrastrukture, kjer so tehnologije vodenja eden osnovnih gradnikov. Na nivoju proizvodnega obrata

bo bistveno povečano število senzorjev in aktuatorjev, krmilniki bodo vsebovali precej več inteligence za možnost samostojnega odločanja. Kot del kibernetskih fizičnih sistemov bodo avtonomno usklajevali delovanje posameznih proizvodnih naprav. Na nivoju operativnega vodenja proizvodnje in na nivoju poslovnega upravljanja proizvodnje se bodo uvedla programska orodja za podporo odločanju in novi inteligentni agenti, ki bodo prevzeli vlogo človeka pri operativnem vodenju proizvodnje.

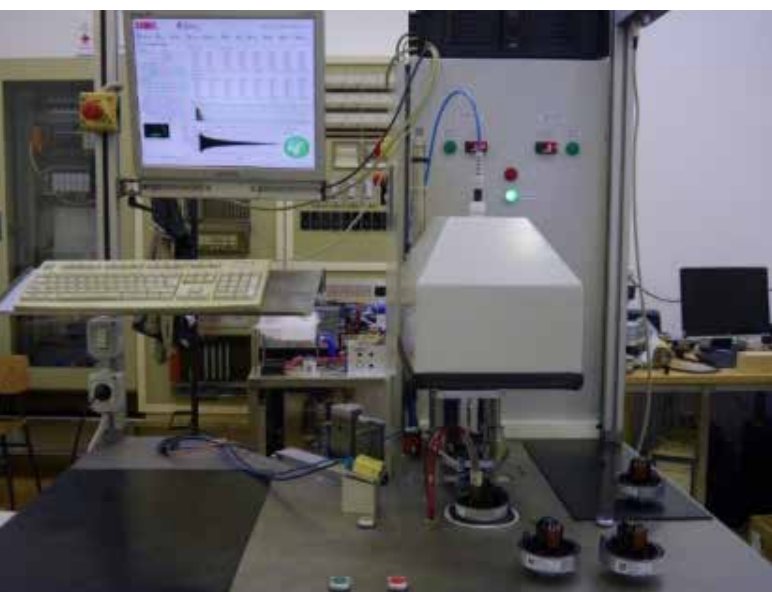
V stebru Tehnologije vodenja kot delu programa GOSTOP sodeluje 11 partnerjev, vključno z najpomembnejšimi raziskovalnimi institucijami, visokotehnološkimi storitvenimi/inženirskimi podjetji s področja tehnologije vodenja in podjetji uporabniki rezultatov, ki delujejo na področju razvoja tehnologije vodenja ali uporabe njenih rezultatov v Sloveniji. Cilj združevanja deležnikov je doseči koncentracijo znanja in kompetenc za skupno izvajanje razvojnoinovativnih projektov, ki bodo s svojimi rezultati omogočili izdelavo novih produktov, tehnologij in storitev, potrebnih za realizacijo koncepta tovarn prihodnosti. Največji poudarek razvojnih raziskav je namenjen:

- ▶ zasnovi novih gradnikov, ki bodo prispevali k močnejši integraciji fizikalnega in digitalnega sveta v tovarnah prihodnosti;
- ▶ razvoju novih postopkov, ki zagotavljajo samodejno in celovito analizo kakovosti izdelkov (z namenom zagotavljanja 100-odstotne kakovosti izdelkov);
- ▶ razvoju novih postopkov adaptivnega vodenja proizvodnje na osnovi modelov, temelječih na rudarjenju proizvodnih podatkov;
- ▶ razvoju platforme za zajemanje podatkov, nadzoru proizvodnega procesa, napovedovanju in sintezi optimalnih ukrepov za učinkovito vodenje proizvodnje.

Dosedanje delo na področju razvoja novih gradnikov za integracijo fizikalnega in digitalnega sveta v tovarnah prihodnosti je razdeljeno na štiri podsklope. Prvi podsklop zajema razvoj modulov za zajem podatkov iz oddaljenih podatkovnih virov, pošiljanje podatkov v »Big Data« center ter prikaz podatkov v okviru spletnih in mobilnih naprav. Drugi podsklop zajema razvoj novega prototipa enote za daljinsko spremljanje procesov, ki bo omogočal prenos podatkov iz industrijskih naprav preko mobilnih omrežij 4. generacije. Tretji podsklop zajema razvoj komponent programskega orodja za samodejno, trajnostno in avtonomno vzdrževanje industrijskih proizvodno-informacijskih sistemov prihodnosti, ki bodo sposobni samodejnih korektivnih ukrepov. Zadnji sklop zajema razvoj nove generacije senzorjev na podlagi zvoka in slike za komunikacijo med človekom in opremo na podlagi interneta stvari.

Novi postopki za celovito avtomatsko analizo kakovosti končnih izdelkov se razvijajo in verificirajo

na demonstracijski liniji za proizvodnjo elektromotorjev v enem izmed slovenskih proizvodnih podjetij (slika 2). Izvedena je zasnova celotne linije za končno kontrolo izdelkov, zasnovane so potrebne strojne komponente, krmilni sistem, programski moduli za obdelavo signalov hrupa in vibracij za potrebe končne kontrole kakovosti, vtičniki za povezavo s sistemom MES (Manufacturing Execution System), agenti za podrobno spremljanje procesnih parametrov in nastavitve stroja ter spletni vtičnik za nadzor procesa transportne linije, ki je poskusno implementiran v obstoječi MES-sistem. Pri zasnovi linije smo kot pomembno vodilo upoštevali trende v okviru koncepta industrija 4.0, kjer je nakazana pomembna smer razvoja proizvodne informatike v smislu sprotnega prilagajanja nastavitve parametrov proizvodnih naprav glede na rezultate kontrole kakovosti končnega izdelka.



Slika 2 : Demonstracijska linija za celovito končno kontrolo elektromotorjev

Pri razvoju novih postopkov adaptivnega vodenja proizvodnje smo za testno demonstracijsko proizvodno linijo elektromotorjev preverili razpoložljiva merilna mesta in možnosti integracije proizvodnih podatkov v enotni sistem, ki bo omogočal spremljanje proizvodnje in njeno adaptivno vodenje. Definirali smo potrebno informacijsko infrastrukturo za zajem in shranjevanje podatkov iz različnih faz proizvodnje. Struktura temelji na principu MessageQueues, ki omogočajo zelo veliko propustnost podatkov. Specificirali smo potrebne strukture informacijskih blokov za prenos podatkov med različnimi informacijskimi podsistemi pri proizvodnji električnih motorjev. Trenutna dela so predvsem na preverjanju koncepta uporabe statističnih podatkov o kakovosti končnih izdelkov ter drugih vplivnih parametrov naprav v proizvodni liniji za optimalno ponastavitev parametrov proizvodnih naprav.



Slika 3 : Podatkovni vmesnik ME-RTU med oddaljeno napravo in nadzornim centrom v fazi komercializacije

Koncept industrija 4.0 predvideva možnost trenutnega dostopa do vseh proizvodnih podatkov v celotni piramidi informacijske infrastrukture proizvodnega podjetja ter njihovo obdelavo s sodobnimi postopki za pridobivanje dodatnih informacij za optimizacijo proizvodnje. Zato v posebnem sklopu aktivnosti razvijamo enotno podatkovno platformo (Enterprise Service Bus), ki bo zagotavljala trenutni dostop do podatkov v različnih podatkovnih bazah in njihovo uporabo v namenskih programskih modulih za nadzor proizvodnega procesa ter napovedovanje in sintezo optimalnih ukrepov za učinkovito vodenje proizvodnje.



Slika 4 : Končna kontrola elektromotorjev

Ocenjujemo, da je že dosedanje delo na aktivnostih v okviru stebra Tehnologije vodenja upravičilo omejena investicijska sredstva države, saj je že več podjetij z novimi komercialnimi pogodbami sklenilo nadaljevati prehod že doseženih razvojnih rezultatov v industrijsko uporabo (sliki 3 in 4).

Robotika

V stebru robotike razvijamo napredne tehnologije, ki so usmerjene k integraciji robotike v tovarne prihodnosti v okviru paradigme industrija 4.0 s ciljem povečanja fleksibilnosti proizvodnje in povečanja stopnje avtomatizacije za višanje produktivnosti in kakovosti izdelkov. Glavni namen je doseči preboje na tistih področjih robotike, na katerih v Sloveniji že obstajajo tako močne raziskovalne skupine kot tudi podjetja. Pregled stanja robotike v Sloveniji je pokazal, da obstajajo znanje in skupen interes raziskovalnih organizacij in podjetij ter potrebe za nadaljnji razvoj predvsem na štirih področjih:

- ▶ adaptivne robotske tehnologije in celice,
- ▶ inteligentni senzorji in pogoni,
- ▶ robotsko podprte laserske obdelave,
- ▶ platforma virtualne tovarne – povezovanje poslovnosti, avtomatizirane proizvodnje, robotike in izdelka na harmoniziran način.

Na področju adaptivnih robotskih tehnologij smo se osredotočili predvsem na fleksibilno prijemanje in manipulacijo, strojni vid in strojno učenje. V teh raziskavah prispevajo svoja znanja na področju strojnega vida ULFRI LUVSS, ULFE LSI in Kolektor, na področju robotike ULFE LR in IJS E1, medtem ko Kolektor in Nela dosežene rezultate prenašata v svoje aplikacije. Naše delo se osredotoča na adaptivno robotsko celico za kontrolo kakovosti izdelkov, s katero želimo izločiti vpliv človeškega faktorja znotraj postopka kontrole kakovosti proizvodov, ki je trenutno sorazmerno velik. Arhitektura celice za pregledovanje kakovosti temelji na programskem okolju KiS (Kolektor Imaging Software), ki ga razvija podjetje Kolektor, in odprtokodnem vmesniku ROS (Robot Operation System). Na ta način zagotavljamo združljivost naprednih metod robotskega vodenja in načrtovanja ter strojnega vida. Naše raziskovalno delo se nanaša na problem detekcije razpoka na podatkih, ki smo jih zajeli v realnih proizvodnih procesih. Za detekcijo napak uporabljamo tako klasične metode strojnega vida kot tudi metode globokega učenja. Prvi rezultati so primerljivi. Za izboljšanje pozicioniranja izdelkov pri kontroli kakovosti razvijamo nove metode in sisteme za oblikovanje prilagodljivih prstov za robotske roke s pomočjo 3D tiskanja. Razvili smo tudi ustrezno strojno opremo za avtomatsko izmenjavo prstov. Natančno pregledovanje površin izdelkov zahteva tudi ustrezno načrtovanje robotskih poti vzdolž površin izdelkov. Razvili smo ustrezne metode za avtomatsko načrtovanje poti pregledovanja iz CAD-modelov izdelkov

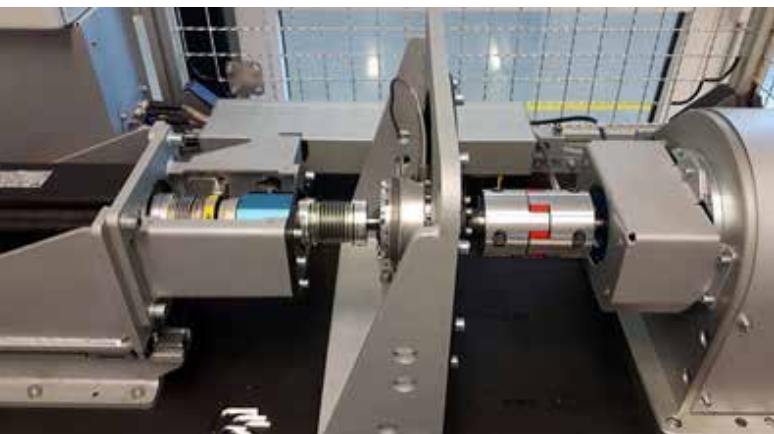
in s pomočjo kinestetičnega vodenja. V tem delu gredo trendi pogonske tehnike predvsem v izdelovanje inteligentnih prenosnih sistemov z algoritmi krmiljenja navora in z že vgrajenim sistemom nadzora in možnostjo predvidevanja vzdrževanja posameznega pogonskega sklopa v celotnem sistemu. Naš cilj je izdelati študijo možnosti uporabe koncepta interneta stvari (angl. Internet of Things – IoT) pri vzdrževanju pogonskih sklopov z enkoderji, senzorji navora in motorji za pogon. Pri tem je vodilno vlogo prevzelo podjetje Podkrižnik, ki razvija nove pogone za napredne robotske roke. Pri razvoju sodelujejo tudi IJS E1 in E2 ter podjetje Nela. V prvi fazi smo postavili koncept pozicionirnega sistema, ki na podlagi ustreznega vodenja in senzorjev dosega želeno delovanje pogonskega sklopa. Z modeliranjem servopogonov, analizo lineariziranih sistemov in uporabo simulacije kompleksnih nelinearnih pogonskih sistemov smo ugotovili, da so ključni faktorji, ki vplivajo na kvaliteto pogonskega sklopa, tj. na natančnost pozicioniranja in sledenja ter obnašanje v kontaktu z okoljem, trenje, zračnost in togost prenosnika. Glede na predvideno osnovno karakteristiko motorja smo zasnovali del pogonskega sklopa za pozicionirni sistem, izdelani pa so bili tudi prvi vzorci senzorja pozicije. V nadaljevanju naših raziskav bomo razvili algoritme, ki so potrebni za spremljanje in nadzor celotnega pogonskega sistema.



Slika 5 : Model sistema za avtomatsko izmenjavo robotskih

V številnih sektorjih industrije in medicine se zaradi visoke natančnosti vnosa energije ter visoke fleksibilnosti vse bolj uveljavljajo laserske tehnologije. Posebno mesto zasedajo robotizirane daljinske laserske obdelave, ki predstavljajo integracijo robotskega manipulatorja z lasersko skenirno optiko. Takšne konfiguracije omogočajo veliko delovno območje, visoko geometrijsko fleksibilnost obdelovancev in ultra kratke čase obdelave, kot so na primer lasersko varjenje, rezanje in mikrostrukturiranje. Raziskave na tem področju izvajata Yaskawa in ULFS KOLT, ki sta razvila laboratorijski prototip laserske obdelovalne skenirne glave z optično povratno zanko. Razvili smo algoritme za sprotno obdelavo video signala z namenom detekcije sočelnega zvarnega roba ter območja laserskega žarka.

Za sprotno 3D vodenje žarka po zvarnem robu smo razvili programski modul za komunikacijo s skenirno glavo po CAN-vodilu ter kalibracijski protokol, ki zagotavlja ustrezno natančnost 3D pozicioniranja gorišča laserskega žarka glede na zvarni rob. Rezultati testiranja so pokazali, da lahko z novim algoritmom dosežemo 2-krat boljšo natančnost in 10-krat hitrejšo odzivnost krmiljenja.



Slika 6 : Preizkuševališče za testiranje motorja in komunikacijskih protokolov

Platforma virtualne tovarne se nanaša na razvoj modela digitalne tovarne, ki je narejen iz več različnih podmodelov. Pri tem izvajamo raziskave na področju inteligentnih algoritmov, simulacije diskretnih dogodkov v realnem času in Plug & Produce vmesnikov z načeli interneta stvari (IoT). S tem bomo omogočili, da bo realizacija naročila izvedena na osnovi samoorganizacije (LEAN), samokonfiguracije (AGIL) in samokontrole kakovosti (TQM) PPS-a z avtomatskim zbiranjem ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI) z vsemi elementi digitalne sledljivosti produkta. Takšen pristop bo zagotovil povečanje učinkovitosti proizvodnega procesa v realnem času. V prvi fazi projekta so podjetje Kolektor in raziskovalna partnerja IJS E1 in ULFS LASIM zasnovali model digitalne tovarne in poslovnega sistema za pilotni projekt. Model digitalne tovarne (vključno s podatkovnim modelom) je izdelan v off-line načinu, kar pomeni, da deluje v odprti zanki. Za namen modeliranja poslovnega nivoja je bil v programskem okolju ARIS zgrajen in verificiran metamodel metodologije modeliranja, ki opisuje in definira vse elemente, potrebne za gradnjo modela, kot so pogledi, nivoji, tipi modelov in povezav med posameznimi objekti in modeli ter tipi atributov. Verifikacijo razvitih modelov smo izvedli v programskih okoljih Plant simulation in ARIS.

Orodjarstvo

V okviru stebra orodjarstvo smo partnerji izvedli različne raziskovalne in eksperimentalne aktivnosti.

Te so potekale po načrtu in seznamu senzorike, ki je prilagojena za vgradnjo v pametna orodja z načinom priklopa in načinom vpisa korekcijskih faktorjev ter vgradnji industrijske senzorike v prototipna orodja za tlačni liv in brizganje plastike. Za navedene aktivnosti smo izvedli preliminarne testiranja v laboratorijskem okolju. Med drugim smo izvedli analizo potencialnih možnosti vgradnje senzorike za meritve pretoka in temperature v napravi za gretje orodja. Partnerji so se osredotočili na testiranja temperatur in tlakov v orodju za tlačni liv, pri čemer so prvi preizkusi prikazali ustreznost merilnih elementov in merilne opreme za analizo temperatur in tlakov v livarskem orodju. Podobne meritve so bile opravljene še na orodju za brizganje plastike.

V nadaljevanju so potekale aktivnosti na raziskavah vpenjalnih naprav za robustno vpenjanje orodij kot tudi pripadajočih izdelkov, na katerih se bodo izvajale dimenzijske kontrole kosov iz proizvodnje.

Na področju brizgalnih strojev smo se partnerji osredotočili na zajem proizvodnih podatkov, pregled industrijskih standardov za izmenjavo podatkov ter testiranje različnih signalov (robot, orodje itd.) s pomočjo razvitega integriranega vmesnika.

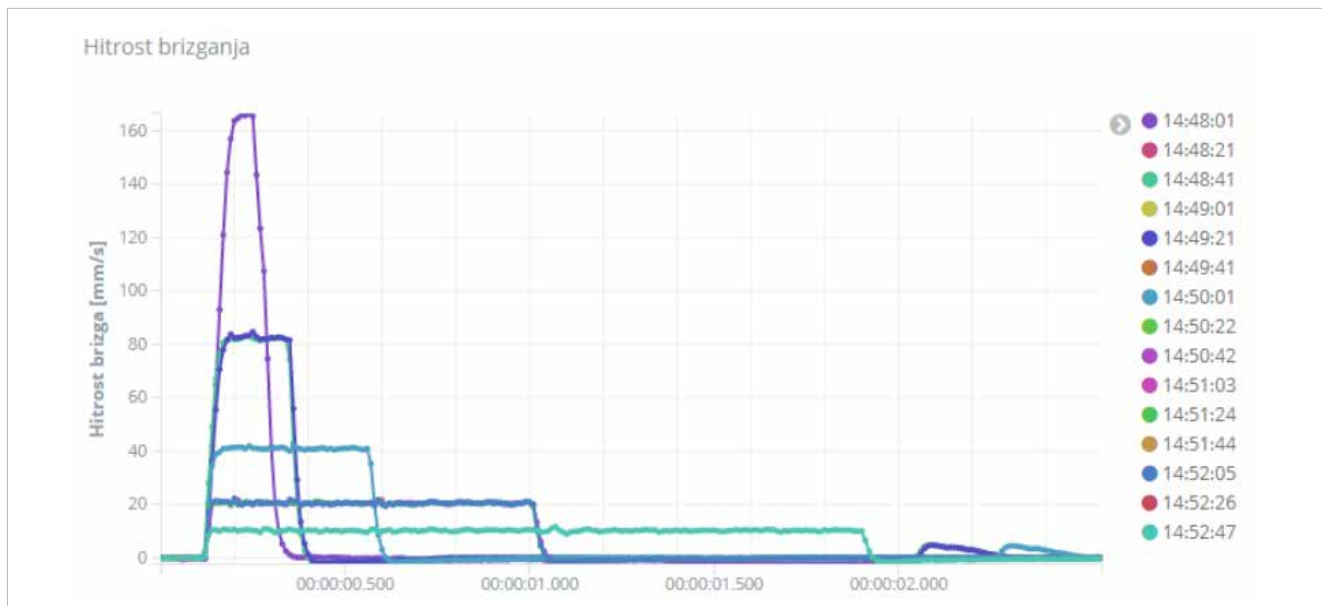
Prav tako smo izvedli modifikacijo elektronskih vezij za bolj natančen zajem temperatur v proizvodnem okolju in testiranje grafičnega uporabniškega vmesnika za prikaz stanja stroja. Definirane so bile podatkovne strukture za industrijski krmilnik za zajem in pripravo podatkov iz brizgalnega stroja v realnem času za potrebe vizualizacije proizvodnega procesa ob upoštevanju smernic standarda OPC UA.

Predhodno smo izvedli primerjavo tehničnih lastnosti komunikacije OPC UA s predvidenimi tehničnimi zahtevami realnočasnega prenosa podatkov v IoT-oblak iz pametnih strojev in linij, opravili primerjalno analizo komunikacije MQTT in OPC UA z upoštevanjem tehničnih zahtev za prenos in pripravo testnega okolja za prenos podatkov IIoT-senzorjev v IoT-oblak z uporabo komunikacije MQTT in OPC UA.

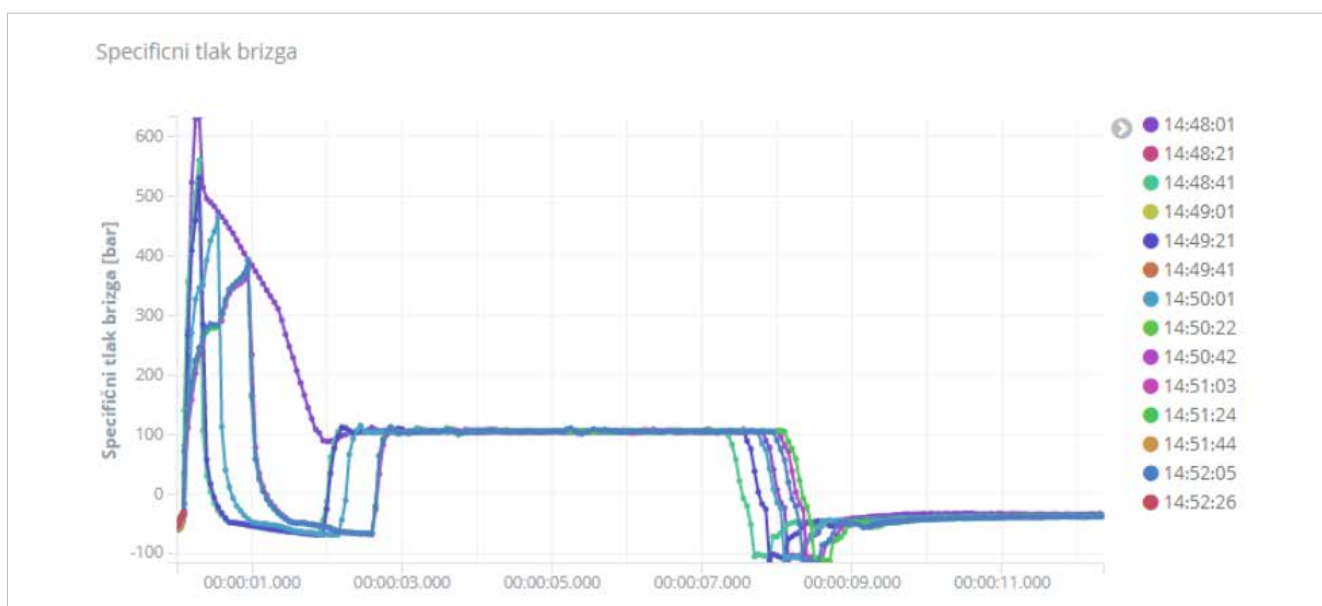
Izvedli smo analizo sodobnih konceptov IoT/IIoT za standardizirani vmesnik za prenos podatkov iz oblaka v sistem MES/MOS za upravljanje proizvodnje skladno s smernicami industrije 4.0. Primer zajetih signalov iz dejanske proizvodnje je prikazan na slikah 7 in 8.

V nadaljevanju smo testirali posamezne funkcionalnosti inteligentnega managementa orodij, dodatno pregledali različne koncepte in standard ter določili nove funkcionalnosti za inteligentni management orodij.

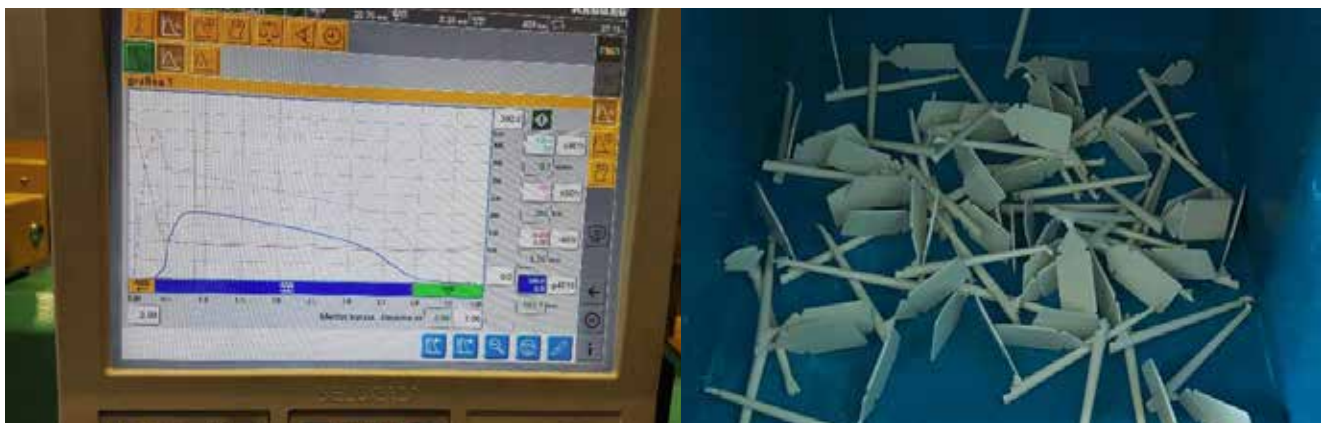
Na področju tlačnega liva smo izvedli sistematične karakterizacije prevlek z različnimi tehnikami. Opravljene so bile simulacije livnih pogojev s spremenjenim dolivnim sistemom na orodju, preliminarne



Slika 7 : Primer zajetih profilov hitrosti brizganja, ki so shranjeni v lokalnem oblaku



Slika 8 : Primer zajetih profilov specifičnega tlaka brizganja, ki so shranjeni v lokalnem oblaku



Slika 9 : Prikaz meritve tlačne krivulje pri brizganju testnih ploščic

tlačne meritve na orodju za tlačno litje, ovrednotenje nanese prevleke ter izvedene dodelave konstrukcije orodja za tlačni liv.

Zadnje in najpomembnejše aktivnosti v stebru orodjarstvo so potekale na vzpostavitvi pilotne proizvodne linije s pametno platformo, kjer smo zasnovali primerno konstrukcijo pilotne proizvodne linije, kreatorali digitalnega dvojčka v virtualnem okolju, zagotovili digitalno sledenje produktov in posameznih proizvodnih faz. V nadaljevanju bo sledila še vzpostavitev prediktivnega vzdrževanja orodij z upravljanjem procesa naročanja in/ali skladiščnega poslovanja.

Fotonika

Fotonika prenaša vzpostavljane okolja medsebojno dopolnjujočih se aktivnih elementov na nivo sistema, ki ga spreminja na daljavo s pomočjo svetlobe oz. paketov energije. Pri tem je sistem lahko elektronsko vezje ali bolnikovo telo, v vsakem primeru obsežna 3D struktura, ki se na kompleksen način odziva na vnos energije. Nadzor nad spreminjanjem mora potekati nedestruktivno in brezkontaktno, torej na daljavo in v realnem času. Cilj je torej vzpostaviti visoko prilagodljive laserske sisteme, ki omogočajo krmiljenje v realnem času, in to tako za industrijske obdelovalne sisteme kot za terapevtske sisteme. Na ta način se lahko vnos energije natančno nadzoruje, kar poveča stopnjo učinkovitosti, natančnosti in varnosti.

Na prvi pogled se zdi, kot da ima industrijsko procesiranje materialov povsem drugačne zahteve kot procesiranje tkiv med terapevtskimi postopki v medicini. A izkaže se, da obe vrsti sistemov potrebuje ta laserske izvore s podobnimi lastnostmi in s tem s sorodnimi shemami krmiljenja in nadzora. Tudi detekcijski sistemi, ki analizirajo oz. diagnosticirajo sistem, so podobni, saj uporabljajo enake koncepte preiskovanja, s katerimi brezkontaktno analizirajo lastnosti sistema, ki ga spreminjajo. Celo senzorska elektronika in krmilna logika izkoriščata podobne sodobne digitalne pristope, vključno s sistemi strojnega učenja in umetne inteligence. Zato ne preseñeča, da so razvojne aktivnosti obeh, sicer različnih gospodarskih panog, vendarle povezane.

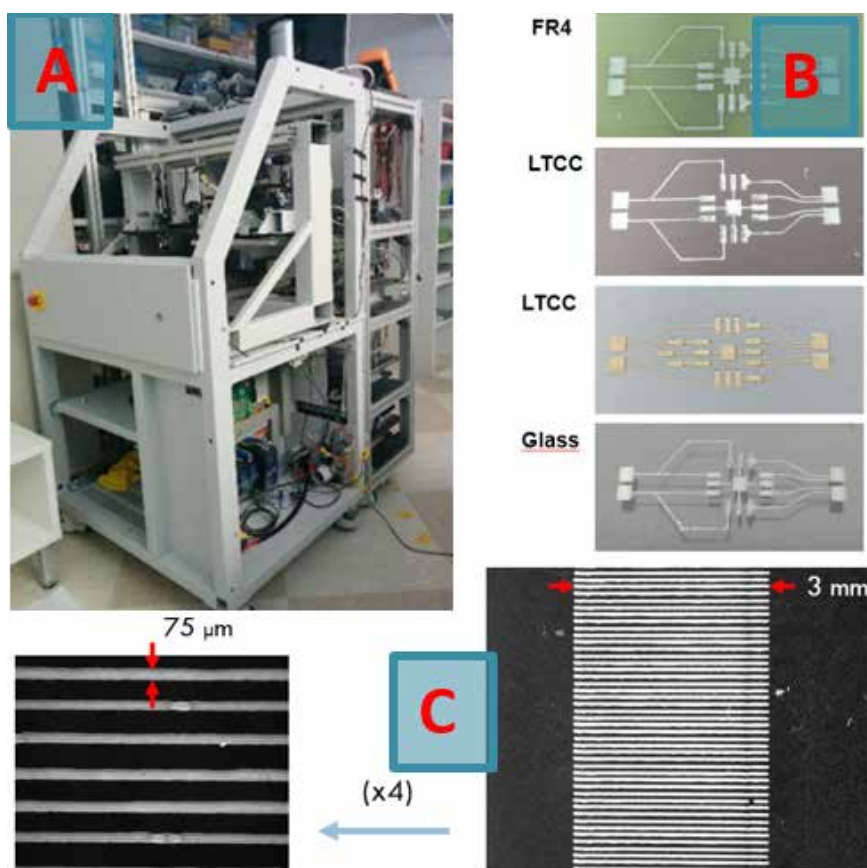
Tudi v programu GOSTOP zato razvojne aktivnosti stebra Fotonika, npr. razvoj laserskih virov in metod karakterizacije snovi, ki se izvajajo v skupinah na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani ter na Institutu Jožef Stefan, podpirajo tako industrijo procesiranja materialov in elektronskih sistemov, kjer je predstavnik podjetje LPKF, kot sodobne terapevtske postopke, ki jih z razvojem naprednih laserskih sistemov omogočata podjetji Fotona in Optotek. Tudi razvoj diagnostičnih sistemov in algoritmov podpira obe panogi, zato so programi, kakršen je GOSTOP, za fotonsko industrijo še posebej pomembni. Nenazadnje poglobljajo povezave med raziskovalnimi skupinami na univerzah in insti-

tutih ter razvojnimi skupinami v podjetjih, prepletanje med posameznimi omogočitenimi tehnologijami, kar na dolgi rok vodi v povečevanje dodane vrednosti in konkurenčnosti.

Ker je obdelava materialov ali terapija organov najmočnejše odvisna prav od lastnosti svetlobnih snov in snopov, je logično, da se ves razvoj začne pri izvorih. V okviru teh aktivnosti so se raziskovalci in razvojniki spoprijeli z izzivom razvoja novih nanoin subnanosekundnih pulznih izvorov s popolnoma prilagodljivimi zaporedji svetlobnih pulzov (vlakenski in hibridni izvor) ali s pulzi velikih energij (trdninski izvor) kot tudi novih laserskih izvorov z dobro definirano vdorno globino za natančno kontrolirano ablacijo organske snovi (del tehnologije ILOOP). Razvoju izvorov so seveda sledile aktivnosti razvoja aplikacij in spremljajoče podporne opreme (elektronike, programske opreme, protokolov, prenosnih sistemov ipd.).

Kontrola obdelave je seveda močno odvisna od kontrolno-nadzornih sistemov, ki informacije o snovi ali tkivu, ki ga spreminjamo s svetlobo, pridobivajo iz naprednih diagnostičnih sistemov. Pri tem ne gre zgolj za mrežo senzorjev, temveč za sklopljene slikovne in spektralne analize, ki se v realnem času uporabljajo za nadzor laserskih sistemov. Tako se je konzorcij usmeril v razvoj sistemov za merjenje temperaturnih polj, vključno z algoritmi za obdelavo termografskih in barvnih meritev, avtomatskim fokusiranjem, nadzorom moči in doz ter diagnostiko defektov v snovi oz. tkivih. Za razumevanje spremljajočih pojavov so morale raziskovalne skupine izvesti tudi raziskave na nižjih tehnoloških ravneh, npr. modelirati pričakovane učinke in temperaturne odzive ter analizirati odzive tkiv ter anorganskih snovi na različne laserske sunke, še posebej tiste pri visokih energijah in izjemno velikih hitrostih laserskega procesiranja (tehnologije LTP).

Z boljšim razumevanjem se potem skupine lotijo izdelave demonstratorjev novih tehnologij. Med njimi trenutno prednjačijo aktivnosti pri razvoju ILOOP-tehnologij za inteligentno terapijo nehomogenih organskih površin (izvori, sistemi, napajanje, elektronika, krmiljenje, uporabniški vmesnik), LTP-tehnologij za lasersko transferno tiskanje in hitro prototipiranje (izvori, skenerji, protokoli, sinhronizacija ipd.) ter tehnologijo SafetyInside za povečanje varnosti laserskih terapij in izboljšano diagnostiko v oftalmologiji (izvori in tehnike avtomatskega fokusiranja, diagnostika na osnovi mikrospektralne analize). Predstavljenih je bilo več demonstratorjev različnih faz omenjenih tehnologij, nekatere so trenutno že v fazah prototipov ali celo kliničnih testiranj. Med testiranjem in prvo uporabo demonstratorjev so se prav zaradi novih povezav med partnerji porodile tudi nove aplikacije, npr. novo razvitih izvorov. Na podlagi teh aktivnosti so trenutno zagnane nove aktivnosti na področju uporabe laserskih izvorov za različne namene v isti napravi (npr. za diagnostiko in terapeviko).



Slika 10 : Laboratorijski prototip za ultrahitro lasersko transferno tiskanje LTP (A) s primeri preliminarne testa tiska na osnovi LTP za uporabo v elektroniki na različnih substratih: FR4, ki se uporablja za tiskana vezja, keramika LTCC in steklo (B) ter s primerom ultrahitrega visokonatančnega tiskanja LTP



Slika 11 : Demonstracija delovanja termalnega nadzornega modula za laserske medicinske posege - ILOOP. Sistem uporablja termalno in barvno kamero za sprotni prikaz in analizo lasersko tretirane kože

Sklep

Program GOSTOP obravnava problematiko pametnih tovarn, v Evropi znano tudi kot koncept tovarn prihodnosti oziroma industrija 4.0. Področje je uvrščeno med prioriteta področja slovenske strategije pametne specializacije S4. Program GOSTOP je trenutno na polovici, izvajajo se osrednje faze po-

sameznih aktivnosti. V programu GOSTOP sodeluje 19 partnerjev iz trinajstih slovenskih podjetij in šestih raziskovalnih organizacij s kompatibilnimi raziskovalnorazvojnimi programi na področju tovarn prihodnosti.

Predstavljen je izsek do sedaj opravljenega dela z vmesnimi rezultati programa GOSTOP po posameznih stebrih. Delo poteka v skladu s planom, v nekaj primerih pa se na osnovi doseženih vmesnih rezultatov programa vzpostavljajo tudi nova partnerstva v obliki dodatnih raziskovalnih in komercialnih povezav tako znotraj kot tudi zunaj konzorcija. Pomembno je tudi izpostaviti, da ob programu GOSTOP, predvsem v industriji, vzporedno nastajajo številne nove sodelujoče raziskovalne skupine. S tem se ustvarjajo dodatna vlaganja in omogoča dodaten prenos znanj in dosežkov programa tako na raziskovalno kot tudi na področje industrijske komercializacije. Za vrhunski izdelek ali storitev pa potrebujemo tudi vrhunske raziskovalne kompetence, kapacitete in znatna vlaganja s poudarkom na kontinuiteti, saj mora programe, kot je GOSTOP (TRL 3 do 6), nujno podpirati država.

Na delovnih srečanjih konzorcija vedno znova poudarjamo pomen tovrstnega programa za slovensko industrijo in za Slovenijo nasploh. Aktivnosti programa, ki so prvenstveno namenjene industrijskim raziskavam, so zasnovane povsem na novo in obetajo dobro podlago za nadaljevanje v okviru

eksperimentalnega razvoja, ki s časom vodi v povsem nov produkt ali storitev. Temu bi kot logično nadaljevanje programa GOSTOP morale slediti aktivnosti v obliki projektov komercializacije. Zato program budno spremlja in podpira tudi strateško razvojno-inovacijsko partnerstvo (SRIP), tovarne prihodnosti. Skupaj z industrijskimi in raziskovalni partnerji izražamo pričakovanje in apeliramo na Službo Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko (SVRK) in Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport (MIZŠ), da tudi v prihodnje nadaljujeta z omenjenim programom ter namenita še znatnejša sredstva za kontinuiteto in razširitev dela tako na tem kot tudi na novih programih S4, še posebno na področju tovarn prihodnosti.

Program GOSTOP - Building Blocks, Tools and Systems for Factories of the Future

Abstract:

The program GOSTOP - Building blocks, tools and systems for factories of the future, coordinated by the Jožef Stefan Institute, is currently the largest Program in Slovenia and is supported by the Republic of Slovenia, the Ministry of Education, Science and Sport, the European Union, the European Regional Development Fund and Slovenian industry. The Program is in the central stage, when the planned drafts and concepts are transferred from the research to the experimental phase. The three and a half year Program brings together research teams from thirteen companies and six research organizations with compatible research and development programs in the smart factories area. Taking into account the Smart Specialisation Strategy of Slovenia prepared by the SVRK, and the priorities of the Factories of the Future roadmap under Horizon2020 prepared by the European association EFFRA, we are working on four areas in which decisive breakthroughs can be achieved in Slovenia in the near future: control technologies, toolmaking, robotics and photonics. This means that in GOSTOP Program, we combine the majority of the horizontal networks (enabling technologies) pinpointed by the Smart Specialization Strategy of Slovenia documents for the Factories of the Future area and integrate vertical value chains to reach new products, services and technologies with which the Slovenian industry will improve its competitiveness. In the paper, we show some extracts from the working activities within the individual pillars of the Program. The successful implementation will contribute to raising both the added value and the export volume of the participating companies and Slovenian industry at large.

Keywords:

Factories of the Future, Smart Factories, Control Technologies, Robotics, Toolmaking, Photonics

časopis
industrija

**Vaša sigurna pot
do tržišča v Srbiji**



**Promovišite svoj posao i predstavite
Vašu kompaniju!**
**Najnovije vesti, intervjui, reportaže
sa sajmova u Srbiji i regionu,
predstavljanje kompanija, sve na
jednom mestu.**

www.industrija.rs
www.facebook.com/casopis.industrija

Pokličite nas:
ČASOPIS INDUSTRIJA
Lazara Kujundžića 88,
11030 Beograd, Srbija

tel/fax. + 381 11 305 88 22
mob. + 381 60 344 84 28
e-mail: office@industrija.rs



AGRA

SEJEM NOVE GENERACIJE!



57. MEDNARODNI KMETIJSKO-ŽIVILSKI SEJEM

24. – 29. 8. 2019
Gornja Radgona

EKSPERIMENTALNO PREVERJANJE TOKOVNIH SIL V HIDRAVLICNIH VENTILIH

Blaž Bobnar, Anže Čelik, Franc Majdič

Izvleček:

Tokovna sila je ena od sil, ki delujejo na krmilni bat in pomembno vplivajo na delovanje ventila. Za eksperimentalno preverjanje tokovnih sil smo razvili dva tipa merilnega sistema. Pri prvem smo tokovno silo merili z merilnikom sile, pri drugem pa z elektrodinamičnim aktuatorjem, ki deluje na principu zvoka. Tokovno silo meri posredno preko električnega toka. Tokovne sile smo merili pri različnih pogojih toka kapljevine, različnih odprtjih ventila in različnih pretokih. Po analizi izmerjenih vrednosti smo eksperimentalne rezultate primerjali z rezultati predhodno izvedene numerične simulacije. Numerične simulacije smo izvedli v podjetju Poclain Hydraulics. Ugotovili smo, da se eksperimentalni rezultati večinoma ujemajo z numerično simulacijo. Izjema so določena odstopanja, ki so posledica težav pri meritvah.

Ključne besede:

tokovne sile, hidravlični ventili, numerične simulacije, meritve, simetrični pogoji, nesimetrični pogoji

1 Uvod

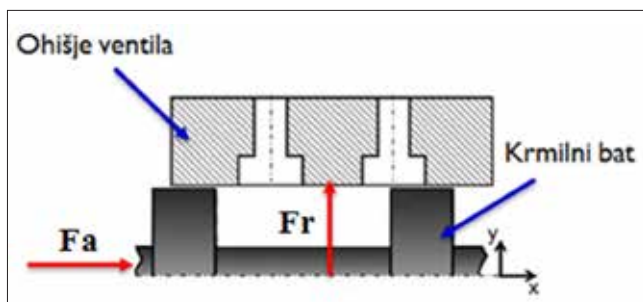
Hidravlični ventili so hidravlične sestavine, s pomočjo katerih krmilimo izvršilne sestavine. Za ustrezno oz. natančno krmiljenje potrebujemo ventile, ki ustrezajo tem zahtevam. Eden od najpomembnejših faktorjev, ki vplivajo na dinamične lastnosti ventilov, so tokovne sile. Še zlasti pri razvoju hidravličnih potnih ventilov imajo tokovne sile zelo pomembno vlogo, saj predstavljajo enega glavnih faktorjev pri določanju ustrezne velikosti aktuatorja za krmiljenje ventilov. Z zmanjšanjem tokovnih sil se posledično zmanjša tudi potrebna moč aktuatorja in s tem tudi poraba energije. Problema tokovnih sil se lahko lotimo na dva načina, in sicer numerično ali eksperimentalno. Pri numeričnem načinu reševanja problema se izvede simulacija s pomočjo ustreznega numeričnega modela. Pri eksperimentalnem načinu pa se izvedejo ustrezne meritve, ki se nato ovrednotijo. Pogosto pa se pri raziskavah uporablja kombinacija numeričnega in eksperimentalnega načina. Pri tem se na osnovi numerične analize izvede eksperiment, s katerim se nato potrdi ustreznost numerične simulacije. Pogosto si lahko pri razvoju ventilov pomagamo prav z numeričnimi simulacijami, ki so precej hitrejše v primerjavi z eksperimentom, kjer je potrebnih več priprav. Vendar pa je za določitev ustrezno-

sti numeričnega modela oz. za njegovo potrditev potrebno izvesti eksperiment, saj nam ta služi kot referenca.

2 Sile znotraj potnih ventilov

Sile, ki se pojavijo na krmilnem bat med delovanjem drsnih ventilov, delimo na bočne ali radialne sile (F_r) ter aksialne sile (F_a) [1], kot prikazuje *slika 1*. Bistvo delovanja drsnih ventilov je oscilatorno aksialno gibanje krmilnih batov z zelo različnimi frekvencami in amplitudami v izvrtinah ohišij ventilov; praviloma so krožnega prečnega preseka. Znatne bočne sile nastanejo predvsem ob visokih tlakih zaradi nepravilne oblike krožnice prečnega prereza krmilnega bata in koničnosti (oblika prisekanega stožca). Koničnost je nezaželen, je reda velikosti do nekaj mikrometrov in posledica minimalnih napak pri izdelavi, ko ne dosežemo idealne cilindrične oblike krmilnih batov ali njihovih funkcionalnih delov. Bočne sile povečajo trenje med krmilnim batom in steno izvrtine v ohišju ventila. Razlog za večje bočne sile in posledično večje trenje in lepljenje med krmilnim batom in ohišjem ventila so lahko tudi delci v hidravlični kapljevini, ker povečujejo izsrednost lege bata v izvrtini. Eden od načinov za zmanjšanje bočne sile je uporaba razbremenilnih utorov na obodu krmilnega bata [2]. Med aksialne sile, ki delujejo na krmilni bat, pa spadajo sila viskoznega trenja, sila Coulombovega trenja, sila lepljenja in zagozdenja pri mirovanju, sila odpora proti pretakanju, vztrajnostne masne sile, sila vzmeti, sila vkrmiljenja (sila elektromagneta, sila mehanskega vkrmiljenja, sila tlaka hidravličnega ali pnevmatičnega vkrmiljenja) in tokovne sile.

Blaž Bobnar, mag. inž. str., Iskra Pio, d. o. o., Šentjernej; **mag. Anže Čelik**, univ. dipl. inž., Poclain Hydraulics, d. o. o., Žiri; **doc. dr. Franc Majdič**, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 1 : Aksialne in bočne sile, ki delujejo na krmilni bat

Tokovna sila

Tokovna sila je posledica neravnovesja med statičnim in dinamičnim tlakom pri toku kapljevine iz komore ventila in pogosto povzroči poslabšanje natančnosti delovanja ventila [3]. Tokovna sila deluje v smeri zapiranja ventila, kar pomeni v nasprotni smeri kot sila aktuatorja. V večini primerov povečanje pretoka skozi ventil povzroči tudi večje tokovne sile, ki delujejo na krmilni bat. Tokovne sile predstavljajo enega od najbolj pomembnih faktorjev pri določanju velikosti aktuatorja, potrebnega za krmiljenje ventila. Še posebno pri razvoju proporcionalnih (zvezno delujočih) ventilov predstavljajo tokovne sile zelo pomemben faktor, ker vplivajo na njihove dinamične lastnosti ter linearnost. Z večanjem tokovne sile posledično potrebujemo večje moči na aktuatorjih, kar pomeni tudi večjo porabo energije. Tokovna sila, ki deluje na krmilni bat, pogosto povzroči tudi vibracije na ventilu.

3 Razvoj preizkuševališča

Za izvedbo eksperimentalne raziskave tokovnih sil smo razvili 2 tipa preizkuševališč. Pri prvem tipu smo za merjenje tokovne sile uporabljali merilnik sile, pri drugem tipu pa elektrodinamični aktuator (ang. voicecoil actuator), ki je hkrati aktuator in merilnik. Izhodišče za razvoj preizkuševališča je predstavljala testni ventil KV-4/3-5KL-6-1L. Za izvedbo meritev so bili razviti in izdelani adapterji oz. nosilci omenjenih merilnikov.

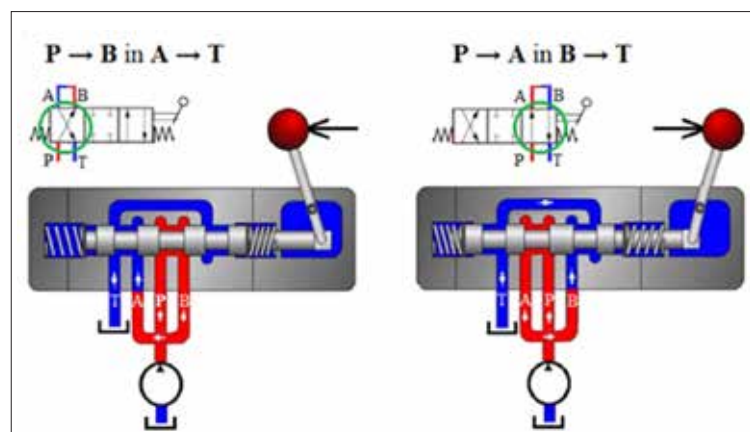
Testni ventil

Za testni ventil smo uporabili preklopni hidravlični 4/3-potni ventil KV-4/3-5KL-6-1L nazivne velikosti NG 6. Ventil je namenjen za tlake do 350 bar in pretoke do 80 L/min ter ima v ničelnem položaju vse priključke zaprte (slika 2). Za izvedbo meritev smo z ventila odstranili elektromagneta. Obravnavani testni ventil ima tri možne položaje, in sicer ničelni položaj, križni položaj in vzporedni položaj. Tok kapljevine skozi ventil je lahko simetričen, kar pomeni, da teče tok kapljevine iz P→B ter dalje iz A→T (križni položaj) ali pa iz P→A in dalje B→T (vzporedni položaj), kot je prikazano na sliki 2. Pri tem sta A in B povezana. To je razvidno iz simbolov in z barvne slike; vod B→A (tik nad črpalko) se križa z vodom P. (Ni cevne spoja, je križanje vodov.)

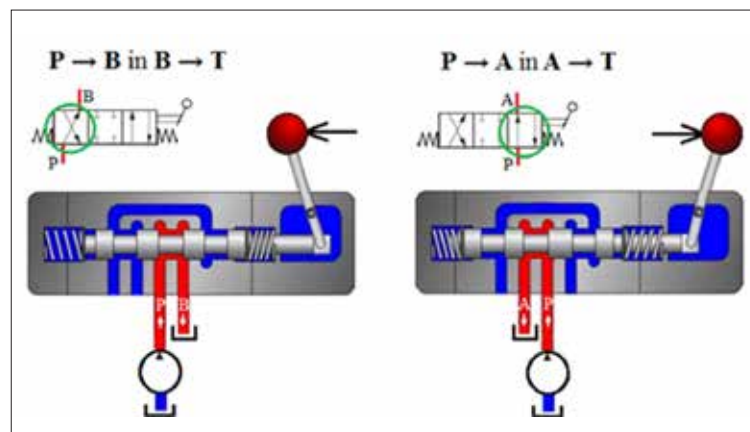
Lahko pa imamo tudi nesimetrični tok kapljevine, kar pomeni, da teče kapljevina lahko iz P→B in dalje B→T (križni položaj) ali pa iz P→A in dalje A→T (vzporedni položaj), kot je prikazano na sliki 3. V tem primeru teče tok kapljevine samo skozi polovico ventila.

Merilni sistem z merilnikom sile

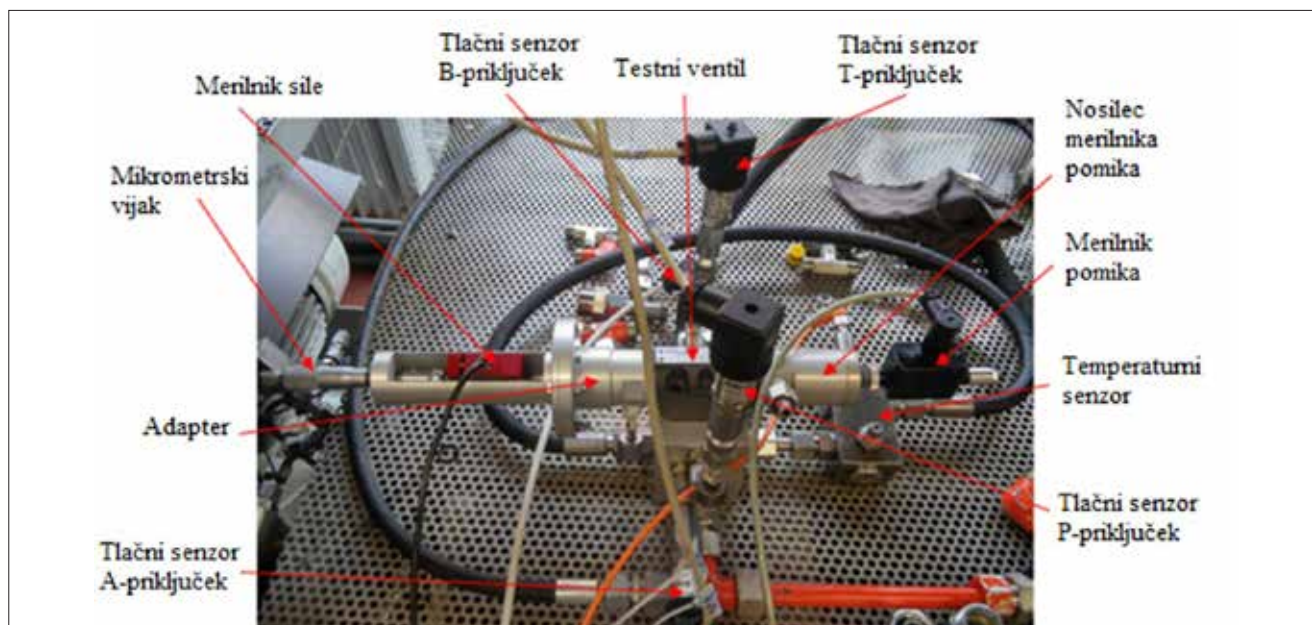
Za merjenje tokovnih sil z merilnikom sile na preizkuševališču smo razvili in izdelali vse potrebne nosilce ter povezovalne elemente. Poleg merilnika sile je sistem zajemal še merilnik pomika krmilnega bata, merilnik pretoka, tlačne senzorje na vseh priključkih testnega ventila ter merilnik temperature. Za pomik krmilnega bata smo uporabili mikrometrski vijak, saj ta omogoča natančno nastavitvev pomika krmilnega bata (do 0,01 mm). Testni ventil smo skupaj z vsemi merilniki namestili na priključni blok s hidravličnimi in merilnimi priključki za montažo tlačnih senzorjev. Tokovne sile smo merili z dve-



Slika 2 : Simetrični tok kapljevine skozi 4/3-potni ventil



Slika 3 : Nesimetrični tok kapljevine skozi 4/3-potni ventil

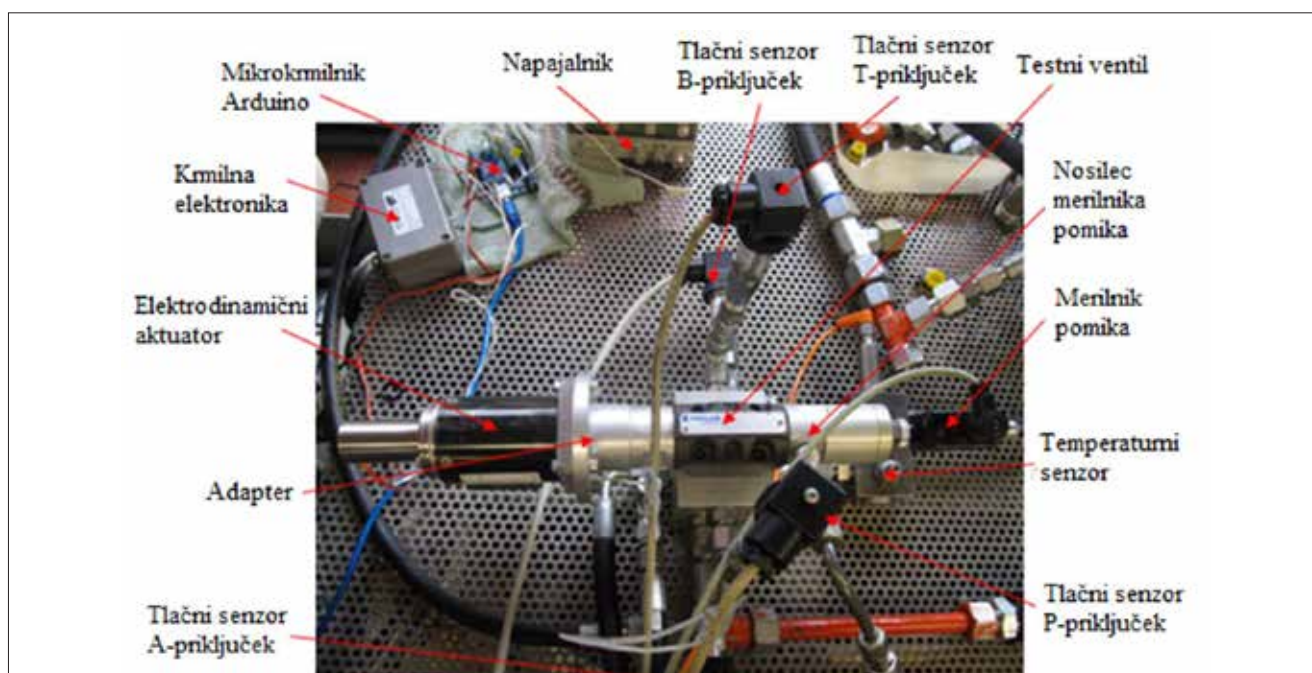


Slika 4 : Merilni sistem z merilnikom sile

ma merilnikoma sile istega proizvajalca z različnima nominalnima obremenitvama. Za to smo se odločili, ker so predhodno izvedene simulacije nakazale, da so tokovne sile pri nesimetričnih pogojih toka kapljevine precej višje kot pri simetričnih pogojih. Pri nesimetričnih pogojih smo uporabili merilnik sile z nominalno obremenitvijo 250 N, pri simetričnih pogojih pa z nominalno obremenitvijo 50 N. Pomik krmilnega bata oz. odprtje ventila pa smo merili z LVDT-merilnikom pomika z merilnim območjem ± 20 mm. Merilni sistem z merilnikom sile je prikazan na *sliki 4*.

Merilni sistem z elektrodinamičnim aktuatorjem

Za merjenje tokovnih sil smo za primerjavo uporabili tudi elektrodinamični aktuator (ang. voicecoil actuator), ki deluje na principu zvoka in meri tako silo kot tudi pomik. Merjenje sile z elektrodinamičnim aktuatorjem je torej posredno, saj dobimo izmerjeno silo preko električnega toka, ki je potreben, da aktuator drži breme v določenem položaju. To pomeni, da elektrodinamični aktuator ves čas



Slika 5 : Merilni sistem z elektrodinamičnim aktuatorjem

nekoliko popravlja položaj glede na dinamiko obremenitve. Za meritve smo uporabili elektrodinamični aktuator Pack aero AE 60. Aktuator ima vgrajeno tudi Hallovo sondo, ki deluje kot merilnik pomika, preko katerega lahko s pomočjo povratne zanke ves čas popravljamo pozicijo oz. držimo breme na določenem položaju. Merilnik ima največji pomik 11,55 mm, pri nominalnih pogojih pa lahko merimo sile do približno 40 N. Krmiljenje elektrodinamičnega aktuatorja poteka preko mikrokrmilnika Arduino in krmilne elektronike. Merilni sistem za merjenje z elektrodinamičnim aktuatorjem, prikazan na *sliki 5*, je zelo podoben tistemu z merilnikom sile, saj smo ga le nekoliko prilagodili. Desna stran z merilnikom pomika je ostala povsem enaka kot pri merilnem sistemu z merilnikom sile, saj smo merilnik pomika uporabili za kontrolo pomika Hallove sonde. Na levi strani pa smo namesto nosilca merilnika sile namestili elektrodinamični aktuator, saj adapter omogoča montažo obeh merilnikov.

4 Eksperimentalna raziskava

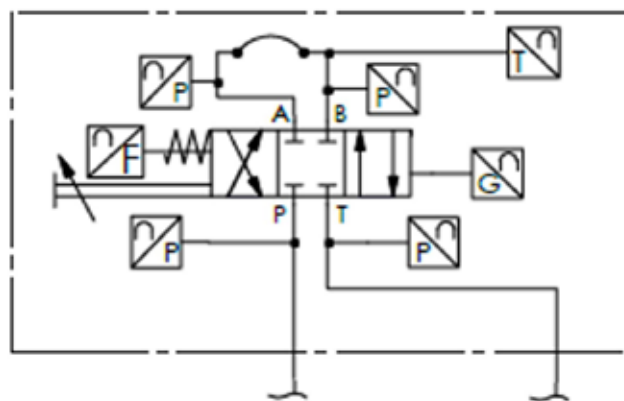
Za izvedbo meritev smo uporabili že obstoječe veliko hidravlično preizkuševališče v Laboratoriju za fluidno tehniko (LFT). Preizkuševališče smo za potrebe meritev tokovne sile le nekoliko prilagodili. Uporabili smo hidravlično črpalko Hydroleduc z iztisnino 130 cm³/vrt. ter največjim pretokom 170 L/min pri 65 bar. Nazivna moč elektromotorja je 20 kW. Za vzpostavitev pretoka na zahtevano vrednost smo uporabili tokovni ventil (dušilko). Hidravlični agregat ima vgrajen tudi hladilni sistem, s pomočjo katerega smo lahko nadzirali delovne temperature hidravlične kapljevine. Meritve tokovne sile smo izvedli pri različnem pomiku krmilnega bata oz. pri različnem odprtju ventila in pri različnih pretokih, kot je prikazano v *preglednici 1*.

Konfiguracije preizkuševališča z merilnikom sile

Meritve tokovne sile so bile izvedene pri različnih konfiguracijah preizkuševališča. Ker so bile vse meritve narejene na istem hidravličnem agregatu, so v nadaljevanju predstavljene le hidravlične sheme za posamezno konfiguracijo preizkuševališča. Pri kon-

Preglednica 1 : Odprtje ventila in pretoki za izvedbo meritev

Odprtje ventila	Pretoki
[%]	[L/min]
11,43	10
28,57	30
57,14	50
85,71	80
100	

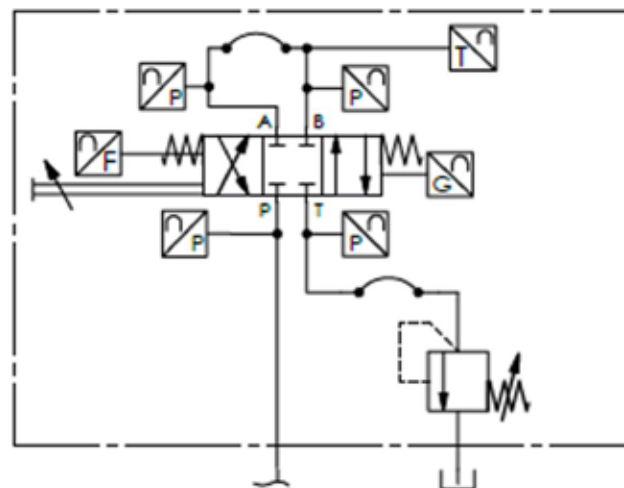


Slika 6 : Hidravlična shema preizkuševališča za simetrični tok kapljevine in atmosferski tlak na T-priključku

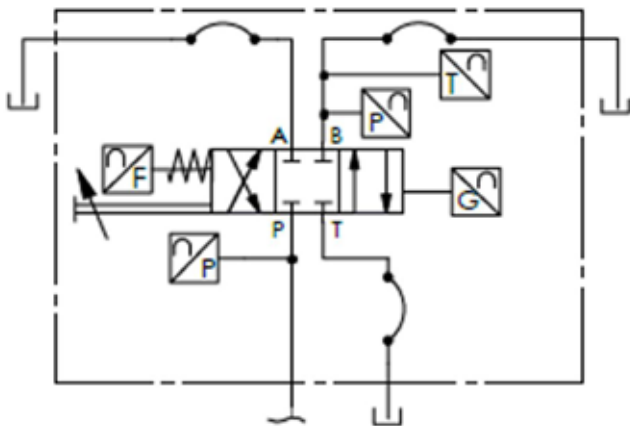
figuraciji preizkuševališča za merjenje tokovnih sil pri simetričnih pogojih toka kapljevine in atmosferskem tlaku na T-priključku imamo priključka A in B povezana. Na *sliki 6* je prikazana hidravlična shema za omenjeno konfiguracijo preizkuševališča.

Pri konfiguraciji preizkuševališča za merjenje tokovnih sil pri simetričnih pogojih toka kapljevine in povišanem tlaku na T-priključku smo za povišanje tlaka uporabili nastavljivi varnostni ventil na T-priključku. Namen te konfiguracije je ugotoviti vpliv povišanega tlaka na T-priključku na tokovno silo, ki deluje na krmilni bat. Hidravlična shema omenjene konfiguracije je prikazana na *sliki 7*.

Pri konfiguraciji preizkuševališča za merjenje tokovnih sil pri nesimetričnih pogojih toka kapljevine in atmosferskem tlaku na B-priključku imamo samo povezavo P→B in B→T. To pomeni, da imamo tok kapljevine samo skozi polovico ventila. Zaradi možnosti notranjega puščanja so vsi prosti priključki speljani v rezervoar. Hidravlična shema konfiguracije preizkuševališča je prikazana na *sliki 8*.

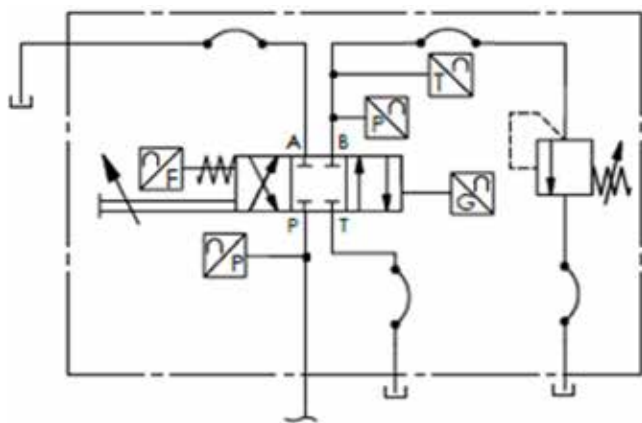


Slika 7 : Hidravlična shema preizkuševališča za simetrični tok kapljevine in povišan tlak na T-priključku



Slika 8 : Hidravlična shema preizkuševališča za nesimetrični tok kapljavine in atmosferski tlak na B-priključku

Tudi pri nesimetričnem toku kapljavine smo izvedli meritve pri povišanem tlaku, in sicer na B-priključku. Za povišanje tlaka smo tako kot pri simetričnih pogojih uporabili nastavljivi varnostni ventil. Hidravlična shema omenjene konfiguracije preizkuševališča je prikazana na sliki 9.

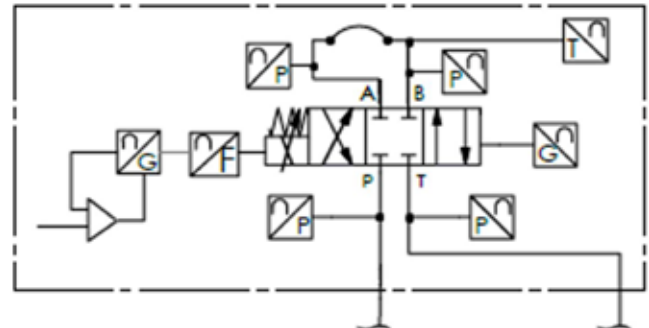


Slika 9 : Hidravlična shema preizkuševališča za nesimetrični tok kapljavine in povišan tlak na B-priključku

Konfiguracije preizkuševališča z elektrodinamičnim aktuatorjem

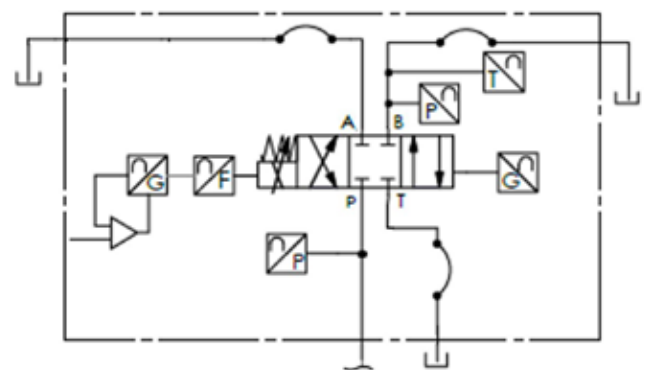
Podobno kot pri merjenju tokovne sile z merilnikom sile smo tudi z elektrodinamičnim aktuatorjem izvedli meritve pri različnih konfiguracijah glede na različno pot kapljavine skozi testni ventil. Pri risanju hidravličnih shem smo za simbol elektrodinamičnega aktuatorja uporabili kombinacijo simbolov proporcionalnega magneta, merilnika sile ter merilnika pomika s povratno zanko. Kombinacijo teh simbolov smo izbrali zato, ker lahko aktuator zvezno krmili ventil posredno preko električnega toka ter meri silo in hkrati tudi položaj, ki ga ves čas popravlja glede na dano obremenitev. Zato je v simbolu prikazana tudi povratna zanka. Na sliki 10 je prika-

zana hidravlična shema za merjenje tokovne sile pri simetričnem toku kapljavine in atmosferskem tlaku na T-priključku. V tem primeru se nastavlja položaj krmilnega bata in meri tokovna sila z elektrodinamičnim aktuatorjem.



Slika 10 : Hidravlična shema preizkuševališča za simetrični tok kapljavine z elektrodinamičnim aktuatorjem in atmosferskim tlakom na T-priključku

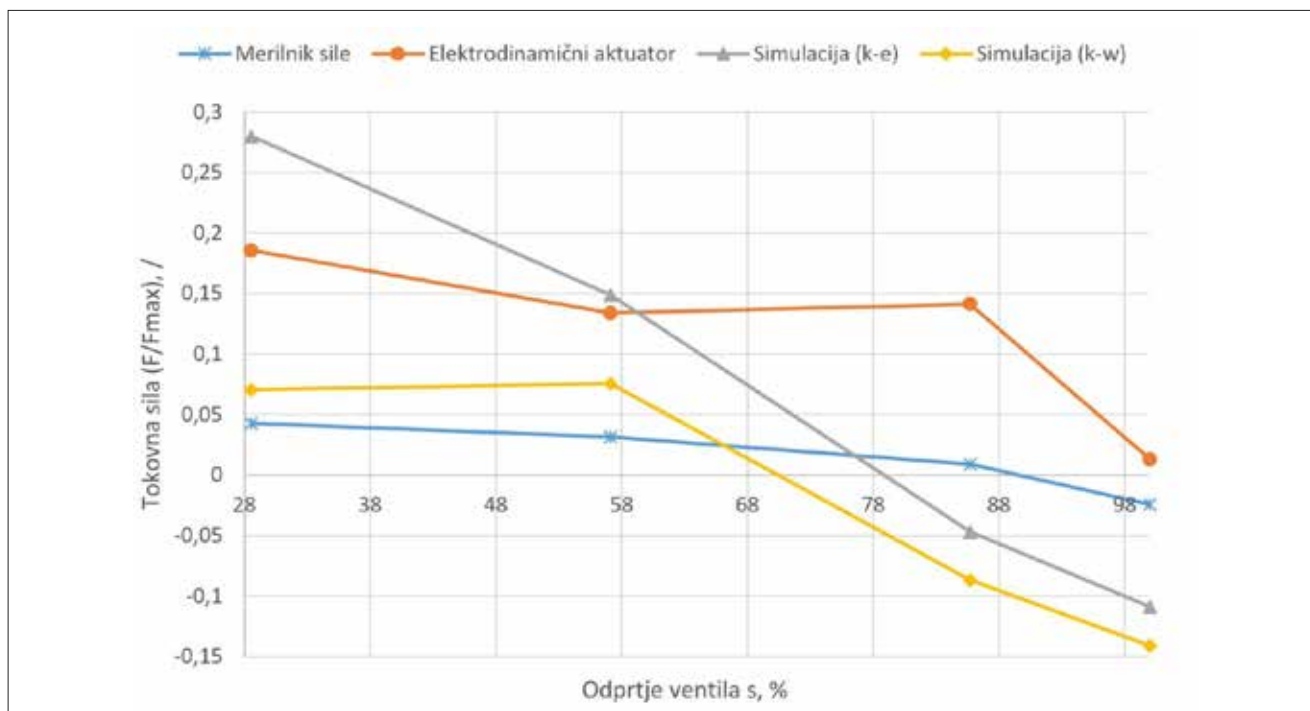
Meritve tokovne sile smo izvedli tudi pri nesimetričnem toku kapljavine pri atmosferskem tlaku na B-priključku. Hidravlična shema za omenjeno konfiguracijo preizkuševališča je prikazana na sliki 11.



Slika 11 : Hidravlična shema preizkuševališča za nesimetrični tok kapljavine z elektrodinamičnim aktuatorjem in atmosferskim tlakom na B-priključku

5 Rezultati

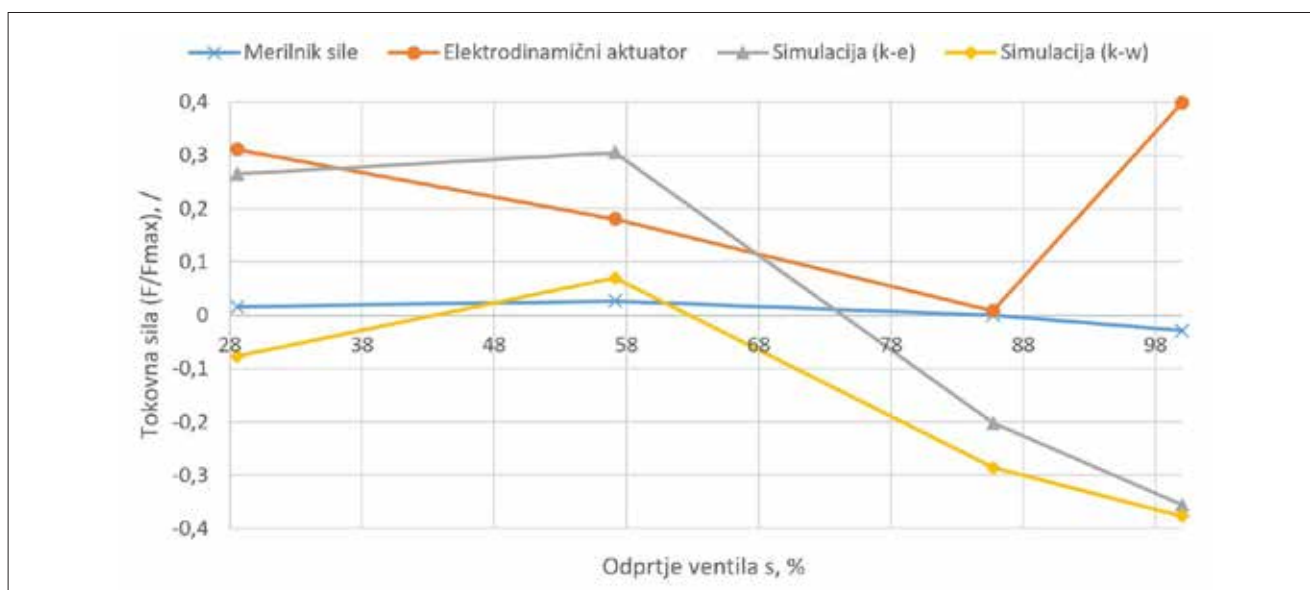
V poglavju so predstavljeni rezultati meritev tokovne sile s standardnim krmilnim batom za simetrični in nesimetrični tok kapljavine za oba principa merjenja. Rezultati so prikazani kot primerjava med izmerjenimi vrednostmi z merilnikom sile, elektrodinamičnim aktuatorjem ter rezultati numerične simulacije pri dveh različnih turbulentnih modelih za pretok 30 L/min in 50 L/min. Pri rezultatih meritev tokovne sile za simetrični tok kapljavine pri pretoku 30 L/min, prikazanih na sliki 12, je opaziti večje odstopanje med izmerjenimi vrednostmi in simulacijo. Razlog



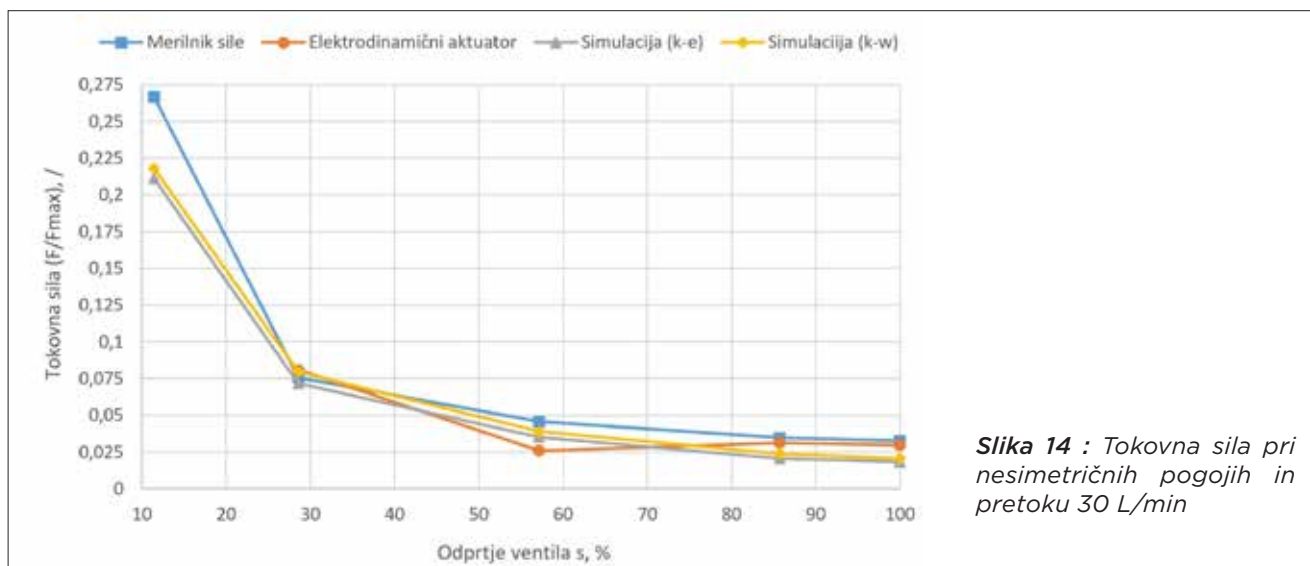
Slika 12 : Tokovna sila pri simetričnih pogojih in pretoku 30 L/min

za to odstopanje je poleg merilnega šuma tudi pojav bočne oz. radialne sile med krmilnim batom in ohišjem ventila, kar pomeni, da z merilnikom sile ne moremo zajeti čiste tokovne sile, ki deluje v aksialni smeri. Pri numerični simulaciji je bila zajeta le čista tokovna sila, saj simulacija ne upošteva vpliva bočnih oz. radialnih sil na aksialno tokovno silo. Glede na to, da imajo krivulje relativno podoben trend, lahko rečemo, da meritve sovpadajo s simulacijo kljub nekoliko večjemu odstopanju. Ker pa so izmerjene vrednosti tokovne sile relativno majhne, imajo motilni faktorji v tem primeru še nekoliko večji vpliv.

Pri rezultatih meritev pri pretoku 50 L/min, prikazanih na *sliki 13*, pa lahko opazimo še precej večje odstopanje izmerjenih in simuliranih vrednosti tokovne sile. V tem primeru ima bočna sila še precej večji vpliv kot pri pretoku 30 L/min. Iz tega lahko sklepamo, da se vpliv bočne sile povečuje z višanjem pretoka, poleg tega pa je bočna sila odvisna tudi od velikosti reže med krmilnim batom in ohišjem ventila. V primeru uporabe standardnega krmilnega bata je razmerje med premerom krmilnega bata in premerom izvrtine v ohišju 0,999, kar pomeni, da je radialna reža zelo majhna. Lahko tudi opazimo, da



Slika 13 : Tokovna sila pri simetričnih pogojih in pretoku 50 L/min



Slika 14 : Tokovna sila pri nesimetričnih pogojih in pretoku 30 L/min

so vrednosti, izmerjene z elektrodinamičnim aktuatorjem, nekoliko višje kot pri merilniku sile. Razlog za to bi lahko bil ta, da elektrodinamični aktuator ves čas nekoliko popravlja položaj krmilnega bata glede na obremenitev. Posledično ima bočna sila oz. trenje nekoliko manjši vpliv, ker se krmilni bat ves čas giblje.

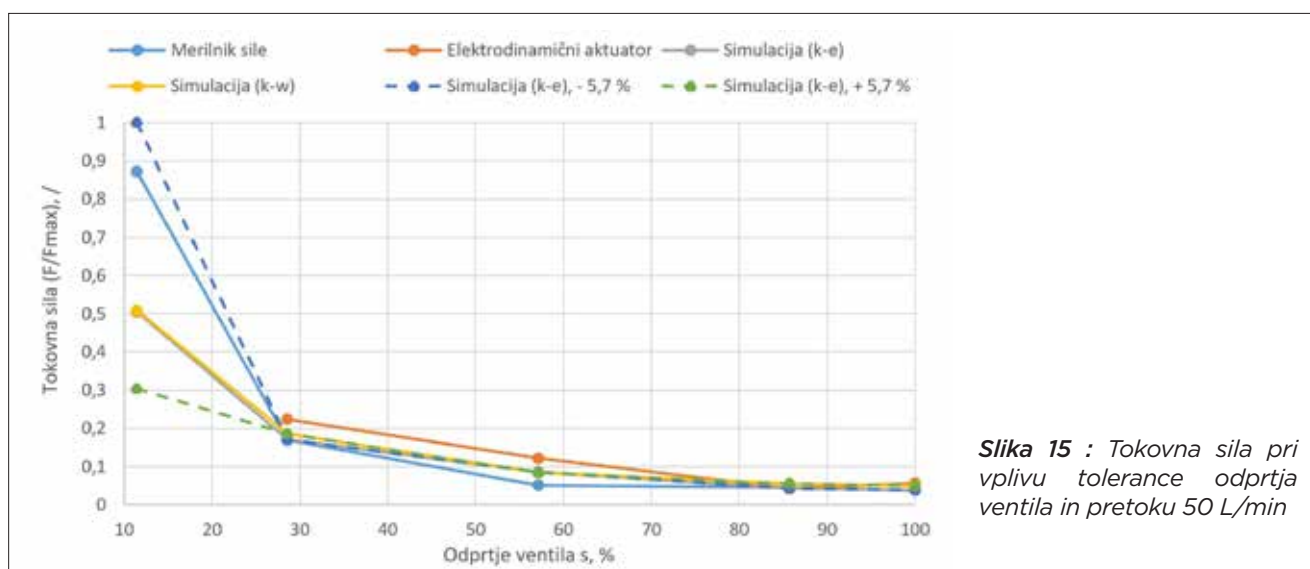
Glede na to, da pri nesimetričnih pogojih tok kapljevine teče le skozi polovico ventila, je bilo v tem primeru pričakovati nekoliko boljše rezultate kot pri simetričnih pogojih. Kot lahko opazimo pri rezultatih tokovne sile pri pretoku 30 L/min, prikazanih na *sliki 14*, imamo pri nesimetričnem toku kapljevine precej boljše ujemanje izmerjenih in simuliranih vrednosti tokovne sile kot pri simetričnem toku. Ker je pot kapljevine krajša in ima manj ovir na poti skozi ventil, imajo pričakovano tudi bočne sile precej manjši vpliv. Nekoliko manjše odstopanje se kaže le pri meritvi z merilnikom sile pri 11,43-odstotnem odprtju ventila, kjer je izmerjena vrednost tokovne sile nekoliko višja kot pri simulaciji. Razlog za odstopanje bi lahko bil v nekoliko nenatančnem položaju krmilnega bata. Težavo z natančnim pozicioniranjem krmilnega bata oz. odprtjem ventila smo sicer imeli skozi celotne meritve, saj z uporabljenim merilno opremo ni bilo mogoče zagotoviti bolj natančne pozicije krmilnega bata. Zaradi prevelikega raztrosa meritev v rezultatih nismo upoštevali meritev z elektrodinamičnim aktuatorjem pri 11,43-odstotnem odprtju ventila.

Tudi rezultati izmerjenih vrednosti tokovne sile pri pretoku 50 L/min, kot prikazuje *slika 15*, kažejo na ujemanje z numerično simulacijo, saj so odstopanja relativno majhna. Se pa tudi v tem primeru, podobno kot pri pretoku 30 L/min, pojavi večje odstopanje pri odprtju za 11,43 %. Razlog za odstopanje pa je ponovno nenatančnost pozicioniranja krmilnega bata, saj je pri zelo majhnih odprtjih ventila natančnost pozicioniranja zelo pomembna. V tem primeru

nam že stotinka milimetra odstopanja povzroči veliko razliko v tokovni sili, o čemer smo se prepričali pri meritvah. Vendar pa, kot smo že omenili, z uporabljenim opremo ni bilo mogoče zagotoviti bolj natančne pozicije krmilnega bata oz. odprtja ventila. Pri odprtju ventila za 11,43 % meritev z elektrodinamičnim aktuatorjem nismo izvedli, saj so že rezultati numerične simulacije nakazali, da se tokovna sila giblje na meji zmogljivosti elektrodinamičnega aktuatorja. Da bi dokazali, kako pomembna je natančnost pozicioniranja krmilnega bata in s tem odprtja ventila, rezultati simulacije prikazujejo tudi vpliv tolerance pomika krmilnega bata oz. odprtja ventila. Toleranca predstavlja povečanje oz. zmanjšanje odprtja ventila za približno 5,7 %. Kot lahko opazimo, se vpliv tolerance pri nominalnem pomiku za 11,43 % močno pozna na velikosti tokovne sile. Ugotovimo lahko, da je bilo dejansko odprtje ventila med meritvijo bližje odprtju za 5,73 % kot pa za 17,13 %, kar pomeni, da je bilo dejansko odprtje ventila nekoliko manjše od nominalne vrednosti. Kot pa lahko vidimo pri večjih odprtjih ventila (od 28,57 % dalje), natančnost pozicioniranja nima več tako velikega vpliva, saj sta krivulji s toleranco $\pm 5,7$ % praktično poravnani s tisto pri nominalni vrednosti.

6 Zaključek

V raziskavi sta bila za namen validacije oz. potrditve numeričnega modela razvita in izdelana dva merilna sistema z različnim principom merjenja tokovnih sil v 4/3 hidravličnem potnem ventilu. Tokovno silo smo merili z merilnikom sile neposredno, z elektrodinamičnim aktuatorjem pa posredno preko električnega toka. Meritve so bile na obeh merilnih sistemih izvedene tako za simetrične kot tudi za nesimetrične pogoje toka kapljevine. Pri meritvah smo naleteli tudi na nekaj težav, ki so močno vplivale na rezultate meritev. Med glavnimi težavami bi izpostavili vpliv bočnih sil ter nenatančnost pozici-



Slika 15 : Tokovna sila pri vplivu tolerance odprtja ventila in pretoku 50 L/min

oniranja krmilnega bata v ničelnem položaju. Nenatančnost pozicioniranja krmilnega bata je najbolj vplivala na meritve tokovne sile pri najmanjšem odprtju ventila (11,43 %). Ugotovljeno je bilo, da je uje-manje izmerjenih vrednosti z rezultati numerične simulacije boljše pri nesimetričnem toku kapljevine. Pokazali smo, da so bile pri nesimetričnem toku kapljevine izmerjene precej višje tokovne sile kot pri simetričnem toku pri enakih pogojih. Pri meritvah z merilnikom sile je bilo razmerje med največjo izmerjeno silo pri nesimetričnih pogojih in največjo izmerjeno silo pri simetričnih pogojih 20,9, pri meritvah z elektrodinamičnim aktuatorjem pa 5,8. Meritve tokovne sile pri povišanem tlaku na T-priključku pri simetričnih pogojih in na B-priključku pri nesimetričnih pogojih so pokazale, da povišan tlak ne vpliva na velikost tokovne sile. Vpliv bočnih sil je bil precej bolj opazen pri simetričnem toku kapljevine, še zlasti pri višjih pretokih.

Z eksperimentalnim preverjanjem tokovnih sil smo v splošnem potrdili ustreznost predhodno izvedene nu-

merične simulacije. S tem smo dokazali, da se lahko ob ustrezno izbranem numeričnem modelu zelo približamo eksperimentalnim rezultatom, kar je ključnega pomena še zlasti pri razvoju novih ventilov. Na podlagi ustreznega numeričnega modela je namreč mogoče močno zmanjšati stroške razvoja novega ventila, saj so eksperimentalni testi dragi in dolgotrajni.

Viri

- [1] J. Pezdinik, F. Majdič: Pogonsko-krmilna hidravlika; Fakulteta za strojništvo v Ljubljani, Ljubljana, 2012.
- [2] H. Basavaraj, S. Vilas: Theoretical analysis of state operating forces in control valves; MAT-TEC WEB ofconferences 144, RiMES 2017.
- [3] K. Tanaka, K. Kamata, K. Tomioka, T. Yamaguchi: Steady and Unsteady Flow Force acting on a Spool Valve. Conference Proceedings of Power Transmission and Motion control. Bath. UnitedKingdom. 2012.

Experimental validation of flow forces in hydraulic valves

Abstract:

Flow force is one of the force acting on the spool and has a significant influence on the operation of the valve. For the purpose of experimental verification of flow forces two types of measuring systems were developed. At the first measuring system, the flow force was measured with a force sensor, and the other with an electrodynamic actuator acting on the sound principle and which measures the flow force indirectly via the electric current. Flow forces were measured at various fluid flow conditions, different valve openings and different flow rates. After analyzing the measured values, the experimental results were compared with the results of a previously performed numerical simulation. Numerical simulations were performed in the company Poclain Hydraulics. It has been found that experimental results mostly match to numerical simulation with the exception of certain deviations, which are the result of the problems that we had during the measurements.

Keywords:

Flow forces, hydraulic valves, numerical simulations, measurements, symmetrical conditions, non symmetrical conditions

TRIBOLOŠKI TESTI S HIDRAVLIČNIMI ČRPALKAMI OB KONSTANTNI OBREMENITVI

Darko Lovrec, Vito Tič

Izvilleček:

Ena od najpomembnejših nalog hidravlične tekočine je zagotavljanje ustreznih mazalnih lastnosti v celotni obratovalni dobi hidravličnega sistema. Manjša obraba komponente in ohranjanje njene učinkovitosti sta zato primarni nalogi tako proizvajalcev hidravlične tekočine kot proizvajalcev komponent. Neustrezne lastnosti hidravlične tekočine v veliki meri vplivajo na degradacijo komponent in zanesljivost delovanja celotne naprave. V ta namen je bilo razvitih veliko testov, med katerimi imajo pomembno vlogo testi s hidravličnimi tekočinami.

Prispevek podaja pregled različnih testov za testiranje triboloških lastnosti hidravličnih tekočin, pri čemer so uporabljene hidravlične črpalke konstantne iztisnine, praviloma obremenjene s konstantnim tlakom. Poudarek je na študiji osnovnih značilnosti tovrstnih testov, vključujoč vrsto uporabljene črpalke, predstavljeni so osnovni obratovalni pogoji posameznega testa, velikost instalirane moči testne naprave, obseg potrebne opreme za izvedbo testa ter količina testirane tekočine.

Ključne besede:

hidravlične tekočine, mazalne lastnosti, testi s črpalkami, konstantna iztisnina, konstantna obremenitev

1 Uvod

Testiranje mazalnih sposobnosti tekočih maziv, npr. hidravličnih tekočin, poteka na različne načine, po različnih pristopih in metodah oz. testih. [1], [2], [3] Tovrstne teste lahko razdelimo v skupine glede na to, kaj nas zanima. Ali so to fizikalno-kemijske lastnosti tekočine, predvsem tiste, ki so povezane z mazalnimi lastnostmi (npr. viskoznost tekočine, indeks viskoznosti, vrsta tekočine in njena kemijska sestava, vrste dodatkov ... pa tudi vsebnost vode, nagnjenost k penjenju ...)? Ali nas bolj zanimajo mazalne lastnosti tekočine v kombinaciji z različnimi materiali ali komponentami? Ali pa sta morda bolj v ospredju vzdržljivost same tekočine in njena uporabna doba, vključujoč vplive različnih obratovalnih parametrov in pogojev ter učinek na degradacijo hidravlične komponente. [4], [5]

Omenjene vrste testov bi lahko razdelili tudi glede na vrsto in način izvedbe. Ali gre za teste, pri katerih je v ospredju termično obremenjevanje tekočine, npr. RPVOT, TOST in podobni testi [6], ali pa gre za teste, pri katerih uporabljamo različne mehanske

priprave, t. i. mehanski testi (4-krogelni aparat, Bruggenjev test, Reichertov test, Falexov test, Timkenov test, FZG-test, merjenje Stribeckove krivulje ... in številni bolj ali manj podobni testi, ki jih uporabljajo na raziskovalnih inštitutih, ki se ukvarjajo s to tematiko). [1], [7]

S temi testi se želimo čim bolj približati razmeram, ki se pojavljajo v sami komponenti med njenim obratovanjem, npr. trenje krilca ob tekalno ploskev krilne črpalke, razmere pri ubiranju dveh zob zobniške črpalke ali zobniškega prenosnika, trenje in vrste obrabe pri translatornem gibanju bata batne črpalke, pojavi na krmilnem robu potnega ventila ali na sedežu in zapiralu sedežnega ventila ... Končni namen teh testov je reproducirati mehanizme obrabe, kakršni se pojavljajo v določeni komponenti, in na osnovi teh podatki izjave o učinkovitosti uporabljane tekočine.

Običajno se vsi omenjeni laboratorijski testi uporabljajo bolj ali manj za primerjalno testiranje lastnosti deloma različnih maziv, a z bolj ali manj znanimi in podobnimi lastnostmi, v kombinaciji z bolj ali manj znanimi materiali. Večji problem se pojavi v primeru, ko gre za testiranje povsem nove vrste tekočine oz. maziva. [8] Pri novih tekočinah, katerih lastnosti še ne poznamo dovolj podrobno in tudi še nimamo ustreznih izkušenj s področja realne uporabe, pa je smiselno pred obsežnejšimi raziskavami mazalnih lastnosti na večjih preskuševališčih testirati vsaj nji-

Prof. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž., **doc. dr. Vito Tič**, univ. dipl. inž., oba Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

hove osnovne fizikalno-kemijske lastnosti, kot so npr. nagnjenost h koroziji, združljivost z materiali ... Šele nato je smiselna uporaba obsežnejših in dražjih triboloških testov, s katerimi dobro poustvarimo realne razmere med obratovanjem. To je pomembno še zlasti v primerih, ko želimo novo tekočino testirati v realnih pogojih uporabe, ob uporabi realnih komponent.

V primerih, ko gre za znano in običajno uporabljano hidravlično tekočino ali modificirano tekočino (npr. drugo bazno olje, drugi paket aditivov ...), so v uporabi predvsem testi, ki predvidevajo uporabo realnih hidravličnih komponent, običajno hidravličnih črpalk, kot vedno delujoče (in tudi najbolj obremenjene) komponente hidravličnega sistema. Testi, ki bazirajo na testiranju hidravličnih črpalk, so zelo različni. Potekajo pod različnimi pogoji, uporabljene sta različno velika količina testirane tekočine in različna vrsta črpalk, testi potekajo različno dolgo. Tudi način obremenjevanja črpalke je lahko različen – ali je črpalka med testom obremenjena s konstantnim tlakom ali pa se ta spreminja. Razen tega pa so glede na porabo moči energetsko bolj ali manj potratni in glede na uporabljeno opremo bolj ali manj dragi. Osnovne značilnosti najbolj uveljavljenih testov s črpalkami bodo predstavljene v sledečih poglavjih. V ospredju obravnave bodo testi, pri katerih so uporabljene črpalke s konstantno iztisnino, praviloma obremenjene s konstantnim tlakom.

2 Testi s hidravličnimi črpalkami – splošno

Čeprav so omenjeni laboratorijski mehanski testi na testnih napravah ponovljivi, pa v večini primerov ne zagotavljajo ustrezne korelacije s celovitim dogajanjem v notranjosti hidravlične črpalke kot zapletenega tribološkega sistema, delujočega v realnih ali celo zaostrenih razmerah. Po tem merilu noben od omenjenih testov ni ustrezen za celovito izjavo o obnašanju določene hidravlične tekočine v določeni črpalki in določenih pogojih.

Prav tako je pomembno prepoznati različne oblike obrabe, ki se lahko pojavijo pri delovanju črpalke. Nekatere od teh vključujejo poznavanje mehanizmov nastanka obrabe komponente: ali gre za abrazijo, adhezijo, erozijo, kavitacijo, korozijo ali pa kakšen drug vzrok.

Z laboratorijskimi testi, npr. hidravličnih tekočin pod atmosferskim tlakom, je težko natančno modelirati oz. ponazoriti pogoje, vezane na tlak in pretok, kakršna se pojavljata med obratovanjem hidravličnih črpalk. Tako npr. ni mogoče opaziti pojava obrabe ali poškodb zaradi kavitacije. Tudi korozivni procesi ali procesi utrujanja materiala zaradi kotalnega kontakta se porajajo dalj časa, zato ti testi potekajo nekaj deset ur, dni ali celo mesecev. Pri kratkotrajnih testih za njihov nastan-

ek enostavno ni dovolj časa, tudi ne ob zaostrenih ali pospešenih pogojih preskušanja (večinoma pa tudi temu niso namenjeni). Poleg tega lahko pogoje pospešene obrabe tudi spremlja sprememba mehanizma obrabe, npr. od napake zaradi abrazije do adhezije. [1]

Pojavljajo se še številni drugi pomisleki ali vprašanja. Tako je npr.:

- ▶ potrebno poznati spreminjanje lastnosti tekočine v širokem razponu obratovalnih pogojev,
- ▶ potrebno upoštevati, da so materiali preskušancev enaki ali enakovredni tistim v dejanski komponenti; enako velja za kombinacije materialov,
- ▶ za uspešno ovrednotenje obrabnih lastnosti hidravličnih tekočin potrebno/smiselno opraviti preskus obrabe v hidravlični črpalki,
- ▶ potrebno določiti pogoje preskušanja, ki zagotavljajo podobne razmere kot med obratovanjem ...

Vsi naštetni in tudi ostali številni razlogi so vzrok za izvajanje testov z realnimi hidravličnimi črpalkami, na realnih hidravličnih sistemih in v realnih obratovalnih pogojih. Ti testi vključujejo in omogočajo:

- ▶ primerjavo razlik v zmogljivostih opreme,
- ▶ pridobitev realnih spoznanj (in izkušenj) z novimi tekočinami,
- ▶ pridobitev primerjalnih podatkov o mazalnih lastnostih različnih vrst hidravličnih tekočin, različnih proizvajalcev in različnih vrst hidravličnih črpalk ...

Razen omenjenega pa proces degradacije črpalke in posledične okvare običajno spremljajo povečan hrup, sprememba profila hrupa, vibracije in seveda postopno zmanjševanje volumetrične učinkovitosti. Poznavanje teh vrednosti, še posebej pa potek njihovega spreminjanja, nam kasneje pri industrijskem obratovanju omogoča presojo o trenutnem stanju črpalke in njeni preostali uporabni dobi. Zato je med potekom preizkusa s črpalko za določitev stopnje degradacije in njenega vzroka potrebno določiti obseg tistih veličin, ki jih bomo podrobneje spremljali. Preskušanje naj se izvaja v približno enakih okoljskih pogojih kot pri dejanski uporabi: temperaturni pogoji, prisotnost kontaminacije, prisotnost vode oz. vlage, različne vrste kovin, izmenično spreminjanje tlaka ... V določenih primerih lahko poteka testiranje tudi pri poostrenih obratovalnih pogojih, kot npr. povišana temperatura, pulzirajoča sprememba tlaka, višje cirkulacijsko število ...

3 Pomembnejši testi s hidravličnimi črpalkami konstantne iztisnine

Ena od metod za ocenjevanje mazalnih lastnosti hidravlične tekočine je izvedba testiranja s hidravlič-

no črpalko v realnih obratovalnih pogojih. Na prvi pogled je to neprimerno in nepraktično glede na to, koliko različnih vrst črpalk poznamo in koliko različnih vrst hidravličnih tekočin in njihovih formulacij uporabljamo. To postane še bolj zapleteno v primeru, ko gre za posodobitev znane vrste črpalke, tako v smislu konstrukcijske spremembe ali uporabe drugačnih materialov. K temu pa je potrebno dodati še možnost uporabe različne vrste hidravlične tekočine, ki lahko pri isti črpalki povzroči drugačen potek degradacije. Ta problem lahko poenostavimo z uporabo enega ali omejenega števila »standardnih« testov hidravličnih črpalk.

S »standardnim« testom pogosto ne razumemo dejansko standardiziranega testa, temveč določene preverjene in v praksi priporočene ter tudi uveljavljene testne procedure, ki jih uporabljajo posamezni proizvajalci črpalk, predvsem večji. Zato se določene testne procedure običajno tudi poimenujejo po njih. Ko pride do sprememb lastništva blagovne znamke, pogosto pri že uveljavljenem testu pride tudi do spremembe uporabljenih črpalk in dopolnitev pri poimenovanju testa. Pogosto ta test ni več isti, temveč primerljiv. Prav tako pa se z razvojem spreminja kvaliteta črpalk, uvajajo se nova spoznanja in materiali, pa tudi hidravlične tekočine niso več iste. Le določeni testi s hidravličnimi črpalkami so prerasli v standardne teste, npr. ASTM Vickersov test.

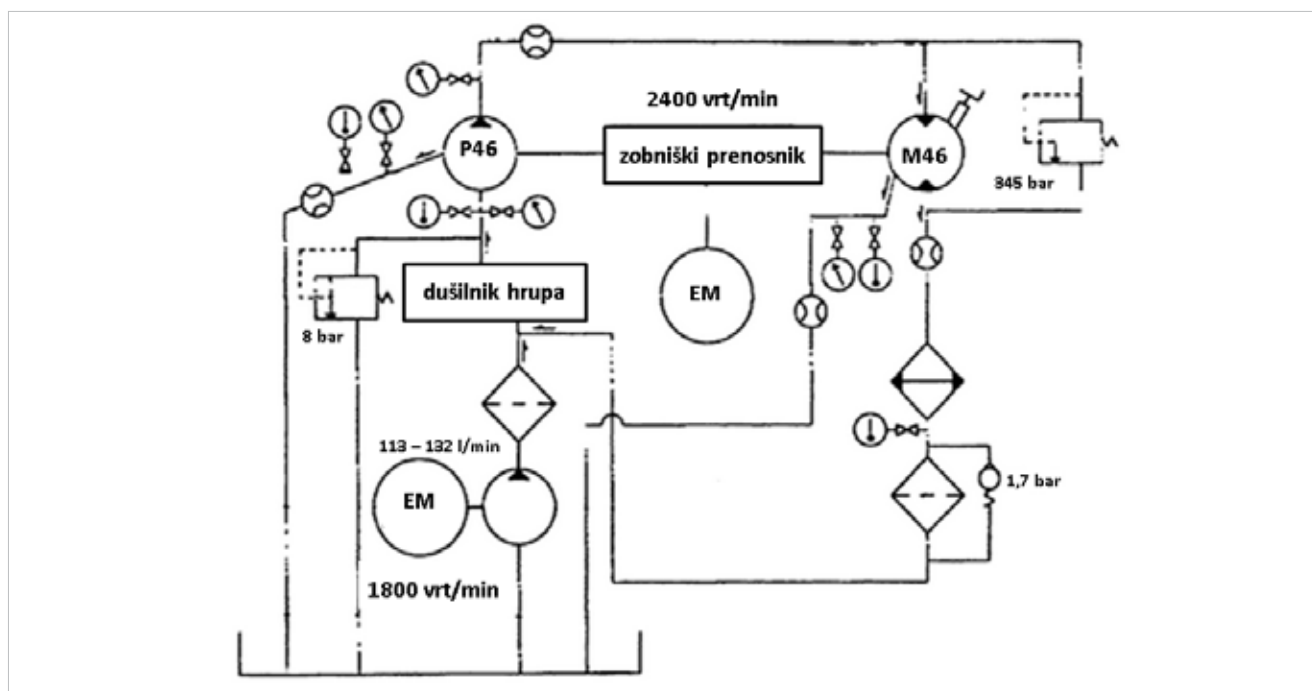
Vse omenjene in kasneje vpeljene spremembe glede vrste črpalke in uporabljane hidravlične tekočine že predstavljajo odklon od standarda. Prav tako se tudi spremembe na podlagi razvoja in pa zahteve uporabe spreminjajo veliko hitreje kot pa

sami standardi. V primeru testiranja ustreznosti hidravlične tekočine je dilem manj, saj uporabljamo za test običajno, znano uporabljeno črpalko. Se pa pojavi več dilem v obratni smeri – znana tekočina in nova črpalka.

Vsem uveljavljenim testom s črpalkami pa je skupno to, da gre najpogosteje za uporabo krilnih ali batnih črpalk. V primeru uporabe krilnih črpalk je tlak obremenjevanja črpalke običajno nižji, v primeru batnih črpalk pa (občutno) višji. Tlak je običajno konstantne vrednosti, lahko pa se tudi spreminja. V slednjem primeru gre za uporabo nastavljenih črpalk. V nadaljevanju bodo pobližje predstavljeni testi s konstantno črpalko in konstantnim tlakom obremenjevanja.

3.1 Testi z veliko količino hidravlične tekočine

Najbolj uveljavljeni testi s črpalkami se izvajajo z običajnimi industrijskimi črpalkami znanih proizvajalcev, npr. z Denisonovo črpalko, s Parkerjevo črpalko, z Eaton-Vickersovo krilno črpalko ali s Sundstrandovo (John Deerovo) batno črpalko ... in se praviloma po proizvajalcu tudi imenujejo. Kot hidravlična tekočina se najpogosteje uporablja mineralno hidravlično olje. Na področju stroke omenjeni testi veljajo kot najpomembnejši testi, izvajani s hidravličnimi črpalkami. V nadaljevanju bodo povzete osnovne značilnosti posameznih testov. Ostale podrobnosti o pogojih in poteku posameznega testa so na voljo, npr. v ASTM-standardih ali testnih procedurah posameznega proizvajalca.



Slika 1: Shema preskuševališča za izvedbo Denisonovega testa z batno črpalko P46 skladno s protokolom HF-0 [2]

Preglednica 1 : Denisonov test HF-O s krilno črpalko – obratovalni pogoji [2]

Volumen tekočine	189 l
Temperatura	71 °C pri 60 urah testiranja 99 °C pri 40 urah testiranja
Trajanje testa	100 ur (cca. 4 dni)
Tlak	cca. 172 bar
Vrtljaji črpalke	cca. 2400 vrt/min
Pretočna količina	265 l/min
Pogonska moč	90 kW

Z Denisonovim testom HF-O ocenjujemo zmožljivost hidravlične tekočine na podlagi pretoka, usedlin in obrabe v aksialni batni črpalki Denison P46 in krilni črpalki Denison T5D. [8] Obe črpalke v okviru testa obratujeta 100 ur in se periodično (ob določenih urah testiranja) razstavita za pregled, ponovno sestavita in uporabita dalje. Denisonov HF-O test strokovnjaki prepoznavajo kot celovit test, saj ocenjuje vse vidike hidravlične tekočine. Osnovni parametri testa so navedeni v *tabeli 1*. Testne črpalke Sundstrand in Eaton / Vickers so bile zasnovane za ugotavljanje trajnosti hidravlične tekočine.

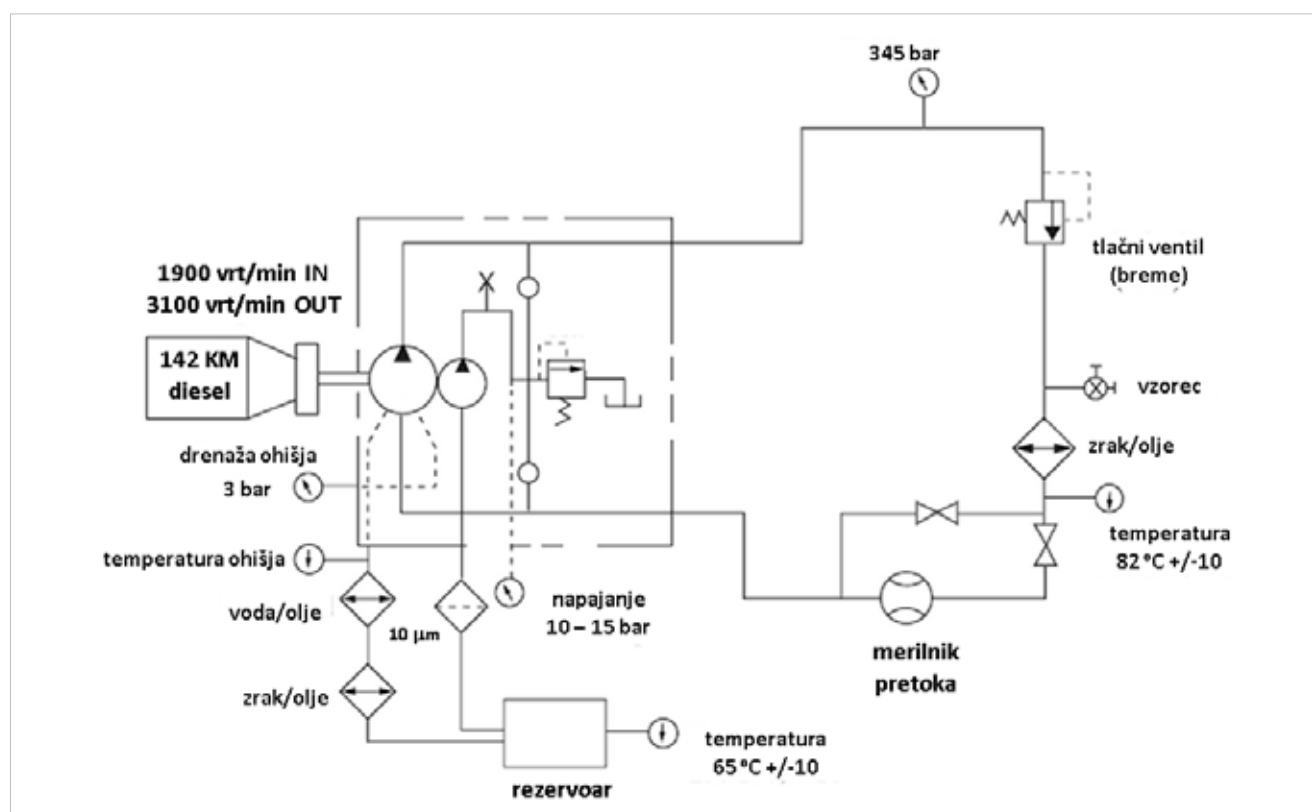
Shema testne naprave Denisonovega testa HF-O za primer uporabe Denisonove batne črpalke P46, povezane s hidromotorjem, prikazuje *slika 1*.

Preglednica 2 : Sundstrandov test z batno črpalko serije 22 [2]

Volumen tekočine	45 l
Temperatura - standardna	82 °C (1 % vsebnost vode)
Temperatura - povišana	120 °C (brez vode)
Trajanje testa - standardno	225 ur (9 dni)
Trajanje testa - podaljšano	450 ur (19 dni)
Tlak	cca. 345 bar
Vrtljaji črpalke	cca. 3100 vrt/min
Pretočna količina	95 l/min
Pogonska moč	64 kW

Sundstrandov test z batno črpalko serije 22 po prvotni standardni različici traja 225 ur v standardnih pogojih in z uporabo hidravličnega mineralnega olja z dodatki proti povečani obrabi. Drugi Sundstrandov, »podaljšan«, test je izveden v enakih pogojih, a je podaljšan na 450 ur. Osnovni parametri obeh Sundstrandovih testov so prikazani v *tabeli 2*. Vsi sestavni deli črpalke se po končanem testu pregledajo in vizualno ocenijo, pri čemer so v ospredju znaki obrabe in sprememba barve.

Standardni Sundstrandov test vključuje 1-odstotno kontaminacijo z vodo, da na ta način še dodatno obremeni hidravlično olje. Kljub dodani vodi v omejenem obsegu pri tem testu ni bilo dokazov o hidrolitičnih reakcijah, ki bi lahko povzročile nastanek usedlin. Kontaminacija z usedlinami namreč pov-



Slika 2 : Shema preskuševališča za izvedbo Sundstrandovega testa z batno črpalko [2]

zroča težave v delovanju krmilnih ventilov in težave s prepustnostjo filtra oz. blokiranjem. Prav tako je višja tudi obratovalna temperatura.

Podaljšani Sundstrandov test poteka pri povišani temperaturi 120 °C. Zaradi višje temperature temu testu ni dodana voda, vsi ostali pogoji pa so nespremenjeni. Ta test je pokazal, da je hidravlična tekočina z boljšim paketom dodatkov brez težav presegla parametre delovanja Sundstrandove batne črpalke kljub višji temperaturi in podaljšani dolžini preskusa. Shema preskuševališča za izvedbo Sundstrandovega testa z batno črpalko je prikazana na *sliki 2*.

Naslednji, zelo znan test, predvideva uporabo krilne črpalke (Eaton-)Vickers tip 35VQ-25. [9] Kot je znano, so krilne črpalke tribološko zelo »ranljive«. [10] Tovrstni standardni test, posplošeno imenovan kar Vickersov test, je sorazmerno kratek in traja 50 ur. Podaljšani Vickersov test traja veliko dlje, 1000 ur, in omogoča bolj realne zaključke glede vzdržljivosti hidravličnega olja, ki vsebuje paket dodatkov proti obrabi. V primeru kvalitetnega mineralnega olja je po 1000 urah testiranja črpalke izguba skupne mase kovine zaradi obrabe drsnega obroča in krilc še vedno pod mejo, ki je s testom predvidena za zagotavljanje ustrezne uporabne dobe črpalke.

Se pa testi, čeprav enako poimenovani, kot npr. Vickersov test, z razvojem novih črpalk in spoznanj spreminjajo. Zato je treba biti še kako pozoren, za kakšen test gre, kakšna črpalka je bila uporabljena, kakšni so bili pogoji testiranja ..., sicer rezultati testov niso primerljivi. Razen danes najbolj uporabljane Eaton-Vickersove črpalke 35VQ-25 je prvotni Vickersov test temeljil na uporabi krilne črpalke V-104. Naslednja sprememba Vickersovega testa pa je predvidevala uporabo Vickersove krilne črpalke tipa 20VQ5. Pri tem je potrebno omeniti, da so tribološke razmere med obema črpalkama zelo različne, predvsem zaradi različne zasnove krilc. Razen razlik v zgradbi ene in druge črpalke je potrebno poznati tudi razlike med obratovalnimi pogoji izvedbe testa.

Starejša črpalka V-104 bi morala biti skladno s testnim protokolom ASTM D2882 testirana pri obra-

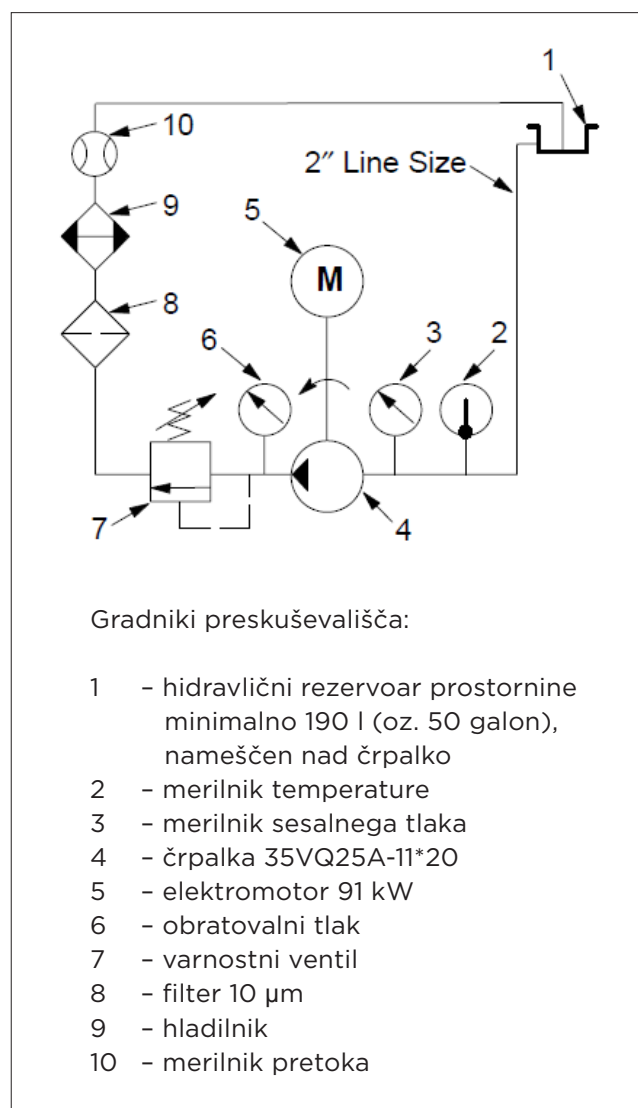
Preglednica 3 : Vickersov test s črpalko Eaton-Vickers 35VQ-25 – ASTM D6973 [11]

Volumen tekočine	min 190 l
Temperatura testa	93 °C
Trajanje testa – standardno	50 ur (cca 2 dni)
Trajanje testa – podaljšano	1000 ur (42 dni) s preverjanjem stanja na vsakih 300 ur testa
Tlak	cca. 207 bar
Vrtljaji črpalke	cca. 2400 vrt/min
Pretočna količina	144 l/min
Pogonska moč	91 kW

tovalnem tlaku 2000 psi (cca 138 bar), kar je izven priporočljivega obratovalnega tlaka te črpalke. Obratovalni tlak črpalke 20VQ25 pa znaša 3000 psi (cca 207 bar), kar je povsem v skladu s standardom. Tovrstni podatki so še kako pomembni, saj obratovalni parametri, kot so število vrtljajev, obratovalni tlak, zelo vplivajo na obseg obrabe. Osnovni parametri Vickersovega testa s črpalko 35VQ-25 so zbrani v *tabeli 3*.

Shema preskuševališča za izvedbo Vickersovega testa, ki predvideva uporabo krilne črpalke 35VQ25A, z osnovnimi gradniki preskuševališča prikazuje *slika 3*.

Merilo za obrabo črpalke je izguba mase, s čimer je znana tudi rezerva zmogljivosti – pri znanih vrednostih za znano črpalko. Izgubo mase materiala črpalke po določenih urah testiranja in ohranjeno zmogljivost črpalke do njene okvare – preostala uporabna doba, prikazuje *slika 4*.

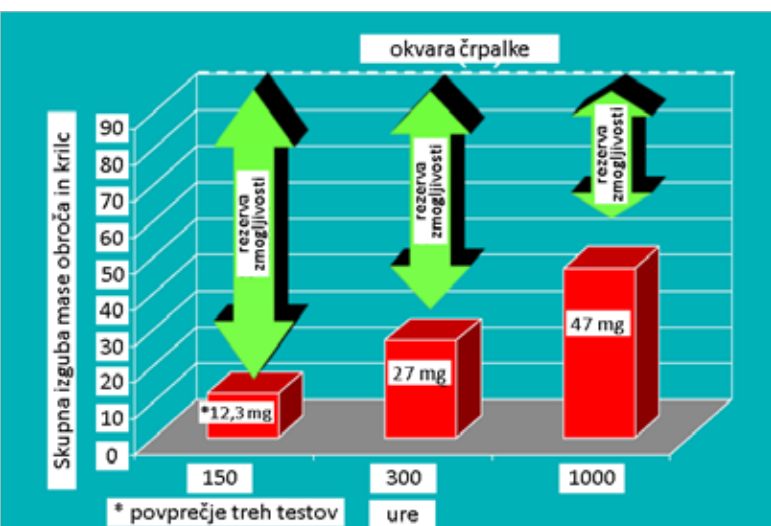


Slika 3 : Zgradba preskuševališča za Vickersov test s črpalko 35VQ25A [12]

Po končanem testiranju s črpalko na preskuševališču oz. po določenih intervalih/urah testiranja se odvzamejo vzorci hidravlične tekočine in opravijo obsežnejši standardni laboratorijski testi, ki jih uporabljamo za oceno fizikalno-kemijskega stanja hidravlične tekočine. Gre za test oksidacijske stabilnosti, test nagnjenosti k tvorjenju lakastih produktov in gošče, test hidrolitične stabilnosti, test zaščite pred korozijo, test penjenja, test sposobnosti filtracije in po potrebi še za druge teste. [13], [14], [15]

Opisi treh najpogostejše uporabljenih postopkov testiranja s črpalkami so bili do sedaj podani zelo okvirno: načelna shema preskuševališča in obratovalni pogoji ter parametri. Veliko več podrobnosti o sami izvedbi testiranja in pogojih testiranja je navedenih v standardih, a tudi ti prepuščajo določene podrobnosti izvedbe testa izvajalcu testa. Standardi določajo samo glavne parametre testa.

Veliko bolj podrobno pa je test opisan s t. i. izvedbenim protokolom testiranja. V protokolih testiranja je zelo natančno podana hidravlična shema preskuševališča s točno lokacijo določenih komponent z ustreznimi dimenzijami kot tudi natančen postopek izpiranja celotnega hidravličnega sistema pred testiranjem. Žal so podrobni protokoli bolj ali manj internega značaja, saj jih na podlagi izkušenj predhodnih testiranj zapiše izvajalec posameznega testa.



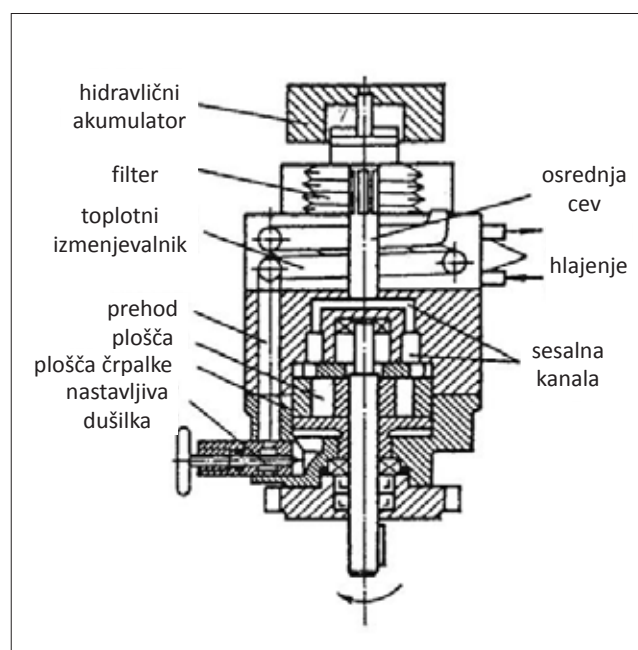
Slika 4 : Izguba mase v mg Eaton-Vickersove črpalke 35VQ-25 – ASTM D6973 pri standardnem in podaljšanem testu [15]

3.2 Testi z manjšo količino hidravlične tekočine

Do sedaj predstavljeni testi za določanje protiobrabnih lastnosti hidravličnih tekočin so dragi za izvedbo, imajo dolg preskusni čas, zahtevajo veliko

količino testne tekočine in veliko instalirano moč pogona.

Alternativa testom črpalk z veliko količino tekočine je Lapotkov test MP-1 s krilno črpalko, kjer znaša količina testirane tekočine le 0,7 litra. Čeprav se test MP-1 lahko izvaja pri tlakih do 100 bar, je običajni tlak pri testu 70 bar. Poleg majhnega volumna tekočine se test MP-1 izvaja le 50 ur, v nekaterih primerih le 10 ur. Stopnja obrabe temelji na zmanjšanje mase krilc, ki se ugotavlja šele po zaključku testa. Glede zasnove in poteka je ta test zelo blizu testom z veliko količino tekočine. Shema testne naprave je prikazana na *sliki 5*.



Slika 5 : Shema Lapotkovega testa z MP-1 krilno črpalko in majhno količino tekočine [2]

3.3 Drugi testi s konstantnimi črpalkami

Triboloških testov s hidravličnimi črpalkami konstantne iztisnine je še veliko več kot zgolj tu omenjeni in deloma podrobneje predstavljeni. Razen krilnih in batnih črpalk se uporabljajo tudi zobniške črpalke. Pri teh je mehanizem obrabe bolj kompleksen, saj se pri ubiranju zobnikov pojavljajo različne razmere – od mejnih, mešanih do hidrodinamičnih. [1]

Tako lahko omenimo test s sedmimi hkrati delujočimi zobniškimi črpalkami, ki ga je zasnoval Knight, in je namenjen testiranju obrabe zobniških črpalk. Pri tem so črpalke obremenjene s tlakom 143 bar in traja vse do izpada (prekomerne obrabe) črpalke oz. do poškodbe ležaja. V drugem primeru podobnega testa je testiranje potekalo ob spremenljivem tlaku obremenjevanja.

Podoben test, s tremi zobniškimi črpalkami, je predlagal in izvedel tudi Wanke. Pri tem testu je bila v ospredju študija vpliva stopnje čistosti na obrabo zobnikov. V primeru tega testa je obremenitev ciklična – ciklično spreminjajoč se tlak, pogonski električni motor pa je moči 150 kW.

Za različne namene se pojavljajo novi ali namen-sko zasnovani testi za testiranje določenega »tribološkega« vidika kombinacije črpalka-tekočina, za ugotavljanje »zmogljivosti« in primernosti uporabljane hidravlične tekočine ali pa za testiranje različnih konstrukcijskih zasnov in vrst hidravličnih črpalk tako glede ožjega tribološkega vidika ali širšega obratovalnega vidika. [16], [17], [18]

4 Zaključek na podlagi pregleda pomembnejših testov s črpalkami konstantne iztislne

Na področju testiranja hidravličnih črpalk skupaj s hidravlično tekočino v realnih obratovalnih razmerah je na voljo več testov. V ospredju vseh testov je testiranje odpornosti na obrabo posameznih komponent, predvsem hidravličnih črpalk, skupaj z znano hidravlično tekočino. Na podlagi pregleda najpogostejše uporabljanih testov s hidravličnimi črpalkami konstantne iztislne in praviloma konstantne obremenitve lahko zapišemo naslednje zaključke:

- a) Testi s hidravličnimi črpalkami se uporabljajo predvsem za presojo primernosti hidravlične tekočine za uporabo v hidravličnem sistemu. Nanašajo se predvsem na uporabo različnih vrst hidravličnih olj na mineralni osnovi in na točno določeno vrsto hidravlične črpalke. Po proizvajalcu črpalke se običajno test tudi imenuje. V določenih primerih se lahko uporabljajo tudi za tribološka testiranja hidravličnih motorjev.
- b) Običajno se meri izguba mase komponente in njenih vitalnih sestavnih delov ter na podlagi te sklepa o stopnji izrabe črpalke. V določenih primerih se dodatno opazuje učinek tekočine na nastanek poškodb materiala, v redkejših primerih pa se na podlagi odvzetega vzorca testirane tekočine dodatno izvedejo bolj ali manj obsežne laboratorijske raziskave pomembnejših fizikalno-kemijskih parametrov uporabljane tekočine. Določeni testi, trajnostni testi, potekajo do nastanka poškodbe črpalke (t. i. vzdržljivostni testi).
- c) Tlak med izvajanjem testa je pri testih s konstantnimi črpalkami praviloma konstanten.
- d) Prostornina testirane hidravlične tekočine znaša 0,7–20 litrov pri nizkovolumskih testih in vse do 200 litrov pri velikovolumskih običajnih testih s hidravličnimi črpalkami.
- e) Razmerje med volumnom rezervoarja in pretokom črpalke, t. i. cirkulacijsko število oz. število prečrpavanja, je običajno povišano: pri Deniso-

novem testu 1 : 1,4; pri Sundstrandovem testu 1 : 2,11 in pri Eaton-Vickersovem testu 1 : 1,36.

- f) Poraba energije med izvajanjem testa je dokaj velika. Instalirana moč za pogon sistema in hlajenje tekočine znaša pri standardnih velikovolumskih testih do 90 kW in več (tudi 145 kW), pri nizkovolumskih testih do največ 7 kW.
- g) Vplivi hidravlične tekočine na ostale komponente hidravlične testne naprave, kot so ventili, tesnila, hladilnik, priključki, cevovod, hidravlični valj ... žal niso zasledovali. V ospredju testov je hidravlična črpalka.

Nekateri od omenjenih testov so standardizirani, drugi so namenske narave ali internega značaja bodisi proizvajalca hidravlične črpalke ali hidravlične tekočine. Vendar pa noben od omenjenih testov ne omogoča celovitega vpogleda v potek in stopnjo degradacije vseh komponent hidravličnega sistema. Slednje je še zlasti pomembno, ko testiramo nove hidravlične tekočine.

Viri

- [1] Totten, G. E., De Negri, V. J.: Handbook of Hydraulic Fluid Technology, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2nd edition, ISBN 9781138077348, 2012, 983 strani.
- [2] Totten, G. E., Kling, G. H., Smolenski, D. J.: Tribology of Hydraulic Pump Testing, Technology & Engineering, ASTM STP 1310, 1997.
- [3] Totten, G. E., Bishop, R. J., Gent, G. M.: Evaluation of Hydraulic Fluid Lubrication by Vickers Vane Pump Testing: Effect of Testing Conditions, NFPA, Presented at the International Exposition for Power Transmission and Technical Conference 4–6 April 2000, Technical paper series I00-9.7.
- [4] Tič, V., Tašner, T., Lovrec, D.: Enhanced lubricant management to reduce costs and minimise environmental impact. Energy, ISSN 0360-5442. [Print ed.], 2014, vol. 77, str. 108-116; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214005799#>; doi: 10.1016/j.energy.2014.05.030.
- [5] Lovrec, D., Gregorc, B., Tič, V.: Izbira primerne turbinskega olja na podlagi testiranja, Posvetovanje o tribologiji, mazivih in tehnični diagnostiki, SLOTRIB 2016, str. 63–74.
- [6] Lovrec, D., Tič, V.: Thermal tests for testing of degradation behaviour of mineral based hydraulic oils. TMT 2016: proceedings, 20th International Research/Expert Conference Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, ISSN 1840-4944, leto 20, št. 1., str. 141-144.
- [7] Lovrec, D.: Mechanical tests for accelerated testing of mineral lubricants with respect to its degradation. TMT 2016: proceedings, 20th International Research/Expert Conference »Trends in the Development of Machinery and

- Associated Technology», TMT Proceedings, ISSN 1840-4944, leto 20, št. 1, str. 137-140.
- [8] Kambič, M., Lovrec, D.: Problems of testing new hydraulic fluids. Fluid power conference 2017, Conference proceedings. 1st ed. Maribor: University of Maribor Press. 2017, str. 281-293.
- [9] ASTM D2882: STP1310, Vickers' 35VQ25 Pump Test.
- [10] ASTM D2882-00: Standard Test Method for Indicating the Wear Characteristics of Petroleum and Non-Petroleum Hydraulic Fluids in Constant Volume Vane Pump (Withdrawn 2003).
- [11] ASTM D6973-14: Standard Test Method for Indicating Wear Characteristics of Petroleum Hydraulic Fluids in a High Pressure Constant Volume Vane Pump.
- [12] N. N.: Vickers, Eaton, General Product Support – Hydraulic hints & Trouble Shooting Guide; Brošura podjetja Vickers, št. 8/98, 29 str.
- [13] Light, D.: Hydraulic Fluids Meet Increasing Operating Demands, Machinery Lubrication, 5/2005, 9 str.
- [14] Evans, M.: Fluid technologies for a better world™ Durability and Retention of Performance In Hydraulic Fluids, Lubrizol.
- [15] Oesterle, D., Profflet, R.: Can Your Hydraulic Fluid Meet Today's Demands For Durability? The Lubrizol Corp. | May 14, 2007.
- [16] Chenglong, W., Qingliang, Z., Zhihai, L., Hongxi, K.: Design and realization of durability test-bed for new developed hydraulic pump, Advanced Materials Research Online: 2012-12-13, ISSN: 1662-8985, Vol. 619, pp 518-521, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.619.518, © 2013 Trans Tech Publications, Switzerland.
- [17] Reichel, J.: Mechanical Testing of Hydraulic Fluids, DMT-Gesellschaft für Forschung und Prüfung, Essen, Germany, Tribotest journal, 6-3, 2000 (6), 301 ISSN 1354-4063.
- [18] Tkáč, Z., Drabant, Š., Majdan, Š., Cvičela, P.: Testing stands for laboratory tests of hydrostatic pumps of agricultural machinery, RES. AGR. ENG., 54, 2008 (4): 183-191.

Tribological tests with hydraulic pumps at constant load

Abstract:

One of the most important tasks of the hydraulic fluid is to provide the appropriate lubricating properties throughout the entire operating life of the hydraulic system. The lower component wear and maintenance of its performance is therefore the primary task of both: manufacturers of hydraulic fluid and manufacturers of hydraulic components. The inadequate properties of the hydraulic fluid largely affect the degradation of the components and the reliability of the operation of the entire device. For this purpose, a large number of tests have been developed, among which, tests with hydraulic fluids play an important role.

The article provides an overview of various tests for testing the tribological properties of hydraulic fluids using hydraulic pumps with constant displacement, normally loaded with constant pressure. The emphasis is on the study of the basic characteristics of these type tests, including the type of pumps used, the operating conditions of each test, the size of the installed power of the test device, the extent of the necessary equipment for execution of the test and the amount of fluid tested.

Keywords:

hydraulic fluids, lubricating properties, pump tests, test parameters, constant displacement, constant load

TELESKOPSKA VODILA THOMAS REGOUT INTERNATIONAL B.V.



- nosilnosti > 300 kg
- dolžine od 300 do 1.500 mm vedno na zalogi
- funkciji Lock IN / Lock OUT
- izjemna robustnost in togost

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000



HENNLICH

Pokličite nas:

031 386 056



www.hennlich.si

RAZVOJ IN PREIZKUS DELOVANJA INTELIGENTNEGA DIFERENČNEGA TLAČNEGA POGONA S SISTEMOM ZA ODPRAVO NIHANJ iSET

Tomaž Kos, Janko Petrovčič, Zoran Šaponia, Bojan Musizza, Gregor Podržaj, Sašo Strajnar, Damir Vrančič

Izvleček:

Diferenčne regulatorje tlaka uporabljamo povsod tam, kjer je potrebno zagotoviti stabilen tlak v posameznih vejah hidravličnega sistema. Večinoma jih uporabljamo kot posredni člen med toplotno postajo in odjemalcem toplote v stavbi ali skupini stavb. Tako jih pogosto srečamo v toplovodnih omrežjih in sistemih HVAC. Konvencionalni diferenčni regulatorji prispevajo k stabilizaciji toplotnega sistema, vendar pa včasih niso kos velikim spremembam odjema toplote med zimsko in poletno sezono. V toplejših mesecih lahko zaradi manjših odprtosti regulacijskih ventilov prihaja do nihanj v sistemu. V prispevku sta opisana razvoj in delovanje novega tlačnega regulatorja Virtus proizvajalca Danfoss, ki s pomočjo vgrajenega sistema za odpravo nihanja iSET samodejno uravnava diferenčni tlak in tako zagotavlja stabilno delovanje hidravličnega sistema. Pogon Virtus smo preizkusili tudi neposredno na dveh toplotnih podpostajah daljinskega ogrevanja: na toplotni podpostaji v naselju Newbury v veliki Britaniji in na toplotni podpostaji v naselju privatnih hiš Giessen v Nemčiji. Iz rezultatov poizkusa sledi, da je sistem iSET učinkovito odpravil nihanja ter samodejno prilagodil tlak trenutnim potrebam uporabnikov.

Ključne besede:

diferenčni tlačni pogon, adaptivni sistem, odprava nihanj

1 Uvod

Diferenčni regulatorji tlaka se uporabljajo za uravnavanje tlaka dohodne vode ali pare v stanovanjskih, poslovnih in industrijskih aplikacijah oziroma povsod tam, kjer je potrebno zagotoviti stabilen tlak v posameznih vejah hidravličnega sistema. Večinoma jih uporabljamo kot posredni člen med toplotno postajo in odjemalcem toplote v stavbi ali skupini stavb. Tako jih pogosto srečamo v toplovodnih omrežjih in sistemih HVAC.

Tlak (in posledično pretok) v temperaturni povratni zanki močno vpliva na temperaturno stabilnost. Kot posledica različnih razmer, npr. neustrezno nastavljenih parametrov regulatorjev, histerez ventila, nelinearnosti procesa ter neenakomerne obtežitve

sistema (velike razlike v odjemu toplote med zimsko in poletno sezono), regulacijski ventili pogosto delujejo v področju minimalne odprtosti, kjer učinkovita regulacija ni mogoča. To vodi k nestabilnemu delovanju zanke, nihanju pretoka ter posledično nihanju temperatur. Tovrstna nihanja imajo več negativnih učinkov, kot so krajša življenjska doba gradnikov sistema in občasno višji pretoki, kar povzroči višjo povratno temperaturo in prekomerno segrevanje [1]–[3].

Za zmanjševanje nihanj v hidravličnih sistemih je bil v podjetju Danfoss Trata, d. o. o., razvit tlačni pogon Virtus[3] z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6[4]. Značilnost tega izdelka je sistem iSET, katerega namen je zmanjševanje nihanj hidravličnega sistema, kar odpravi predhodno omenjene negativne učinke. Posledično je delovanje toplarn optimalnejše, dovodne temperature so lahko nižje, kar pripomore k nižjim toplotnim izgubam. Virtus hkrati omogoča tudi nadaljnjo stopnjo digitalizacije daljinskega ogrevanja in lažjo integracijo v okolje industrije 4.0.

Uvodu sledi poglavje, v katerem opisujemo tlačni pogon Virtus z inteligentnim električnim pogonom

Tomaž Kos, mag. inž., **dr. Janko Petrovčič**, univ. dipl. inž., oba Institut Jožef Stefan, Ljubljana; **Zoran Šaponia**, univ. dipl. inž., **dr. Bojan Musizza**, univ. dipl. inž., **Gregor Podržaj**, dipl. inž., **Sašo Strajnar**, dipl. inž., vsi Danfoss Trata, d. o. o., Ljubljana; **doc. dr. Damir Vrančič**, univ. dipl. inž., Institut Jožef Stefan, Ljubljana

AMEi 6. V tretjem poglavju bomo razložili delovanje sistema za odpravo nihanj iSET. Nato bomo v četrtem poglavju predstavili rezultate preizkusa delovanja sistema iSET in v petem podali sklepne ugotovitve.

2 Tlačni pogon Virtus z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6

Tlačni pogon Virtus je samodejni regulator diferenčnega tlaka, namenjen predvsem uporabi v sistemih daljinskega ogrevanja. Tlačni pogon (*slika 1*) je sestavljen iz krmilnega dela, aktuatorja z eno kontrolno membrano, vzmeti za nastavitev diferenčnega tlaka in inteligentnega električnega pogona AMEi 6 [5].

Konstanten diferenčni tlak se vzdržuje s krmilnim ventilom, ki ga krmilimo neposredno preko povezave s tlačno membrano, ki ob spremembah diferenčnega tlaka odpira/zapira stožec za nadzor tlaka. Nastavitev želene nivoja diferenčnega tlaka se izvede z nastavitvijo sile vzmeti z namensko matico. V primeru uporabe inteligentnega električnega pogona AMEi 6 operacijo nastavljanja sile izvede motor preko zobniškega prenosa. Tlačna aktuarska membrana vsebuje tudi varnostni ventil nadtlaka [5].

Inteligentni električni pogon AMEi 6 ima dva analoga vhoda, analogni izhod in možnost oddaljenega nadzora preko vodila MODBUS [4]. Ponuja naslednje optimizacijske funkcije: samodejno optimi-

zacija učinkovitosti inteligentnih podpostaj (iSET) in inteligentno uravnoteženje omrežja (iNET) [5]. Sistem iSET odpravlja temperaturna nihanja s samodejnim prilagajanjem diferenčnega tlaka, medtem ko iNET omogoča oddaljeno nastavitvev diferenčnega tlaka preko analognega vhoda ali omrežja MODBUS [2].

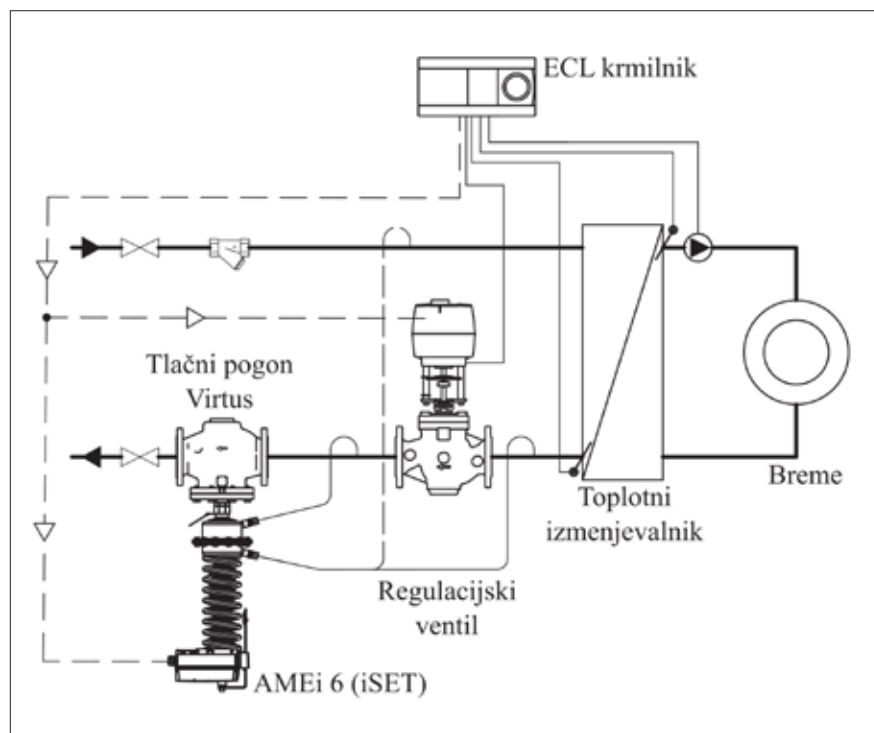
Primer uporabe diferenčnega tlačnega pogona Virtus z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6 v načinu iSET prikazuje *slika 2*. Temperaturni krmilnik ECL s spreminjanjem odprtosti regulacijskega ventila uravnava sekundarno temperaturo toplotnega izmenjevalnika in s tem temperaturo na bremenu. Ker je krmilni signal regulacijskega ventila dodatno povezan tudi s pogonom AMEi 6, v primeru zaznanih nihanj sistem iSET samodejno prilagodi (zmanjša) diferenčni tlak hidravličnega sistema in tako odpravi nihanja.

3 Sistem za odpravo nihanj - iSET

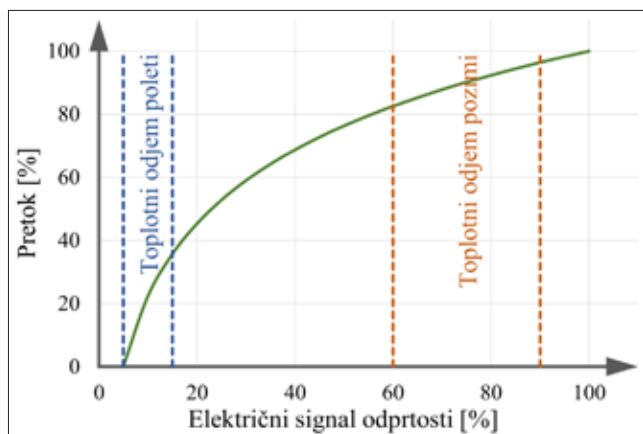
Kot je bilo že omenjeno, regulacijski ventili pogosto delujejo v področju minimalne odprtosti, kjer učinkovita regulacija ni mogoča (*slika 3*), kar povzroči nihanje pretoka in posledično nihanje sekundarne temperature. Sistem iSET nadzoruje in zazna nihanja v hidravličnem sistemu in samodejno prilagodi diferenčni tlak Δp na motoriziranem diferenčnem tlačnem ventilu na takšno raven, da se bo regulacijski ventil začel odpirati. To posledično odpravi nihanja hidravličnega sistema.



Slika 1 : Tlačni pogon Virtus: krmilni del, aktuator s kontrolno membrano in inteligentni električni pogon AMEi 6 (spodaj) [1].



Slika 2 : Primer uporabe diferenčnega tlačnega pogona Virtus z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6 v načinu iSET [4].

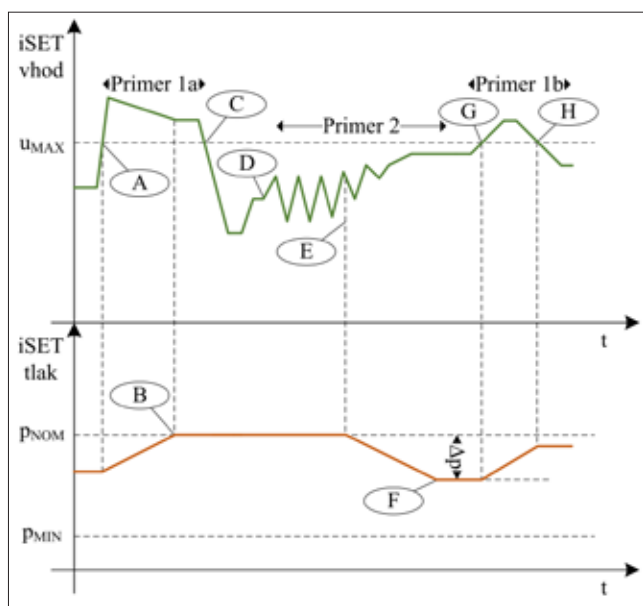


Slika 3 : Primer oteženega vodenja pretoka: zaradi nizke porabe tople vode v poletnih mesecih je ventil skoraj zaprt.

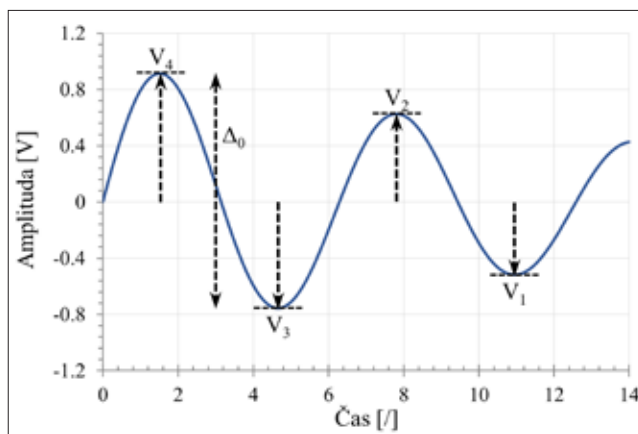
Na podlagi časovnega poteka krmilnega signala regulacijskega ventila sistem iSET ustrezno prilagodi diferencialni tlak hidravličnega sistema. V nadaljevanju bomo podrobneje predstavili sistem iSET. Možni so naslednji scenariji (slika 4):

1. krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET preseže vnaprej določeno mejo proženja u_{MAX} (npr. 50 %) in
2. sistem iSET zazna nihanja hidravličnega sistema, ko je krmilni signal pod mejo proženja u_{MAX} .

Primer 1: krmilni signal regulacijskega ventila preseže mejo proženja. Ko krmilni signal regulacijskega ventila preseže vnaprej določeno mejo proženja



Slika 4 : Krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET in diferenčni tlak Δp hidravličnega sistema, ko (1) krmilni signal regulacijskega ventila preseže mejo proženja u_{MAX} in (2) sistem iSET zazna nihanja hidravličnega sistema.



Slika 5 : Prikaz merjenja vršnih vrednosti signala.

u_{MAX} (točka A in G na sliki 4), iSET vedno poveča diferenčni tlak Δp na nazivno (nominalno) vrednost p_{NOM} (točka B). Če se med povečanjem diferenčnega tlaka krmilni signal regulacijskega ventila zmanjša pod mejo proženja (točka H), se povečevanje tlaka prekine, s čimer tlak ostane na trenutni vrednosti. Dodatno ima programska funkcija vgrajeno majhno histerezo, s katero se lahko izognemo nepotrebnim preklpom pri šumnih signalih.

V primeru, ko je krmilni signal regulacijskega ventila nad mejo proženja u_{MAX} , detekcija oscilacij ne deluje, tj. čas med točkama A in C (slika 4).

Primer 2: nihanja hidravličnega sistema. Zaznavanje nihanj hidravličnega sistema se izvaja takrat, ko je krmilni signal regulacijskega ventila manjši od vnaprej določenega signala u_{MAX} (točka C na sliki 4). Procedura iskanja oscilacij se začne vsakič na novo, ko krmilni signal regulacijskega ventila pade pod vrednost u_{MAX} . Oscilacije zaznamo z merjenjem vršnih vrednosti signala (slika 5). Najnovejša zaznana vršna vrednost ima oznako 1, starejša oznako 2 itd.

Po zaznavi prvih dveh vršnih vrednosti se preveri razlika njunih amplitud. Če je razlika manjša od neke določene vrednosti, se starejši vrh zavrže. Ravno tako se najstarejši vrh zavrže, če so časovne razlike med posameznimi vrhovi prevelike. Na primer: če je čas med vršnima vrednostma 3 in 2 enak 60 s in čas med vršnima vrednostma 2 in 1 enak 96 s, se najstarejša vršna vrednost (3) zavrže.

Če sistem iSET zazna 4 zaporedne vršne vrednosti, se izračuna koeficient dušenja U_D po enačbi

$$U_D = \frac{V_1 - V_2}{V_3 - V_4} \quad (1)$$

v kateri V_x predstavlja zaporedne vršne vrednosti. Če je izračunan koeficient dušenja večji od 0,78, je sistem slabo dušen. V nekaterih primerih pa je visok koeficient dušenja posledica spremembe reference

sistema. Zato v tem primeru koeficient dušenja potrdimo z dodatno (peto) meritvijo vršne vrednosti (najstarejšo izmerjeno vršno vrednost pa zavrzemo).

Sprememba pozicije tlačnega pogona (smer in korak) oziroma sprememba diferenčnega tlaka Δp je odvisna od:

1. koeficienta dušenja (razmerja upadanja) zaznanih oscilacij U_D ,
2. amplitude oscilacij Δ_o (amplitudne razlike med prvima dvema vršnima vrednostma) in
3. števila zaznanih vršnih vrednosti n_v .

Podrobnejše pojasnilo sledi v nadaljevanju.

Slika 6 prikazuje delitev sistemov glede na stopnjo dušenja. Delimo jih na premalo dušene (slika 6a), optimalno dušene (slika 6b) in preveč dušene (slika 6c). Delitev v posamezne skupine je izvedena glede na izračunan koeficient dušenja U_D .

Če je $U_D > 0,25$, je hidravlični sistem premalo dušen in iSET zmanjša diferenčni tlak Δp , vendar ne manj kot na minimalno vrednost p_{MIN} . Če je $U_D < 0,15$, je hidravlični sistem preveč dušen. Takrat iSET zviša diferenčni tlak Δp , vendar ne več od nominalne vrednosti p_{NOM} . Če pa je izračunan faktor dušenja U_D znotraj obeh vrednosti, je hidravlični sistem optimalno dušen in sistem iSET diferencialnega tlaka Δp ne spreminja. Na kratko lahko povzamemo, da sistem iSET spreminja diferenčni tlak Δp , dokler ni doseženo optimalno dušenje hidravličnega sistema (slika 6b).

Večja nihanja so za hidravlični sistem bolj problematična od manjših. Hkrati pa je detekcija vršnih vrednosti (meritev) pri večjih oscilacijah bolj zane-

sljiva. Posledično se pri izračunu spremembe diferenčnega tlaka upošteva tudi amplituda oscilacij

$$\Delta_o = |V_3 - V_4| \quad (2)$$

tj. večja, kot je amplituda oscilacij, večja je sprememba diferenčnega tlaka Δp . V nasprotnem primeru, ko je amplituda oscilacij zelo majhna (na nivoju šuma), se izmerjene vrednosti ne upoštevajo in diferenčni tlak se ne spreminja. Tako je sistem iSET bolj robusten na manjša nihanja, vendar še vedno dovolj hiter v primeru večjih nihanj v hidravličnem sistemu.

Sprememba tlaka je odvisna tudi od števila zaznanih vršnih vrednosti n_v . Razlog je v zanesljivosti meritev. Meritve z več zaznanimi vrhovi so zanesljivejše, zato je sprememba pozicije in s tem posledično tudi sprememba diferenčnega tlaka večja.

Na koncu je potrebno omeniti, da je detekcija vršnih vrednosti ustavljena v času spreminjanja diferenčnega tlaka, tj. v času odpiranja ali zapiranja diferenčnega tlačnega pogona (npr. med točkama E in F na sliki 4).

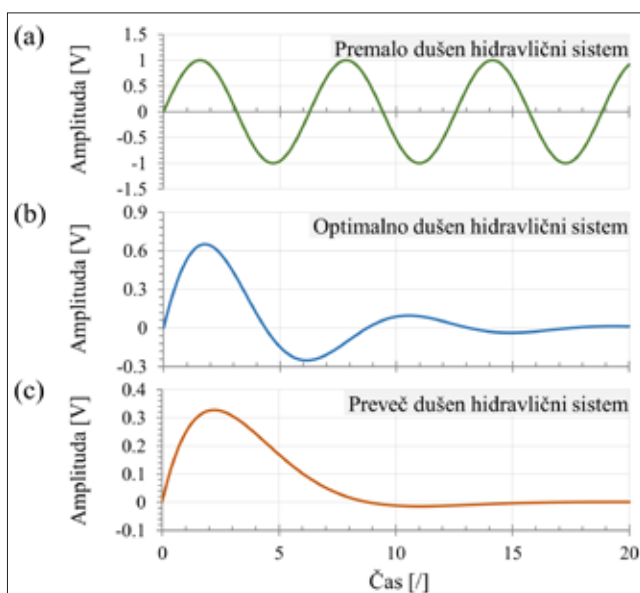
4 Preizkus delovanja sistema za odpravo nihanj hidravličnega sistema

Delovanja sistema za odpravo nihanj iSET smo preizkusili v praksi na dveh realnih aplikacijah, tj. toplotni podpostaji Newbury v Veliki Britaniji in toplotni podpostaji Giessen v Nemčiji. Sistem iSET smo preizkusili v treh primerih:

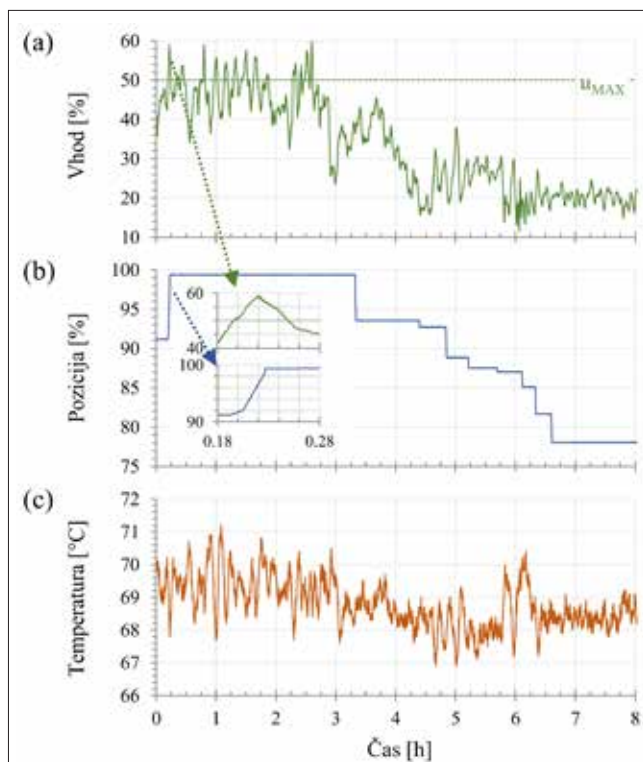
1. pri nihanju hidravličnega sistema,
2. pri višjih vrednostih krmilnega signala regulacijskega ventila in
3. pri zelo dušenem hidravličnem sistemu.

Testni primer 1: Diferenčni tlačni pogon Virtus AFP PN16 z ventilom VFQM DN80 in z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6 je bil priključen na toplotno podpostajo Newbury v Veliki Britaniji, ki dobavlja toplotno energijo večjemu večstanovanjskemu naselju (stanovanjski bloki). Primer vezalne sheme toplotne podpostaje prikazuje slika 2. Za regulacijo je bil uporabljen obstoječi regulator temperature. Temperatura na primarni strani je bila 70/50 °C (dovodna temperatura/odvodna temperatura). Tlačni razpon diferenčnega tlačnega ventila je bil od 0,05 do 0,35 bara, nominalni tlak pa 0,2 bara. Testiranje je potekalo v hladnejšem obdobju, in sicer na sistemu za pripravo sanitarne tople vode in na daljinskemu ogrevanju.

Preizkus delovanja sistema za odpravo nihanj prikazuje slika 7. Nastavljena zgornja meja krmilnega signala regulacijskega ventila $u_{MAX} = 50$ %. Kot je razvidno s slike 7b, se pozicija ventila povečuje v času, ko je vhodni signal sistema iSET (slika 7a)



Slika 6 : Delitev hidravličnih sistemov: (a) premalo dušen hidravlični sistem, (b) optimalno dušen hidravlični sistem, (c) preveč dušen hidravlični sistem.



Slika 7 : Preizkus delovanja na toplotni podpostaji Newbury: (a) krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET, (b) pozicija tlačnega pogona, (c) izhodna temperatura toplotnega izmenjevalnika.

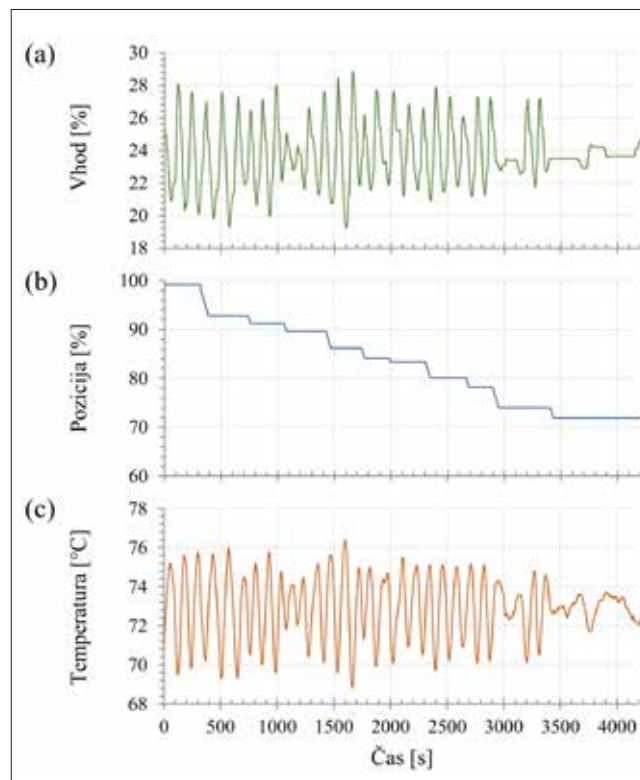
nad mejo proženja u_{MAX} . Ko pozicija ventila doseže končno pozicijo, se povečevanje ustavi. V nadaljevanju sistem iSET spet zazna nihanja hidravličnega sistema in ustrezno zmanjšuje pozicijo tlačnega pogona, dokler nihanja niso odpravljena. S slike 7c, ki prikazuje izhodno temperaturo toplotnega izmenjevalnika, je razvidno, da je sistem iSET zmanjšal nihanja v hidravličnem sistemu. Iz tega lahko zaključimo, da je sistem iSET prispeval k stabilizaciji zaprtozančnega sistema.

Učinkovitost sistema za odpravo nihanj iSET je najvišja v prehodnih obdobjih, ko se toplotni odjem zmanjša, kar izredno vpliva na stabilnost zaprtozančnega sistema. Meritve na toplotni podpostaji Newbury pa so bile izvedene pozimi, ko je toplotni odjem največji. Posledično delovanje sistema iSET nismo mogli preizkusiti v vseh delovnih pogojih.

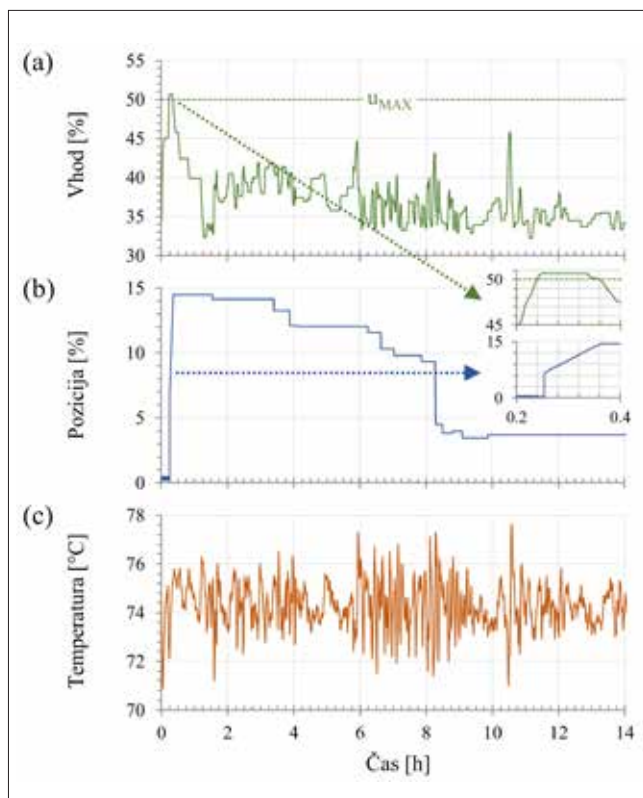
Testni primer 2: Diferenčni tlačni pogon Virtus AFP640 z ventilom AFQM DN80 in z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6 je bil priključen na toplotno podpostajo v naselju privatnih hiš Giesen v Nemčiji, ki dobavlja energijo približno 300 stanovanjskim objektom (hišam). Primer vezalne sheme toplotne podpostaje prikazuje slika 2. Moč toplotnega izmenjevalnika je 4 MW, razpoložljivi tlak na primarni strani je 1,6 bara, temperatura pa je 90/50 °C (dovodna temperatura/odvodna temperatura). Referenčna temperatura na sekundarni

strani je nastavljena na 75/50 °C. Za regulacijo je bil uporabljen krmilnik PID ECL310 ter razširitveni modul ECA32 s proporcionalnim območjem $E_p = 130$ K in integralnim časovnim koeficientom $T_n = 70$ s. Parametri PID so bili enaki tistim, ki so pogosto uporabljeni na podobnih podpostajah. Tlačni razpon diferenčnega tlačnega ventila je bil od 0,05 do 0,35 bara, nominalni tlak pa 0,25 bara. Ker je testiranje potekalo v toplejšem obdobju (poleti), je preizkus potekal le na sistemu za pripravo sanitarne tople vode.

Preizkus detekcije nihanj prikazuje slika 8. Pred začetkom preizkusa je bila pozicija tlačnega pogona ročno premaknjena na 100 % (nominalni tlak 0,25 bara). S slike 8a, ki prikazuje krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET, so razvidna nihanja hidravličnega sistema. Posledično je nihala tudi izhodna temperatura toplotnega izmenjevalnika, ki jo prikazuje slika 8c. Na sliki 8b, ki prikazuje dejansko pozicijo tlačnega pogona, je razvidno postopno zmanjševanje pozicije tlačnega ventila in posledično tudi diferenčnega tlaka Δp , dokler nihanja hidravličnega sistema (po približno 3500 s) niso odpravljena. Opazimo, da je sistem iSET znatno prispeval k stabilizaciji zaprtozančnega sistema. Na isti sliki je tudi razvidno, da se korak spremembe tlaka prilagaja trenutnim razmeram, tj. dušenju in amplitudi oscilacij.



Slika 8 : Preizkus detekcije oscilacij: (a) krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET, (b) pozicija tlačnega pogona, (c) izhodna temperatura toplotnega izmenjevalnika.

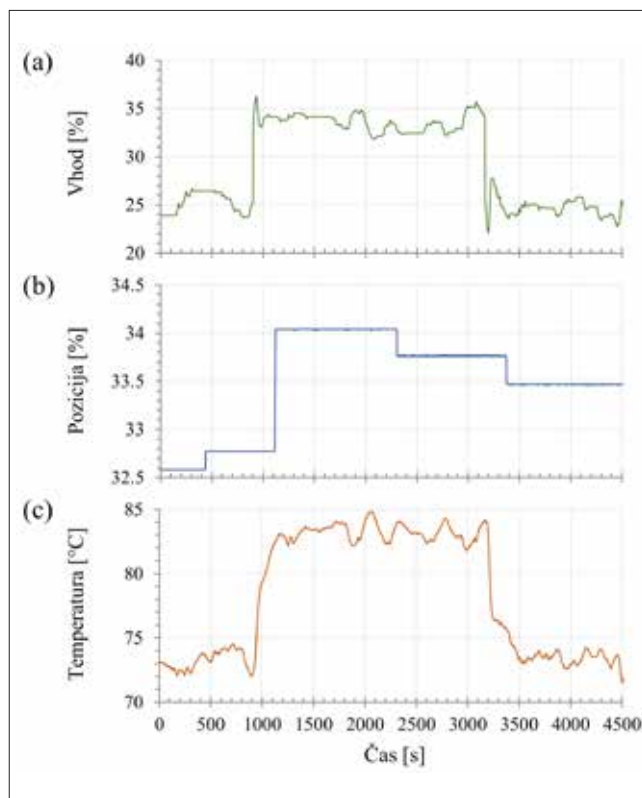


Slika 9 : Preizkus presega vnaprej določene meje $u_{MAX} = 50\%$: (a) krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET, (b) pozicija tlačnega pogona, (c) izhodna temperatura toplotnega izmenjevalnika.

Naslednji preizkus, ko krmilni signal regulacijskega ventila preseže zgornjo mejo $u_{MAX} = 50\%$, prikazuje *slika 9*. Kot je razvidno s *slike 9b*, se ventil odpira v času, ko je vhodni signal sistema iSET (*slika 9a*) nad mejo proženja u_{MAX} . V nadaljevanju sistem iSET spet zazna nihanja hidravličnega sistema in ustrezno zapira tlačni pogon, dokler ne odpravi nihanj.

Z naslednjim testom, ki ga prikazuje *slika 10*, smo preizkusili odzivnost sistema iSET na preveč dušen hidravlični sistem. V ta namen smo izvedli skočno spremembo temperature reference toplotnega izmenjevalnika s 75 °C na 85 °C . Sprememba temperature reference je razvidna na *slikah 10a* in *10c*, ki prikazujeta krmilni signal regulacijskega ventila in izhodno temperaturo toplotnega izmenjevalnika. S *slike 10b*, ki prikazuje pozicijo inteligentnega pogona, je razvidno, da sistem iSET ustrezno zazna preveč dušen sistem in posledično zviša tlak v sistemu. V nadaljevanju sistem iSET spet zazna nihanja hidravličnega sistema in nato diferenčni tlak Δp še dvakrat malenkost zniža na optimalno vrednost.

Rezultati vseh testov na toplotni podpostaji Giesen so pokazali, da sistem iSET deluje v skladu z načrtovanimi specifikacijami, odpravi nihanja in s tem stabilizira hidravlični sistem.



Slika 10 : Preizkus zaznave prevelikega dušenja sistema: (a) krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET, (b) pozicija tlačnega pogona, (c) izhodna temperatura toplotnega izmenjevalnika.

5 Zaključek

Razvit je bil nov diferenčni tlačni pogon Virtus z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6. Električni pogon vsebuje sistem za odpravo nihanj hidravličnih sistemov, imenovan iSET, ki ob zaznavi nihanj samodejno prilagodi diferenčni tlak.

Sistem iSET smo preizkusili v praksi na dveh toplotnih podpostajah daljinskega ogrevanja. Na toplotni podpostaji v naselju Newbury v Veliki Britaniji, ki dobavlja toplotno energijo večstanovanjskemu naselju, in na toplotni podpostaji Giesen v Nemčiji, na katero je priključenih približno 300 stanovanjskih objektov. Vsi rezultati so pokazali, da razviti sistem iSET uspešno odpravi nihanja hidravličnega sistema in pomaga stabilizirati regulacijsko zanko.

Implementirani sistem za odpravo nihanj iSET optimizira delovanje podpostaj za daljinsko ogrevanje ali hlajenje, zmanjša obrabo regulacijskega ventila, izboljša kakovost zaprtozankne regulacije in podaljša življenjsko dobo komponent hidravličnega sistema. Končni rezultat so tako zmanjšani stroški obratovanja in izboljšana učinkovitost hidravličnega sistema.

Viri

- [1] M. Bobič, M. Jungić, S. Kojić in D. Bochkalov, »Effects of digitalization of self-acting flow and pressure controllers«, v Mednarodna konferenca daljinske energetike, 2018.
- [2] Danfoss, »Virtus Shaped for the future«. Danfoss, 2018.
- [3] Danfoss, »Virtus. Shaped for future«. [Na spletu]. Dostopno: <http://virtus.danfoss.com/>. [Dostopano: 23-jan-2019].
- [4] Danfoss, »Operating Guide: Intelligent electrical actuator AMEi 6 iSET«. Danfoss, Ljubljana, 2018.
- [5] Danfoss, »Differential pressure controller (PN 16, 25, 40) AFP 2/VFG 22(221)«. Danfoss, 2018.

Development and testing of the intelligent differential pressure drive with anti-oscillation system iSET.

Abstract:

Differential pressure controllers are used for stabilising the pressure in various branches of a hydraulic system. The controllers serve mainly as the link between the district heating pipelines and the local heat exchanger. Therefore, they are usually used in hot water preparation systems and in HVAC systems. Conventional differential controllers help in stabilising the hydraulic systems, but, due to large differences in consumption between winter and summer seasons, they cannot prevent occasional oscillations in the system. Those oscillations usually occur in the periods of smaller heat demand due to larger system gain at lower control valve openings. The paper describes the development, operation and testing of the new Danfoss Virtus pressure controller with integrated anti-oscillation system iSET. Virtus controller automatically sets the optimal differential pressure in the system, thus providing stable functioning of the hydraulic system. Virtus controller was tested on two district heating substations, in Newbury in Great Britain and in Giessen in Germany. From the results of the experiment it follows that the iSET function effectively eliminates system oscillations and automatically adjusts the pressure according to the system load.

Keywords:

differential pressure controller, adaptive system, anti-oscillation system



www.staubli.si

Kaj če robot in človek (resnično) delata skupaj?

Kontakt: Brane Čenčič, Tel.: 00386 41 747 536, brane.cencic@domel.com

DOMEL
Ustvarjamo gibanje

STÄUBLI



Zasnuj, izdelaj, preizkusi!

POLETNA ŠOLA STROJNIŠTVA

SI ŽE KDAJ POSKUSIL IZDELATI IZDELEK, KI PRAV ZARES DELUJE?

Pridruži se Poletni šoli strojništva, kjer boš najprej izdelek zasnoval, ga izdelal v laboratoriju in ga na koncu praktično preizkusil. Po končani poletni šoli izdelek lahko odneseš s seboj domov, da ga pokažeš svojim prijateljem in domačim.

KDAJ?

Od vključno 20. do 23. avgusta 2019.

KJE?

Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva cesta 6, 1000 Ljubljana.

KDO?

Osnovnošolci od 7. do 9. razreda in srednješolci od 1. do 3. letnika.

DELAVNICE!

Na voljo je 10 zanimivih delavnic.

PRIJAVA!

Na izbrano delavnico se prijaviš prek spletne prijavnice. Prijave so možne do vključno 30. 6. 2019 oz. do zapolnitve mest pri posamezni delavnici.

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



Več informacij na
www.poletnasolastrojnistva.si

RAZVOJ HIDRAVLIČNE POGONSKE TEHNIKE SKOZI ČAS – 2. DEL: PRVA HIDRAVLIČNA STISKALNICA

Darko Lovrec

Prve izvedbe črpalk, ki sta jih zasnovala Kepler in Ramelli, so omogočile »pridobivanje« oz. rabo energije tekočine, neodvisno od naravnih virov. A same po sebi še niso predstavljale prodora in širše rabe principa hidravličnega prenosa sil in gibanj. Šele matematični zapis osnovnega zakona hidrostatike in pa prve naprave, ki so potrjevale uporabnost le-tega, so predstavljale temelj nadaljnjega razvoja hidrostatičnega principa prenosa energije.

V tem prispevku bomo podrobneje osvetlili izhodišča, ki so pripeljala do zapisa znanega in široko uporabljenega osnovnega zakona hidrostatike, ki ga je okoli leta 1650 zapisal Blaise Pascal. Njegov zapis in razumevanje, ter praktični dokaz uporabnosti Pascalovega zakona, je predstavljal temelj za gradnjo prve hidravlične stiskalnice, ki jo je šele stoletje in pol kasneje patentiral Joseph Bramah. Navkljub svojemu pomanjkljivemu delovanju, ki je izhajalo predvsem iz stanja tehnologije v tistem obdobju, so prav hidravlične stiskalnice predstavljale zametek in generator kasnejšega razvoja številnih ostalih področij tehnike.

1 Hidrostatika in prva spoznanja

Hidravlične črpalke, ki sta jih zasnovala Kepler in Ramelli, so bile rotacijsko delujoče črpalke, kakršne danes uporabljamo v hidravličnih napravah, kjer jih poganjamo z elektromotorjem ali z motorjem z notranjim zgorevanjem. V prvih primerih uporabe hidrostatičnega prenosa moči in gibanja so bile uporabljene translatorno delujoče enobratne črpalke. Te delujejo na principu sesanja in iztiskanja tekočine in na translatornem gibanju bata. Takšna je bila npr. Ktesibiova potopna batna črpalka, znana iz grških časov. [1] Za Ramellijevo večbatno črpalko pa bi lahko rekli, da predstavlja nadgradnjo enobratne izvedbe. Translatorno gibanje batov, enega v vlogi črpalke in drugega v vlogi aktuatorja, je bilo tudi osnova za razumevanje in kasnejši matematični zapis hidrostatičnega prenosa sil in gibanja, kot ga danes poznamo kot Pascalov zakon.

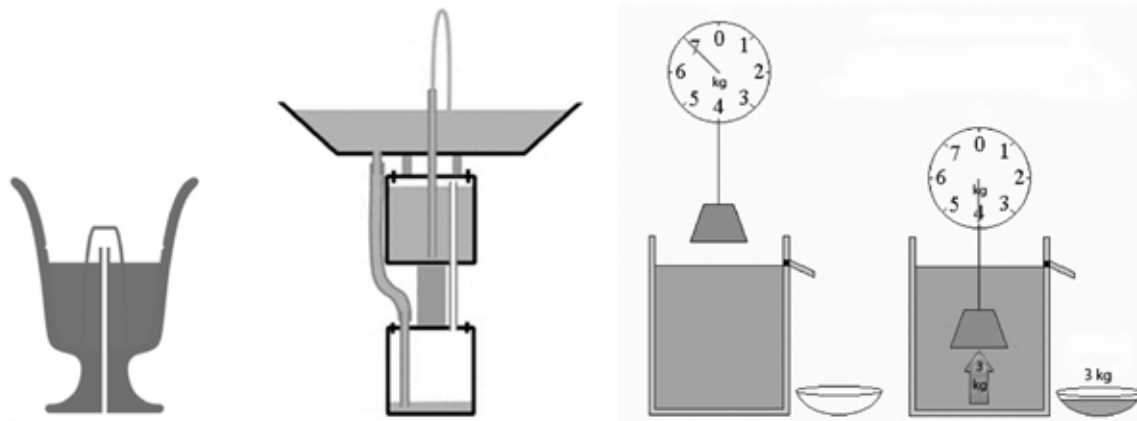
Red. prof. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž.,
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Pascalov zakon se dejansko ni pojavil čez noč z zapisom znane enačbe $p = F/A$, temveč so se zametki in interpretacije dogajanja, vezanega na premikanje tekočine in na prenos sil, ki se pri tem pojavljajo, pojavila že veliko prej.

Tako so že Grki poznali vpliv težnosti na tekočino in pojav curka, torej pojav tlaka zaradi težnosti in višine stolpca tekočine. V zvezi s tem bi lahko omenili Pitagorovo čašo (570–495 pr. n. š.) in pa Heronovo fontano (10–70 n. š.); *slika 1*. Vpliv težnosti na tekočino so tako poznali in ga znali tudi praktično prikazati, a podrobneje pojava niso raziskali. Prav tako moramo omeniti tudi Arhimeda (287–212 pr. n. š.), ki mu pripisujemo odkritje Arhimedovega načela, ki povezuje silo vzgona s predmetom, ki je potopljen v tekočino, do teže tekočine, ki jo je predmet premaknil. Rimski inženir Vitruvius (cca. 70–15 pr. n. š.) pa je npr. omenil, da vodne cevi razpadejo pod (pre)visokim hidrostatičnim tlakom. Veliko podrobneje je pojav hidrostatičnega tlaka veliko kasneje podrobno razložil Simon Stevin.

Prav tako je znano, da je bil Leonardo da Vinci (1452–1519) neke vrste pionir pri opazovanju dogajanja pri pretakanju vode; *slika 2*. Pred več kot 500 leti je vizualiziral dogajanje pri toku tekočine ob oviri in zapisal: »Opazujte gibanje površine vode, ki je podobno gibanju las. Ta ima dve dimenziji – eno gibanje se pojavlja v prevladujoči, glavni smeri, ki je posledica teže las, druga smer pa je podobna naključnemu vrtničnemu gibanju vode, kar nekako odgovarja kodrom las.« Tako je Leonardo morda že 400 let pred začetkom analize pretakanja tekočine Osborna Reynoldsa spoznal pojav vrtničastega gibanja in pomen vrtincev, ki se pojavljajo za oviro, ki se nahaja v toku tekočine.

Bolj podrobno, kot je zgolj opisal in narisal pojav vrtincev pri toku tekočine, je Leonardo prišel izjemno



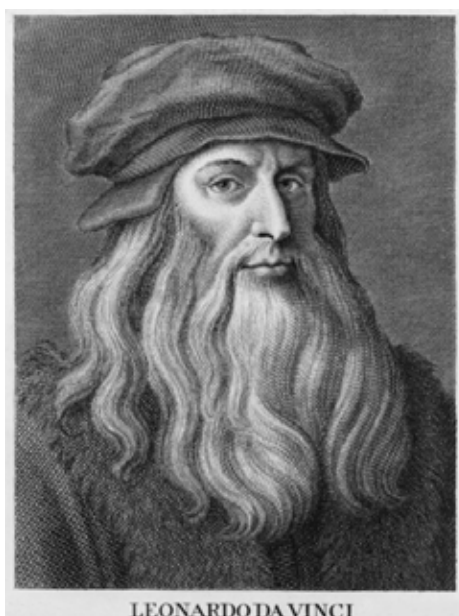
Slika 1 : Prve naprave, delujoče na silo težnosti – Pitagorova čaša (levo), Heronova fontana (sredina), Arhimedovo načelo (desno)

blizu današnjega razumevanja prenosa sil in gibanja s pomočjo bata, delujočega na tekočino, ki je zaprta v nekem valju. Izhajajoč iz delovanja injekcijske brizge je zapisal sledeče opažanje oz. razmišljanje: »Poglejte brizgo. Naj bo del šobe, skozi katerega izteka voda, stokrat manjši od glavnega dela črpalke; voda teče v šobo stokrat hitreje kot znaša hitrost gibanje bata naprej. Recimo, da drugi bat, ki je stokrat manjši od prvega, nasprotuje temu stokrat hitrejšemu gibanju. Zagotovo mu bo uspelo nasprotovati, pod pogojem, če je sila, ki ga potiska, vsaj enaka stotemu delu tiste, ki potiska veliki bat. In če sila preseže stoti del drugega, bo mali bat tisti, ki se bo pomaknil naprej, in velik tisti, ki se bo umaknil.«

Ogromna količina konceptov, zamisli in izumov, ki jih je Leonardo predstavil v svojem življenju, je imela za posledico, da je bilo mogoče do praktične uporabe razviti le majhen delček teh zamisli in idej. Vendar pa se zdi, da je že Leonardo predvidel po-

jav, ki ga je Blaise Pascal podrobneje opisal 150 let kasneje. Ne samo v besedni obliki, temveč z enačbo in na njeni osnovi tudi ostale ugotovitve, vezane na dogajanje pri dveh vzporedno in zaporedno povezanih dveh valjih.

Če bi Leonardo dalje zasledoval svoja razmišljanja in koncept še podrobneje razdelal, bi bila verjetno danes uporabljena SI enota za tlak »leonardo« in ne »pascal«. Morda je z jezikovnega vidika celo dobro, da ni dalje razvil svojih idej o hidrostatiki, ker bi namesto, o »kilopascalu« na primer govorili o »kiloleonardu«, kar gre »težje z jezika«. [3] Če že ostanemo pri enoti in razen njene izgovorjave pomislimo še na številsko vrednost enote za tlak, potem je povsem jasno, zakaj v praktični rabi uporabljamo enoto »bar«. Izvor besede »bar« izhaja iz grške besede »baros«, ki nekako pomeni težo. Iz tega smiselno izhaja naveza-va za tlak zaradi učinka težnosti tekočine, kar je tudi poznal Pascal, ko je govoril o hidrostatičnem tlaku.



Slika 2 : Leonardo da Vinci – študija pretakanja tekočine

2 Simon Stevin in umetnost ravnotežja

Po Leonardu je naslednji pomemben mož, ki je ogromno prispeval na področju tehnike, tudi k razvoju hidrostatike, Nizozemec Simon Stevin (1548–1620). Stevin, po narodnosti Flamec, rojen v Belgijskem mestu Brugge, je bil vplivni matematik in inženir s širokim razponom interesov in znanj. Raziskovalno je deloval na številnih področjih tehnike. Tako se njegova spoznanja in odkritja nanašajo na razvoj decimalnih števil, na zakonitosti naklonov oz. klančin in vpliv gravitacije, na optične naprave in zrcala, na številne tehtalne naprave in pripomočke, na problematiko ohranjanja ravnotežja, na navigacijo ter tozadavne naprave ... Razen z »umetnostjo tehtanja« in ohranjanja ravnotežja se je ukvarjal tudi z utrjevanjem vodnih nasipov, načrtovanjem vodnih poti in gradnjo vodnih zapornic ... ter s tem povezanim področjem hidrostatike. Ukvarjal se je tudi s strokovnim izrazoslovjem – za angleške strokovne izraze je iskal primerne flamske strokovne izraze. Njegov široki opus raznolikih raziskav, odkritij in zapisov ter objav je sistematično urejen v številni literaturi novejšega časa in originalov iz njegovega obdobja. [4] do [8]

Z našega gledišča so zlasti pomembna njegova dela, vezana na tekočine, predvsem na vpliv mirujoče tekočine na določene ploskve. Ker je veliko svojega časa preživel na Nizozemskem, se je poklicno ukvarjal z načrtovanje vodnih kanalov in zapornic. V zvezi s tem je podal osnove razumevanja pojava hidrostatičnega tlaka in njegove velikosti: velikost tlaka v mirujoči tekočini in na določeni globini je odvisna zgolj od globine in gostote tekočine in je neodvisna od razsežnosti, velikosti volumna tekočine – t. i. Stevinov zakon. Prav tako je v zvezi s tem pojasnil pojem povezanih posod in volumnov. Tako je Stevin postavil temelje razumevanja geosta-

tičnega tlaka, neodvisnega od oblike posode – t. i. hidrostatični paradoks: tlak na dnu posod različnih prostornin in različnih oblik je v vseh primerih enak. Tako je bil brez dvoma med prvimi, ki je poglobljeval vpliv hidrostatičnega tlaka in ga tudi zadovoljivo matematično opisal [9], pa čeprav ga v številnih virih omenjajo kot Pascalov paradoks, kajti kasneje ga je Pascal podrobneje opisal in znanstveno dokazal. [10]

Stevin je bil eden prvih mislecev oz. inženirjev nove vrste – matematično dobro podkovanih in usposobljenih inženirjev, ki so prispevali k izgradnji znanja izven univerzitetnega konteksta. Aktivno je sodeloval pri obnovljenem zanimanju za matematiko, ki jo je podpirala večja razpoložljivost antičnih virov, zlasti Arhimedovega dela, in se aktivno vključil v reševanje praktičnih problemov hitro spreminjajoče se družbe.

Kmalu po maturi na Univerzi v Leidenu leta 1583 je že objavljajl izvirna dela o aritmetiki in geometriji, medtem ko je praktično delal kot inženir. Po letu 1580 so mu bili podeljeni patenti za različne naprave, številni so bili povezani z drenažo in poglobljanjem dna rečnih strug in zajetij vode. Pri tem delu se je vzpostavilo poslovno partnerstvo s prijateljem Johnom Cornetsom de Grootom, saj je le tako lahko svoje izume uporabil tudi v praksi.

Po letu 1590 je vstopil v službo princa Maurica iz Nassauja, ki mu je bil mentor in tudi svetovalec pri različnih praktičnih zadevah. Večina Stevinovih publikacij v okviru sodelovanja s princem Mauriceom je bila napisana v obliki učbenikov za podajanje znanja na relaciji učitelj-študent. Iz tega obdobja sta pomembni dve Stevinovi knjigi *Umetnost tehtanja in Elementi hidrostatike*. Knjigi sta bili spisani v obliki kot matematična dela v slogu Evklida in Arhi-

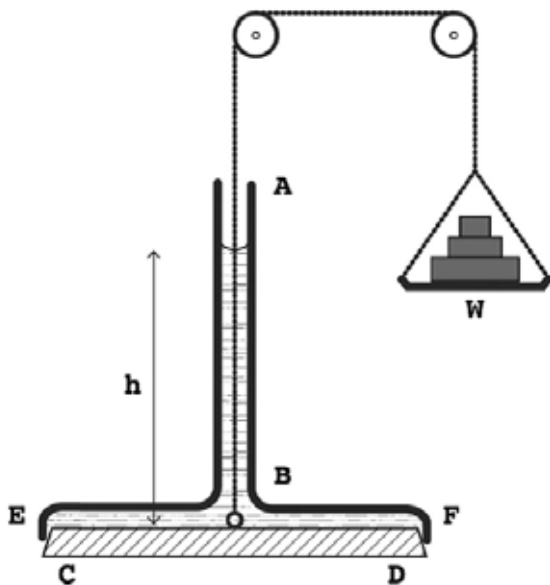


Slika 3 : Simon Stevin – Umetnost tehtanja in učinek tekočine na ploskev zaradi

meda. Objavljeni sta bili leta 1586, to je več kot pol desetletja pred začetkom Stevinovega poklicnega povezovanja s princem Mauriceom. [11]

Stevinovo razumevanje in opis hidrostaticnega tlaka bi lahko povzeli na način, kot ga je sam podal: »Običajno na kateri koli element trdne površine, ki jo omejuje tekočina, ne glede na njegovo orientacijo, deluje sila, ki je enaka teži stebra tekočine s presekom, ki je enak preseku tega površinskega elementa in višine, ki je enaka globini tega površinskega elementa pod površino tekočine.« Ta trditev, ki jo pogosto imenujejo Stevinov zakon, je blizu današnjemu vidiku obravnave hidrostatike, vsebuje »veliko količino pojmovanja hidrostatike«, a ima v razumevanju tudi določene pomanjkljivosti, ki jih v tistih času niso opazili.

Stevinov dokaz njegovega izreka temelji le na t. i. miselnem preizkusu oz. pristopu, kjer je omenjeno, da se določena prostornina tekočine nadomesti z enako prostornino trdne snovi, katere gostota je enaka gostoti tekočine. Primer »tehtalne« naprave, ki jo je uporabljal za izvajanje preizkusov, na podlagi katerih je podal svoje sklepe, prikazuje *slika 4*.



Slika 4 : Stevinova naprava za dokazovanje hidrostaticnega paradoksa [11]

Čeprav ima Stevinovo razumevanje hidrostatike, obravnavano na podlagi teže, določene napačne predpostavke, npr: »Kako je mogoče, da potrebujemo težo več kilogramov za podporo unče vode?« ali »Kako lahko vodno telo pritiska vodoravno glede na to, da je horizontalna komponenta teže enaka nič?«, pa ima njegovo delo vseeno določen praktični pomen. V študiji *Practice of Hydrostatics* Stevin opisuje številne praktične situacije, za katere se lahko uporablja njegova teorija hidrostatike. Tak pri-

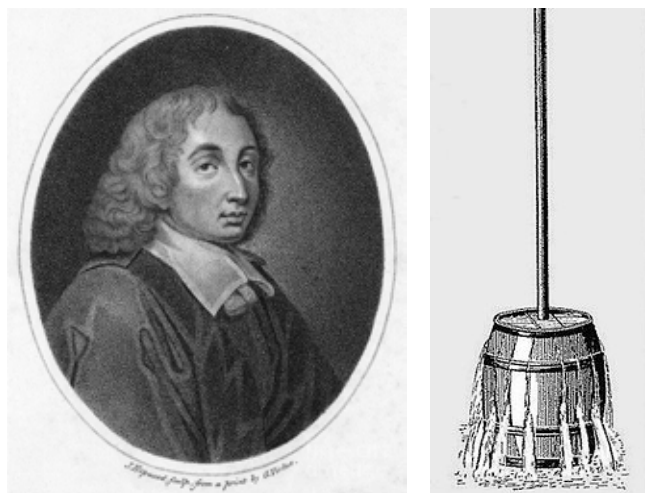
stop, da jih razlaga kot eksperimente, ki dokazujejo teorijo, je povsem razumljiv modernemu bralcu, pa čeprav dejansko gre bolj za opis stanja kot za njegovo dokazovanje. Po mnenju današnjih raziskav tedanjih Stevinovih zapisov spoznanj, je lahko Stevin prišel do ključnih izrekov o svoji hidrostatiki le na podlagi uporabe praktičnega znanja in izkušenj, s katerimi se je seznanil in jih pridobil že kot inženir začetnik, ko je gradil zapornice na različnih jezovih in kanalih – delovanje vodoravne sile, delujoče na ploskev zapornice. [11]

3 Blaise Pascal – nastanek tlaka zaradi zunanje sile in linearno gibanje

Stevin je poskušal svojo teorijo izpeljati iz neproblematičnih postulatov oz. izhodišč, ki so temeljila na »zdravi pameti«, razmišljanju blizu praksi in zaključkov na podlagi opažanj. Pri takšni obravnavi je vključeval predpostavke, ki so bile vezane na njegove inženirske izkušnje, ki so temeljile predvsem na tehtanju, ravnotežnih stanjih in na ohranjanju oz. vzpostavljanju ravnotežja. Pascal je uvedel nov pristop, ki je na prvi pogled presegal zdrav razum – uvedel je nov koncept oz. pojem, tj. tlak.

Tudi Blaise Pascal (1623–1662) je bil, podobno kot Stevin, vsestranski učenjak in je danes tudi veliko bolj znano ime. Pascal je bil francoski matematik, fizik, izumitelj, pisatelj in katoliški teolog. Bil je dejansko čudežni otrok, ki ga je izobraževal kar njegov oče, davčni uradnik v Rouenu. Pascalovo najzgodnejše delo je bilo v naravoslovnih in uporabnih znanostih, kjer je pomembno prispeval k študiju tekočin in pojasnil koncepte tlaka in vakuumu s posploševanjem dela Evangelista Torricellija. Leta 1642, ko je bil še najstnik, je začel s pionirskim delom na računskih strojih. Po treh letih naporov in 50 prototipih je v naslednjih 10 letih zgradil 20 dokončnih strojev (imenovanih Pascalovi kalkulatorji oz. kasneje Pascalines). S tem ga uvrščamo med prve izumitelje mehanskega kalkulatorja za izvajanje seštevanja in odštevanja. S področja matematike je znan po Pascalovem trikotniku, vzorcu števil, razporejenih v obliki trikotnika, znan je po delih s področja opisne geometrije in ravninske projekcije, po eksperimentih z barometrom in vakuumom ... ter tudi po svoji religiozni usmerjenosti in etiki.

Pascal se je tudi zavzemal za uporabo znanstvenih metod in znanstvenega pristopa pri obravnavi določene problematike. To je predstavljalo nov koncept obravnave, eksperiment pa je bil pomemben dokaz za teorijo, ki jo je uporabil. Novo eksperimentalno razmišljanje je bilo kvalitativno drugačno od Stevinovega evklidskega razmišljanja. Tako npr. za nas pomembna Pascalova teorija hidrostatike temelji na jasnem prikazu, kako tekočina kot takšna prenaša sile, ki delujejo nanjo, in s tem pojasnjujejo hidrostaticne pojave.



Slika 5 : Blaise Pascal in njegov hidrostatični poskus s sodom (1646)

V prvem poglavju svoje razprave, vezane na ravnotežna stanja tekočin, z naslovom *Treatise on the equilibrium of liquids*, Pascal opisuje različne primere kot uvod v svoje teorije. Prvih pet primerov (označenih od I. do V.), prikazanih v zgornji vrstici na sliki 6, ki predstavlja del reprodukcije t. i. Pascalove plošče št. 1, prikazuje posode različnih oblik in prostornin, na spodnji strani zaprte z enako velikimi čepi, pri čemer so posode napolnjene z isto vrsto tekočine, do enake višine.

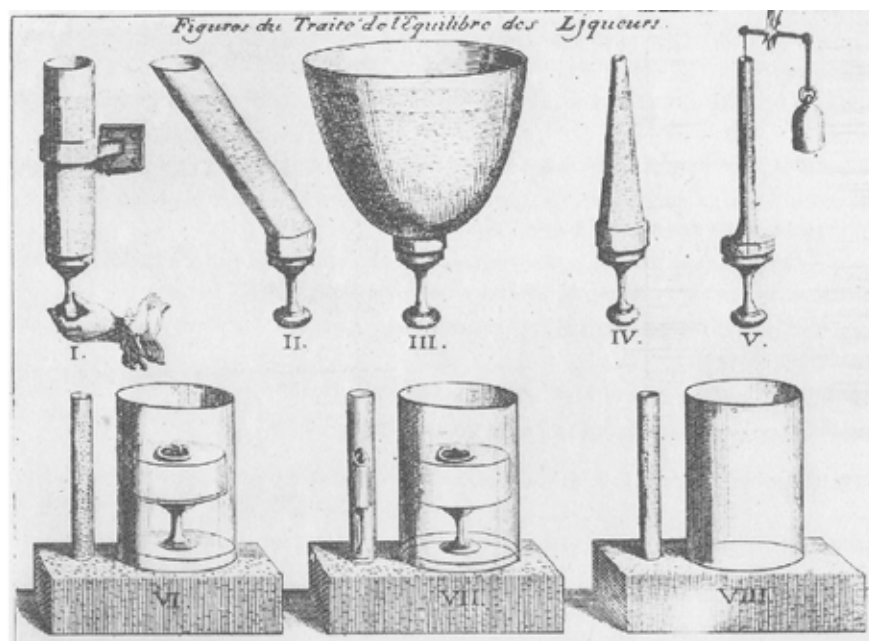
Pascal trdi, da eksperiment kaže, »da je za ohranjanje položaja čepov potrebna enako velika sila, čeprav je v različno oblikovanih in velikih posodah zelo različna količina vode«. Razprava je razširjena tako, da v šestem (VI.) primeru prikazuje situacijo, v kateri vodni stolpec v vertikalni cevki na levi strani podpira veliko večjo težo tekočine, ki je v veliko ve-

čji cevi na desni strani povezanega sistema. Pascal pravi, da »ti primeri kažejo, da lahko droben steber tekočine uravnovesi veliko večjo težo«. Na podlagi tega si je Pascal zastavil nalogo, da poišče in dokaže vzrok takega »množenja sile« t. i. multiplikacija sile.

V ta namen je Pascal na vsak steber tekočine položil ustrezen plavajoči čep (bat) in ga obremenil z ustrežno utežjo – risba VII na sliki 6. Omenjeno zasnovo lahko povsem dokazljivo obravnavamo kot hidravlično stiskalnico. Pascal je učinek vode v levi posodi (v njegovem prikazanem primeru valjaste oblike), na vodo, ki je pod to posodo in je povezana z desno posodo, prav tako valjaste oblike, zapisal sledeče: »Torej, če ima posoda, ki je napolnjena z vodo, na svojem dnu odprtino velikosti npr. enega palca in je na njej nameščen bat, obtežen s težo enega funta, ta teža zaradi kontinuitete in pretakanja vode učinkuje na vsak del posode.«

Nadalje pravi: »Da bi ugotovili, koliko teže nosi vsak del, velja naslednje pravilo« (v približnem prevodu): *Vsak presek, ki je po velikosti enak velikosti odprtine, to je en kvadratni palec, je obremenjen enako, kot da nanj neposredno deluje teža enega funta. Teža vode se tu ne upošteva, ker se obravnava samo teža bata oz. bremena. Teža enega funta pritiska na odprtino, vsak del posode pa je bolj ali manj obremenjen v sorazmerju glede na velikost njegove ploskve, ne glede na to, ali je ta del nasproti odprtine ali na njeni nasprotni strani, ne glede na to, ali je daleč od nje ali pa blizu. Zaradi kontinuitete in pretočnosti vode so te okoliščine povsod enake in neodvisne«.*

Samo ta odlomek zapisa ponazarja tri ključne značilnosti Pascalove hidrostatične teorije. Prvič, imamo kvantitativno izjavo o tem, kako se sila iz enega volu-



Slika 6 : Del Pascalove plošče št. 1 iz njegove razprave *Treatise on the equilibrium of liquids*

Skica VII: prvi prikaz principa multiplikacije sile - osnova delovanja preproste hidravlične stiskalnice

mna prenaša na druge dele posode oz. volumne. Prenese se kot sila na enoto površine, v tem primeru en funt na kvadratni palec. Drugič, imamo jasno navedbo izotropnega značaja tako prenesene sile, saj voda pritiska enako na katerikoli površini določene ploskve ne glede na to, kje je. Tretjič, Pascal pojasnjuje, da gre za lastnost vode kot take (in jo deli z drugimi tekočinami), ki leži izza izotropnega prenosa sil. Pojavijo se kot posledica »kontinuitete in pretočnosti« vode.

Te temeljne zamisli so zapisane v Pascalovi kratki tezi: *»Ko sta prisotni dve uteži, kot pri hidravlični stiskalnici, se doseže ravnovesje, ko so uteži sorazmerne s površinami, preko katerih delujejo na tekočino. Pri ravnovesju se voda enakomerno stisne pod obema batoma; kajti čeprav je eden od teh stokrat težji od drugega, je po drugi strani v stiku s površino, ki je stokrat večja. Kvantitativno merjenje stiskanja vode je kot sila na enoto površine.«*

S tem je Pascal podal pojasnilo nastanka tlaka kot posledico delovanja bremena oz. sile preko bata določene ploščine na tekočino, zaprto v nekem volumnu, pri čemer je pojasnjeno tudi razmerje med velikostjo ploščin batov in sil. To spoznanje je danes vsesplošno znano in predstavljeno kot Pascalov zakon, ki predstavlja osnovo uporabe koncepta prenosa sil in gibanja preko tekočine. Zato se SI enota za napetost v tekočini oz. njeno napetostno stanje, tj. tlak, imenuje pascal.

Pascalovi poskusi s tekočinami so privedli do zapisa Pascalovega zakona (ki navaja, da se v mirovanju tekočine tlak enako prenaša v vse smeri) in dokonča teorijo hidrostatične. Razprave o njegovih poskusih so bile objavljene posmrtno (1663) v njegovih dveh že omenjenih razpravah *Treatise on the Equilibrium of Liquids* in *Treatise on the Weight of the Mass of the Air*.

S tem je bila podana osnova za uporabo tega principa ne samo v obliki eksperimentalnega modela, temveč v obliki večje, veliko bolj praktično uporab-

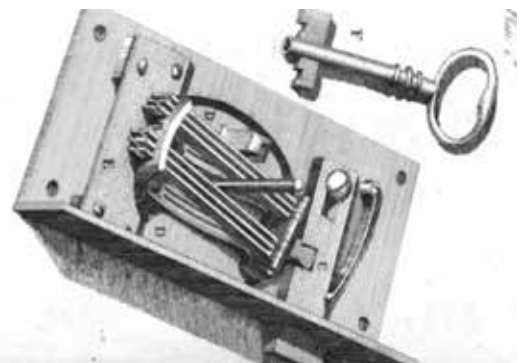
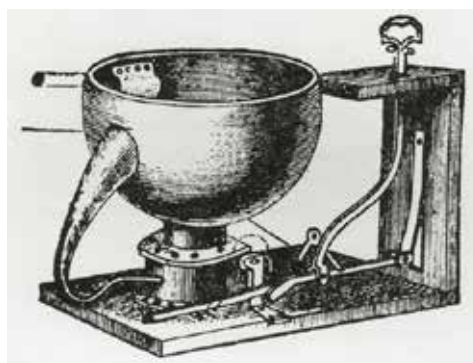
ne naprave – hidravlične oz. hidrostatične stiskalnice. Ta se je pojavila šele približno 150 let kasneje in je povezana z imenom Joseph Bramah.

4 Prva hidrostatična stiskalnica – Joseph Bramah

Joseph Bramah (1748–1814), rojen v Stainborough Lane Farmu, Stainborough, Barnsley Yorkshire, v Angliji, je bil vsesplošni inovator, izumitelj in ključavničar. S stališča naše obravnave in tudi na širšem področju tehnike ter gradnje strojev in naprav pa je najbolj znan po tem, da je izumil hidravlično stiskalnico. Natančneje rečeno: Bramah je Pascalov princip multiplikacije sile, ki je osnova delovanja hidravlične stiskalnice, uresničil v obliki uporabnega stroja – stiskalnice, zasnovane in izdelane v današnji obliki.

Med njegove pomembnejše inovacije, izboljšave in izume štejemo npr. izboljšanje delovanja straniščne školjke z vodnim izpiranjem (1778), zasnovo avtomata za točenje piva (1797), stroja za skobljanje (1802), stroja za izdelavo papirja (1805), stroja za samodejno tiskanje bankovcev z zaporednimi serijskimi številkami (1806), nalivnega peresa (1809) in še kaj; *slika 7*. Na začetku svoje kariere pa je postal znan po svojih protivlomnih ključavnicah (1784), ki jih je izdeloval v svojem podjetju Bramah Locks Company, kasneje pa seveda po hidravlični stiskalnici. V povezavi s slednjo ga pogosto imenujemo očeta sodobnih hidravličnih naprav.

Tudi zaradi zahtev po natančnosti izdelave in brezhibnega delovanja njegovih ključavnic je Bramah veliko časa posvetil razvoju in izboljšavam strojnih orodij za pomoč pri proizvodnih procesih. Zelo se je zanašal na strokovno znanje Henryja Maudslaya, ki ga je Bramah zaposlil v svoji delavnici. Na podlagi tega sodelovanja so nastale številne inovacije, vezane na obdelovalne stroje, ki so omogočili učinkovitejšo proizvodnjo ne samo Bramahovih ključavnic, temveč tudi drugih proizvodov.

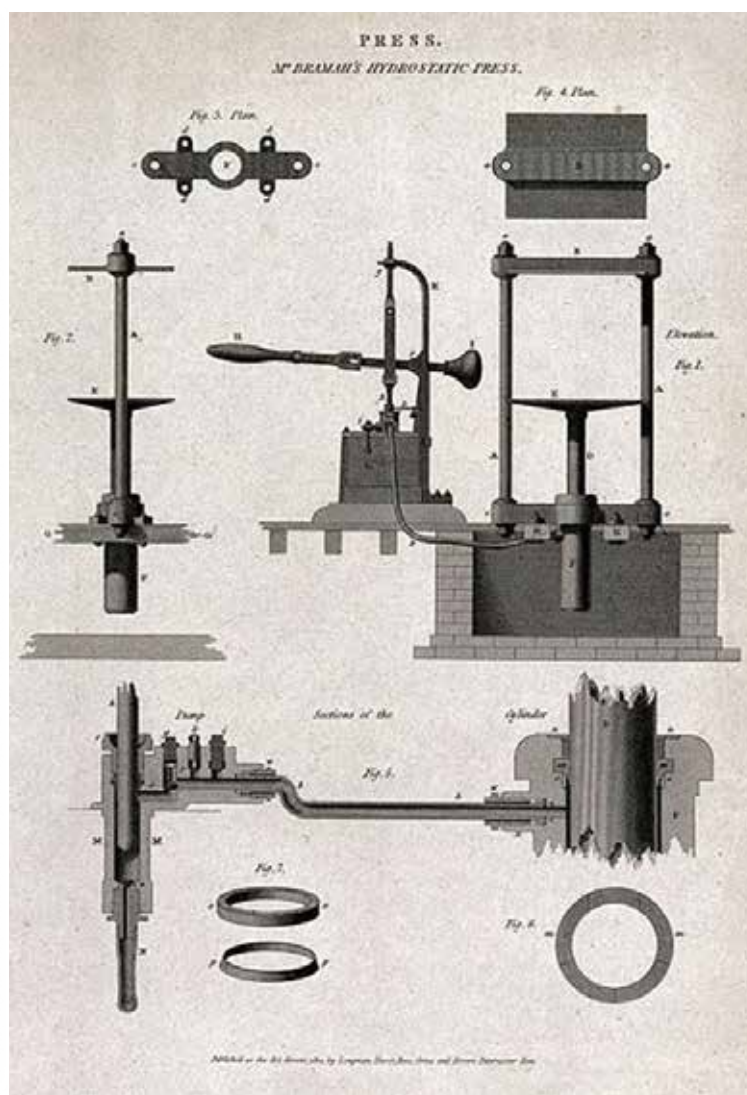
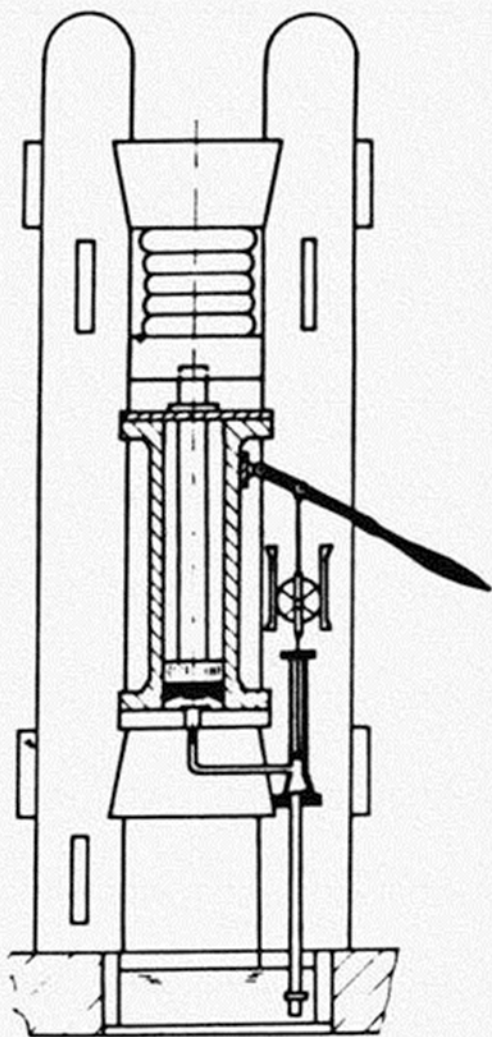


Slika 7 : Joseph Bramah in njegovi pomembnejši izumi z različnih področij delovanja

Kot že omenjeno, je Bramahov najpomembnejši izum njegova hidravlična stiskalnica, delujoča po Pascalovem načelu širjenja tlaka in ojačenja sile. Dosledno je upošteval Pascalovo načelo: če na manjši bat deluje določena sila, se ta pretvori v veliko večjo silo na večjem bat. Razmerje velikosti obeh sil je sorazmerno razmerju velikosti ploskev obeh batov. Ta znani koncept manjšega črpalnega bata in večjega delovnega bata je Bramah s pridom uporabil v obliki vsestransko uporabne stiskalnice. V bistvu valja z batoma delujeta na podoben način, kot se uporablja mehanski vzvod za povečanje sile – zato lahko v tem primeru govorimo o tekočinskem vzvodu, pri čemer je razmerje dolžine ročic ekvivalentno oz. analogno razmerju velikosti ploskev batov. Za stiskalnico je bil Bramahu 30. novembra 1795 podeljen patent, ki nekako pomeni rojstvo hidravlične pogonske tehnike. Del patentne dokumentacije prikazuje *slika 8*. Njegova »iznajdba« stiskalnice velja ob iznajdbi oz. funkcionalni nadgradnji parnega stroja Jamesa Watta kot ena pomembnejših tistega časa.

Stiskalnica je imela dva valja in bata različnih plosčin, pri čemer je bilo razmerje ploskev okoli 2300. Bata sta bila tesnjena z usnjenimi manšetami (znano že iz časov Ktesibisove črpalke), kot hidravlična tekočina pa se je uporabljala voda. Ogrodje prve stiskalnice je bilo še leseno, kvaliteta izdelave glavnega stiskalnega valja pa na nivoju tehnologije tistega časa, z vsemi svojimi pomanjkljivostmi.

V času, ko je Bramah uresničeval svoje koncepte, je bilo področje hidravličnega inženirstva skoraj neznana znanost. Po svojem odkritelju stiskalnico še vedno imenujemo njemu v čast – Bramahova stiskalnica. Bramahova hidrostatska stiskalnica oz. princip dveh valjev je bil uporabljen na številnih različnih področjih uporabe in tako je še danes. Zaradi široke in raznolike uporabnosti tega principa so hidravlične stiskalnice povzročile potrebo po novih znanjih in razvoju novih področij strojegradnje.



Slika 8 : Bramahova stiskalnica – ilustracija iz patentne dokumentacije leta 1795 (levo) in del dokumentacije njegove kasnejše izvedbe stiskalnice

5 Drugi mejniki in spoznanja iz obdobja med Pascalom in Bramahom

V povezavi z razvojem hidrostatike in v zvezi z razumevanjem pojava tlaka bi lahko omenili tudi dela in spoznanja drugih pomembnih znanstvenikov. Tako so npr. spoznanja, vezana na hidrostatiko, bolj ali manj podrobno obravnavali tudi Galileo, Descartes, Boyle, Newton in še kdo, ki so obstoječa spoznanja razširili in jih nadgradili. Za pomen hidravlične pogonske tehnike pa so pomembna spoznanja Blaisea Pascala, ki je zagotovo omenjena spoznanja predhodnikov imel, a jih je nadgradil do neposredne praktične uporabe. Zaradi tega ga obče imenujemo oz. imamo za odkritelja hidrostatike. Po njem imenovan zapis, Pascalov zakon, pa kot osnovni zakon hidrostatičnega principa prenosa sil in gibanja s pomočjo fluidov, tekočin in plinov.

V obdobju med Pascalom in Bramahom so se pojavila tudi druga pomembna spoznanja in odkritja, pomembna za razvoj hidravlične pogonske tehnike. Nekatera od teh so v svoje izdelke, ki so se pojavili kasneje, kasnejši pionirji hidravlike tudi vključili. Ta spoznanja bi lahko razdelili na dve skupini: na nova spoznanja glede opreme in tehnike ter podjetij, ki so se ukvarjala s tem, ter na spoznanja s področja fizike tekočin in delovanja hidravličnih naprav.

Vezano na razvoj hidravlične tehnike lahko tako omenimo *Sir Samuela Morlanda*, ki je leta 1674 patentiral črpalko s plunžerjem, ki je že imela uporabljena tesnila iz usnja. Nemški znanstvenik *Jacob Leupold* je leta 1712 objavil prvega od devetih zvezkov oz. študij, imenovanih *Theatrum Machinarium*, ki je predstavljal prvo enciklopedijo strojnega inženirstva. V drugem in tretjem zvezku so prikazani številni primeri različnih hidravličnih strojev – od preprostih vodnih koles, pa do takrat znane izvedbe črpalk, tudi s pappenheimsko črpalko.

Francoski inženir *Bernard Forest de Belidor* je leta 1739 objavil delo *Architecture Hydraulique*, v katerem je prikazal zgradbo hidravlične črpalne naprave, ki je imela vgrajen zračni akumulator, 4-potni krmilni ventil in ojačevalnik tlaka. Namen tega sestava je bil, da lahko z uporabo relativno velike količine vode pod nizkim tlakom črpamo manjši volumen tekočine z višjim tlakom. Danes je ta koncept znan in uporabljan pod imenom hidravlični oven.

Francoski raziskovalec *Charles-Marie de la Condamine* je okoli leta 1745 preučeval kulturo južnoameriških Indijancev in pri tem spoznal lateks, naravno gumo, ki so jo nato dolga leta in stoletja uporabljali za tesnjenje hidravličnih valjev v hidravličnih napravah.

Leonhard Euler je leta 1757 izpeljal enačbo za določanje največje dovoljene osne sile delujoče na batnico dolgih valjih, ko se ta nahaja v svojem zunanem položaju. Preverjanje te uklonske obreme-

nitve še danes uporabljamo pri dimenzioniranju hidravličnih valjev.

Glede novih spoznanj, vezanih na fizikalno obnašanje tekočin, pa je po Pascalu najprej potrebno omeniti švicarskega znanstvenika Daniela Bernoullija, ki je leta 1738 v svoji knjigi *Hydrodynamica* objavil teorem o konstantni energiji (kasnejši Zakon o ohranitvi energije). Bernoulli je zapisal spoznanje, da se bo v primeru, če se hitrost fluida poveča (npr. v primeru zmanjšanja premera cevi, skozi katero teče ta tekočina), temu primerno zmanjšal tlak. Učinek skupne energije mora ostati enak, zato se mora v primeru povečanja kinetične energije (višja hitrost) potencialna energija zmanjšati (nižji tlak). Čeprav Bernoulli takrat še ni popolnoma razumel teh soodvisnosti, je Bernoullijev princip obveljal za temeljni kamen dinamike fluidov.

Anglež *John Canton* je okoli leta 1762 izvajal eksperimente, vezane na stisljivost medija in dokazal, da voda ni nestisljiva in da enako velja tudi za druge tekočine oz. medije.

Vezano na podjetja, ki so se ukvarjala s hidravličnimi napravami, pa ne moremo mimo Georga Perrya, ki je leta 1758 v Liverpoolu ustanovil podjetje Coalbrookdale Foundry, ki je bilo kasneje poznano kot Pheonix Foundry. Podjetje je izdelovalo stroje in naprave za plovila. Kasneje je bilo bolj znano pod imenom Fawcett's in kot proizvajalec hidravličnih komponent obstaja še danes kot del koncerna Parker.

Podobno velja za Nemca *Georga Ludwiga Rexrotha*, ki je leta 1795 ustanovil družinsko podjetje. Za podjetjem Fawcett's je ime oz. blagovna znamka Rexroth verjetno drugo najstarejše podjetje, ki je zelo aktivno na področju fluidne tehnike, danes znano pod imenom Bosch-Rexroth.

6 Zaključek

Mejnikov, ki predstavljajo novo fizikalno spoznanje, nov konstrukcijski koncept ali zasnovo gradnika in uvedbo novega materiala, stroja ali koncepta ... ter znanstvenikov, inovatorjev, inženirjev, tehničnih filozofov, entuziastov in mislecev, ki so se ukvarjali s koncepti delovanja in z novimi spoznanji, vezanimi na tekočine ... je zagotovo veliko več, kot smo jih tu le bežno omenili.

Vsako od spoznanj predstavlja zelo pomemben kamenček v mozaiku skoraj 150 let trajajočega razvoja hidrostatičnega prenosa sil in gibanja, od Pascalovih prvih pravih spoznanj glede prenosa sil in gibanja s pomočjo tekočin (1646), pa do Bramahove uresničitve tega koncepta v obliki uporabne naprave – hidrostatične stiskalnice (1795). Od tega trenutka dalje se je pričel razcvet hidravlične pogonske tehnike, ki je za seboj potegnil razvoj številnih drugih področij strojogradnje.

Viri

- [1] Lovrec, D.: Razvoj hidravlične pogonske tehnike skozi čas: zgodnji začetki in prve črpalke. Ventil – revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo, ISSN 1318-7279, feb. 2019, letnik 25, št. 1, str. 60–69.
- [2] Lugli, E.: Watery Manes; Reversing the Stream of Thought about Quattrocento Italian Heads, Internet Archaeology 42, 2016, <http://dx.doi.org/10.11141/ia.42.6.11>.
- [3] Skinner, S.: Hydraulic Fluid Power; A Historical Timeline, 2014, Steve Skinner Presentations, 126 str., ISBN: 978-1-291-67689-1.
- [4] <https://adcs.home.xs4all.nl/stevin/stercten/nm.html> (Simon Stevin, Brugge, 1548 - 1620, The Hague, Wonder, not Miracle).
- [5] Devreese, J. T.: Guido van den Berghe, 'Magic is No Magic': The Wonderful World of Simon Stevin (WIT Press, 2007), 310 str.
- [6] Dijksterhuis, E. J.: Simon Stevin – Science in the Netherlands around 1600 (The Hague 1970).
- [7] Struik, D. J.: The Land of Stevin and Huygens; D. Reidel Publishing Company, 1981, 162 str., ISBN: 90-277-1237-9.
- [8] Dijksterhuis, F. J.: Stevin, Huygens and the Dutch republic, in Nieuw Archief voor Wiskunde, juni 2008.
- [9] Bryant, F.: The Origins of Hydrostatics, Physics Bulletin, Volume 11, Number 2, 1960, <https://doi.org/10.1088/0031-9112/11/2/002>.
- [10] Alpha E. W.: The hydrostatic paradox; The Physics Teacher; Volume 33, Issue 8, str. 538 (1995); <https://doi.org/10.1119/1.2344288>.
- [11] Chalmers, A. F.: Qualitative novelty in seventeenth-century science: Hydrostatics from Stevin to Pascal; Studies in History and Philosophy of Science Part A, Volume 51, June 2015, Pages 1-10; <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2015.01.001>.
- [12] Chalmers A. F.: One Hundred Years of Pressure – Hydrostatics from Stevin to Newton, ISBN-13 9783319859385, 2017, str. 197.

MOTOMAN HC10

6-osni-kolaborativni robot

YASKAWA

Motoman HC10 je 6-osni kolaborativni robot z nosilnostjo 10kg in polmer dosega R=1200mm.

HC10 predstavlja novo generacijo robotov, ki so zmogljivi, cenovno dostopni, vsestransko uporabni, preprosti za uporabo in izdelani za integracijo v industrijske procese. Roboti so namenjeni uporabnikom, ki iščejo preprosto in hitro avtomatizacijo nalog, ki jih industrijski roboti opravljajo v bližini ljudi v sodelujočem načinu delovanja.

Varno sobivanje z uporabniki

Varnostni krmilnik FSU: Functional Safety Unit

Tehnologija PFL Power and Force Limiting

Aplikacija EasyTeach – natančno ročno vodeno učenje in programiranje robota

Brez varnostne ograje

- Vgrajena funkcija kontrole sile ob dotiku na vseh šestih robotskih oseh
- Gibljivi deli robota so oblikovani tako, da preprečujejo možnost poškodb
- Varnostni standard – aplikacija za industrijske robote: ISO 10218-1 (5.10.5 Power and Force limiting)
- Varnostne funkcije za krmilnike industrijskih robotov: ISO 13849-1, PLd, CAT3
- Tehnična specifikacija za delovanje kolaborativnih robotov: TS15066

Enostavno programiranje

- Neposredno premikanje robotske roke s pomočjo ročnega vodenja
- Pametni vmesnik (Smart HUB) za programiranje po principu »enostavnega učenja«



Boniteta odličnosti
2017

A Blisnode Solution

Krmiljen z
YRC1000

LETALIŠČE 1. SVETOVNE VOJNE V TRZINU

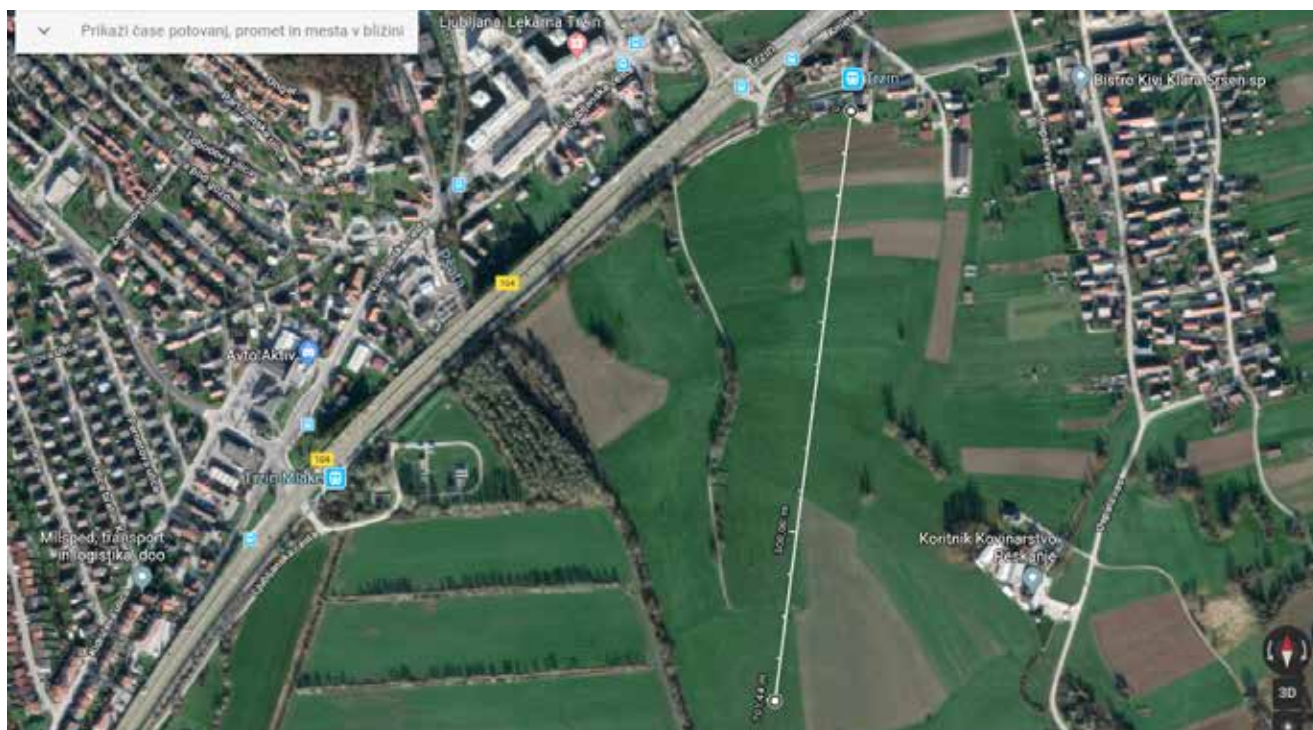
Aleksander Čičerov

Izvleček:

Med 1. svetovno vojno je bilo v Trzinu vojaško letališče. Zgrajeno je bilo za potrebe 12. soške bitke. Po bitki so bila letala preseljena na reko Piavo. Ostanki letališča so skromni, živih prič ni več, zanesljivih virov pa je prav tako zelo malo.

Ključne besede:

vojaško letališče 1. svetovne vojne, 12. soška bitka, pomoč avstro-ogrske vojske, vloga letalstva



Verjetna lokacija letališča v Trzinu (Avtor Peter Tarman)

»Zgodovina je nikoli do konca odkrita tema. Ko se zdi, da je že vse napisano, vse odkrito, se pojavijo nove zgodbe, sive lise.«¹ Tako je tudi z letališčem iz 1. svetovne vojne v Trzinu.

Konec maja 1915 je na evropsko bojišče stopila tudi Italija. Zadnji del fronte, ki je segala od prelaza Stelvio do Jadranskega morja, se je imenovala Soška fronta, ki se je raztezala 90 km v dolžino. Zajemala je del slovenskega ozemlja, ki je doživelo grozote front v prvi svetovni vojni. Boji na soški fronti so

trajali od maja 1915 do oktobra 1917, ko je bila zaključena zadnja od 12 ofenziv. V nekaterih od njih je delovalo tudi letalstvo z ene in druge strani. Soška fronta je ostala v spominu ljudi in vojakov zaradi svoje krutosti, strahu, naporov, pomanjkanja, begunstva, ruševin in mrličev.

V začetku vojne letalstvo ni imelo velike vloge. Leta 1911 je francoski general Ferdinand Foch celo izjavil (navajam): »Letalstvo je odlično kot šport, toda za vojskovanje je neuporabno.«² Večina držav je v prvi

Mag. Aleksander Čičerov, UL, Fakulteta za strojništvo – uredništvo revije Ventil

1 T. Bukovec, op. cit., Začetek druge svetovne vojne na Koroškem, NEDELJSKI, 27. marec 2019, str. 20.

2 R. G. Grant, 1. svetovna vojna – Veliki ilustrirani vodnik, MK 2014, str. 25.



Grd pristane letala Brandenburg Cl. 129, letališče v Vipavi – soška fronta (Avtorjev arhiv)

svetovni vojni uporabljala letalstvo najprej za opazovanje sovražnika ter vzdrževanje zveze s topništvom. Pozneje, ko so razvili lovska letala, ki so bila opremljena z orožjem, se je začel boj za prevlado v zraku. Floyd Gibbons je o tem napisal odlično knjigo o letalskem asu z naslovom Rdeči baron. Vedeti pa moramo, da so bila letališča v zaledju (kot na primer Stražišče pri Kranju ali Trzin) bolj izjema kot pravilo, saj je bila večina letališč na obeh straneh fronte v neposredni bližini bojev.³

»Ali veš, da je bilo v Trzinu v 1. svetovni vojni vojaško letališče?« me je vprašal prijatelj. »Tega pa res ne vem,« sem mu odgovoril in se spomnil, da sem že slišal nekaj o vojaškem letališču v Št. Vidu pri Ljubljani in na Brezovici. Počutil sem se kot dr. Gruber v nadaljevalki Gorski zdravnik, ki je pred novim zdravniškim izzivom. Zavedal sem se, da je od 1. svetovne vojne minilo že veliko let, živih prič že dolgo ni več, pisne vire pa bo treba šele najti. Ko sem takole malo spraševal znance v Trzinu, so na moje presenečenje skoraj vsi pritrdili temu, da je letališče bilo. Kje je bilo, pa je bila že uganka.

Najprej sem iskal pisne vire, ki jih morebiti hranijo različne ustanove. Izbor je bil relativno velik: začenši z Arhivom Slovenije in specializiranimi muzeji (arhiv SV, arhiv SŽ), cerkveni arhivi in podobno. Rezultat je bil skromen. Spet so vsi vedeli, da je letališče bilo, dokumentov pa nikjer.

In potem se je zgodilo, da sem dobil v roke knjižico mag. Zore Torkar Jefačnikova domačija v Trzinu – Vodnik po stalnih razstavah in pod naslovom Prva svetovna vojna (1914–1918) prebral naslednje (navajam): »Od sredine septembra 1917 je bil v Kamniku sedež poveljstva nemškega armadnega zbora, čete treh divizij pa so se nastanile vse do Trzina. Zanje so v Trzinu uredili vojaško letališče. Postavili so več hangarjev za letala in barake za osebje. Pisarna letališča je bila od 25. septembra 1917 v šoli. Na letališču naj bi bilo tudi po 32 letal, ki so vsak dan letela



Albatros B.I Ba 23, nalaganje bomb v letalo – soška fronta (Avtorjev arhiv)

proti soški fronti.« Podobno zgodbo najdemo še v drugem viru, in sicer Mengeš in Trzin skozi čas, avtorja Staneta Stražarja iz leta 1993. Domneval sem, da bi se konkretni dokumenti morda našli v vojnih arhivih v Nemčiji, za podatke sem zaprosil slovenski konzulat v Münchnu.

Izvedel sem, da je v prostorih Občine Trzin na velikem zračnem posnetku vrisano letališče. Ogledal sem si fotografijo in poizkusil najti sledi letališča v naravi. Ni šlo. Vse do tedaj, ko mi je Štebetov ata svetoval, da za lokacijo letališča povprašam Tomaža Kralja. Obiskal sem ga in Tomaž je bil pripravljen pokazati prostor, kjer je bilo letališče. O tem sta mu pripovedovala njegov oče in njegov dedek. Letališče je bilo locirano v južnem delu Trzina, takoj čez železniško progo, kjer je danes semaforizirano križišče, v neposredni bližini Gasilskega doma. Letališče je bilo orientirano v smeri SV–JZ, njegov severni del pa je bil neposredno ob železnici Ljubljana–Domžale–Kamnik. V Depali vasi sta bila za potrebe letališča zgrajena tudi dva izvlečna tira, eden za pretovor opreme, letal in mehanizacije, drugi pa za tovarne vagone, kjer so bili nameščeni letalci in mehaniki in drugo potrebno osebje. Brunarice na samem začetku letališke steze so bile postavljene na utrjenem zemljišču, ki so ga nasipali z gradivom iz trzinskega kamnoloma. Žal danes ni sledu o izvlečnih tirih niti o barakah.

S tem pa moje radovednosti še ni bilo konec. Naletel sem na knjigo Petra Tarmana Na platnenih krilih. Peter proučuje tudi zgodovino letalstva v 1. svetovni vojni in ko sem na straneh njegove knjige opazil, da omenja letališče v Trzinu, sem navezal z njim stik. Tudi on ni imel veliko podatkov o letališču, je pa na osnovi mojega opisa izdelal fotografijo letališča, pri čemer mu je pomagal tudi stric Google. Pri tem je upošteval navidezno os letališča in dejstvo, da so letala v tistem času potrebovala približno 400 metrov vzletne steze. Stražar piše, da so mejnike parcel vojniki zakopali globlje, izravnali kotanje in na robu letališča posekali drevesa ter postavili nekaj opozorilnih

³ Andrej Zlobec, V viharju soške fronte, izdala Fundacija miru v Posočju, Kobarid, 2008, str. 51–52.

tabel. Danes lahko vidimo, da se je ob kanalu Pšate zarasel visok drevored, v času obratovanja letališča pa teh ovir ni bilo. Stražar opisuje nekaj ponesrečenih pristankov, ker so se letala s soške fronte vračala v Trzin poškodovana (Stražar, str. 620).

Zelo verjetno je, da je avstro-ogrski letalski enoti prišla na pomoč nemška letalska enota (Armeeflugpark), ki je bila vsaj delno podrejena 14. nemški armadi.⁴ Ta letalska enota je bila zaledna enota za večja popravila in ni bila neposredno uporabljena na fronti. Enota, ki je bila nastanjena na letališču v Trzinu, je bila, tako ugibam, tam nastanjena le kratek čas (morda 2 meseca – od septembra do 15. novembra 1917), po uspešni ofenzivi pa je bila premeščena v Italijo – na fronto ob Piavi, spomladi 1918 pa nazaj v Nemčijo.⁵ Iz dokumentov je razvidno, da so bila na trzinskem letališču stacionirana ali v popravilu letala kot Aviatik B2, serije 32 in 33, Brandenburg D1, serije 27, 28 in 29, Albatros 81, Phonix, Aviatik D1 in še nekatera druga (seznam je prispeval Jožef Silič). Razmerje sil je bilo 1 : 3 v korist Italije. To razmerje pa se je še stopnjevalo v 6. soški bitki in je znašalo kar 271 : 1, ker so bila praktično vsa avstro-ogrška letala neuporabna. Med prvo svetovno vojno je umrlo okoli 650 pilotov. Večina med njimi zaradi nesreč med šolanjem, trenažnimi poleti, na letališčih, zelo malo pa v neposrednih spopadih (Jože Silič: Letalstvo na soški fronti, Radio Koper 6. 9. 2015).

Zavedam se, da je nabor podatkov o letališču 1. svetovne vojne v Trzinu skromen. Toda že majhen kamenček nam lahko izostri sliko v mozaiku. Bolj natančen pregled z detektorjem kovin bi morda odkril še kakšne ostanke nekdanjega letališča. Verjetno se je kaj našlo tudi pri gradnji stanovanjskih hiš na robu letališča, vendar podatkov o tem ni. Več pisnih podatkov bi morda našli v vojnem arhivu v Münchnu. Nekateri menijo, da je pomanjkanje pisnih virov posledica tajnosti letališča. Morda. Nadaljnje raziskovanje pa zahteva čas in denar!

Za pomoč in nasvete bi se na koncu rad zahvalil mag. Tomažu Kralju, mag. Zori Torkar iz Medobčin-



Letalski as 1. svetovne vojne, letalski kapetan Bölke, njegova 40. zračna zmaga (Avtorjev arhiv)

skega muzeja Kamnik, Petru Tarmanu, Matjažu Ravbarju iz SV, Jožefu Siliču, Mitji Vaupotiču iz SŽ, Dragici Urtelj z Generalnega konzulata RS v Münchnu, prof. dr. Rumschöttelu iz arhiva na Dunaju, Boštjanu Gučku iz Župnije Trzin, Nini Frakelj iz Zgodovinskega arhiva Ljubljana in Jožici Valenčak iz Trzina.

The Military Airfield of the 1st WW in Trzin

Abstract:

A military airfield was raised in Trzin during the 1st WW. It was constructed for the 12. Soška bitka (the 12th Soska's Battle). After the battle the planes were moved to new front on the river Piava (Italy). The remnants of that military airfield are very moderate, there are no eye witnesses, the reliable sources/documents are scarce as well.

Keywords:

the 1st WW military airfield, the 12th Soska's Battle, the German assistance to the Austro-Hungarian Army, role of aviation.

⁴ Milan Škrabec v delu Pozdrav z bojišča – Prva svetovna vojna in boj za meje po njej na razglednicah (izdal Medobčinski muzej Kamnik 2008) navaja, da se je v Kamniku nastanilo poveljstvo nemškega armadnega zbora z zbornim poveljnikom generalom Albertom plemenitim Barrerjem. Verjetno so za njihove potrebe južno od železnice uredili vojaško letališče. Glej nav. delo, str. 6/7.

⁵ Učenci 9. A razreda Osnovne šole v Trzinu so od januarja 2016 do novembra 2017 izdelali raziskovalno nalogo z naslovom Prva svetovna vojna zaznamovala tudi Trzin in napletla turistično zgodbo. Pod mentorstvom Jožice Valenčak so učenci predstavili zgodovinske podatke in pripovedi o trzinskem letališču. Zapisali so tudi, da so vojaki in piloti z domačini spletli dobre odnose. Ko so zapuščali letališče, so piloti vseh 32 letal zaokrožili nad Trzinom (str. 21).

INDUSTRIJSKA UPORABA BIONSKIH EKSOSKELETOV – BIONIC 4.0

Janez Škrlec

Eksoskeleti se v sodobni industriji uporabljajo predvsem takrat, ko gre za fizično zahtevne naloge, ki jih zaradi kompleksnosti ni mogoče avtomatizirati in jih mora zato opravljati človek. Tovrstne naloge so običajno na področju montaže in logistike. Bionični eksoskeleti uporabljajo mehanske strukture, ki podpirajo dele telesa in njihovo kontrolirano gibanje. Gibanje se krmili elektronsko in s pomočjo različnih senzorjev. Način, kako bomo v industriji v prihodnosti proizvajali, se radikalno spreminja. Teme, kot sta robotika in senzorska tehnologija, so že znane spremenljivke v kontekstu digitalizacije in interneta stvari (IoT). Bionični eksoskeleti le dopolnjujejo obseg sodobne proizvodne podpore s komunikacijo človek-stroj.

Eksoskeleti – naravni modeli z dobro znano uporabo

Eksoskeleti so izjemen primer uporabne biologije na področju bionike, ki uporablja učinkovite naravne procese evolucije kot modele za tehnični razvoj. V tem primeru uporablja specifični biološki model eksoskelet, ki ga najdemo na primer pri žuželkah ali raki, pri čemer se zunanji sloji kože utrjujejo, da tvorijo oklep, ki ščiti notranje organe pred zunanjimi vplivi in zagotavlja podporo notranjim organom in delom telesa. Spremembe v kemični sestavi pomenijo, da se lahko namerno oblikujejo

tako trdi kot fleksibilni deli, ki omogočajo zaščito in svobodo gibanja.

Cilj bioničnega eksoskeleta je doseči dodaten podporni učinek ali vplivati na posamezen proces gibanja in premagovanja večjega bremena. Medicinske ortoze so razširjen primer uspešno uporabljenih eksoskeletov v vsakdanjem življenju, npr. vratne opornice, ki lahko preprečijo potencialno škodljive premike glave tako, da držijo glavo na določenem mestu, medtem lahko drugi eksoskeleti zdravijo deformacije ali degenerativna stanja, v tem primeru lahko podpirajo mišice in kosti, ki sicer ne morejo več opravljati svojih funkcij. Skoliozo zdravimo s posebnimi stezniki, ki preprečujejo progresivno degenerativno ukrivljenost hrbtenice z uporabo ciljnega pritiska. Na splošno medicinska uporaba eksoskeletov vključuje podporo, fiksiranje, vodenje ali kontrolirano gibanje.

Industrijska uporaba eksoskeletov

Industrijski eksoskeleti so še korak dlje. Namenjeni so zagotavljanju dodatne moči pri premagovanju bremen. Zamisel o povečanju človeškega dela in sposobnosti, ki jih podpira in krepi z mehanskim eksoskeletom, ni nič novega. Že sredi dvajsetega stoletja so bili inženirji navdušeni nad poskusom ustvarjanja delujoče simbioze človeških možganov kot kontrolne enote in mehanske moči za opravljanje dela. General Electric je prvi poskusil zagotoviti rešitev že v šestdesetih letih. Eksoskelet, znan kot »Hardiman«, je bil namenjen temu, da omogoči osebi, da dvigne velik tovor brez večjega truda in obremenitve telesa, vendar pa je bilo takrat zaradi teže eksoskeletov, porabe energije in težav s stabilnostjo treba projekt ukiniti, preden je lahko presegel stopnjo prototipa. Ideja pa je živela naprej in se zdaj vedno bolj uspešno uresničuje v sodobnih eksoskeletih.



Primer uporabe eksoskeleta v delovnem procesu (vir: Fraunhofer)

Janez Škrlec, inž. mehatronike, Razvojnoraziskovalna dejavnost s. p., Zgornja Polskava



Uporaba eksoskeletov se bo razširila na številna področja, še zlasti tja, kjer delo v prisilni drži ustvarja bolečine in poškodbe (vir: suitX. US Bionics, Inc.).

Eksoskeleti se močno razlikujejo od robotov, saj so povsem kontrolirani, roboti pa opravljajo nalogo samostojno. V nasprotju s tem eksoskeleti delujejo le, če jih človek nadzira oz. upravlja, izpolnjujejo pa pomembno nišo v sodobni industriji: ko gre za fizično zahtevne naloge, ki jih zaradi svoje kompleksnosti ni mogoče avtomatizirati in jih mora zato opravljati človek. Tovrstne naloge so običajno na področju montaže in logistike. Na primer: pri BMW-ju, Fordu in General Motorsu so eksoskeleti že ustrezno razporejeni, da bi bilo lažje opravljati fizično zahtevne naloge montaže. Trg ima seveda velik potencial, ki zajema več industrij: stalna nepravilna gibanja in neprimerna delovna mesta imajo dolgoročne škodljive učinke na mišično-skeletni sistem in zato lahko vodijo do kroničnih bolezenskih stanj in dolgotrajnih odsotnosti z dela. V vseh industrijskih panogah obstajajo velika pričakovanja glede apliciranja eksoskeletov. Omogočiti morajo nežno in energijsko varčno izvajanje telesnih dejavnosti. Poleg tega bi morali razširiti fizične meje uporabnika: ko naprava prepozna določeno gibanje, ga lahko podpre z dodatno močjo, to pa pomeni, da lahko tudi ljudje z manjšo fizično močjo premikajo velika bremena z relativno malo truda. Glede na razpoložljivo opremo so možni kompleksnejši ali celo povsem novi procesi. Digitalne komponente, kot so prikazovalne glave ali sledenje z očesom, ki se uporabljajo v eksoskeletu »Robo-Mate«, ki je bil razvit kot del projekta EU, bodo omogočile izvajanje prej nepredstavljivih delovnih procesov. Drug primer so podatkovne rokavice, ki na primer preverjajo, ali ima uporabnik pravilno komponento za trenutni delovni korak.

Skupaj z vsemi pozitivnimi dosežki, ki so jih eksoskeleti že omogočili ali jih še bodo v bližnji prihodnosti, se tveganj, povezanih z njihovo uporabo, ne sme spregledati. Na primer: eksoskeleti predstavljajo dodatno tveganje v primeru padcev ali podobnih nesreč, če omejujejo svobodo gibanja. Pred upora-



Različni rehabilitacijski eksoskeleti (vir: ReWalk Robotics)

bo eksoskeletov se zato priporoča ocena tveganja delovnega okolja. Morebitne okvare eksoskeletov lahko predstavljajo tudi dodatno nevarnost: če eksoskelet pri uporabniku obrne svojo moč, lahko pride do resnih poškodb. Tu so odgovorni razvijalci, ki morajo sisteme opremiti z ustreznimi varnostnimi ukrepi. Poleg tega obstajajo dokazi, da trajna nošnja eksoskeleta povzroča tveganje za razgradnjo mišic, torej je potrebno zagotoviti številne pogoje, da pomoč eksoskeletov ostane v natančno določenem okviru, ki ne povzroči trajne škode.

Prihodnost eksoskeletov

Preizkusi eksoskeletov v praksi so do sedaj pokazali svoj potencial v vseh industrijskih panogah. Eksoskeleti bodo zato pomemben sestavni del avtomatizirane proizvodnje in eden od nadaljnjih korakov v industriji 4.0 in industriji 5.0, da se izboljša vsakodnevno delovno življenje na področjih zahtevnih fizičnih dejavnosti. Bodoči delavci bodo v eksoskeletu in podprti s sodelovalnimi roboti uživali optimalno podporo na vseh stopnjah svojega dela. Poleg široke palete industrijskih aplikacij so eksoskeleti razviti tudi za medicinsko in vojaško uporabo. Medicinski eksoskeleti obljubljajo nove, revolucionarne terapevtske pristope. Strokovnjaki upajo, da bodo eksoskeleti naslednje generacije tehnološko izjemno dovršeni in da bodo na primer pomembno pospešili rehabilitacijo z obdelavo živčnih signalov uporabnika in podprli ciljno gibanje, dokler telo ne bo ponovno prevzelo polne obremenitve. Na vseh področjih uporabe so pogonski eksoskeleti tehnika, ki bo človeške sposobnosti popeljala na povsem novo raven in dvignila podporne storitve v industrijskih aplikacijah z učinkovitimi koncepti komunikacij človek-stroj. Bionične eksoskelete bomo skušali že letos predstaviti v tudi okviru Stičišča znanosti in gospodarstva, projekta MIZŠ.

MINI VODILA DGST



Slika 1 : Mini vodila DGST

Natančna in učinkovita mini vodila DGST, ki jih predstavlja podjetje Festo, so dvovaljna verzija mini vodil, ki navdušujejo s svojo močjo in kompaktnostjo. Zaradi vgrajenih natančnih krožnih krogljčnih vodil je enota natančna in učinkovita.

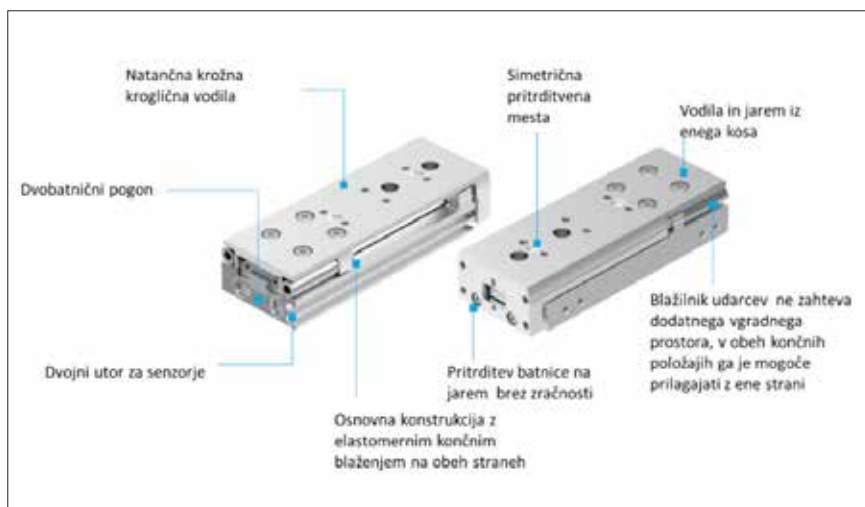
Zaradi vgrajenih blažilcev v prostor za vgradnjo in izredno majhne dolžine so mini vodila DGST najbolj kompaktna vodila na trgu. Uporaba teh vodil pri-

hrani prostor v napravah. Dve enoti je mogoče povezati brez vmesnih plošč.

Drsnik in jarem sta izdelana iz enega kosa, s čimer se dosežejo zelo visoka togost, preciznost in kotna natančnost. Poveča se tudi nosilnost vodil.

Pri enoti DGST je mogoče izbirati med več načini končnega blaženja. Mogoče je obojestransko elastično blaženje z nastavljanjem ali brez nastavljanja ali pa obojestransko uporaba blažilnika – samonastavljivega ali z nastavljanjem v končnem položaju. Vse nastavitve so mogoče samo z ene strani enote. Senzorji za zaznavanje položaja vodil so integrirani v okrov, oba položaja sta zaznavna z ene strani, oba utora za vodenje ožičenja sta na eni strani. Tudi priključki za stisnjeni zrak so samo z ene strani.

Vodila imajo vgrajena dva dvosmerno delujoča valja, ki pri 6 bar zagotavljata silo med 34 in 590 N. Uporabnik lahko izbira med velikostmi 06, 08, 10, 12,15, 20 in 25. Dolžine gibov mini vodil DGST so med 10 in 200 mm.

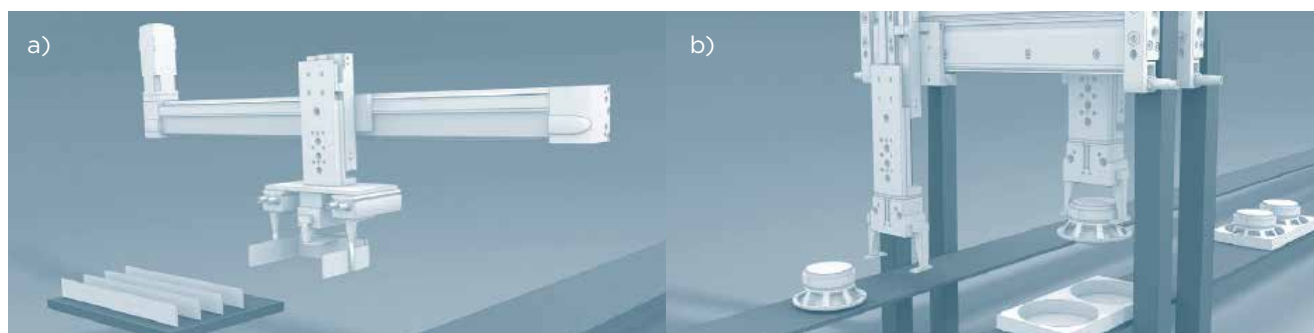


Slika 2 : Značilnice mini vodil DGST

Mini vodila DGST se najpogosteje uporabljajo v elektronski industriji, strojogradnji in stregi. Uporabljajo se pri različnih enotah primi-odloži, natančnem pozicioniranju, natančnem vtiskovanju, kot nosilne enote pri strežnih napravah, pri prijemanju obdelovancev in podobno (slika 3).

Vir:

FESTO, d. o. o., Blatnica 8, 1236 Trzin, tel.: 01 530 21 00, faks: 01 530 21 25, e-mail: info_si@festo.com, <http://www.festo.com>, g. Bogdan Opaškar



Slika 3 : Uporaba mini vodil: a – velike obojestranske sile pri linearnem gibanju med prenašanjem (krivljenje), b – stiskanje, prijemanje in prenašanje

PRIJEMALA ZA SODELOVANJE ČLOVEKA IN ROBOTOV

Za kar se da varno sodelovanje človeka z robotom so potrebna tudi posebej prilagojena prijemala in uporabljana orodja. Izpolnjevati morajo stroge zahteve varnosti. Inženirji v podjetju Zimmer Group so tako razvili prvo serijo mehatronskih paralelnih prijemal GEH6060IL, ki je še posebej optimizirana za sodelovanje človeka z robotom. Serija prijemal GEH6060IL je konstruirana po priporočilih BG/DGUV in izpolnjuje vse aktualne varnostne zahteve za sodelovanje človeka in robota po standardu ISO/TS15066.



Slika 1 : Serija prijemal MRK za Universal Robots UR5 in UR10

Varnost ima prednost. Zunanost novih prijemal je zaokrožena in brez ostrih robov, tako da prijemala praktično ne morejo obviseti. Zmečkanine preprečuje mehanski sistem za omejevanje prijemalne sile v vmesnih čeljustih. Če prijemalni prsti presežejo določeno silo, se ločijo od prijemala in tako zanesljivo obvarujejo ljudi v delovnem območju robota. Funkcija je za razliko od drugih sistemov na trgu popolnoma povračljiva in se lahko tudi ponavlja. Prijemalo se namreč po sprožitvi varnostne funkcije vrne v izhodiščni položaj in ko uporabnik vnovič vpne sproženi prijemalni prst, je prijemalo takoj na voljo za uporabo.

Ta funkcija v povezavi z integrirano funkcijo *Safety Torque Off* omogoča največjo varnost pri vsaki aplikaciji.

Integrirano krmilje in povezava IO-Link. Serijo prijemal GEH6060IL poganjajo brezkrtačni in elek-

tronsko komutirani motorji na enosmerni tok, ki se praktično ne obrabljajo in tako zagotavljajo izjemno varnost obratovanja.

V prijemalih je integrirano krmilje s povezavo IO-Link, ki omogoča zelo hiter prevzem v obratovanje. Nastavitvene podatke je mogoče vnesti ročno ali jih določiti z učenjem. Ti podatki se lahko hranijo na centralni lokaciji in se zelo preprosto prenesejo v napravo za občuten prihranek časa pri zagonu. Aktuatorje in senzorje je mogoče zamenjati kar med obratovanjem, hiter in točen prenos nastavitvenih podatkov v nove naprave pa zagotavlja največjo razpoložljivost stroja.

Največji delovni gib prijemal je 2 x 40 mm, prijemalno silo pa je mogoče uravnavati v širokem območju od 45 do 950 N.

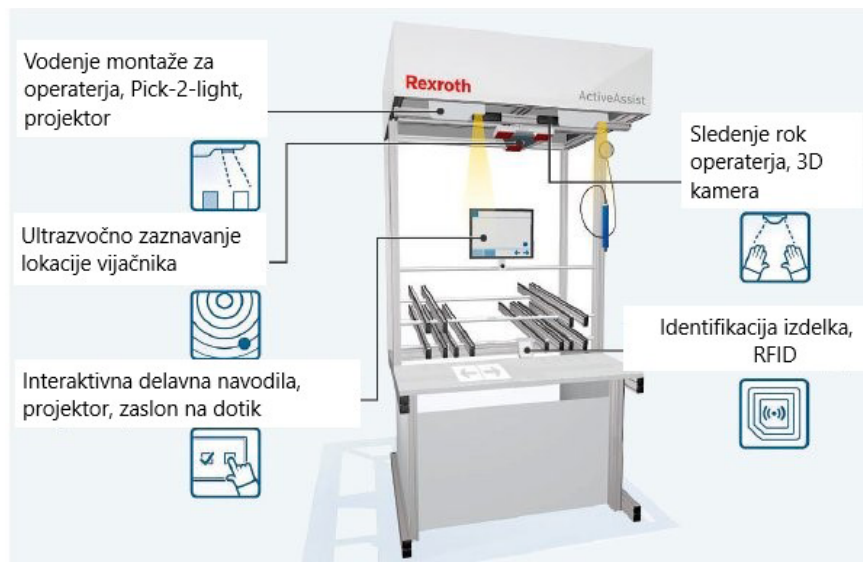
Že danes si je težko predstavljati industrijsko prakso brez robotov, v prihodnosti pa bo vedno več ljudi delalo neposredno z roboti ali pa jim bodo roboti pomagali pri delu, zato je razvoj ustreznih prijemal nujnost.

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: gp@inoteh.si, internet: www.inoteh.si



ROČNA MONTAŽA Z MODULARNIM SISTEMOM ActiveAssist



Slika 1 : Komponente sistema ActiveAssist

Bosch Rexroth predstavlja revolucijo na področju ročne montaže z modularnim asistenčnim sistemom ActiveAssist, ki je interaktiven in povezljiv z IT-svetom.

V samem jedru ActiveAssista je prosto nastavljiva programska oprema, ki omogoča povezavo fizičnega delovnega mesta z virtualnim svetom. V kombinaciji s senzorji, zaslonom na dotik, kamerami in projektorjem ta celoviti asistenčni sistem vodi zaposlene čez natančne korake montaže za različne proizvode (slika 1).

ActiveAssist prepozna sestavne dele po kodi RFID ali bar kodi in naloži zahtevan delovni proces na monitor, viden operaterju. Delovna navodila so nato projicirana neposredno na delovno površino s projektorjem, kjer je glede na delovni proces označeno pravilno zaporedje sestavnih delov, ki bodo vgrajeni v izdelek. Vsa navodila za sestavljanje so projicirana v vidno polje operaterja. Operaterjevi gibi so zajeti s 3D kamero, ki avtomatsko potrdi

izvedeno opravilo. To je le eden izmed treh scenarijev, ki jih omogoča ActiveAssist.

Osnovne značilnosti ActiveAssista so modularnost, povezljivost in interaktivnost.

ActiveAssist ima modularen design programske in strojne opreme, ki je prosto nastavljiva.

Uporabnik lahko opremi vsako delovno mesto z drugačno asistenčno funkcijo. Programska oprema prepozna senzorje tudi drugih proizvajalcev.

ActiveAssist uporablja spletno programsko opremo, ki je, zahvaljujoč standardiziranemu vmesniku, fleksibilna in odprta, kar omogoča globalno povezljivost in dostop številnim sistemom in s tem delovnim mestom zagotavlja povezanost z IT-svetom.

Zaradi vgrajenega zaslona na dotik, projektorja in 3D kamere so mogoče različne interaktivne funkcije, kot so projiciranje zaporedja montažnih operacij, sledenje orodju za montažo (na primer baterijskemu vijačniku Nexo) z ultrazvočno tehnologijo ali pa prepoznavanje gibov operaterja. Nova programska oprema podjetja Rexroth vključuje senzorske sisteme, ki inteligentno vodijo operaterje čez vse korake montažnega procesa.

Bosch Rexroth poudarja pomen človeka v industriji 4.0, zato je



Slika 2 : Vključitev modularnega sistema ActiveAssist v proizvodnjo

na podlagi dolgoletnih izkušenj na področju vitke proizvodnje in ergonomije delovnih mest razvil prvo ročno delovno mesto, ki odgovarja vsem standardom industrije 4.0.

Modularni sistem ActiveAssist tako:

- ▶ povezuje fizično delovno mesto v IT-svet,
- ▶ zagotavlja najvišjo kakovost procesa montaže za različne

sestave in izdelke,

- ▶ omogoča hitro implementacijo z začetnim kompletom, ki se nadgrajuje v želene razsežnosti.

Vir:

OPL industrijska avtomatizacija, d. o. o., Dobrave 2, 1236 Trzin, GSM: 041 383 669, mail: info@opl.si, internet: www.bosch-apas.com, g. Jakob Saksida

ZNANSTVENE IN STROKOVNE PRIREDITVE

G. Fachtagung MOBILE MACHINES – Sicherheit und Fahrerassistenz Off – Highway-Fahrzeugen

Strokovno srečanje »Varnost in pomoč voznikom terenskih vozil«

14. in 15. 05. 2019 | Stuttgart/Leinfelden-Echterdingen, ZRN

Organizator:

- ▶ Institut für Fahrzeug Institut des Karlsruher Instituts für Technologie v sodelovanju z industrijskimi podjetji: IFM Electronic Liebherr in Claas Selbstfahrende Erntemaschinen

Tematika:

- ▶ varnost delovnih strojev ob upoštevanju standardov IEC 62061 in ISO 26 262,
- ▶ pomožni sistemi razpoznavanja objektov na terenu,
- ▶ varnost mobilnih strojev,
- ▶ prihodnost pomožnih sistemov operaterjem in daljinsko upravljanje,
- ▶ tržne zahteve in prihodnost robotske tehnologije za gradbene in kmetijske stroje,
- ▶ inteligentna 3D tehnologija za uporabnike mobilnih delovnih strojev,
- ▶ identifikacija objektov, var-

nost in pomoč voznikom za avtonomno delovanje kolesno gnanih vozil z delovnimi priključki.

Informacije:

- ▶ glej naslov organizatorja.

Praxiskonferenz: HYDRAULIKGIPFEL

Strokovna konferenca: »Višji hidravlike«

08. 05. 2019 | Würzburg, ZRN

Congress Centrum Würzburg, Panoramaebene 4. Etage, Pleichertor Strasse, 97070 Würzburg

Organizator:

- ▶ Revija FLUID – Verlag Moderne Industrie, Justus von Liebig – Str. 1, 86899 Landsberg, BRD, tel.: +08191/125-0; faks: +08191/125-100, internet: www.mi-verlag.de

Program:

- ▶ predavanja – stanje tehnike z okroglo mizo: Big-Table-Talks,
- ▶ razstava,
- ▶ delavnice.

Informacije:

- ▶ glej naslov organizatorja.

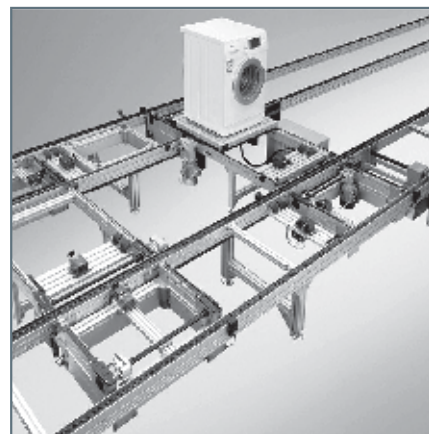
Rexroth

ORGATEX®

LEANPRODUCTS®



BOSCH



OPL

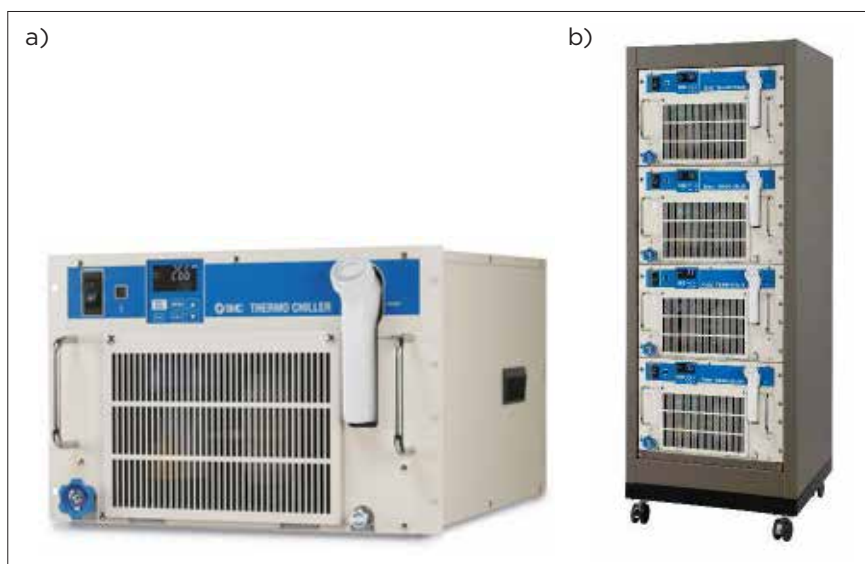
automation

OPL avtomatizacija, d.o.o.
Dobrave 2
SI-1236 Trzin, Slovenija

Tel. +386 (0) 1 560 22 40
Tel. +386 (0) 1 560 22 41
Mobil. +386 (0) 41 667 999
E-mail: info@opl.si
www.opl.si

KOMPAKTNA TEMPERIRNA NAPRAVA

Podjetje SMC se je odzvalo na povpraševanje na trgu z novo kompaktno temperirno napravo (HRR), ki združuje majhno velikost z izjemnimi tehničnimi lastnostmi. Zagotavlja učinkovitost pri namestitvi in vzdrževanju, saj jo je mogoče nastavljati in vzdrževati, ko je nameščena v regal.



Slika 1: Temperirna naprava HRR – a in postavitev v stolp – b

Naprava HRR je prilagojena za namestitev v 19-palčni regal. Prostor se prihrani tako, da se lahko namesti več naprav skupaj, kar zmanjšuje čas nastavitve (slika 1).

Učinkovitost sistema povečujejo še standardno vgrajeni filter za delce, obvodni ventil in senzor pretoka ter opsijsko filter za deionizirano vodo.

Vzdrževanje HRR je preprosto, zahvaljujoč dostopu s sprednje strani, ki omogoča zamenjavo in nastavitve ključnih komponent brez odstranjevanja iz regala. Za pomoč pri samodiagnozi ima vgrajen prikazovalnik alarmov in parametrov.

HRR ima zanesljivo temperaturno stabilnost $\pm 0,1$ °C. Nima dodatnega grelca, vendar zagotavlja stalno temperaturno stabilnost tudi v hladnejših zimskih mesecih. Rezultat tega sta bolj zanesljiv proces proizvodnje in izboljšana kakovost končnih izdelkov.

Podjetje SMC ima v svojem proizvodnem programu široko paleto naprav s hladilnimi zmogljivostmi – od nekaj 10 W pa vse do 30 kW. Serija HRR ima hladilno zmogljivost 1000–2500 W (50 Hz) in ogrevalno zmogljivost 450–550

W (50 Hz) (slika 2).

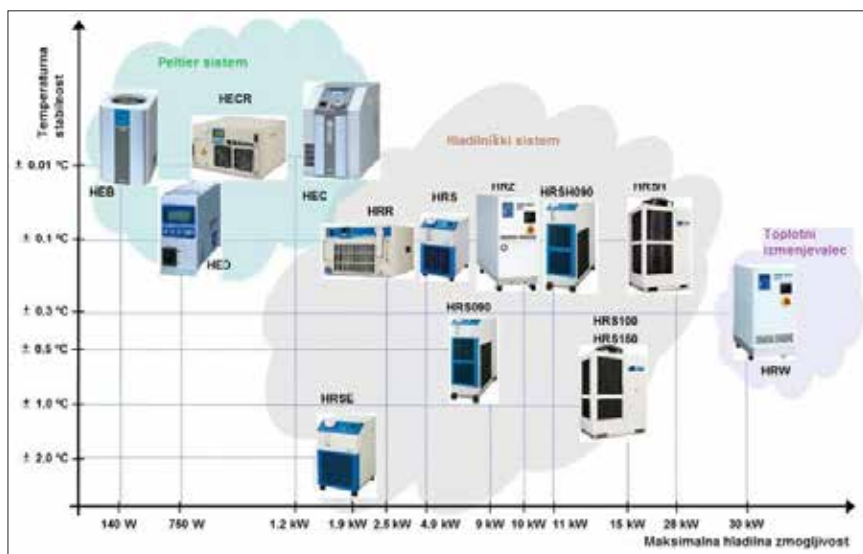
Naprava HRR je idealna za številne aplikacije, vključno z laserskimi oscilatorji, laserskimi rezalniki, laserskimi gravirnimi napravami, rentgenskimi instrumenti in elektronskimi mikroskopi.

Predstavniki podjetja SMC je dejal: »V SMC-ju vedno iščemo načine, kako pomagati našim strankam doseči operativno učinkovitost. HRR je odličen primer, saj odlična zasnova dopolnjuje visoko kakovost v smislu produktivnosti in zanesljivosti.«

Za več informacij o HRR obiščite zavihek za nove izdelke na naslovu www.smc.si.

Vir:

SMC Industrijska Avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7 T, 8210 Trebnje, tel.: +386 7 3885 421 M.: +386 40 471 006, faks: +386 7 3885 415, e-pošta: m.omerzu@smc.si, internet: www.smc.si, www.smc.eu



Slika 2: Značilnice posameznih temperirnih naprav podjetja SMC

CELOVITE REŠITVE ZA VEČJO UČINKOVITOST PREDELAVE PLASTIČNIH MAS



Strokovnjaki podjetja Stäubli imajo odlično strokovno znanje in izkušnje s področja predelave plastičnih mas in so dobro seznanjeni z zahtevami v industriji. S svojim znanjem in rešitvami na področju predelave plastičnih mas omogočajo naročnikom višjo produktivnost, manj in krajše zastoje strojev, krajše proizvodne cikle za bolj prilagodljivo proizvodnjo majhnih serij in s tem stalno povečevanje obsega proizvodnje.

Za skrajšanje časov zamenjave orodij, povečanje produktivnosti ali optimizacijo posameznih procesov strokovnjaki podjetja Stäubli izdelajo paleto celovitih rešitev, ki naročnikom prihranijo dragocen čas v vsaki fazi brizganja plastike in tako povečajo stroškovno učinkovitost.

Podjetje Stäubli že več kot 60 let tesno sodeluje s podjetji pri predelavi plastičnih mas. Njihovi partnerji so tako avtomobilska industrija, industrija bele tehnike oziroma gospodinjskih aparatov, industrija embalaže, IT in elektronika kakor tudi gradbeništvo. Stäubli je globalni industrijski partner, ki nudi celovite rešitve za hitro menjavo orodij – od energetskih povezav do avtomatizacije procesov in robotike.

Primere rešitev in možnosti sodelovanja si je mogoče ogledati na : www.quick-mould-change.com.

Vir:

www.staubli.com in www.combitac.com, www.staubli.com, d.kikelj@staubli.com



Dvignite produktivnost !

Zmanjševanje izpadov med postopkom zamenjave orodij je vsakodnevni izziv, ko poskušate ostati odzivni in konkurenčni. Stäubli rešuje te izzive s preverjenimi rešitvami za vsako ključno stopnjo procesa, od najpreprostejše aplikacije do popolne rešitve za hitro zamenjavo orodij.

Povezivanje energija, stezanje alata, prenos alata, avtomatizacija procesa. Odkrijte sva Stäubli rešenja za industrijo prerade plastike na **Mednarodnem sajmu tehnike u Beogradu, Srbija, hala 1, stand 1304.**



SAJAM TEHNIKE

Zanesljivost. Učinkovitost. Varnost. Stäubli.

www.quick-mould-change.com

FAST MOVING TECHNOLOGY

STÄUBLI

Stäubli Systems, s.r.o.
E-mail: connectors.si@staubli.com - Phone: +386 8 20 50 105

PRVI VAKUUMSKI DVIŽNI SISTEM V SKLADU Z INDUSTRIJO 4.0



Slika 1: Vakuumski dvižni sistem piLIFT®

Vakuumski dvižni sistem piLIFT® SMART je na tržišču prvi, ki izpolnjuje zahteve industrije 4.0. Njegova tehnologija omogoča pridobivanje informacij o učinkovitosti delovanja in statusu v živo. Na osnovi tega se prepreči morebitni zastoji delovanja. Na zaslonu enote piLIFT® SMART se prikazuje tudi masa dvignjenega materiala, kar omogoča identifikacijo in kakovostno analizo poteka prijemanja.

Dvižni sistem piLIFT® SMART je fleksibilen, njegove prednosti pa so predvsem:

- ▶ manjša poraba energije za 76 %,

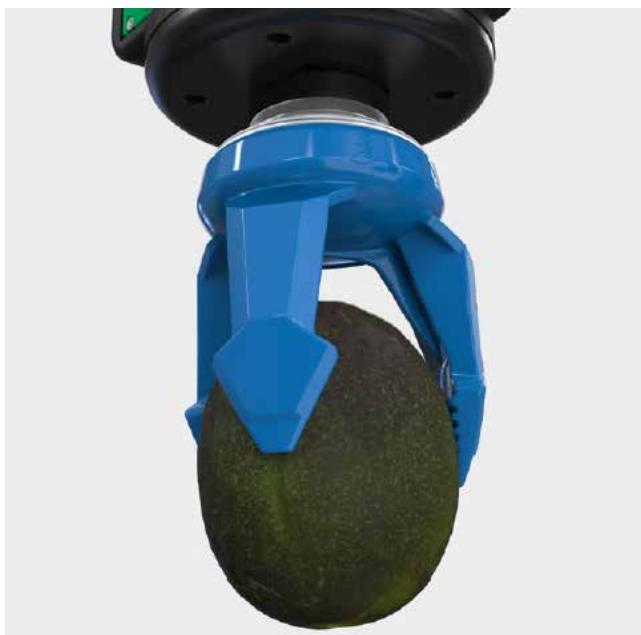
- ▶ zelo nizek nivo hrupa,
- ▶ je uporabniku prijazen,
- ▶ je ergonomski,
- ▶ omogoča povečanje produktivnosti,
- ▶ je pameten.

Več informacij o vakuumskih dvižnih sistemih PIAB dobite pri podjetju INOTEH.

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si.

MEHKO PRIJEMALO piSOFTGRIP®



Slika 1: Vakuumsko prijemalo piSOFTGRIP®

Podjetje INOTEH predstavlja novo mehko prijemalo piSOFTGRIP® proizvajalca PIAB, ki je bilo razvito predvsem za avtomatizacijo v prehrabni industriji. Mehko vakuumsko prijemalo prijema občutljive in lahke predmete nenavadnih oblik in/ali površin. Pri-

Osnovne značilnosti:

Opis	Enota	Vrednost
Vgradna višina	mm	78
Zunanji premer	mm	72
Masa	g	55 (s priključkom G3/8")
Temperaturno območje	°C	-20 do +100
Nivo vakuumu	kPa	25-70
Velikost prijemancev	mm	20-50

jemalo je cenovno učinkovita rešitev za rokovanje z občutljivimi in zahtevnimi predmeti.

Ohišje in prsti prijemala piSOFTGRIP® so izdelani iz enega kosa, kar naredi prijemalo enostavno in togo hkrati. Sila prijemanja se enostavno nastavi in krmiti z nivojem vakuumu. V kombinaciji z end-of-arm orodjem piCOBOT® se lahko prijemalo uporablja na kolaborativnih robotih.

Več informacij o vakuumskih prijemalih PIAB dobite pri podjetju INOTEH.

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si.

POPOLNOMA NATANČNO Z LINEARNIMI OSMI LMX

Osi z linearnimi motorji serije LMX podjetja HIWIN so pri proizvajalcih preciznih strojev poznane in priljubljene zaradi natančnosti ter dolge življenjske dobe. Strokovnjaki za linearno tehnologijo so si sedaj postavili še višje standarde in na trg poslali novo generacijo osi LMX s še močnejšimi motorji in kompaktnejšo osno zasnovo.



Osi LMX za zahtevne naloge določanja položaja

Te osi predstavljajo drugo generacijo opreme in uporabljajo novo vrsto močnejših motorjev. To je omogočilo zmanjšanje višine sistema za približno 40 % v primerjavi s prejšnjo generacijo. Tako uporabniki lahko izkoristijo prednosti kompaktnejše konstrukcije svojih strojev oziroma integracijo dodatnih funkcij ob nespremenjenem prostoru za namestitvev.

Vse ključne komponente prihajajo iz lastne proizvodnje, zato je podjetje HIWIN z uvedbo novih proizvodnih procesov lahko dodatno izboljšalo mehansko natančnost osi.

Sistem za merjenje pomika in njegovi senzorji so bili premaknjeni v zaščiteno notranjost osi, kar je povečalo odpornost celotnega sistema. To je še en razlog, zakaj je treba os, odvisno od pogojev

delovanja, servisirati šele po približno 50 milijonih delovnih ciklov.

Z vsemi temi značilnostmi ima tudi druga generacija osi LMX še naprej visoke standarde glede premosti, ravnosti in natančnosti. Je odlična izbira tudi za najzahtevnejše aplikacije za določanje položaja, kot so merilni sistemi 3D, laserski obdelovalni stroji ali sistemi za proizvodnjo polprevoznikov.

Nove osi z linearnim motorjem so dobavljive takoj.

Vir:

HIWIN GmbH, Brücklesbünd 2, 7765 Offenburg, ZR Nemčija, tel.: +49 7 81-9 32 78 - 114, faks: + 49 7 81-9 32 78 - 90, E-pošta: christine.matt@hiwin.de, Internet: www.hiwin.de

HIWIN®

Motion Control & Systems



reddot award 2016
winner



DESIGN
AWARD
2016



LINEARNI MODULI

Živimo gibanje.

www.hiwin.si

PRIJEMALO GEH6000 Z IO-LINKOM

Proizvajalec ZIMMER GROUP že vrsto let vztrajno in uspešno sledi zahtevam trga v prihodnosti, to pomeni ponudbi izdelkov, ki bodo skladni z industrijo 4.0. Ta praksa vključuje lasten razvoj krmilne platforme za systemske komponente. To je pripeljalo tudi do razvoja prvih prijemal za kolaborativne robote na svetu (*slika 1*). Ta predanost je podjetju ZIMMER GROUP v zadnjih letih prinesla številne mednarodne industrijske nagrade.



Slika 1 : Prijemalo GEH6000IL

Nova serija GEH6000IL s silo prijemanja med 70 N in 1900 N ima vse prednosti predhodnega modela, vključno z veliko silo prijemanja glede na njegovo velikost, robustno zasnovo in mehansko omejitve. Poleg teh značilnosti pa ima serija GEH6000IL tudi integriran krmilni sistem in zato zunanji krmilniki in posebni kabli med krmilnim sistemom in prijemalom niso več potrebni. Serijo prijemal GEH6060IL poganjajo brezkrtačni in elektronsko komutirani motorji na enosmerni tok, ki se praktično ne obrabljajo in tako zagotavljajo izjemno varnost obratovanja.

Vgrajeni absolutni sistem za merjenje položaja zagotavlja, da pri zagonu sistema ali po ustavitvi v sili referenčna vožnja ni več potrebna. To pomeni tudi, da je sedaj dosežena maksimalna sila prijemanja že po hodu, manjšem od 1 mm. Poleg tega niso več potrebni zunanji senzorji za identifikacijo položajev ali obdelovancev.

Komunikacijski sistem prihodnosti: aktivacija z IO-linkom

IO-Link ima izjemne prednosti, saj ga je mogoče uporabiti za priključitev senzorjev in aktuatorjev na

katerikoli višji nadzorni sistem, neodvisno od predhodno izbrane arhitekture krmilnega sistema. Ne samo, da se na senzorje in aktuatorje pošljejo krmilni signali, ampak se podatki prenašajo tudi v drugo smer od nivoja senzorjev/aktuatorjev do krmilnega sistema. To omogoča obsežen nadzor in diagnostiko celotnega sistema s časom cikla, ki traja le nekaj milisekund.

Za prijemala serije GEH6000IL to pomeni, da je mogoče s centralnim nadzornim sistemom prilagajati silo in hitrost prijemanja.

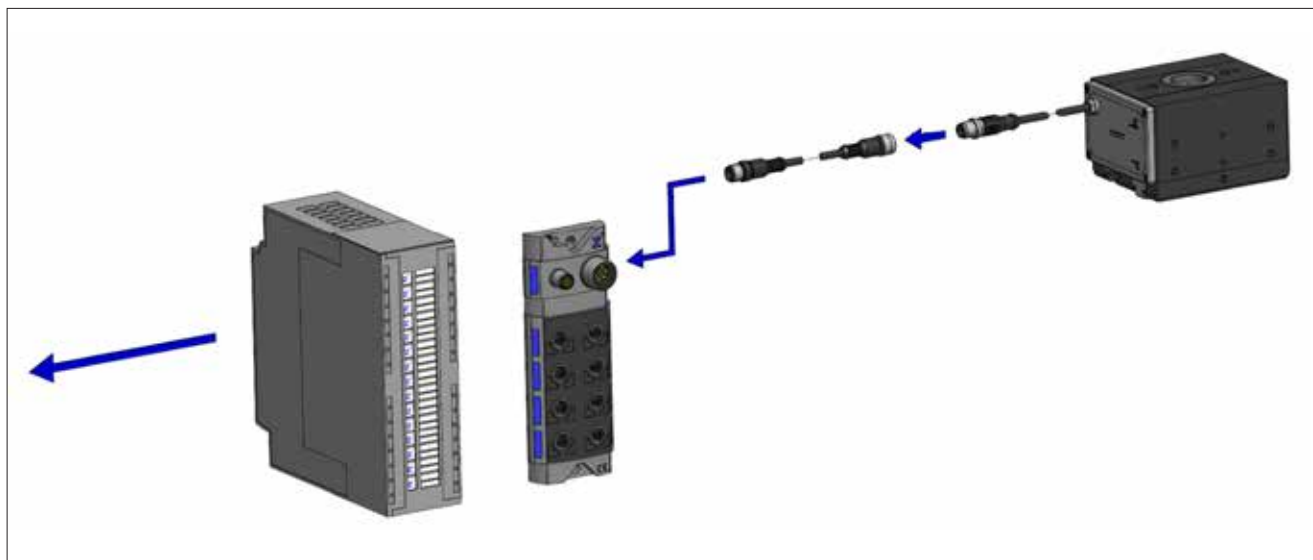
IO-Link je zelo enostaven za uporabo. Nastavitvene podatke je mogoče vnesti ročno ali jih določiti z učenjem. Ti podatki se lahko hranijo na centralni lokaciji in se zelo preprosto prenesejo v napravo za občuten prihranek časa pri zagonu. Aktuatorje in senzorje je mogoče zamenjati kar med obratovanjem, hiter in točen prenos nastavitvenih podatkov v nove naprave pa zagotavlja največjo razpoložljivost stroja.

Enojni IO-Link master ima lahko več IO-Link priključkov, ki vzpostavijo komunikacijo od točke do točke z napravo. IO-Link master služi kot komunikacijski vmesnik med poljubnim fieldbus sistemom in IO-Linkom (*slika 2*). To enostavno ožičenje zagotavlja hitro in zanesljivo vzpostavitev sistema. Posledično so časi zagona krajši, število izpadov se minimizira, kar vodi do povečane razpoložljivosti/produktivnosti strojev.

Načini delovanja z nastavljivo kompleksnostjo – od osnovnega do naprednega

Poleg očitnih prednosti integriranega krmilnika in preproste aktivacije prek IO-Linka so razvijalci proizvajalca ZIMMER GROUP skrbno prisluhnili strankam in v serijo GEH6000IL integrirali preproste uporabniške profile.

Dnevi, ko je programer krmilnega sistema moral dati v obratovanje celotno servoos za doseg električnega prijemala, so preteklost. Serija GEH6000IL vključuje široko paleto predpripravljenih načinov



Slika 2 : IO-Link komunikacija

delovanja, ki pokrivajo vse možne načina prijemanja. Integrirani krmilnik serije GEH6000IL ima vrsto shranjenih nastavitev za vsak način delovanja, kar poenostavi praktično uporabo prijemala.

Prijemalo GEH6000IL se je tako sposobno prilagoditi številnim zahtevam delovanja in uporabniškemu profilom.

Neverjetne ključne karakteristike

Serija prijemal GEH6000IL je na voljo v velikosti 60 z nastavljivo silo prijemanja od 70 do 1250 N in s pozicionirnim hodom do 60 mm na vsako čeljust. Velikostni razred 61 ima nastavljivo silo prijemanja od 100 do 1900 N in dve varianti pozicionirnega hoda do 40 oz. do 80 mm na vsako čeljust prijemala.

Prijemala GEH6000IL imajo prednost tudi zaradi svoje visoke kompaktnosti, npr. prijemalo GEH6060IL tehta le 790 g in nudi silo vpetja do 1250 N. Vse to v kombinaciji z integriranim krmilnikom, uporabniku prijazno aktivacijo prek IO-Linka in visoko hitrostjo premikanja do 60 mm/s je ta serija zmagovalna v svojem razredu glede na razmerje med ceno in zmogljivostjo.

Več informacij o produktih ZIMMER GROUP dobite pri podjetju INOTEH, d. o. o.

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: ik@inoteh.si, internet: www.inoteh.si



item

Vitka proizvodnja.

item. Your ideas are worth it.®

Sistem item Lean Production združuje preprosto rokovanje in visoko stabilnost konstrukcije. S profilnim sistemom D30 nastajajo rešitve, ki jih lahko preprosto prilagajamo na licu mesta.

INOTEH
www.inoteh.si A BIBUS GROUP COMPANY
Inoteh d.o.o. K železnici 7 2345 Bistrica ob Dravi

DVIŽNI SISTEMI ZA VELIKE OBREMENITVE

Podjetje Hennlich industrijska tehnika, d. o. o., predstavlja na slovenskem trgu sisteme za nastavitve višine z integriranimi aluminijastimi profili in dvižnimi elementi Movotec SMS nemškega proizvajalca *Suspa GmbH*.



Slika 1 : Miza (a) z vgrajenimi dvižnimi elementi (b)

Elektromehanski dvižni sistem *Movotec SMS* (SpindleMotorSystem) omogoča popolnoma električno in prostorsko varčno zvezno nastavitve višine za delovne mize v proizvodnji, za laboratorijske pulte in podobno (slika 1).

Najnovejša izdelka sta dvižni enoti *Movotec SMS-I-40x80* in *Movotec SMS-B-45 x9 0*, kompaktni elektromehanski enoti za nastavitve višine. Dvižne enote so integrirane v aluminijaste montažne profile dveh dimenzij in tako uporabnikom še bolj prijazne. Enote standardnih dimenzij 45 x 90 mm in 40 x 80 mm so združljive s številnimi profili in pritrdilnimi sistemi, ki so na trgu.

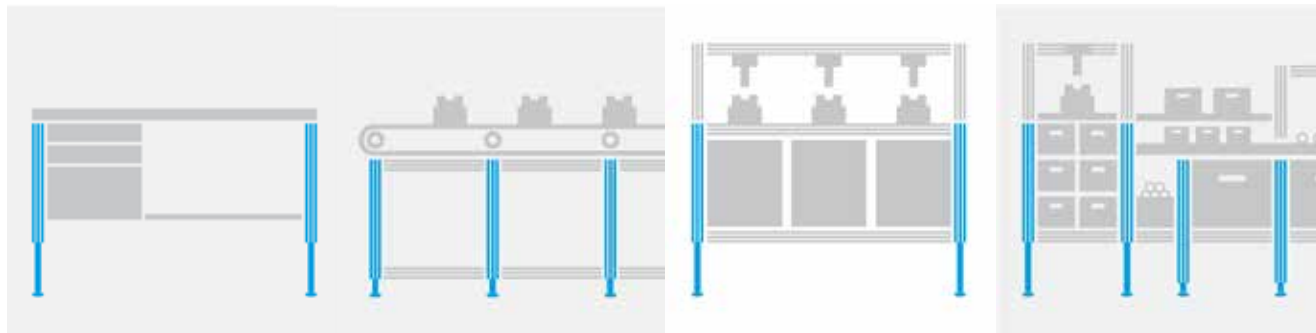
Montažni profili so kompaktni in stabilni ter kljub zunanjim dimenzijam le 40 x 80 mm ali 45 x 90 mm robustni.



Slika 2 : Povezovanje profilov in dvižnih enot

Obe enoti z integriranim dvižnim sistemom SMS sta na voljo z različnimi hodi in višinami. Pri najmanjšem hodu 150 mm je višina profila 510 mm v zloženem položaju in 660 mm v iztegnjenem položaju. Največji možni hod je 400 mm, pri katerem je minimalna višina v zloženem stanju 760 mm, iztegnjena dolžina pa 1160 mm. Obe izvedbi sta dobavljivi s hodi 150, 200, 300 ali 400 mm.

Izdelka *Movotec SMS-I-40x80* in *Movotec SMS-B-45x90* sta zelo zmogljiva. Integriran sistem dviganja SMS omogoča premikanje mase do 150 kg/dvižni element pri dveh različnih hitrostih dviganja. Pri polni obremenitvi (150 kg/dvižni element) se dvižni drog premika s hitrostjo 8 mm/sek. V skladu s tem



Slika 3 : Vgraditve dvižnih enot

se pri polovični obremenitvi (75 kg/dvižni element) giblje z dvakratno hitrostjo oz. 16 mm/sek.

Movotec SMS (Spindle Motor System) dvižni sistem je uporaben v industriji za delovne mize, transportne in montažne linije, za laboratorijske pulte ter v strojogradnji (slika 3).

Vir:

HENNLICH, d. o. o., Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj, tel.: 031 386 056, internet: www.hennlich.si, e-mail: goljat@hennlich.si

OGLAŠEVALCI

- | | | | |
|---|---------------|--|----------|
| ▶ AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana..... | 95, 110 | ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana..... | 89 |
| ▶ DOMEL, d. d., Železniki..... | 146 | ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin | 89, 165 |
| ▶ FESTO, d. o. o., Trzin..... | 89, 180 | ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.) | |
| ▶ HENNLICH, d. o. o., Podnart | 139 | Novo mesto..... | 89 |
| ▶ HIWIN GmbH, Offenburg, Nemčija | 169 | ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri..... | 89 |
| ▶ ICM, d. o. o., Vojnik | 112, 173, 178 | ▶ POMURSKI SEJEM, d. d., Gornja Radgona..... | 123 |
| ▶ IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) | | ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana | 89, 92 |
| NORGREN, Lesce..... | 89 | ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica..... | 109, 179 |
| ▶ INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija | 122 | ▶ STÄUBLI Systems, s.r.o., Pardubice, CZ | 167 |
| ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi..... | 171 | ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana | 163 |
| ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana | 105 | ▶ UL, Fakulteta za strojništvo | 111, 147 |
| ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje | 89 | ▶ UM, Fakulteta za strojništvo | 101 |
| ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana..... | 89 | ▶ YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica | 156 |

powered by **iCm**
www.icm.si

IAM
INTRONIKA

Robotics

4Industry

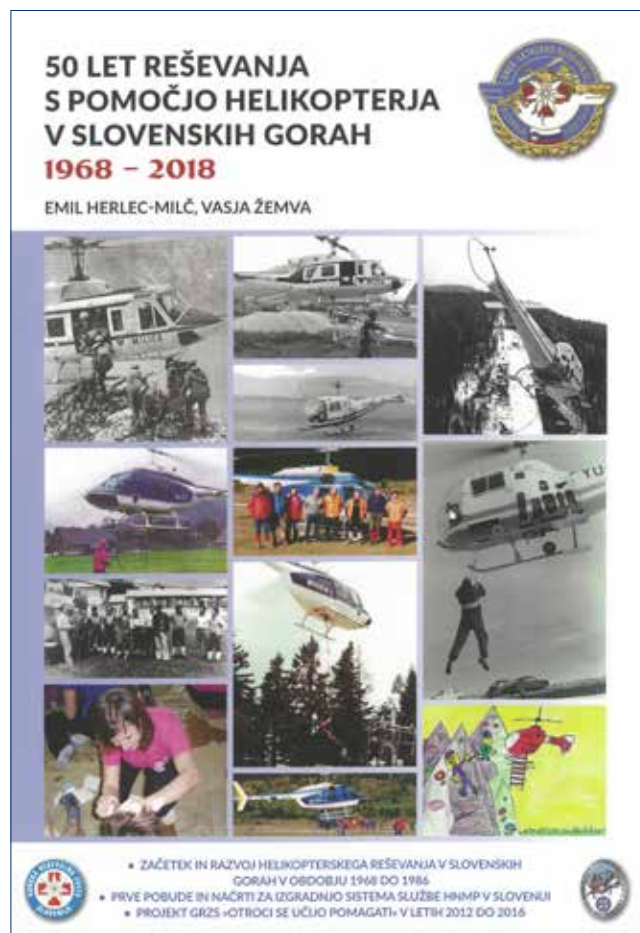
11.-13.02.2020
Ljubljana, Slovenija, GR

ZALJUBLJENI V LETENJE, NA PLATNENIH KRILIH IN 50 LET REŠEVANJA S POMOČJO HELIKOPTERJA V SLOVENSKIH GORAH 1968–2018



V knjigi *Zaljubljeni v letenje* sta avtorja Borut Podgoršek in Marko Malec predstavila 18 zgodb slovenskih pilotov, stevardes in letalskega mehanika. Ljubitelji letalskega branja bodo spoznali zgodbe vojaškega pilota Save Poljanca (njegov grob na pokopališču v Beogradu, kjer je pokopan Edvard Rusjan, vsako leto obišče več Slovencev), Karla Štrbenka, najstnika Cirila Vrabčiča, Igorja Berana, Franca Severja - Frante, Franca Rupnika, Jurija Štirna, Branka Žigerja, Miše Tičar (ena prvih Slovenk, ki je postala stevardesa), Janka Medveda in Sonje Pipan. Založnik: SIERRA5, Založništvo Borut Podgoršek, s. p., naročila na elektronski naslov: borut.podgorsek@amis.net.

Knjiga avtorjev Emila Herleca - Milča in Vasje Žemva predstavi začetek in razvoj helikopterskega reševanja v slovenskih gorah v obdobju 1968–1986. Knjiga, ki jo je leta 2018 izdala Gorska reševalna zveza Slovenije, je posvečena vsem pionirjem reševanja s pomočjo helikopterja, reševalcem in sodelavcem, bralca pa seznani z začetki letalske enote milice RSNZ na Brniku, opisuje številne nesreče v slovenskih gorah, sodelovanje z IKAR, strokovno literaturo, skratka knjiga je tako polna podrobnosti, da bralcu vzame veliko časa, da to vse lahko predela. Nič ni izpuščeno in tako sledimo reševanju ljudi iz

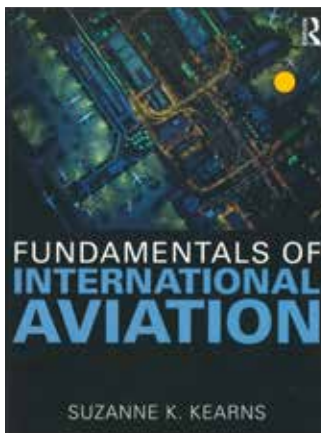




visokih zgradb v primerih požarov, letalski medicini, projektom GRZS, med katerimi najdemo tudi opis dela gorskih reševalcev z otroki. Ne nazadnje se avtorja dotakneta tudi pobude o ustanovitvi Helikopterske nujne medicinske pomoči v Sloveniji.

Peter Tarman je avtor knjige ali bolje letalskega albuma pilota Mirka Plehana (1914–1918). Knjiga je bila izdana v samozaložbi leta 2019. Na 192 straneh spoznamo pilota Mirka Plehana, njegovo odraščanje, šolanje, moštvo Flika 9, zračne zmage, prelet v Državo SHS. Še posebej pritegne množica fotografij krajev in letal ter podatkov, ki kažejo razmere v prvi svetovni vojni. Knjigo je težko izpustiti iz rok. Vsi, ki jih zanima zgodovina in še posebej letalska zgodovina, jo bodo vzeli v roke večkrat in se navduševali nad pogumom slovenskih letalcev prve svetovne vojne. Knjigo je mogoče kupiti na naslovu: peter.tarman@gmail.com. Revija Obramba je knjigo predstavila kot novost za ljubitelje letalskega branja (Revija Obramba, februar 2019, letnik 51).

SUZANNE K. KEARNS: FUNDAMENTALS OF INTERNATIONAL AVIATION



Lanskoletni knjižni sejem v Mladinski knjigi Frankfurt po Frankfurtu je bil za ljubitelje letalstva pravo razočaranje. Edina knjiga o letalstvu na policah sejma so bile Osnove mednarodnega letalstva avtorice Kearnsove, ki pa bo zadovoljila tudi najbolj zahtevne poznavalce mednarodnega letalstva.

Dr. Suzanne K. Kearns je izredna profesorica letalskega programa na Univerzi Waterloo v Kanadi. Je bivša pilotka letal in helikopterjev, ki je v preteklih 15 letih poučevala mnoge bodoče pilote.

Knjiga Osnove mednarodnega letalstva je razdeljena na 10 poglavij. Njena posebnost pa je, da se ne osredotoči na letalsko kariero v posamezni državi, ampak jo želi predstaviti globalno, kar lahko pomaga tako letalskim zakonodajalcem, letalskim inženirjem vzdrževalcem, odpravnikom letal, pilotom, kontrolorjem in letališkim menedžerjem.

Avtorica najprej spregovori o mednarodnem letalskem pravu. Tistemu, ki bo prebral prvo poglavje, zagotavlja, da bo lahko verodostojno razpravljati o izvoru letalstva in zgodovini nastanka mednarodne-

ga letalskega prava. Vedel bo, kako je potekala Čikaška konferenca leta 1944, podrobno bo spoznal tudi strukturo Mednarodne organizacije civilnega letalstva, ki je nastala kot rezultat te konference. Razlikoval bo med multilateralnimi, bilateralnimi in nacionalnimi ureditvami zakonodaje, identificiral različne mednarodne organizacije, ki vplivajo na urejanje mednarodne letalske zakonodaje, s pomočjo poznavanja mednarodnega letalskega prava pa bo lahko razpravljati tudi o primeru sestrelitve KAL007. Vsako poglavje ima v okvirčkih tudi različne poudarke, na primer: ali sta bila brata Wright res iznajditelja letalstva. Posebej pomembno se mi zdi, da avtorica vpeljuje tudi letalsko terminologijo. Mnogi novinarji, ki pišejo o letalstvu, bodo lahko ta del uporabili za pravilno in jasno izražanje v svojih člankih. Prvo poglavje prinaša tudi kratko in natančno razlago 19 prilog k Čikaški konvenciji (aneksi). Struktura ICAO je razložena in grafično prikazana tako, da bo razumljiva tudi nepoznavalcu. Poglavje se konča s poudarki, ki si jih je treba zapomniti, s seznamom akronimov, s praktičnim primerom in viri.

Na tak način avtorica obdela še poglavja o letalskih operacijah, navigaciji, letališčih, varovanju, okolju, nesrečah, varnosti in dronih. Osnove mednarodnega letalstva so več kot učbenik. Namenjene so vsem, ki sanjajo o tem, da bodo potovali skozi življenje z očmi, obrnjenimi v nebo. Zato preberite knjigo!

Zal.: Rutledge, Taylor & Francis Group, London, New York, 2018, ISBN 978-1-138-70897-6, 372 strani, 47,22 €.

MILIVOJ BOROŠA – VIHOR ŽIVOTA (VIHAR ŽIVLJENJA)

Avtor je v knjigi strnil dogodke iz svojega 85 let dolgega življenja. Rodil se je v številni družini daljnega leta 1920 v Zagrebu in kmalu je moral izbirati med igrivim otroštvom in skrbjo za veliko družino. V knjigi *Vihar življenja* je zapisal, da človeško življenje preteče kot vihar. Glede na večnost je samo trenutek, ki ga posameznik v večji ali manjši meri izkoristi ali zlorabi. V življenju je veliko poskusil in imel srečo. Kot mladenič se je iskal in mislil, da bo postal igralec. No koncu iskanja je spoznal, da je vojska njegovo usoda. Šolanje je začel kot gojenec Zrakoplovne podoficirske šole v Novem Sadu (1938), leta 1939 pa ga je nadaljeval kot gojenec Pomorsko-zrakoplovne šole v Divuljah pri Splitu. 6. aprila 1941 je na letališču Kumbor na črnogorski obali doživel napad nemških bombnikov, prešel je v letalske enote NDH, avgusta 1941 pa je odpotoval v Nemčijo in letel na Foke Wulfu 58 kot mehanik in izvidnik. Kot član Hrvatske bombarderske legije je bil z letalom Dornier 17 poslan na rusko fronto, vendar ni opravil zahtevane naloge, pač pa je z letalom pristal na svobodnem ruskem ozemlju pri mestu Tarasovo. Spoznal je notranjost zloglasnega zapor Lubjanka, kjer ga je zasliševal sam Berija Lavrentije Pavlovič, Stalina desna roka. Kasneje so ga premestili v še zloglasnejši zapor Butirka in še precej časa je poteklo, preden so njemu in njegovi posadki priznali junaško dejanje prebega iz nemške vojske na sovjetsko stran. Končno so ga leta 1944 ponovno poslali med letalce, na dodatno šolanje, po vojni se je z ženo Rusinjo vrnil v Zagreb in nadaljeval pilotsko kariero. Za Titov 58. rojstni dan je 17. maja 1950 opravil 75 padalskih skokov s padalom domače izdelave. Zato



je potreboval 15 ur, 45 minut in 55 sekund. Preživel je tudi resolucijo Informbiroja in se upokojil kot polkovnik Jugoslovanskega vojnega letalstva. Če bi lahko ponovno izbiral, kaj bi postal, je Milivoj Boroša dejal: »Pilot. Biti pilot je lepo in zanimivo.«¹

Milivoj Boroša je bil večkrat odlikovan. Za dolgo življenje pa pravi, da sta najpomembnejša razloga, da je vedno telovadil in bil 67 let srečno poročen.

Knjigo priporočam v branje!

Zal.: Savez antifašističnih boraca i antifašista Republike Hrvatske, tiskana izdaja nosi št. ISBN 978-953-7587-68-0, cena 12 €, 223 strani. V Sloveniji knjige ni mogoče dobiti. Mogoče pa si jo je izposoditi v Nacionalni i sveučilišni knjižnici v Zagrebu pod številko 891780.

¹ O Milivoju Boroši smo lahko prebrali kratek članek Milene Zupanič v reviji Kopilot, XI/2017, str. 13, ista avtorica pa je v Delu 11. septembra 2018 objavila intervju z Milivojem Borošo: Nikoli nisem pristal bolj mehko kot takrat, str. 8.–9.

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2019 - ASM '19

4. decembra 2019
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

aktualne novice o posvetu so na voljo na www.posvet-asm.si

© Ventil 25(2019)2. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
 © Ventil 25(2019)2. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Internet: <http://www.revija-ventil.si>
 E-mail: ventil@fs.uni-lj.si

ISSN 1318-7279
 UDK 62-82 + 62-85 + 62-31/-33 + 681.523 (497.12)

VENTIL Revija za fluidno tehniko, avtomatizacijo in mehatroniko
 Journal for Fluid Power, Automation and Mechatronics

Volume **Letnik** 25
 Year **Letnica** 2019
 Number **Številka** 2

Revija je skupno glasilo Slovenskega društva za fluidno tehniko in Fluidne tehnike pri Združenju kovinske industrije Gospodarske zbornice Slovenije. Izhaja šestkrat letno.

Ustanovitelj: SDFT in GZS – ZKI-FT
Izdajatelj: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Glavni in odgovorni urednik: prof. dr. Janez Tušek
Pomočnik urednika: mag. Anton Stušek
Tehnični urednik: Roman Putrih

Znanstveno-strokovni svet:

- ▶ prof. dr. Maja Atanasijević-Kunc, FE Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Ivan Bajsić, FS Ljubljana
- ▶ doc. dr. Andrej Bombač, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Peter Butala, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Alexander Czinki, Fachhochschule Aschaffenburg, ZR Nemčija
- ▶ doc. dr. Edvard Detiček, FS Maribor
- ▶ prof. dr. Janez Diaci, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Jože Duhovnik, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Niko Herakovič, FS Ljubljana
- ▶ mag. Franc Jeromen, GZS – ZKI-FT, je upokojen
- ▶ prof. dr. Roman Kamnik, FE Ljubljana
- ▶ prof. dr. Peter Kopacek, TU Dunaj, Avstrija
- ▶ mag. Milan Kopač, POCLAIN HYDRAULICS, Žiri
- ▶ prof. dr. Darko Lovrec, FS Maribor
- ▶ izr. prof. dr. Santiago T. Puente Méndez, University of Alicante, Španija
- ▶ doc. dr. Franc Majdič, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hubertus Murrenhoff, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ prof. dr. Gojko Nikolić, Univerza v Zagrebu, Hrvaška
- ▶ izr. prof. dr. Dragica Noe, FS Ljubljana
- ▶ dr. Jože Pezdirnik, FS Ljubljana
- ▶ Martin Pivk, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo, Škofja Loka
- ▶ prof. dr. Alojz Sluga, FS Ljubljana
- ▶ Janez Škrlec, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Poljskava
- ▶ prof. dr. Brane Širok, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Željko Šitum, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Hrvaška
- ▶ prof. dr. Janez Tušek, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hironao Yamada, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice in oglasov: Narobe Studio, d. o. o., Ljubljana
Lektoriranje: Marjeta Humar, Andrea Potočnik
Prelom in priprava za tisk: Grafex agencija | tiskarna
Tisk: Schwarz Print, d. o. o., Ljubljana
Marketing in distribucija: Roman Putrih

Naslov izdajatelja in uredništva: UL, Fakulteta za strojništvo – Uredništvo revije Ventil
 Aškerčeva 6, POB 394, 1000 Ljubljana
 Telefon: + (0) 1 4771-704
 Faks: + (0) 1 4771-772 in + (0) 1 2518-567

Naklada: 1.500 izvodov
Cena: 4,00 EUR – letna naročnina 24,00 EUR

Revijo sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS).
 Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.
 Na podlagi 25. člena Zakona o davku na dodano vrednost spada revija med izdelke, za katere se plačuje 9,5-odstotni davek na dodano vrednost.

ZANIMIVOSTI NA SPLETNIH STRANEH

- [1] **Nove spletne strani revije FLUID – www.fluid.de** – Nove spletne strani revije FLUID ponujajo najboljše informacije o fluidni tehniki. Kliknite na zgornji naslov in se prepričajte. Našli boste zanimive in koristne informacije od osnov, preko tehničnih lastnosti in tehnologije do vseobsežne uporabnosti hidravlike, pnevmatike, mehatronike in fascinantnosti sodobne fluidne tehnike. Spoznali boste izvedbe, delovanje in uporabnost fluidnotehničnih sestavin in naprav – od krmilnih ventilov in energijskih pretvornikov, načinov njihove izdelave, preskušanja in vzdrževanja do načinov in področij njihove uporabe ter zanimivih – tudi interdisciplinarnih – rešitev elektrohidravličnih in elektropnevmatičnih vprašanj pogona in krmiljenja sodobnih naprav, strojev in polstrojev.
- [2] **Pravilna montaža cevnih priključkov z zareznim obročkom – www.fluid.de/tipps...2019** – F. Blum, reduktor za industrijo 4.0 in robotiko pri reviji FLUID, v izdaji 52 (2019) 1 – str. 20, objavlja prispevek z naslovom: *Schneidringverbindungen richtig montieren*. Avtor v primeru ilustriranem članku v kratkih in jedrnatih stavkih navaja priporočila za pravilno montažo cevnih priključkov z zareznim obročkom:
1. **priprava:** pravilna izbira cevi, cevnega priključka, orodja in pribora,
 2. **žaganje,** razigljenje in čiščenje cevi,
 3. **predmontaža** in končna montaža: primež, orodje, označevanje, mazanja, pravilno pritezanje.
- Pozor!** Nevarnost »premontaže« – pretiranega pritezanja!

icm
VODAQUA
 WATER, SEWAGE & WASTE MANAGEMENT



01. - 03. 10. 2019
GR, Ljubljana, Slovenija
www.icm.si

INDUSTRIJSKI FORUM **IRT** 2019

NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

Predstavitev strokovnih prispevkov

Strokovna razstava | Aktualna okrogla miza

Podelitev priznanja TARAS

FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

Dogodek je namenjen predstavitvi dosežkov in novosti iz industrije, inovacij in inovativnih rešitev iz industrije in za industrijo, primerov prenosa znanja in izkušenj iz industrije v industrijo, uporabe novih zamisli, zasnov, metod tehnologij in orodij v industrijskem okolju, resničnega stanja v industriji ter njenih zahtev in potreb, uspešnih aplikativnih projektov raziskovalnih organizacij, inštitutov in univerz, izvedenih v industrijskem okolju, ter primerov prenosa uporabnega znanja iz znanstveno-raziskovalnega okolja v industrijo.

Portorož, 3. in 4. junij 2019



Priznanje TARAS za
najuspešnejše sodelovanje
znanstvenoraziskovalnega okolja
in gospodarstva na področju
inoviranja, razvoja in tehnologij.

www.forum-irt.si

Dogodek poteka pod častnim pokroviteljstvom predsednika Republike Slovenije Boruta Pahorja.

Glavni pokrovitelj



Nacionalni pokrovitelj



Pokrovitelji



INDUSTRIJSKI
FORUM **IRT**
forum-irt.si

Dodatne informacije: Industrijski forum IRT, Motnica 7 A, 1236 Trzin | tel.: 01 5800 884 | faks: 01 5800 803
e-pošta: info@forum-irt.si | www.forum-irt.si | Organizator dogodka: PROFIDTP, d. o. o., Gradišče VI 4, 1291 Škofjica
Organizacijski vodja dogodka: Darko Švetak, darko.svetak@forum-irt.si



FESTO



Takojšnje
spletno
naročilo



**Vi želite ugodno avtomatizirati?
Vi potrebujete kratke dobavne roke?
Mi pošljamo v svet hitro in v velikih količinah.**

**→ WE ARE THE ENGINEERS
OF PRODUCTIVITY.**

Prostorski čudež: najmanjše mini vodilo na trgu. A zelo velika v preciznosti, silah in zanesljivosti. Za maksimalno torzijsko trdnost so jarem in vodila iz enega kosa, senzorika in dušenje pa so integrirani. Kot del našega stalnega programa je DGST dobavljiv po privlačni ceni. www.festo.com/kernprogramm

Festo, d.o.o. Ljubljana
Blatnica 8
SI-1236 Trzin
Telefon: 01/ 530-21-00
Telefax: 01/ 530-21-25
Hot line: 031/766-947
sales_si@festo.com
www.festo.si