

NUMIP, d. o. o. -
25 let

Raziskovalne platforme
Fakultete za strojništvo
Ljubljana

Elektrohidravlični
rotacijski servo pogon

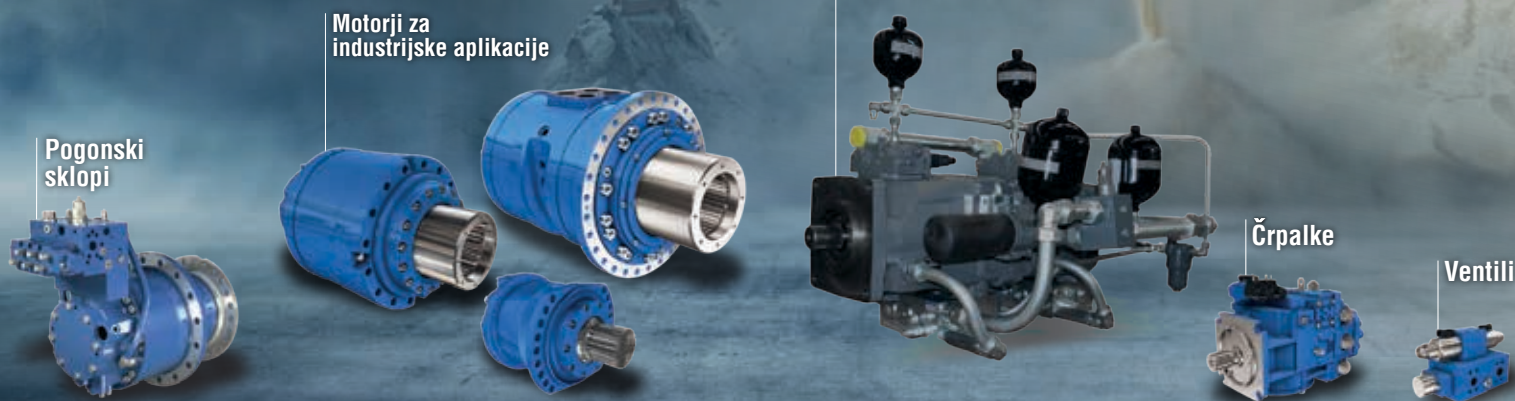
Smernice
na področju
hidravličnih olj



SISTEMSKE REŠITVE ZA INDUSTRIJSKE STROJE

*Celoviti hidravlični transmissijski pogoni:
predelava odpadna, lesna industrija, premogovništvo, ladijski vitli, elektrarne, tekoči trakovi ...*

OD PROJEKTIRANJA DO ZAGONA



Poclain Hydraulics d.o.o.
Industrijska ulica 2, 4226
Žiri, Slovenija
+386 (0)4 51 59 100



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



FESTO

POCLAIN
Hydraulics

OPL

IMP Armature
www.imp-ta.si

MIEL OMRON
www.miel.si

ppt commerce

Parker

SAMSON
www.gja.si

OMEGA
AIR

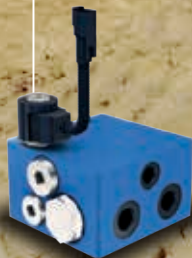
ŠIROK IZBOR VENTILOV ZA HIDRAVLIČNE POGONE VOZIL IN NJIHOVA HIDRAVLIČNA ORODJA



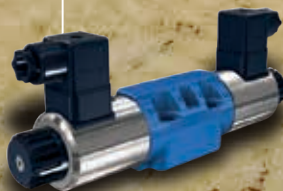
Izmenjevalni ventil



Ventil za hidravlično zaporo koles



4/3 Potni ventil



6/2 Potni ventil



ZASNOVANI IN PROIZVEDENI V SLOVENIJI



Poclain Hydraulics d.o.o.
Industrijska ulica 2, 4226
Žiri, Slovenija
+386 (0)4 51 59 100

www.poclain-hydraulics.com



EVROPSKI DENAR, NAMENJEN ZA GRADNJO NOVE FAKULTETE ZA STROJNIŠTVO, BODO PORABILI NEVLADNIKI?



Prejšnja slovenska vlada je v Bruslju izpogajala zavidljivo količino sredstev za infrastrukturo v naši državi. Financerja naj bi bila predvsem Evropski socialni sklad in Evropski sklad za regionalni razvoj. Glede na plan prejšnje vlade naj bi se iz teh sredstev financirala tudi gradnja nove Fakultete za strojništvo v Ljubljani. Po nekaterih informacijah v naših sredstvih obveščanja pa je nova vlada porabo teh sredstev preusmerila k drugim uporabnikom. Med temi naj bi bili največji prejemniki nevladne organizacije in med njimi Mirovni inštitut na Metelkovi. Torej se evropski denar ne bo porabil za gradnjo prepotrebne nove zgradbe za Fakulteto za strojništvo, ampak za neko »kvaziznanost« oziroma za »politiko«.

Če se bo to res zgodilo, bo to prava katastrofa, ki meji celo na kriminal, kar so nekateri javno izjavili že ob objavi prej zapisanih novic.

Fakulteta za strojništvo v Ljubljani ima več kot stoletno tradicijo. Res je, da je od ustanovitve univerze v Ljubljani pa do približno šestdesetega leta v prejšnjem stoletju delovala v okviru Tehniške fakultete, od takrat naprej pa kot samostojna fakulteta.

Ali si sploh lahko predstavljamo, kaj vse je ta fakulteta v svoji zgodovini dala Sloveniji in celotnemu svetu? To je skoraj nepredstavljivo. Koliko kadra od inženirjev do doktorjev znanosti, mednarodno priznanih profesorjev, preko neštetihih patentov, domačih ter mednarodnih projektov in industrijskih rešitev pa vse do periodičnih publikacij, knjig, zbornikov, priročnikov in podobno. To so rezultati Fakultete za strojništvo v Ljubljani, ki se odražajo v naši industriji in v gospodarstvu na sploh.

Na podlagi tega strokovnega in znanstvenega kadra, ki ga je izobrazila Fakulteta za strojništvo skozi zgodovino njenega delovanja, je danes slovenska strojna industrija v zelo dobri kondiciji, čeprav se mora stalno boriti za trg z vso svetovno konkurenco.

Kaj pa je neki Mirovni inštitut? Ustanova odpisanih in nesposobnih politikov in profesorjev, ki so že od ustanovitve pred 30. leti prisemani na javni denar. Glede na njihovo spletno stran je njihovo poslanstvo mirno reševanje konfliktov, enakost spolov, spoštovanje človekovih pravic. Pravijo, da si prizadevajo za odprto skupnost, sposobno kritičnega mišljenja in

utemeljeno na načelih enakosti, odgovornosti, solidarnosti, človekovih pravic in pravne države, da so zagovornik ranljivih skupin in si skupaj z njimi prizadevajo za odpravo diskriminacije. Inštitut razvija raziskovalno, izobraževalno in osveščevalno dejavnost. V Sloveniji je enakost spolov na mednarodnih lestvicah v samem svetovnem vrhu. Podobno velja za plačilo za enako delo za oba spola. Pri nas je razmerje med minimalno in povprečno plačo med najnižjimi na svetu. Slovenija je med najbolj socialnimi državami. Glede varnosti je Slovenija uvrščena v sam vrh svetovne lestvice. Podobno velja glede nasilja med državljani in nad njimi.

Ali glede na zapisano Slovenija res potrebuje tako ustanovo? Ali je ta Mirovni inštitut kaj prispeval k izboljšanju družbenih razmer, ki so njihovo poslanstvo? Prav gotovo ne veliko. Ali je ta Mirovni inštitut kaj prispeval k višjemu standardu ljudi v Sloveniji? Nič. Ali ta inštitut kaj prispeva k dvigu dodane vrednosti na zaposlenega v Sloveniji? Nič. Ali ta inštitut kaj prispeva k enakosti v Sloveniji? Nič. Ali smo zaradi obstoja tega inštituta v Sloveniji bolj osveščeni in s tem bolj srečni? Dvomim.

Kaj je ta inštitut v celotni zgodovini dal povprečnemu Slovcu? Prav gotovo nič. Dajal je le svojim članom in verjetno svojim politikom.

Kaj pa Fakulteta za strojništvo? Ne bom našteval klasične strojne industrije, ki brez kadra z omenjene fakultete ne bi obstajala. Brez inženirjev Fakultete za strojništvo ne bi bilo Pipistrel, Akrapovičev, Gorenja, BSH, Revoza itd. itd. Celo več: brez kadrov omenjene fakultete ne bi uspešno delovalo gradbeništvo, livarstvo, orodjarstvo in celo zavarovalnice, banke, bolnišnice itd. Kdo lahko oceni škodo na avtomobilu ob prometni nesreči, pri strojelomih v industriji ali kje drugje, če ne inženir strojništva? Kdo lahko oceni smiselnost kreditiranja nakupa industrijske opreme s strani bank, če ne strojnik? Kdo lahko ocenjuje ustreznost nakupa strojne opreme in vzdrževanja te opreme, na primer v Krki ali Leku, če ne inženir strojništva? Kdo je najbolj usposobljen za vodenje komunalnih podjetij, čistilnih, prezračevalnih ter klimatskih naprav v javnih in drugih zgradbah, vzdrževalnih del v bolnišnicah, domovih za ostarele itd.?

Če je Slovenija prva na svetu glede predelave aluminija na prebivalca, imajo zasluge za to tudi inženirji strojništva.

Zgoraj smo zapisali, da je Slovenija glede enakosti, varnosti, solidarnosti, socialne pravičnosti, pravic delavcev in vseh drugih družbenih področij zelo visoko v primerjavi z drugimi državami. Smo pa relativno nizko glede dodane vrednosti na zaposlenega v gospodarstvu in glede cene naših proizvodov na svetovnem trgu.

Ali je glede na zapisano še kakšen dvom, kaj nujno potrebujemo v Sloveniji oziroma v Ljubljani?

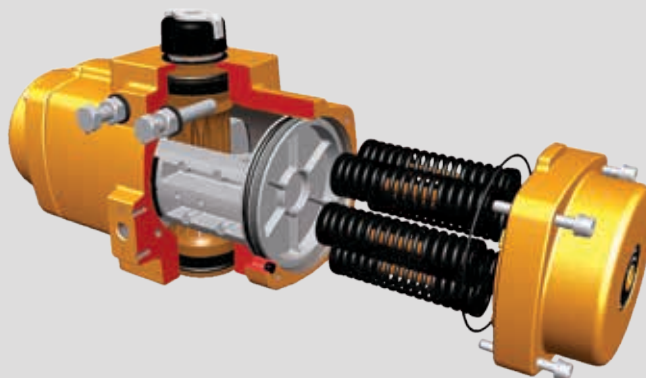
Janez Tušek




EMERSON[™]
 Process Management



EL Matic[™]



Field



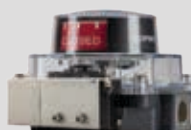
BETTIS[™]



 **BIFFI**



FISHER



Dantorque

HYTORK

Shafer

ppt commerce

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA
 PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

PPT commerce, d.o.o.
 Celovška cesta 334, 1210 Ljubljana – Šentvid
 tel. 01/ 514 23 54, fax 01/ 514 23 55, gsm 041 639 008
 e-mail: info@ppt-commerce.si
www.ppt-commerce.si

DOGODKI • POROČILA • VESTI	230
JUBILEJ	
NUMIP, d. o. o. – 25 let	234
PREDSTAVITEV	
Tanja Potočnik Mesarić	
S trajnostno energijo k minimalnemu ogljičnemu odtisu	238
Aljoša Masten	
Kako laser stiska vodo – kot tubo zobne kreme	240
NOVICE • ZANIMIVOSTI	244
ELEKTROHIDRAVLIČNI SERVOPOGON	
Mitja Kastrevc, Edvard Detiček	
Nelinearna regulacija hitrosti elektrohidravličnega rotacijskega servo pogona v pripravi	258
HIDRAVLIČNA OLJA	
Milan Kambič	
Sodobne smernice na področju hidravličnih olj	268
AKTUALNO IZ INDUSTRIJE	
Izjemno natančna dozirna glava VTOI (FESTO)	276
IMP-jev pametni hidrant (IMP Armature)	277
Električni linearni aktuator – Electrak® LL (INOTEH)	278
SUCO: Tlačna stikala in senzorji za rokovanje z vodikom (INOTEH)	279
Možnosti programiranja Yaskawa robotov (YASKAWA)	280
NOVOSTI NA TRGU	
Trpežnejši in natančnejši: pnevmatski vpenjalniki Eles+Ganter (ELESA+GANTER)	281
Pametni pnevmatski zaskočni sornik (ELESA+GANTER)	282
PODJETJA PREDSTAVLJAJO	
Visokotlačne črpalke URACA (HENNLICH)	284
Sušilniki alternativnih pogonskih goriv in njihovih stranskih produktov (OMEGA AIR)	288
LITERATURA • STANDARDI • PRIPOROČILA	
Merinda	287

INDUSTRIJA 4.0 – PREDVIDLJIVOST

V četrtek, 9. 6., je v podjetju ETI Elektroelement d. o. o. potekal SRIP ToP dogodek z naslovom Industrija 4.0 – *Predvidljivost*.



Udeleženci dogodka Industrija 4.0 – Predvidljivost

V osrednjem delu predavanj je dr. Hugo Zupan iz podjetja DIGITEH d. o. o. predstavil, kako ključna je predvidljivost na poti do pametnih tovarn, ki morajo temeljiti na uporabi digitalnih dvojčkov in umetne inteligence.

Mag. Mitja Koprivšek iz podjetja ETI Elektroelement d. o. o. je prikazal delovanje podjetja skozi zgodovino in njihove strateške priprave na nove izzive. Gregor Ceglar je na konkretnih primerih predstavil nove avtomatizirane linije, ki že sedaj transparentno zbirajo podatke, ki jih planirajo nagraditi s sistemi za napovedovanje.

Udeleženci so imeli tudi priložnost za sprehod skozi samo proizvodnjo, kar je še dodatno poglobilo razumevanje prikaza predstavljenih primerov v dopoldanskem delu predstavitve podjetja.

V popoldanskem delu dogodka so še tri podjetja predstavila svoje dobre prakse s področja predvidljivosti.

Iz podjetja Danfoss Trata d. o. o. sta Luka Lenart in Martin Štular predstavila, kako so s simulacijami dokazali, da je mogoče povečati učinkovitost logističnega sistema in zmanjšati število potrebnih delavcev za ustrezno obratovanje z implementacijo sistema MINILOAD za zabojnike in predelavo hodnika visokoregalnega paletnega skladišča.

Marko Mandelj iz podjetja Kolektor Sisteh d. o. o. je prikazal, kako doseči operativno odličnost proizvodnih procesov z uvedbo lastne rešitve Sinapro za avtomatsko upravljanje proizvodnje v pametnih tovarnah.

V zaključku dogodka je Jaka Leban iz Hidrie d. o. o. predstavil praktičen primer implementacije sledljivosti pri proizvodnji ogrevalnih svečk s senzorjem tlaka z uporabo strojnega učenja, ki odloča, ali je izdelek ustrezen, z napovedovanjem vzdrževanja orodij in potrebne kalibracije ogrevalnih svečk.



Primer avtomatizirane proizvodnje v ETI Elektroelement, d. o. o.

Dogodek so organizirali grozd Pametne tovarne (SRIP Tovarne prihodnosti), ki deluje v okviru Zbornice elektronske in elektroindustrije na GZS, ETI

Elektroelement d. o. o. in Zasavska gospodarska zbornica.

Rok Živec, rok.zivec@gzs.si



E-pošta
LJ: info@podjetje-trg.si
MB: trg-mb@podjetje-trg.si



Telefon
LJ: 01 500 14 40
MB: 02 320 20 00

Lokacije
LJ: Celovška cesta 150, 1000 Ljubljana
MB: Tržaška cesta 65, 2000 Maribor



PNEUMAX

PNEVMATIKA



OBIŠČITE NAŠO NOVO SPLETNO TRGOVINO PNEVMATIKE
WWW.HPC-TRG.SI

VSEM NOVIM ČLANOM
20% POPUST



DIPLOMATIC OLEODINAMICA

HIDRAVLIKA



TRICOFLEX®

CEVNA TEHNIKA



14. POSVETOVANJE O TRIBOLOGIJ, MAZIVIH IN ZELENIH TEHNOLOGIJAH SLOTRIB 2022

V organizaciji Slovenskega društva za tribologijo je v torek, 7. junija, v Portorožu potekalo že 14. posvetovanje o tribologiji, mazivih in zelenih tehnologijah SLOTRIB 2022, ki že od leta 1994 naprej tradicionalno poteka na vsaki dve leti. Letošnje posvetovanje je po štiriletnem premoru, ki ga je krojila epidemija covid-19, prvič potekalo skupaj z industrijskim forumom IRT.



Konferenco je z vabljenim predavanjem odprl zaslužni profesor dr. Jože Vižintin

Posvetovanje je z vabljenim predavanjem odprl ustanovitelj Slovenskega društva za tribologijo, njegov častni član in pobudnik posvetovanja Slotrib zaslužni profesor dr. Jože Vižintin, ki je predstavil širši pogled na stanje inovacij v Sloveniji, trenutne težave in prihajajoče izzive, na katere bo potrebno odgovoriti, če želimo v slovenski industriji dvigniti dodano vrednost.

Širši pogled na vedno bolj aktualno problematiko vpliva industrije in novih rešitev na okolje je v nadaljevanju podal doc. dr. Mitja Mori s Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani, ki je poudaril pomen celostnega vrednotenja okoljskih vplivov skozi celotno življenjsko dobo nekega izdelka.

Sklop vabljenih predavanj sta zaključila dr. Milan Kambič iz podjetja OLMA, d. o. o., ki je na konkretnem primeru iz prakse pokazal, kako lahko z uporabo vrhunskega hidravličnega olja znižamo stroške, in dr. Aljaž Pogačnik s prikazom optimizacije plastičnih zobnikov, za katere je kot zanimivost navedel, da danes v osebnih avtomobilih že prevladujejo nad klasičnimi kovinskimi.

V nadaljevanju konference so se zvrstila še druga zanimiva predavanja, ki so pokrivala raznolika področja, in sicer od konvencionalnih izdelovalnih tehnologij, kot je štancanje, do vedno bolj aktualnih 3D-tiskanih izdelkov in uporabe polimernih materialov za različne aplikacije, kot so na primer plastični zobniki.



Nagovor predsednika Slovenskega društva za tribologijo prof. dr. Mitjana Kalina



Prikaz 3D tiskanega hidravličnega ventila

Organizatorji smo veseli pozitivnega odziva udeležencev konference, ki so dobro sprejeli skupno organizacijo s forumom IRT, zato se že veselimo

skupnega nadaljevanja in okroglega 15. posvetovanja v letu 2024.

Dr. Marko Polajnar
UL, Fakulteta za strojništvo

NUMIP, D. O. O. – 25 LET

Numip, d. o. o., eno od uspešnejših sodobnih podjetij na področju klasičnega in energetskega strojništva pri nas in celo v osrednjem delu Evrope, praznuje 25 let delovanja. Lahko zapišem, da je to tudi mehatronsko podjetje, ki proizvaja zahtevne nove proizvode in opravlja zelo zahtevne in unikatne storitve. Najbolj so aktivni na področju farmacije in nuklearne energije, kar je v tem času pri nas in tudi v svetu izjemnega pomena. Velika verjetnost je, da bo Slovenija morala, podobno kot druge države v Evropi in tudi drugje, svojo energetske preskrbo zadovoljevati prav iz nuklearne energije. Prav zato so znanja na tem področju, ki pa jih Numip in njegovi zaposleni imajo, izjemno pomembna. Pogovarjali smo se z direktorjem podjetja g. Tinetom Ogorevcem.



Tine Ogorevc, direktor Numipa in Darko Gorišek, direktor Posavske gospodarske zbornice Krško ob podelitvi jubilejnega priznanja Numipu, na praznovanju 25 letnice v Kulturnem domu Krško

Ventil: Prosim, da na kratko predstavite vaše podjetje, njegovo zgodovino, dejavnost, število zaposlenih, vaše trge, kupce in podobno.

Tine Ogorevc: Začetki Numipa v letu 1996 so povezani z našim hčerinskim podjetjem Q Techna in opravljanjem storitev vzdrževanja in montaže v primarnem delu našega najpomembnejšega energetskega objekta – NEK. Leta 2005 smo to dejavnost začeli širiti še na tuje trge. Leta 2001 smo se na osnovi izkušenj, sistema kakovosti, varnosti in

kompetentnosti z jedrskega področja usmerili še na področje farmacije. Danes so naše stranke večinoma jedrske elektrarne, farmacevtska podjetja in podjetja v procesni industriji. Letos bomo na področju kadrov prvič v zgodovini presegli število 100 zaposlenih, kjer pa dajemo tudi velik poudarek na razvoj kompetenc in znanja.

Ventil: Dejavnost vašega podjetja je povezana predvsem z vzdrževanjem v zahtevnih energetskih objektih. Še posebej ste usposobljeni za delo



Numip je 25-letnico delovanja zaokrožil s koncertom Big Banda Krško in pevko Tadejo Molan

v jedrskih elektrarnah in farmacevtskih podjetjih. Verjetno imate za ta dela usposobljeno osebje, od več pooblaščenih institucij akreditirane postopke in verificirano opremo. Prosim pojasnite, katere postopke, opremo, osebje imate akreditirane in od katerih institucij (domačih in tujih)?

Tine Ogorevc: Storitve vzdrževanja predstavljajo danes manjši del naše ponudbe kot nekoč. Veliko delamo na novih instalacijah in na nadgradnjah obstoječih sistemov, tako na jedrskem področju kot v farmaciji. Letos smo zagnali tudi proizvodnjo tlačnih posod, predvsem za potrebe farmacije. Seveda potrebujemo za uspešno izvedbo najzahtevnejših tehnoloških projektov ustrezno usposobljeno osebje, ki pa ga zaradi specifičnosti področij delovanja v večji meri usposablamo in razvijamo sami.

Ventil: *Živimo v kriznih časih, preživeli smo pandemijo in smo skoraj v vojni. Kako je vaše podjetje preživelo ta čas in kako je trenutno?*

Tine Ogorevc: V podjetju Numip, d. o. o., smo kot eden izmed ključnih izvajalcev v pomembnih energetskih objektih, na področju farmacije in procesne industrije v prvi vrsti morali sprejeti vrsto ukrepov za obvladovanje okužbe s korona virusom na delovnem mestu. Zaposlene na terenu smo opremili z ustrezno zaščitno opremo ter jih usposobili za ustrezno zaščitno delovanje. Zakonske ukre-

pe smo v podjetje praviloma implementirali v še strožji obliki. Tako smo ohranili zdravo in varno delovno mesto, kar pa seveda v praksi pomeni prilagajanje časovnih ter ostalih spremenljivk, ki so na projektih odvisne od človeškega faktorja. Delovni proces smo prilagodili v več točkah: od izmeničnega dela, dela od doma, dela v ločenih skupinah do podpore in pomoči delavcem, ki so se zaradi različnih dejavnikov znašli v stiski (prehajanje meja, okužbe v ožjem družinskem krogu, ne nazadnje tudi pomanjkanje socialnih stikov). Situacijo smo dobro obvladali, izpolnili vsa pričakovanja strank ter poslovni leti 2020 in 2021 končali v skladu s cilji.

Ventil: *Razmere na trgu so zapletene in zahtevne. Samo slovenski trg je za vsako uspešno podjetje premajhno. Kje so vaši trgi in kupci? Ali ste prisotni tudi v tujini?*

Tine Ogorevc: Seveda. Možnosti za rast in razvoj podjetja, ki podpira lokalno elektrarno z zgolj enim jedrskim reaktorjem, kot je to primer pri nas, so seveda zelo omejene. Zato smo se bili, kot sem že omenil, relativno zgodaj primorani usmeriti tudi na tuje trge. Danes poleg Slovenije delujemo še na naslednjih tujih trgih: ZDA, Švica, Belgija, Grčija, ZAE, Španija, Nizozemska in p. Rast podjetja bo v prihodnje vsekakor temeljila na razvoju poslovanja v tujini.



Glasbeno kulinarično praznovanje je Numip izvedel v lokalnem okolju (Kulturni dom Krško), z lokalnimi izvajalci (Big Band Krško, Gostilna Kunst), saj verjame, da je vračanje v okolje tudi del trajnostnega razvoja. Na dogodku se je zbralo več kot 150 zaposlenih, poslovnih partnerjev in strank

Ventil: V Sloveniji je poznano, da je sodelovanje med univerzitetno sfero in industrijo zelo skromno. Kakšno je vaše sodelovanje z univerzitetnimi in drugimi našimi raziskovalnimi institucijami?

Tine Ogorevc: V našem podjetju vseskozi razvijamo povezovanje z izobraževalnimi institucijami naše panoge. Če le gre, skupaj sodelujemo na razvojnih projektih. Pred kratkim smo gostili študente Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani in tudi sicer sodelujemo z lokalnimi izobraževalnimi institucijami in nudimo možnost opravljanja delovnih praks, diplomskih del ter štipendije. V preteklih letih smo sodelovali že s preko 150 študenti. Naše izkušnje so dobre in si tudi v prihodnje želimo čim več povezovanja z obeh strani.

Ventil: Ali lahko na kratko opišete vaš strokovni in tehnični kader? Koliko inženirjev s tehničnega področja je zaposlenih v vašem podjetju in koliko ste jih zaposlili v zadnjem letu? Ali imate zaposlene doktorje znanosti? Ali vam v tem času primanjkuje strokovnega kadra?

Tine Ogorevc: Nekaj več kot 30 % zaposlenih ima izobrazbo 6. ali višje stopnje tehničnega področja. Od začetka letošnjega leta smo zaposlili 6 sodelav-

cev na takšni poziciji. Imamo dva doktorja znanosti. Kontinuirana rast števila zaposlenih je sicer velik izziv, saj so naša delovna mesta specifična in zahtevajo znanje in izkušnje iz jedrske industrije, farmacije in procesne industrije. Poleg iskanja ustreznih kandidatov v Sloveniji smo se začeli obračati tudi na tujino. Veliko ljudi se na nas obrača tudi samih preko referenc, ki jih ustvarjamo z delovnim okoljem. Vseskozi pa vlagamo tudi v razvoj kompetenc zaposlenih z dodatnim usposabljanjem in izobraževanjem, z internim prenosom znanja in mentorstva. Torej je naša politika zaposlovanja poleg iskanja novih ustreznih kompetentnih kandidatov tudi kontinuiran razvoj naših sodelavcev.

Ventil: Številne razvite države v svetu, evropska skupnost in tudi Slovenija namenjajo kar nekaj denarja za raziskave in razvoj oziroma za sofinanciranje raziskovalnih in razvojnih projektov. Ali se vaše podjetje prijavlja na javne razpise za raziskovalne projekte, kako je na tem področju uspešno in kaj vi menite o takšnem načinu sofinanciranja raziskovalno-razvojnega dela?

Tine Ogorevc: Tudi s tem imamo že nekaj izkušenj in smo v preteklosti uspeli pridobiti sredstva za sofinanciranje naših R&R-projektov. Verjamemo,

da je na srednji rok vlaganje v raziskave in razvoj eden od temeljev vzpostavitve oziroma ohranjanja konkurenčne prednosti podjetja, in želim si, da bi bila Slovenija v prihodnje še uspešnejša pri črpanju teh sredstev, še pomembneje pa je, da tako država kot slovenska podjetja vedo, v kaj želijo in morajo vlagati, da bodo na dolgi rok uspešnejša od konkurence.

Ventil: *Glede na to, da ste močno vključeni v energetska področja, nas zanima vaše mnenje glede razvoja energentov v Sloveniji in v svetu. Kateri način pridobivanja električne energije bi bil v bodoče za Slovenijo najprimernejši.*

Tine Ogorevc: Kot energetik sem mnenja, da je obstoječa energetska mešanica v Sloveniji ustrezna, celo zelo dobra. Tudi v prihodnje ne bomo govorili o najprimernejšem viru, ampak o ustre-

zni mešanici virov. Veliko ljudi se sicer ne zaveda, vendar imamo v Sloveniji velik privilegij, da se lahko odločamo tudi za jedrsko opcijo proizvodnje električne energije. Ta nam lahko bistveno olajša prehod na zelene vire energije. Sem se poleg sončne, vetrne, vodne energije in vodika uvršča tudi jedrska energija. Cilj je seveda trajnostna in zanesljiva oskrba z električno energijo, ki po mojem mnenju bolj kot kdaj koli prej predstavlja ključni element konkurenčnosti in suverenosti neke družbe.

V imenu uredništva Ventil hvala, gospod direktor, za vaše odgovore. Vam in vašemu podjetju želimo veliko uspehov tudi v prihodnje.

Prof. dr. Janez Tušek
Uredništvo revije Ventil
UL, Fakulteta za strojništvo



25 LET ZANESLJIVIH REŠITEV DOMA IN PO SVETU.

✓ INŽENIRING ✓ MONTAŽA ✓ VZDRŽEVANJE

Jedrska, farmacevtska, energetska
in procesna industrija.

📍 Numip d.o.o. | Ljubljana / Krško

🌐 www.numip.si | info@numip.si



S TRAJNOSTNO ENERGIJO K MINIMALNEMU OGLJIČNEMU ODTISU

Tanja Potočnik Mesarić

Prihodnost je v čisti, cenovno dostopni in varni oskrbi z energijo, ki gre z roko v roki s čistim okoljem. Ti cilji zahtevajo inovativne rešitve za vpeljavo obnovljivih virov energije, višjo energijsko učinkovitost in interoperabilne energetske sisteme z minimalnim odtisom v življenjskem ciklu in okoljsko nevidnim delovanjem tako na ravni gospodarstev kot tudi podjetij.

WELCOME TO THE FUTURE

Sustainable Energy

- Energy production with minimal environmental footprint
- Stable and secure energy distribution and storage within decentralized energy systems
- Smart and adaptable energy utilization across all sectors (heating, cooling, industrial processes, buildings)

Contact us to get your challenges solved!
www.fs.uni-lj.si rr@fs.uni-lj.si

Follow us on

University of Ljubljana
 Faculty of Mechanical Engineering

Raziskovalna platforma *Trajnostna energija*

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani¹ se tega zavedamo, zato smo oblikovali in kot drugo

Dr. Tanja Potočnik Mesarić, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

predstavljamo t. i. *raziskovalno platformo Trajnostna energija*², s katero naslavljamo izzive potencialnih partnerjev iz industrije in akademskega okolja. Potencialnim partnerjem ponujamo vrhunska in specializirana znanja ter raziskovalno opremo s področja trajnostne energije, o čemer priča kar 29 mednarodnih (Horizon 2020, Horizon Europe), 21

¹ Univerza v Ljubljani, katere del je tudi Fakulteta za strojništvo, je osrednja, najstarejša in največja visokošolska ter znanstvenoraziskovalna ustanova v Sloveniji s kar tridesetimi odstotki vseh registriranih raziskovalcev (po podatkih baze SICRIS). Univerza se uvršča med najboljše univerze na svetu po različnih rangirnih lestvicah (vir: UL).

² Druge platforme so še Tovarne prihodnosti, Zdravje ter Zelena in varna mobilnost.

Factories of the Future

Health

Sustainable Energy

Green and Safe Mobility

University of Ljubljana
Faculty of Mechanical Engineering

Contact us to get your challenges solved!
www.fs.uni-lj.si rr@fs.uni-lj.si
 Follow us on

nacionalnih (Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije) ter 26 industrijskih raziskovalnih projektov v zadnjih petih letih, ki jih uspešno obvladuje 74 strokovnjakov.

Naše kompetence imajo tri stebre:

- ▶ **proizvodnja energije z minimalnim okoljskim odtisom,**
- ▶ **stabilna in varna distribucija ter shranjevanje energije** za doseganje decentraliziranih energetskih sistemov ter
- ▶ **pametna in prilagodljiva raba energije** v vseh sektorjih družbe.

Vsi stebri platforme so tesno prepleteni in z njimi nenehno ustvarjajo inovativne rešitve za večje in specializirane aplikacije po meri partnerjev.

Specializirani smo za:

- ▶ **tehnologije in procese za trajnostno proizvodnjo energije z visokim deležem iz obnovljivih virov.** Osredotočamo se na nastajajoče tehnologije jedrske fuzije s komponentami, ki temeljijo na plazmi, dopolnjujemo pa jih s polprevodniškim nabiranjem energije in solarnimi toplotnimi ter solarnimi PVT-sistemi. Na podlagi uveljavljenih tehnologij razvijamo okolju nevidne napredne koncepte zgorevanja z uporabo nizkoogljivičnih obnovljivih goriv, naprednih fleksibilnih hidroenergetskih sistemov in poligeneracijskih

sistemov v kombinaciji s termo-kemičnimi procesi pretvorbe za pametno proizvodnjo energetskih nosilcev. Ponosni smo na raziskave in razvoj novih okolju prijaznih in energetsko učinkovitih tehnologij za hlajenje, klimatizacijo in toplotne črpalke;

- ▶ **trajnostne večenergetske sisteme, ki podpirajo zgradbe, mesta in regije.** Z namenom vzpostavitve prožnih večenergetskih sistemov prepletamo procese proizvodnje energije z razvojem, optimizacijo in načrtovanjem ogrevalnih, hladilnih in plinskih omrežij z visokim deležem obnovljivih virov energije;
- ▶ **nove pristope k učinkoviti rabi energije in ponovni uporabi toplote in snovi, ki jo podpirajo digitalna orodja.** V kontekstu porabe energije se osredotočamo na ničenergijske in energetsko pozitivne trajnostne stavbe s pametnimi tehnologijami in napravami ter energetsko učinkovitimi strukturami in možnostmi ogrevanja.

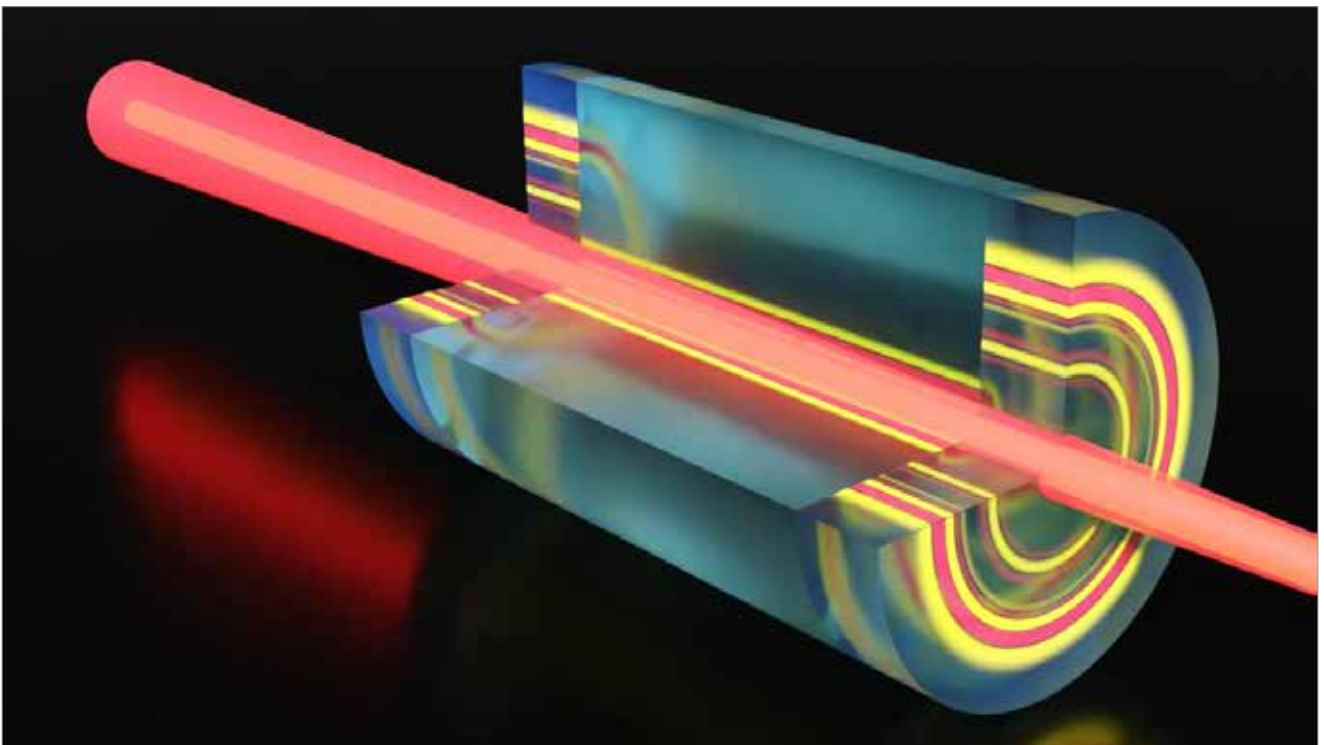
Če se tudi vi srečujete z izzivi na poti v brezogljivično družbo, nas kontaktirajte na rr@fs.uni-lj.si – pomagali vam bomo!



KAKO LASER STISKA VODO – KOT TUBO ZOBNE KREME

Aljoša Masten

Mednarodna znanstvena skupina, v kateri sodeluje tudi slovenski znanstvenik, je naredila korak naprej pri razumevanju interakcije med svetlobo in snovjo. Z laserjem so posvetili v vodo in izmerili, kako svetloba stiska kapljevino proti osi žarka.



Ponazoritev laserskega žarka na poti skozi vodo in povzročeni valov (Foto: Mikko Partanen in Nelson G. C. Astrath)

»Raziskovanje je lahko dolgotrajen proces, zato se čustva pričakovanj nabirajo počasi, udarijo pa takrat, ko slutiš, da bo tokrat res uspelo. Vse je pripravljeno, pomenljivo se spogledaš s kolegom, poženeš eksperiment, prikaže se signal, v njem tisto, kar že leta iščeš, in rečeš: to bo to,« je čustveni del nove raziskave opisal Tomaž Požar z ljubljanske strojne fakultete.

Požar je del mednarodne raziskovalne skupine, ki želi razumeti interakcijo svetlobe s snovjo. Pred štiri leti so prvi izmerili, kako svetloba pri odboju od zrcala sproži elastične valove in s tem snov stresa.

Aljoša Masten, Multimedijski center RTV Slovenija (MMC)

Odtlej so iskali način, kako delo nadgraditi. In kot kaže, so ga našli. Izmerili so, kako laserski žarek pri potovanju skozi vodo sproži pojav elektrostrikcije, ki tekočino stisne, kot bi poskušali iz tube iztisniti zobno kremo, in pri tem izločili druge moteče vplive. Poleg tega so napisali sistem enačb, formalizem, ki izmerjeni pojav ter druge pojave, ki jih povzroči svetloba v stiku s snovjo, po njihovih trditvah opiše bolje kot prejšnje enačbe. Gre za eksperiment s področja bazične znanosti. »Usedli smo se, poračunali in potem smo se vprašali ... Uh, kako to predstaviti javnosti?«

Pa poskusimo. Problem, ki ga rešujejo, izhaja iz 19. stoletja in še vedno ni v celoti razrešen.

Davnega leta 1873 je fizik James Clerk Maxwell zapisal svoje slavne enačbe elektrodinamike. Opisal

Mednarodno raziskavo je vodil Nelson Astrath iz Brazilije. Sodelovali so znanstveniki iz Finske, Norveške, Slovenije, Švice in ZDA. Članek je objavljen v reviji *Light: Science & Applications - Nature*.

je povezave med električnim in magnetnim poljem, kako se ustvarjata in izničita, kako se pretakata med seboj. »*Maxwellove enačbe nič ne govorijo, kako bo svetloba delovala na snov. Ko začneš govoriti o tem, vpelješ sile,*« je pojasnil Požar. Opis teh sil tako tedaj kot danes še vedno ni popolnoma dorečen.

Maxwell je napovedal, da mora svetloba imeti gibalno količino in torej pritiskati na snov. To je 30 let pozneje, leta 1899, eksperimentalno potrdil ruski fizik Peter Lebedjev. V iskanju splošne teorije sklopitve med elektromagnetnim poljem in snovjo, ki ne opisuje samo svetlobnega tlaka, so teoretiki zapisali številne različice in vsak je verjel, da je njegova prava. Te različice se imenujejo formalizmi. So izpeljanke, domneve, kako s sistemom enačb teoretično opisati delovanje električnega in magnetnega polja na snov ob upoštevanju vseh drugih dokazano veljavnih fizikalnih zakonitosti.

Eden izmed trših orehov je bilo vprašanje o longitudinalnih silah, ki povzročajo svetlobni tlak in s katerimi je neposredno povezan prenos gibalne količine na dielektrični medij, ali poenostavljeno: na neprevodnik. Recimo: zelo čisto vodo. To ni bila zgolj uganka v slonokoščenenem stolpu. Razvila se je v razvpito javno razpravo dveh nemških znanstvenih avtoritet, Hermann Minkowskega in Maxa Abrahama. Vsak je zapisal svojo različico enačbe in jo srdito zagovarjal, kar je pripeljalo do t. i. polemike Abraham-Minkowski. Ker se je tedaj porajala tudi kvantna teorija, so lonček pristavile avtoritete, kot sta Albert Einstein in Jakob Laub. Veliko zvenečih imen. Toda razprava še kar traja. Zmagovalec še dandanes ni popolnoma znan. Razlog?



Svetloba je valovanje električnega in magnetnega polja, njegovi nosilci so osnovni delci fotoni. (Vir: <https://www.ck12.org/book/ck-12-chemistry-second-edition/r18/section/6.1/>)

Vsako teorijo, vsak formalizem je treba pretresti s poskusom. Z mnogimi poskusi. Eksperiment je tisti, ki loči seme od plev. In v tem primeru je bilo – in še vedno je – stvari precej težko izmeriti.

Marsikaj je seveda že znanega. Svetloba oziroma njeni delci, fotoni, pritiskajo. To je že dolgo dokazano. Zato denimo načrtujejo vesoljska plovila, ki jih bodo gnali laserski žarki z Zemlje. Znano je tudi, da svetenje na vodno gladino na mestu njevga vstopa ali izstopa povzroči izboklino. To je prvi pokazal Arthur Ashkin, ki je kot 96-letnik dobil Nobelovo nagrado za odkritje optične pasti, ki je pozneje vodilo do optične pincete, zdaj nepogrešljivega orodja za mikromanipulacijo drobnih delcev. Svetloba lahko snov greje (preko absorpcije). Lahko tudi spreminja kemično sestavo tarče. Zadnji pomemben učinek je povezan z dvojno naravo svetlobe. Svetloba je hkrati delec, foton, in elektromagnetno valovanje. Potovanje svetlobe si lahko zamislimo kot gibanje delca, fotona, ali kot motnjo v elektromagnetnem polju. In ker je snov sestavljena iz nabitih delcev, svetloba nanjo vpliva preko interakcije električnega in magnetnega polja z nabitimi gradniki snovi.

Abraham in Minkowski sta skušala odgovoriti na vprašanje, kako svetloba vpliva na dielektrično snov. Dielektrik je – poenostavljeno povedano – neprevodnik, ki je, v nasprotju s kovinami, izolator. Je material, ki se v električnem polju polarizira, kar pomeni, da se znotraj njega prerazporedi električni naboj, a ne odteče. Ima pa še eno zanimivo lastnost. V električnem polju se tudi poveča ali skrči, saj pride zaradi prerazporeditve naboja tudi do dimenzijskih sprememb. Sicer se prostornina izjemno malo spremeni, a v fiziki je to pomembno. Pojav se imenuje elektrostrikcija.

Mednarodna raziskovalna skupina je želela izmeriti, kako točno elektrostrikcija poteka in kakšne so sile. Kar štiri leta je iskala pot in snovala eksperiment, ki bi (dovolj) utišal vse druge učinke in izpostavil zgolj ta pojav.

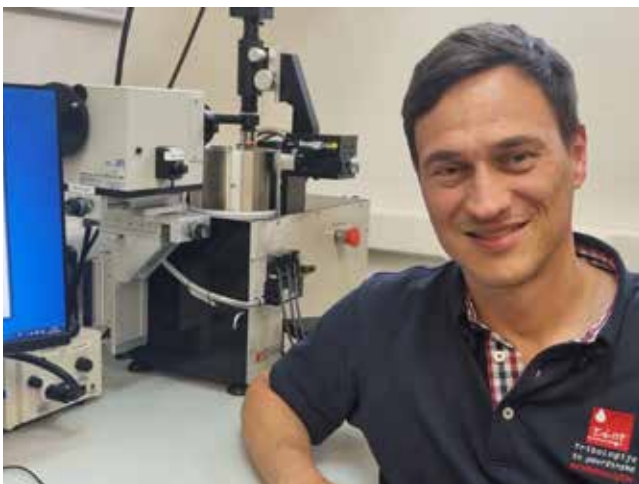


Raziskavo je finančno podprla Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) v programu P2-0231. (Foto: TV Slovenija)

Kako je bil videti ta eksperiment? Zelo grobo: v posodo so nalili vodo in skožno posvetili s kratkotrajnim laserskim žarkom visoke energije. Pa podrobneje: za utišanje neželenih učinkov so morali postoriti še marsikaj. Uporabili so izjemno čisto vodo, da se je čim manj segrela; nečistoče bi namreč absorbirale dodatno energijo. Nadalje so uporabili specifično zeleno barvo laserskega žarka pri 532 nanometrih, ki zlahka prehaja skozi vodo. Primer: moč infrardečega laserskega žarka pri 1064 nanometrih se prepolovi že po petih centimetrih, žarka pri 532 nanometrih pa se razpolovi šele po štirinajstih metrih potovanja skozi vodo. Izkoristili so tudi zanimivo lastnost vode: da je najgostejša pri štirih stopinjah Celzija. Pri tej temperaturi se ob segretju ne širi in ne oddaja termoelastičnih valov. Kako pa so odpravili izboklino na površju? Posodo so tesno zaprli z vseh strani. Tako so ustvarili »tubo zobne kreme« in jo zaprli. S tem so lahko opazovali zgolj sile v notranjosti med stiskanjem.

Ker je žarek svetil zgolj 9 nanosekund, je bila vršna moč zelo visoka. V tistem trenutku je bila »podobna sončni elektrarni s površino 1000 kvadratnih metrov, kar pa ni pri bahanju z močjo laserskih bliskov nič posebnega,« je pojasnil Požar. »A vseeno se v tako močnih električnih poljih molekule malo raztegnejo, hkrati pa se prerazporedijo tudi naboji. V našem primeru so se vodne molekule razporedile tako, da so se malenkost skrčile proti osi laserskega žarka.« Zgodila se je elektrostrikcija. Svetloba je začela pritiskati vodo proti osi laserskega žarka, navznoter, kot bi z roko zaobjel tubo paste in jo stisnil. In ko je laser ugasnil, se je pritisk sprostil in razposlal akustični val navzven s hitrostjo 1500 metrov na sekundo. Kako so ga zaznali? Z metodo fotoinduciranega lečenja, to je, z opazovanjem odklona precej šibkejše dodatne rdeče laserske svetlobe, ki je nenehno svetila vzdolž smeri vzbujevalnega žarka.

Tako so natančno izmerili učinek elektrostrikcije in minimizirali vse druge.



Tomaž Požar (Foto: osebni arhiv)

Nato so podatke vnesli v zgoraj omenjene formalizme in tako eksperimentalno preverili, kateri držijo. Ugotovili so: če se upoštevajo vse sile – na površini in znotraj snovi, dajo vse dozdejšnje enačbe pravilne rezultate, ki se ujemajo z meritvami. »Če pa notranje in zunanje sile ločiš, potem se stvari razpletejo, napovedi se ločijo,« je razlagal Požar. Izide eksperimenta je pravilno opisal samo Einstein-Laubov formalizem. »Vendar za Einstein-Lauba že vemo, da ni v redu, ker za magnetne snovi zagotovo ni ustrezen, saj namreč nima člena, ki bi opisoval magnetostrukturo, in nemogoče je, da jo bo potem pravilno opisal.« Tako sta formalizma, ki sta ju uvedla zgoraj omenjena Abraham ter Minkowski, spodletela. »Mi zdaj vemo, zakaj od teh dveh noben ni imel prav. Ne eden ne drugi namreč ne napoveduje elektrostrikcije, drugi pa se praviloma motijo v amplitudi izsevanih valov.«

Raziskovalna skupina, katere del je Požar, je zato razvila nov formalizem – novi zastavljeni sistem enačb: mikroskopski Amperov formalizem. Ta je poleg teorije Einstein-Lauba eksperiment kot edina dobro opisala, a nima prej omenjene pomanjkljivosti pri opisu učinkovanja svetlobe na magnetne snovi.

A spet ni nujno, da je pravi, je le trenutno najboljši kandidat. Zdaj mora kakšna druga skupina radovednih znanstvenikov eksperiment najprej ponoviti in tako preveriti, ali se izidi replicirajo. Ni nujno, da je enačba prava – tudi zato, ker je še veliko neznank. »Manjkajo neposredne meritve prenosa vrtilne količine, manjkajo ustrezne meritve longitudinalne sile, manjka magnetostruktura,« je našteval Požar. Spet bo treba vložiti leta dela, se odločiti za nove eksperimente in delček za delčkom graditi sestavljanke, najti način, kako izolirati navedene dejavnike. Požar se je sicer lotil novega raziskovalnega področja. Prepričan pa je, da bo rinila naprej raziskovalna skupina iz Brazilije in da bodo tudi druge ekipe eksperimentalcev zagrizle v to jabolko.

Tomaž Požar je fizik in strojnik. Na ljubljanski Fakulteti za strojništvo dela že dlje časa, najprej kot mladi raziskovalec, zdaj kot višji znanstveni sodelavec. Večinoma se je ukvarjal z uporabnimi vidiki interakcije svetloba-snov, kjer je med drugim raziskoval laserski ultrazvok. Začel je z ablativnim, nato s termoelastičnim ultrazvokom, nadaljeval z najtišjim ultrazvokom, ki ga povzroči zgolj svetlobni tlak. Za raziskavo na tem področju je dobil nagrado Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) odlični v znanosti 2018. Zdaj pa se ukvarja s tribologijo in površinsko nanotehnologijo, poenostavljeno: s trenjem.

Zanimivost: obstaja tudi svetlobni vlečni žarek

Gledalci serije *Zvezdne steze* (Star Trek) poznajo koncept *vlečnega žarka* (ang. tractor beam), ko ena vesoljska ladja vleče drugo proti sebi z neke vrste svetlobnim žarkom. To je koncept čiste znanstvene fantastike. A Požar opozarja, da to ni nemogoče in da lahko s svetlobo dejansko vlečemo. Če imaš dva medija, po katerih svetloba potuje z različnima hitrostma (imata različen lomni količnik), in daš na mejo med oba še tretjega in nanj posvetiš, potem ga lahko povlečeš proti sebi, je pojasnil. Ne da se pa »vlečnega žarka« uporabiti v vakuumu, kot to počne posadka *Enterprisa*. »Če pa bi že lahko eni vesoljski ladji v medzvezdnem prostoru uspelo povleči drugo, bi morala druga povleči prvo z nasprotno enako silo, kot to pravi tretji Newtonov zakon,« dodaja Požar.

In kaj vse to pomeni? Kaj je svet s tem početjem pridobil? To ni velik korak naprej. Je pa košček v mozaiku povzeta resničnega stanja stvari, ki ga neutrudno sestavljajo znanstveniki. Že stoletja. In tokrat je bil en drobec mozaika očitno napačno postavljen. Morda je bil že skoraj na pravem mestu, a ga je bilo treba le malce zasukati. Ne le v teoriji, ugotovitve bodo uporabne tudi v praksi, meni Požar. Tako kot pri optičnih pincetah. *Optične pincete*

so uporabne pri laboratorijskih raziskavah mikrometrskih tarč, recimo celic. Celica se lahko zgrabi s snopom svetlobe in premika naokoli, pri čemer je treba paziti, da se ne poškoduje. Poznavanje drobnih sil je pri tem pomembno.

Vir:

Multimedijski center RTV Slovenija (MMC)

CLEANME
Strokovni sejem za industrijsko & komercialno čiščenje

20.-22.9.2022
GR, Ljubljana

www.icm.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

PESKOVNIK PREJEL DONACIJO BTS COMPANY

Peskovnik, odprti laboratorij Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani, je v četrtek, 14. julija, prejel sponzorsko donacijo orodja BTS Company d. o. o. Pri predaji donacije je Peskovnik obiskal predstavnik BTS Company Branko Ušaj. Dekan prof. dr. Mihael Sekavčnik in prodekan prof. dr. Janko Slavič sta se Branku Ušaju zahvalila za donirano orodje, s katerim bodo študentje Fakultete za strojništvo UL lahko svoje inovacije prej uresničili.



Predstavniki Fakultete za strojništvo Ljubljana, podjetja BTS in študenti FS LJ

Podjetje BTS Company je Peskovniku, odprtemu laboratoriju v ustanavljanju, predalo sponzorsko donacijo v obliki orodja. Predstavnik podjetja Ušaj pa je ob tej priložnosti študentom sporočil: »Če pogledamo realno: ni izdelka, v katerega strojnik ne bi bil vpleten.« Podjetja se, tako Ušaj, vse bolj zavedajo, da je treba v kader vlagati, ob tem pa je izrazil še upanje, da se bo gradnja

nove stavbe Fakultete za strojništvo UL čim prej začela.

Poslanstvo in vizija Peskovnika sta postati osrednja skupnost študentskega inženirskega udejstvovanja in inovativnosti UL FS in da vsak inženir strojništva postane izvrsten na svojem področju. Odprti laboratorij UL FS je dobil ime Peskovnik zato, ker predstavlja sproščeno okolje

zunaj študijskega procesa, kjer bodo študentje lahko sami poiskali odgovore na vprašanja, s katerimi se igrajo.

Podjetju BTS Company d. o. o. se iskreno zahvaljujemo, da je s sponzorsko donacijo prispevalo k oblikovanju ustvarjalnega prostora.

www.fs.uni-lj.si

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

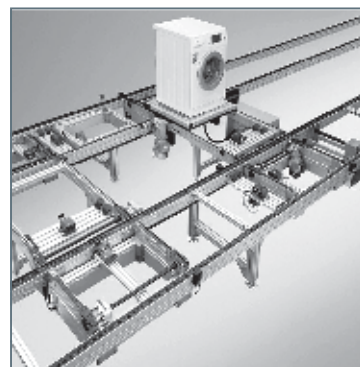
Rexroth

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

20 NOVIH ETILOMETROV ZA VEČJO VARNOST V CESTNEM PROMETU IN RED TER MIR NA JAVNIH MESTIH

Merjenje množine alkohola v izdihanem zraku voznikov predstavlja eno najbolj kritičnih oziroma z vidika sodstva odločilnih meritev na področju zakonskega meroslovja. Na podlagi rezultatov meritve se namreč odloča o vpeljavi postopkov zoper voznike. Posledice teh meritev so lahko zelo hude za udeležence v prometu: globe, izguba pravice do vozniškega dovoljenja in vse do kazenske odgovornosti, ki lahko v določenih primerih pomenijo dolgoletne zaporne kazni. Zato je pomembno, da se množina alkohola v izdihanem zraku pravilno izmeri.



Komplet etilometra Dräger A9510SI z referenčnim kontrolnim plinom

Zakonska merila, ki omogočajo korektne meritve alkohola v izdihanem zraku, so etilometri, medtem ko so indikatorji alkohola (tudi alkoskopi ali alkotesti) sredstva za hitro ugotavljanje prisotnosti alkohola v izdihanem zraku. Etilometri poleg merjenja koncentracije alkohola v vzorcu odvzete krvi omogočajo, da se rezultati meritev lahko z gotovostjo uporabijo v postopkih pred upravnimi in pravosodnimi organi. Ob tem je potrebno opozoriti, da zaradi ustavne pravice do samoobtožbe šele s podpisom zapisnika, da se strinjate z rezultatom meritev le ta formalno postane veljaven. Seveda se lahko ne strinjate z rezultatom in v tem primeru sledi postopek merjenja vsebnosti alkohola na etilometeru ali odvzem krvi v ustreznem laboratoriju. Bistvena prednost etilometrov v primerjavi z merjenjem koncentracije alkohola v vzorcu odvzete krvi je, da imajo uradne osebe rezultat na voljo takoj – tudi na terenu. Slednje omogoča takojšnje ukrepanje proti vozniku, kar merje-



Izrisa krivulje koncentracije alkohola v izdihanem zraku in krivulje pretoka

nje koncentracije alkohola v vzorcu odvzete krvi ne omogoča.

Na Uradu Republike Slovenije za meroslovje smo v zadnjih dveh letih odobrili za uporabo dva nova tipa etilometrov, ki jih odlikujeta izvedba in merjenje koncentracije alkohola v izdihanem zraku na dveh neodvisnih senzorjih. To v praksi pomeni, da etilometer na dveh vzorcih izvede po dve neodvisni meritvi koncentracije alkohola in na koncu dobimo en zelo natančen ter zanesljiv rezultat.

Etilometri imajo funkcije preverjanja pravilnosti delovanja naprave pred meritvijo in po njej. Pri vsakem vzorcu omogočajo izris krivulje za boljšo predstavitev koncentracije alkohola skozi celotno meritev ter imajo funkcijo zaznave "ustnega alkohola". Vsi ti varnostni mehanizmi služijo dodatni točnosti in zagotavljanju korektnosti meritev ter preprečujejo znan problem indikatorjev alkohola. Indikatorji alkohola namreč nimajo možnosti ugotavljanja t. i. ustnega alkohola, zato lahko pri meritvah prihaja do neverjetno velikih vrednosti v škodo voznikov.

V juniju smo izvedli overitev prvih dvajsetih novih etilometrov za bodoče potrebe policije. S to pridobitvijo se bo policija pridružila vojaški prometni policiji, ki že nekaj časa uporablja etilometre nove generacije.

Mag. Dominika Rozoničnik
Urad RS za meroslovje

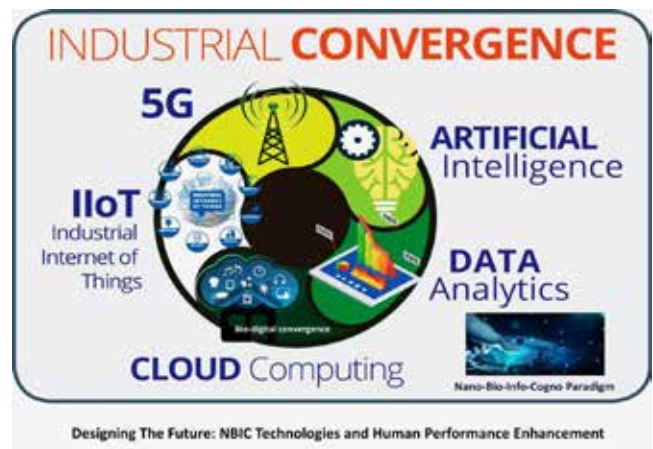
PRIHODNOST INDUSTRIJE BO NAJBOLJ ODVISNA OD INDUSTRIJSKE IN TEHNOLOŠKE KONVERGENCE TER NBIC

Konvergenčne tehnologije prepričljivo orisujejo prihodnost človeštva. V tem desetletju želijo preoblikovati vsako industrijo. Skrivnost konvergence je v tem, da na tehnologijo gledamo kot na niz orodij, ki jih je mogoče vedno znova kombinirati na prilagodljive načine za reševanje različnih problemov. V tem desetletju želijo strategijo povsem preoblikovati vsako industrijo.

Vseeno pa mnogi resno in odgovorno razmišljajo o eksistencialnih tveganjih. V bistvu poskušajo zagotoviti, da se družba ne bo po naključju uničila s tehnologijo. V današnjem svetu, v katerem so spremembe stalne, morajo podjetja veliko razmišljati, da uspevajo in preživijo. Dokazano je, da industrijske konvergence močno spodbujajo inovacije, in to na način zблиževanja med disciplinami, tehnologijami, delovnimi procesi in oskrbovalnimi verigami! Oxford Learner's Dictionary opredeljuje konvergenco kot proces skupnega premikanja iz različnih smeri in srečanja v točki zlitja. Konvergenca industrije se torej zgodi, ko se tehnologije, procesi, podjetja in industrije zlijejo med seboj do določene točke. To seveda nikakor ni povsem nov pojav, vendar digitalizacija precej oz. močno vpliva in pospešuje konvergenco. Razvoj industrijske konvergence v povezavi s tehnološko konvergenco je vse hitrejši, kar ocenjujejo tudi v največji svetovni organizaciji na svetu (BCG – Boston Consulting Group). Industrijske spremembe, ki vodijo do konvergence industrije, je mogoče opaziti v številnih panogah, tudi na tem področju je že mogoče zaznati inovativne prakse.

Jasno oblikovanje prihodnosti: NBIC-tehnologije in izboljšanje človeške učinkovitosti

Še nikoli nobena civilizacija ni imela edinstvene priložnosti za izboljšanje človeškega delovanja v obsegu, kot se bo to dogajalo v bližnji prihodnosti. Konvergenca nanotehnologije, biotehnologije, informacijske tehnologije in kognitivne znanosti (NBIC) namreč ustvarja niz zmogljivih orodij, ki lahko znatno izboljšajo človeško delovanje ter preobrazijo družbo, znanost, ekonomijo in človeški razvoj. Pojav konvergence NBIC nas bo izzival na nove načine, kako uravnovežiti tveganje in donos, grožnjo in priložnost ter družbeno odgovornost in konkurenčno prednost v 21. stoletju. Poleg tega konvergenca NBIC predstavlja popolnoma nove izzive za znanstvenike, oblikovalce politik in poslovne voditelje, ki bodo prvič imeli obsežna nova in zmogljiva orodja za oblikovanje trgov, družb in življenjskega sloga. Zagotovo se bo nadaljevalo zблиževanje industrij in ljudi iz več disciplin, ki sočasno delajo na istih projektih. Vprašanja



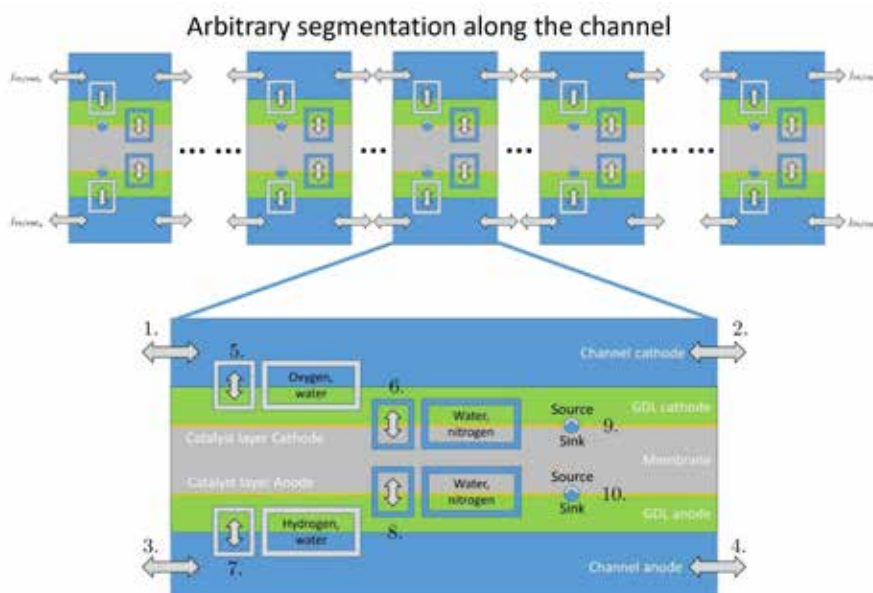
Infografika industrijske konvergence

pa so, kako hitro in kako? V knjigi (*The Future Is Faster Than You Think*) iz leta 2020 je Peter Diamandis trdil, da se valovi naprednih tehnologij umetne inteligence (AI), robotike, 3D- in 4D-tiskanja, interneta stvari (IoT), industrijskega interneta stvari (IIoT), digitalne biologije, sintetične biologije, XR, veriženje podatkovnih blokov, globalne gigabitne povezljivosti in tako naprej zблиžujejo s hitrostjo, ki se eksponentno pospešuje in bo vplivala na vse vidike osebnega in družbenega življenja celo prej, kot si mnogi predstavljajo. Ko se bodo možnosti iz konvergence množile, se bodo povečale tudi možnosti za motnje v industriji. Tudi iz tega razloga se intenzivno razvijajo inteligentni bionski genetski algoritmi (IB-GA – Intelligent bionic genetic algorithm), UCSB-konvergenca, povratni inženiring možganov in drugo. Izjemno pomembno vlogo v vseh oblikah konvergence dobiva tudi bionika. Tehnologija se nas danes dotakne v vseh pogledih in je bistveno spremenila naše navade glede tega, kako komuniciramo s svetom. Ta vidik ni bil enostranski. Povratni tok informacij je zdaj postal tako velik, da preveč podatkov včasih postane ovira pri odločanju. Prihajajoče tehnologije v industriji in industrijski konvergenci bodo predstavljene tudi v knjigi o bioniki in verjetno na enem od naslednjih tehnoloških in nanotehnoloških dnevov.

Janez Škrlec, inž., Uredništvo revije Ventil

MODEL DINAMIKE KAPLJEVINASTE IN PLINASTE VODE V GORIVNI CELICI S PROTONSKO IZMENJEVALNO MEMBRANO, DELUJOČ V REALNEM ČASU

Raziskovalci Laboratorija za motorje z notranjim zgorevanjem in elektromobilnost (LI-CeM) so v sodelovanju z Univerzo v Splitu, Fakulteto za elektrotehniko, strojništvo in ladjedelništvo, razvili in validirali model dinamike vode v gorivnih celicah s protonsko izmenjevalno membrano, ki omogoča izvajanje v realnem času. Zaradi teh značilnosti je model primeren za uporabo v kontrolnih aplikacijah in aplikacijah, kot so digitalni dvojčki in simulacije strojne opreme v zanki. Aktualnost in pomembnost rezultatov potrjuje objava v prestižni reviji *Journal of Power Sources* (IF: 9,127).

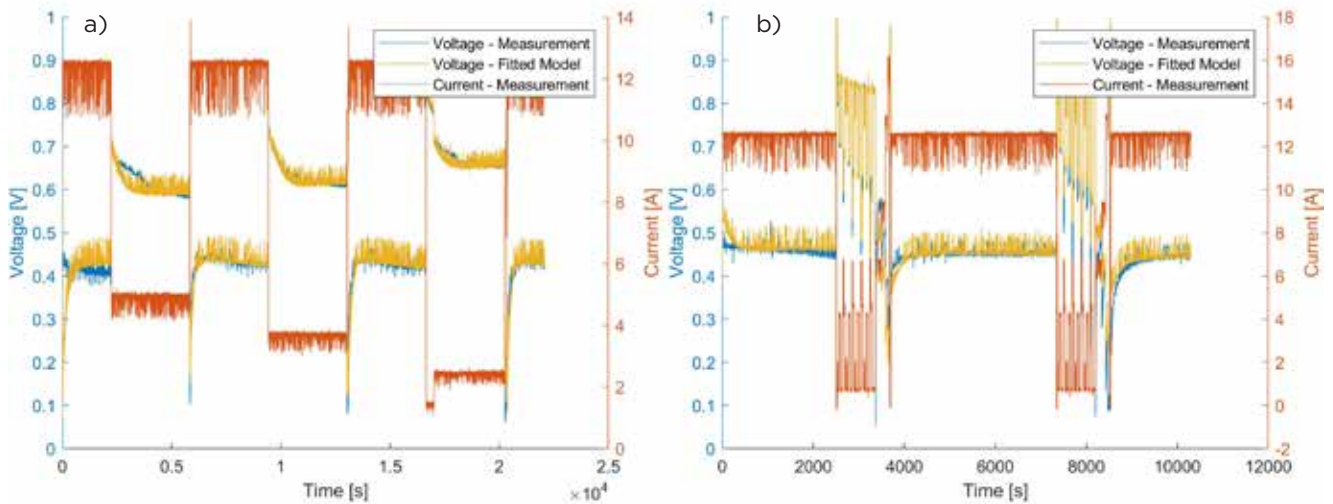


Slika 1: Shema sedemdomenskega modelirnega pristopa

Optimalni nadzor dinamike vode ima ključno vlogo pri doseganju izboljšane zmogljivosti in podaljšane življenjske dobe gorivnih celic s protonsko izmenjevalno membrano (PEMFC). Spopadanje z omenjenimi izzivi kliče po natančnih orodjih za virtualno spremljanje in nadzor v realnem času, kot so na primer sklopljena virtualna tipala, ki upoštevajo tudi dinamiko kapljevinate in plinaste vode. Virtualno zaznavanje dinamike vode predstavlja velik izziv za modeliranje zaradi različnih stopenj zadrževanja in odstranjevanja kapljevite in plinaste vode glede na pogoje delovanja, kar predstavlja vrzel v znanju in trenutnem stanju tehnike na sistemski ravni. Da bi uspešno naslovili ta raziskovalni problem, smo razvili sistemski fizikalno motiviran model PEMFC z dimenzionalnostjo $1D + 1D$ (predstavljen na *sliki 1*), ki vključuje dvofazni model za popis dinamike vode na ravni sistema v vseh sedmih najvplivnejših domenah PEMFC, in sicer v membrani, kanalu, plasti

za difuzijo plinov in v katalizatorskem sloju tako na anodni kot katodni strani. Obenem pa model omogoča računanje v realnem času z razmerjem med računskim in fizikalnim časom 0,0449 pri časovnem koraku dolžine 1 ms.

Model je obsežno validiran na eksperimentalnih podatkih z enocelične gorivne celice. Podatki so sestavljeni iz petih sklopov eksperimentov z različnimi režimi delovanja in trajanjem. Splošni rezultati se dobro ujemajo z eksperimentalnimi podatki v vseh opravljenih testih s faktorji R^2 , večjimi od 0,95. Iz tega lahko zaključimo, da razviti model, ki dosledno obravnava dinamiko kapljevite in plinaste vode v vseh domenah FC in tako realno modelira hitrosti zadrževanja in odstranjevanja kapljevite in plinaste vode, uspešno zapolnjuje vrzel v znanju na področju modelov gorivnih celic na sistemski ravni.



Slika 2 : Rezultat kalibriranega modela z uporabo eksperimentalnih podatkov, pridobljenih (a) med počasnimi prehodi med visoko in nizko gostoto električnega toka ter (b) pri kombinaciji hitrih in počasnih prehodov med visoko in nizko gostoto električnega toka

Kot tak je pomembna nadgradnja predhodno objavljenega termodinamsko konsistentnega elektrokemijskega modela, ki je bil razvit v okviru projekta CDL za inovativno krmiljenje in nadzor avtomobilskih pogonskih sistemov. Prebojnost in relevantnost izvedenih raziskav na področju modeliranja procesov v gorivnih celicah ter učinkovitost prenosa temeljnega znanja v napredne tehnološke rešitve potrjuje tudi dejstvo, da je razviti modelski okvir vključen v komercialno simulacijsko platformo enega izmed vodilnih svetovnih podjetij in se že upo-

rablja za razvoj gorivnih celic v razvojnih oddelkih vodilnih proizvajalcev vozil.

Razviti model tako znatno doprinaša k razvoju naprednih metodologij krmiljenja in simulacij strojne opreme v zanki ter aplikacij digitalnih dvojčkov.

Povezava do članka:

<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2022.231598>

www.fs.uni-lj.si

IRT 3000
INOVACIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE

SPLAČA SE BITI NAROČNIK

IRT 3000
INOVACIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE



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
- vsak novi naročnik prejme majico in ovratni trak

IRT 3000
ADRIA
INOVACIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE



ZA SAMO 20€ DOBITE:

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (4 številke)
- strokovne vsebine na več kot 200 straneh
- vsakih 14 dni e-novice IRT3000 na osebni elektronski naslov
- možnost ugodnejšega nakupa strokovne literature
- vsak novi naročnik prejme majico in ovratni trak

Revija v
hrvaškem
jeziku

DIGITALNA NAROČNINA



Na voljo tudi naročnina na digitalno različico revije za uporabo v **BRSKALNIKU** in **NA MOBILNIH NAPRAVAH**

BUTIK IRT3000



Naša ekskluzivna spletna trgovina kakovostnih izdelkov s prepoznavnim dizajnom vaše priljubljene revije za inovacije, razvoj in tehnologije.

NAROČITE SE!



051 322 442



info@irt3000.si

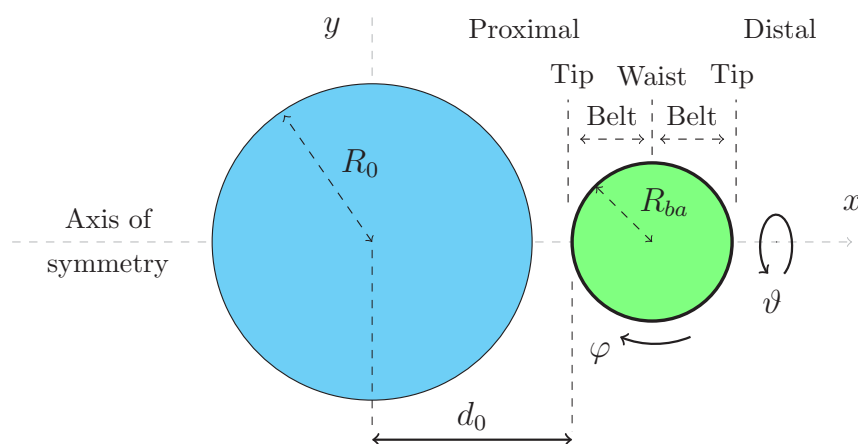


www.irt3000.si/narocilo-revije

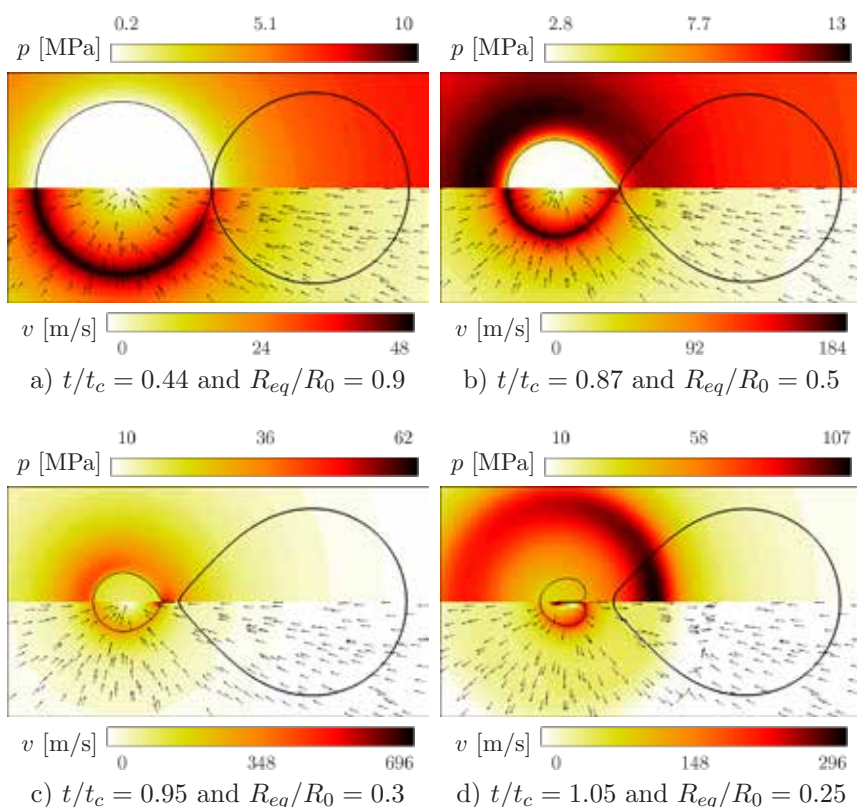
WWW.IRT3000.COM

INTERAKCIJA KAVITACIJSKEGA MEHURČKA Z DEFORMABILNIMI STRUKTURAMI NA MIKRONSKEM MERILU: DOPRINOS K RAZUMEVANJU LIZE BAKTERIJSKIH CELIC PRI OBDELAVI S KAVITACIJO

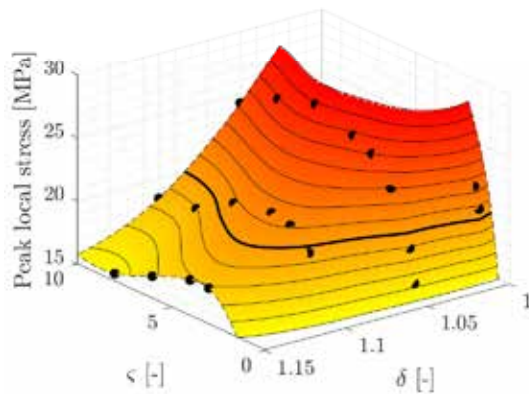
Raziskovalca Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani sta objavila članek, v katerem sta numerično prikazala kolaps kavitacijskega mikromehurčka v bližini bakterijske celice. Članek z naslovom *Cavitation bubble interaction with compliant structures on a microscale: A contribution to the understanding of bacterial cell lysis by cavitation treatment* sta asist. raz. Jure Zevnik in prof. dr. Matevž Dular objavila v reviji *Ultrasonic Sonochemistry* (IF: 7.491).



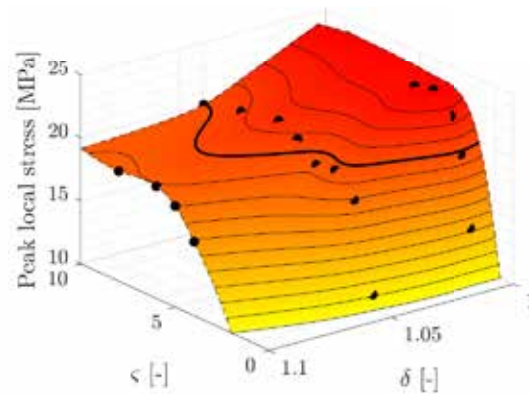
Shematski prikaz obravnavanega pojava - prva stabilen mikromehurček (levo) v bližini prosto potopljene bakterijske celice (desno)



Konture tlačnega (zgoraj) in hitrostnega (spodaj) polja skupaj s časovnim potekom oblike mehurčka (levo) in bakterijske celice (desno) za izbrani primer J - razvoj šibkega curka stran od bakterijske celice: grampozitivni modelni organizem, $\zeta = 1$ in $\delta = 1.01$.



a) GN model bacterium



b) GP model bacterium

Vršne vrednosti napetosti v notranji celični membrani pri obravnavanem prostoru parametrov δ - ζ za (a) gramnegativni in (b) grampozitivni modelni organizem. Krepka polna črna označuje prag poracije notranje celične membrane pri 20 MPa.

Številne študije kažejo, da lahko pojav kavitacije uspešno uporabimo za čiščenje vode in uničevanje bakterij. Vendar pa se večina relevantnih študij izvaja na makromerilu, zato je razumevanje procesov na temeljni ravni še vedno slabo. Za nadaljnjo razjasnitev postopka čiščenja vode s pomočjo kavitacije na nivoju enega samega mehurčka dani prispevek numerično naslavlja interakcijo med kolapsirajočim mikromehurčkom in bližnjo deformabilno strukturo, ki mehansko in strukturno odraža lastnosti bakterijskih celic.

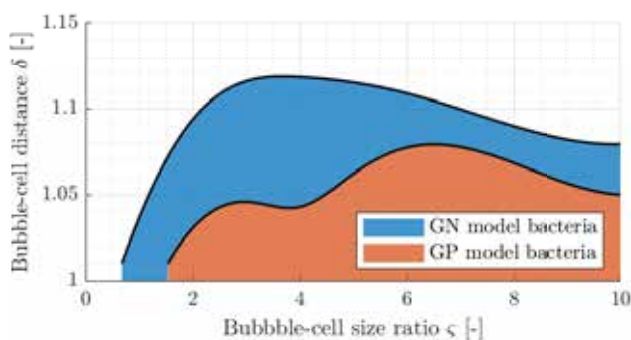
Uporabljena je metodologija interakcije fluid-struktura, pri kateri se upošteva stisljivi večfazni tok, bakterijska celična stena pa je modelirana kot večplastna lupinasta konstrukcija. Simulacije so bile izvedene za dve izbrani modelni strukturi, kjer vsaka odraža glavne mehanske značilnosti gramnegativnih in grampozitivnih bakterijskih ovojnic. Raziskan je bil vpliv dveh neodvisnih geometrijskih parametrov, in sicer razdalje med mehurčkom in celico δ

in njunega razmerja velikosti ζ . V obravnavanem prostoru parametrov δ - ζ smo opazili in razložili med tremi značilnimi načini kolapsa mehurčkov, ki se gibljejo od razvoja šibkega curka stran od celice do sferičnih kolapsov. V splošnem smo lahko identificirali štiri značilne načine prostorske in časovne incidence vršnih lokalnih napetosti v notranji celični membrani.

Rezultati kažejo, da lahko lokalne napetosti, ki jih vzbudi kolaps mehurčka, presežejo prag poracije celičnih membran in da je poškodbo bakterijskih celic mogoče razločiti izključno z mehanskimi učinki, v odsotnosti toplotnih in kemičnih. Na podlagi tega je bil ocenjen škodni potencial posameznega mehurčka za uničenje bakterij, pri čemer smo opazili dosledno višjo odpornost grampozitivnega modelnega organizma na kolaps bližnjega mehurčka. Mikroobtekanje je bilo opredeljeno kot primarni mehanski mehanizem poškodbe bakterijskih celic, ki se lahko v določenih primerih okrepi ob pojavu udarnih valov v času kolapsa mehurčka. Rezultati so bili diskutirani tudi z vidika uničevanja bakterij s pomočjo procesa hidrodinamske in ultrazvočne kavitacije na makro merilu.

Povezava do članka: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106053>

www.fs.uni-lj.si



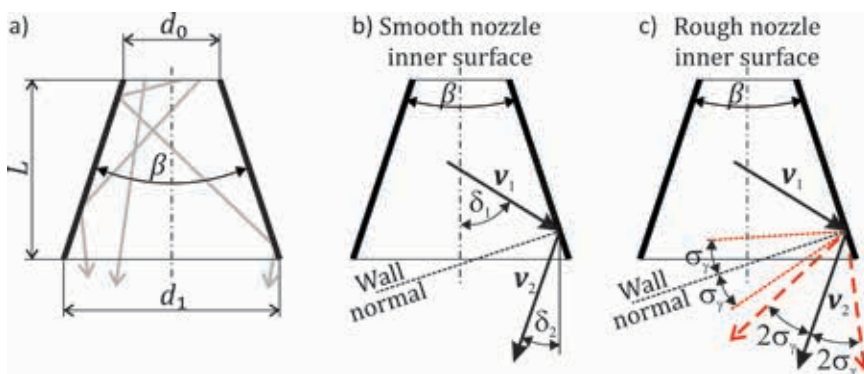
Ocenjene kritične brezdimezijske razdalje med mehurčkom in bakterijo δ^* (polna črna črta) za poracijo notranje celične membrane glede na razmerje velikosti mehurčka in bakterije ζ . Območje, kjer je presežen prag poracije, je podano tako za gramnegativno (modro polnilo) kot za grampozitivno (oranžno polnilo) modelno celico.



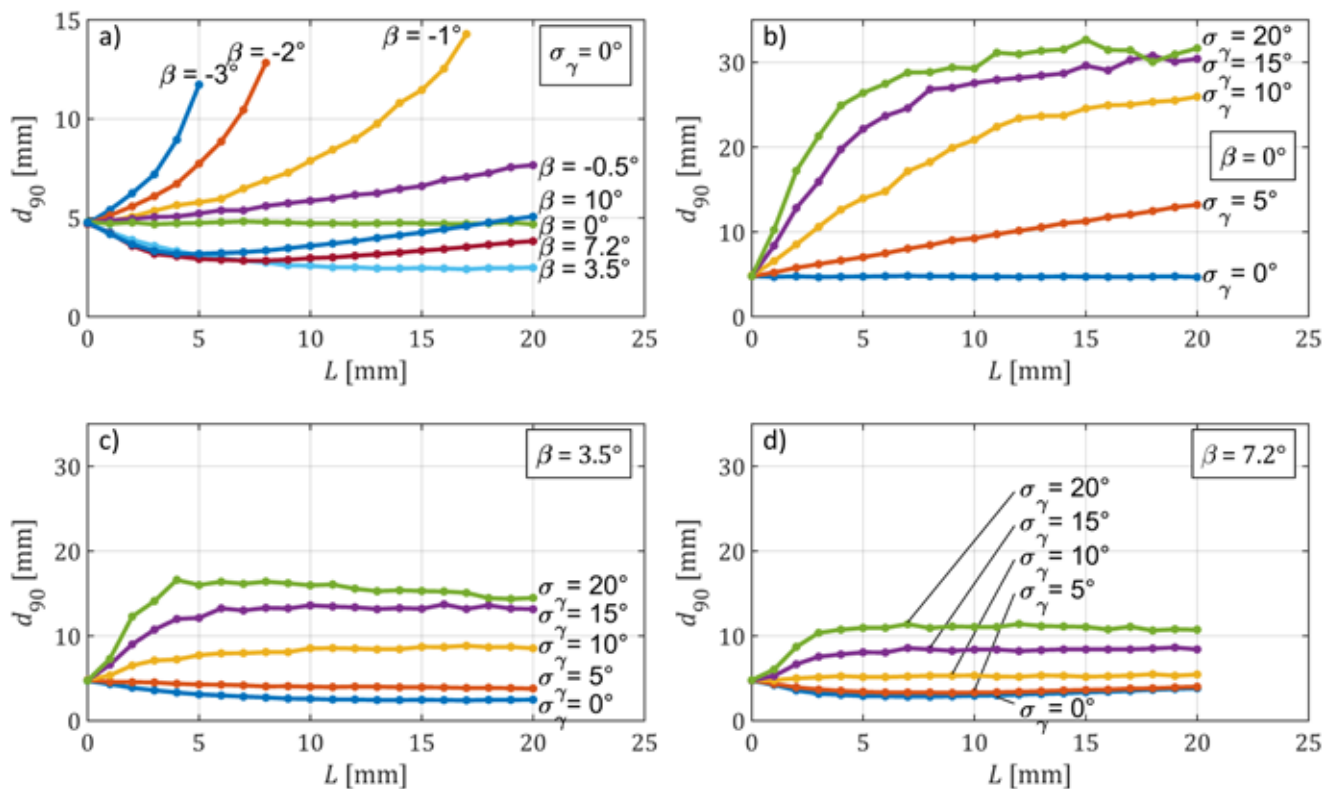
UPOŠTEVANJE TRKOV DELCEV PRAHU S STENO ŠOBE PRI OBLIKOVANJU IZSTOPNE GEOMETRIJE AKSIALNE ŠOBE ZA DOVOD PRAHU PRI LASERSKI DIREKTNI DEPOZICIJI

Raziskovalci Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani so v sodelovanju z raziskovalci japonskega podjetja DMG MORI objavili rezultate numeričnih in eksperimentalnih raziskav vpliva trkov delcev pra-

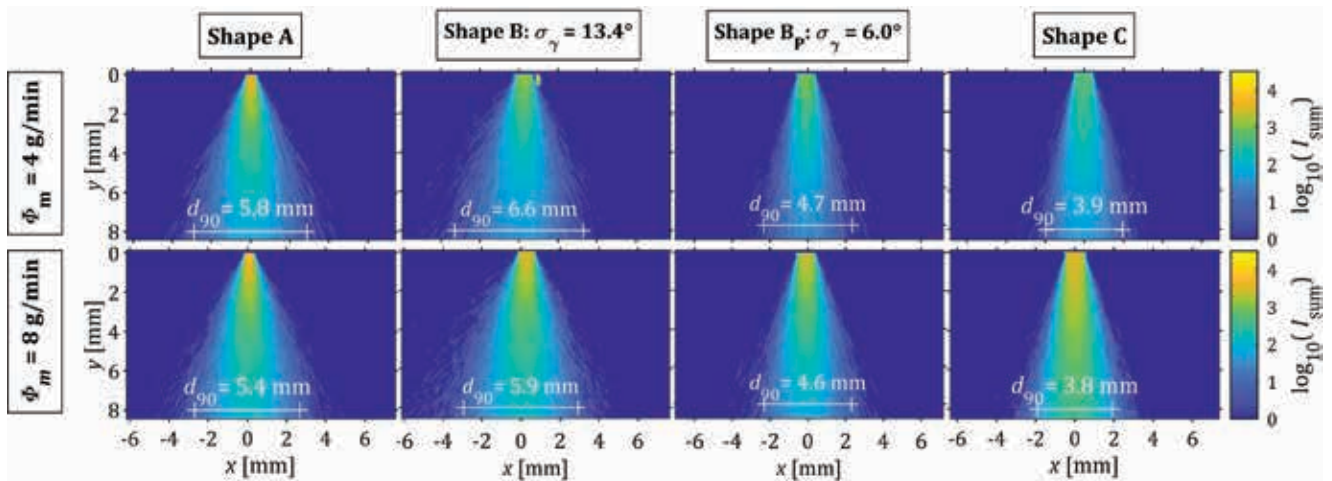
hu s steno na obliko izstopne geometrije aksialne šobe za dovod prahu pri laserski direktni depoziciji. Asist. dr. Andrej Jeromen, asistentka raziskovalka Ana Vidergar, dr. Makoto Fujishima, prof. dr. Gide-



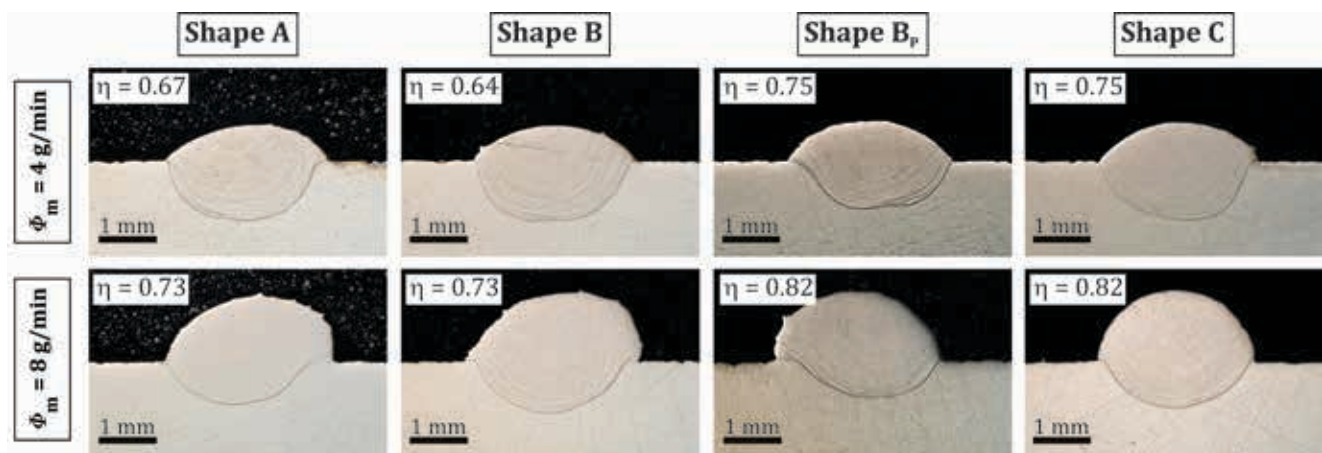
Slika 1 : a) Parametri konične izstopne oblike šobe in (primeri trajektorij) težišča (delcev) kot posledica trkov s steno konusa. Razmere trka delcev s steno pri divergentnem izstopnem konusu v primeru b) gladke površine, c) hrapave površine.



Slika 2 : Rezultati simulacij premera d_{90} izstopnega curka v odvisnosti od dolžine izstopnega konusa L : a) pri gladki površini (standardna deviacija koda hrapavosti površine $\sigma_\gamma = 0$) in različnih kotih izstopnega konusa β ter b), c) in d) pri kotih izstopnega konusa $\beta = 0^\circ, 3,5^\circ$ in $7,2^\circ$ za različne standardne deviacije koda hrapavosti površine σ_γ .



Slika 3 : Primeri sumiranih zajetih posnetkov



Slika 4 : Primeri posnetkov prerezov nanosov prahu

on N. Levy in prof. dr. Edvard Govekar so članek z naslovom Powder particle-wall collision-based design of the discrete axial nozzle-exit shape in direct laser deposition objavili v reviji Journal of materials processing technology (IF: 6.162).

Za izboljšanje učinkovitosti procesa direktne laserske depozicije kovinskega prahu je potrebna visoko koncentrirana porazdelitev toka prahu, na katero lahko vplivamo z obliko šobe za dovajanje prahu. V okviru raziskave je bil razvit poenostavljen 3D-numerični model toka prahu v izstopnem konusu šobe, ki temelji na trku delcev prahu s steno konusa. Oblika izstopne šobe je bila parametrizirana s kotom izstopnega stožca β , dolžino L in hrapavostjo površine.

Model je bil uporabljen za simulacijo vplivov oblike izstopa iz šobe na koncentracijo in premer d_{90} porazdelitve toka prahu.

Na podlagi rezultatov simulacije (slika 2) so bile oblikovane šobe s tremi divergentnimi koti izstopnega konusa (0° - oblika A, $3,5^\circ$ - oblika B in

$7,2^\circ$ - oblika C, $3,5^\circ$ - polirana oblika B_p) različnih dolžin in hrapavosti površine. Za prahu z večjimi povprečnimi velikostmi delcev - $82 \mu\text{m}$ in $132 \mu\text{m}$ - je bila eksperimentalno potrjena dominantnost vpliva režima trka delcev prahu s steno šobe na porazdelitev izstopnega curka prahu ter posledično vpliv oblike izhoda šobe na koncentracijo porazdelitve izstopnega toka prahu (slika 3). Eksperimentalno sta bila pokazana znatno zmanjšanje premera curka prahu s povečanjem divergentnega izstopnega kota konusa šobe in zmanjšanjem hrapavosti površine ter nelinearen vpliv dolžine izstopnega konusa.

Z izvedbo enoslojnih nanosov prahu (slika 4) je bilo pokazano, da se je s spremembo oblike izstopne oblike šobe izkoristek prahu η povečal za 13 % zaradi povečanega kota izstopnega stožca šobe in za 19 % zaradi zmanjšanja hrapavosti površine.

Povezava do članka:

<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2022.117704>

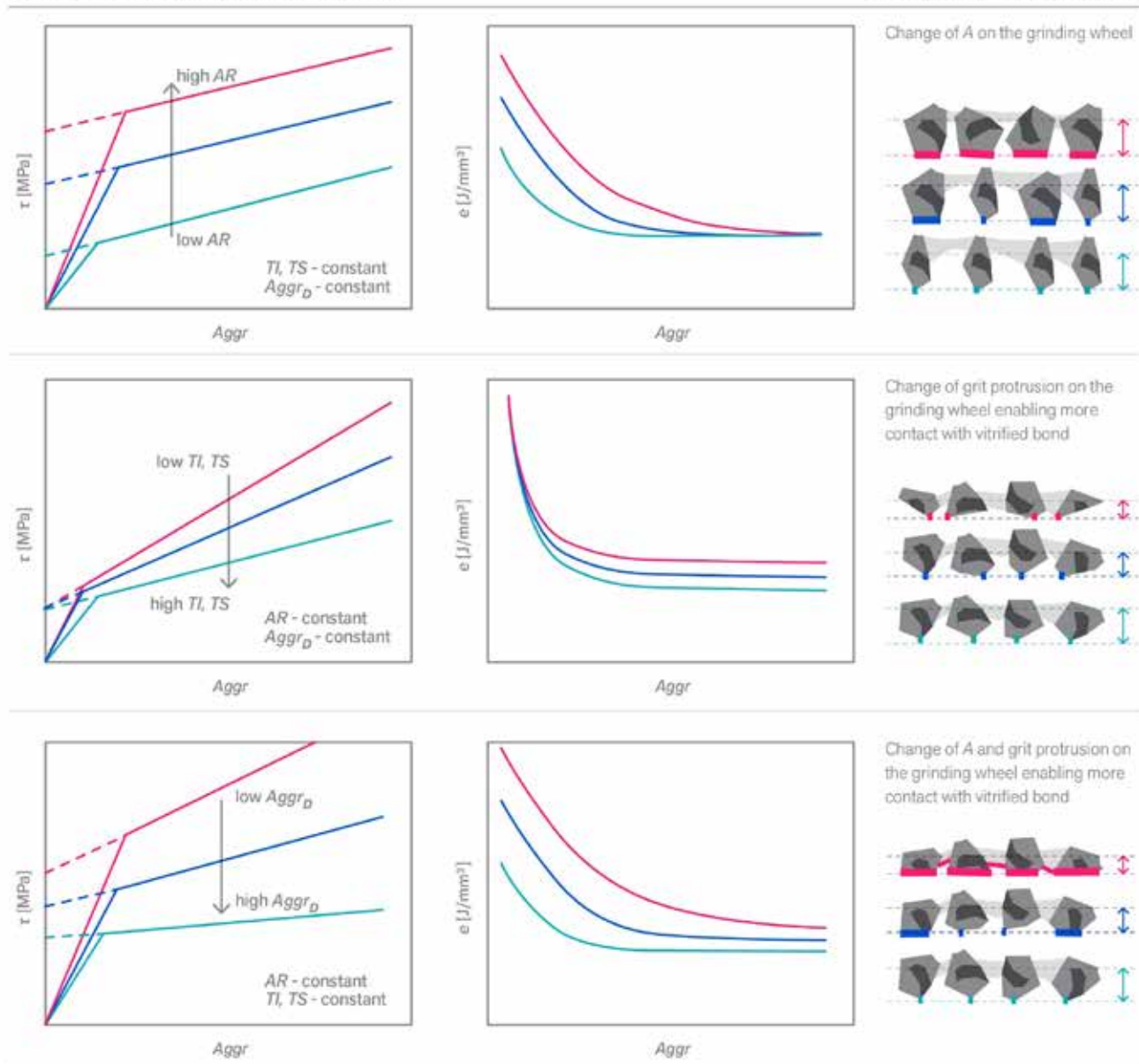
www.fs.uni-lj.si

RAZISKOVALCI FORMULIRALI POSTOPEK ZA ANALIZO VPLIVOV LASTNOSTI ABRAZIVNIH ZRN IN PROCESA OSTRENJA NA MEHANIKO BRUŠENJA IN UČINKOVITOST BRUSA

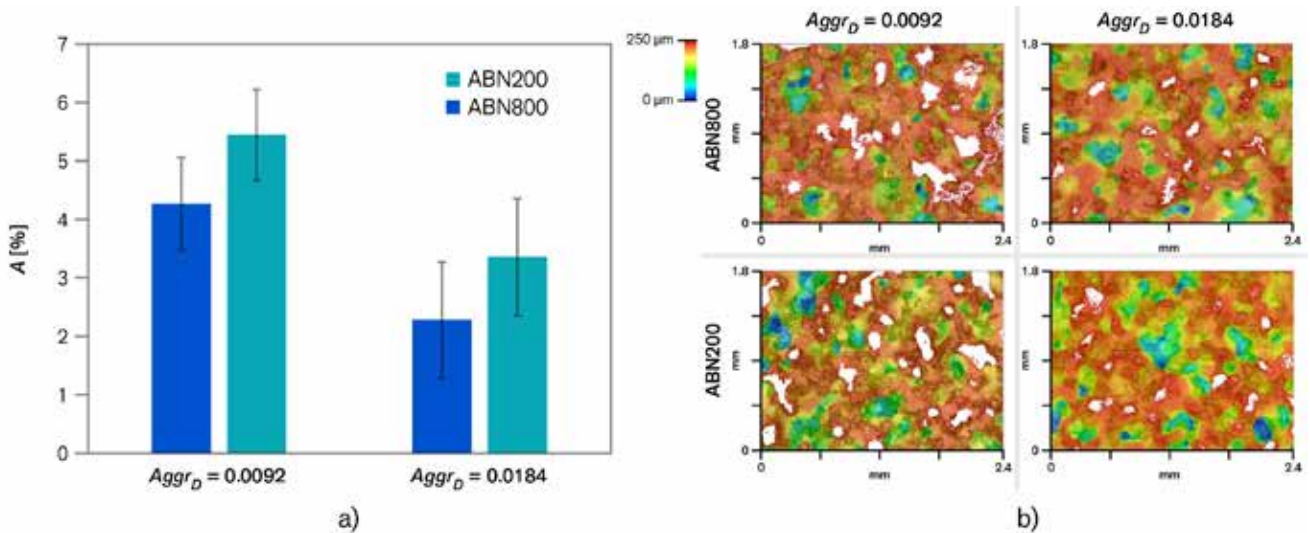
Raziskovalci Laboratorija za odrezavanje (LABOD) so v sodelovanju s proizvajalcem sintetičnih abrazivnih zrn Element Six in tehniško univerzo Chalmers formulirali postopek za analizo vplivov lastnosti abrazivnih zrn in procesa ostrenja na mehaniko brušenja in učinkovitost brusa. Rezultati študije so objavljeni v reviji International Journal of Machine Tools and Manufacture (IF: 10.331).

Grinding wheel performance assessment

Grinding wheel characteristics



Slika 1: Odzivi brusa pri različnih lastnostih abrazivnih zrn in pogojih ostrenja



Slika 2 : Analiza velikosti obrabljene površine za brusa ABN800 in ABN200 po različnih pogojih ostrenja

Analiza temelji na klasičnem modelu sil pri brušenju z uvedbo štirih novih parametrov, ki zajemajo vpliv topografije brusa. Z uporabo teorije agresivnosti so raziskovalci iz analize izločili vpliv geometrije in kinematike procesa. Formulirani analitični postopek so preverili eksperimentalno za različne topografije brusa, ki so rezultat kombinacije pogojev ostrenja

in lastnosti abrazivnih zrn. Predstavljena analiza predstavlja izhodišče za ovrednotenje učinkovitosti brusa in izbiri abrazivnih zrn.

Povezava do članka: <https://doi.org/10.1016/j.ijmactools.2022.103919>

www.fs.uni-lj.si

Poletna akcija

Dokler traja zaloga!

Izkoristite Poletno akcijo in nadebudnim programerjem priskrbite komplet Greekcrait in Arduino 2 knjigo po akcijski ceni!



+



= 59,98€



54. MOS

14.–18. september 2022

CELJSKI SEJEM



Največja
poslovno-sejemska
prireditve v regiji s
54-letno tradicijo

NAJPOMEMBNEJŠI
DOGODEK V
SLOVENIJI ZA
VSTOP NA
SLOVENSKO
TRŽIŠČE

MOS DOM

MOS TURIZEM

MOS
TEHNIKA
ENERGETIKA

MOS B-DIGGIT

MOS PLUS



COOL BATMAN ZA UNIKATEN PRINCIP MAGNETOKALORIČNEGA HLAJENJA

Laboratorij za hlajenje in daljinsko energetiko (LAHDE) je pridobil triletni projekt Cool BatMan v sklopu razpisa M-ERA.NET z naslovom Battery Thermal Management System Based on High Power Density Digital Microfluidic Magnetocaloric Cooling (Cool BatMan).

Gre za konzorcij štirih kakovostnih inštitucij, kjer LAHDE nastopa kot vodilna organizacija. Konzorcij sestavljata dve raziskovalki in dva raziskovalca (uravnoteženost zastopanosti spolov):

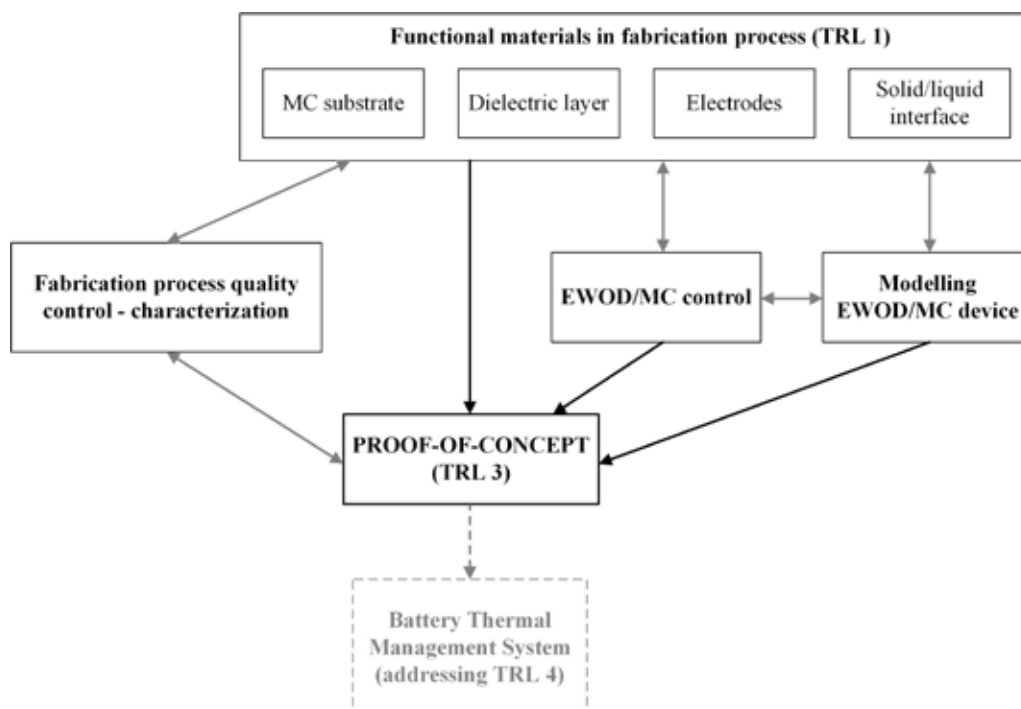
- ▶ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za hlajenje in daljinsko energetiko (dr. Urban Tomc),
- ▶ Institut Jožef Stefan, Odsek za elektronsko keramiko K5 (prof. dr. Hana Uršič Nemevšek),
- ▶ Leibniz Institute for Solid State and Materials Research Dresden (dr. Maria Krautz),
- ▶ Universitat de Barcelona, Department de Física de la Materia Condensada (prof. dr. Lluís Mañosa).

Cilj projekta Cool BatMan je vzpostaviti fundamentalno razumevanje dinamičnega toplotnega obnašanja dveh fizikalnih pojavov, sklopljenih v kompaktni magnetokalorični hladilni napravi. Magnetokalorični material (posledično magnetokalo-

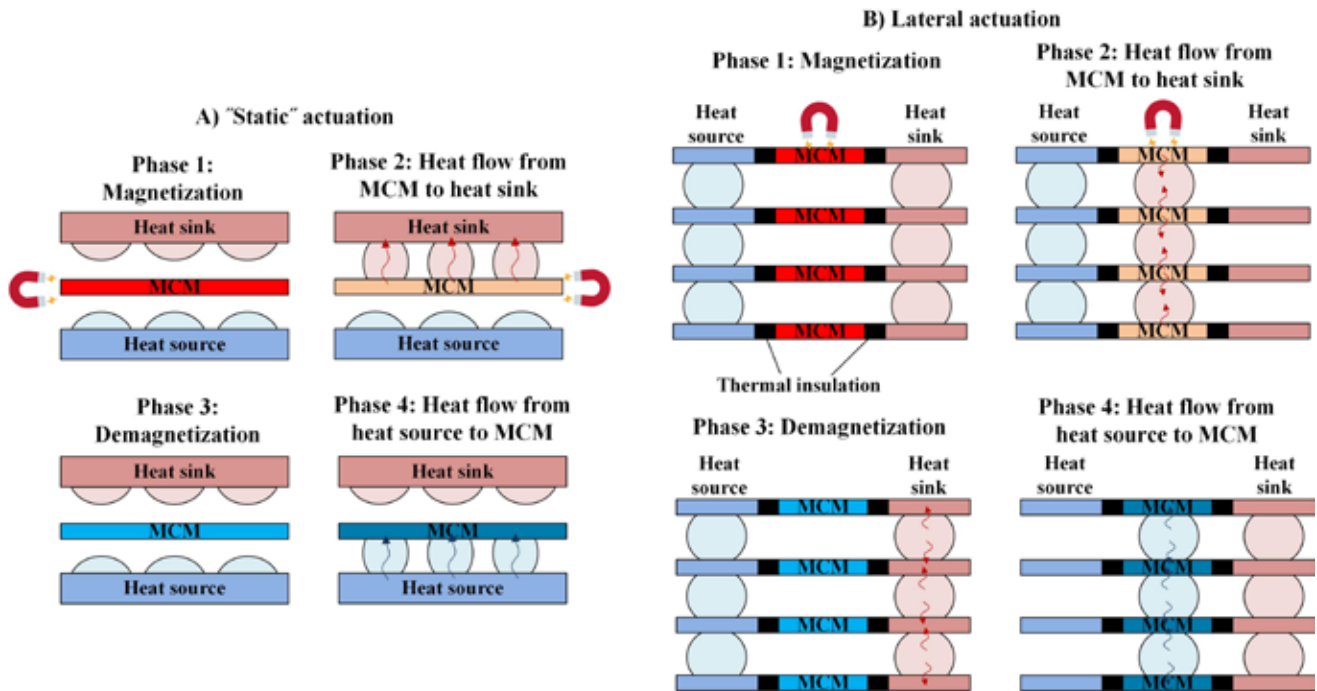
rični efekt) bo združen s pojavom elektrooomočenja na dielektriku (t. i. digitalna mikrofluidika), s čimer bodo izdelali **unikaten** princip magnetokaloričnega hlajenja, ki bi lahko bil v prihodnosti uporaben kot sistem toplotnega upravljanja baterij.

Skupina Laboratorija za hlajenje in daljinsko energetiko bo poleg koordinacije projekta odgovorna za elektrohidrodinamično in termomagnetno numerično modeliranje novega predlaganega principa magnetokaloričnega hlajenja z implementacijo digitalne mikrofluidike. Rezultati modeliranja bodo podali pomembne napotke pri vmesnih korakih izdelave ter za končno izdelavo t. i. »proof-of-concept« eksperimentalne hladilne naprave, ki bo tudi končno izdelana in testirana na Fakulteti za strojništvo.

Mrežo M-ERA.NET financira Evropska komisija. Ustanovljena je bila z namenom povezovanja evropskih raziskovalnih programov in njihovega fi-



Slika 1: Potek projekta Cool BatMan



Slika 2 : Dve potencialni obratovni strategiji predlaganega novega principa magnetokaloričnega hlajenja z digitalno mikrofluidiko

nanciranja. Specifično se osredotoča na inovacije s področja funkcionalnih materialov, s čimer podpira smernice Zelenega dogovora.

www.fs.uni-lj.si

INDUSTRIJSKI FORUM **IRT** 2023

FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

Predstavitve strokovnih prispevkov
Strokovna razstava
Aktualna okrogla miza
Podelitev priznanja TARAS

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.



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

Portorož, 12. in 13. junij 2023

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

NELINEARNA REGULACIJA HITROSTI ELEKTROHIDRAVLICNEGA ROTACIJSKEGA SERVOPOGONA

Mitja Kastrevc, Edvard Detiček

Povzetek:

V članku je predstavljena zasnova nelinearne regulacije hitrosti elektrohidravličnega rotacijskega servosistema z uporabo Lyapunove teorije nelinearnih sistemov. Zaradi zelo nelinearne narave elektrohidravličnega servosistema običajne strategije vodenja večinoma ne morejo doseči želenih ciljev. Postopki nelinearnega vodenja so zato predmet številnih raziskav doma in po svetu. Sodobne strategije vodenja se morajo ustrezno odzvati na nelinearnosti v sistemu ter s tem izboljšati odziv celotnega sistema.

Prikazani postopek načrtovanja poteka v dveh delih. Najprej se s pomočjo povratnozančne linearizacije nelinearni matematični opis dinamike pretvori v linearno obliko. Sledi postopek vzvratnega prestopa integratorjev, ki spremeni celoten regulacijski krog v serijo regulacijskih podsistemov, t. i. virtualnih regulacijskih krogov.

Dokazano je, da lahko oba postopka v tehniki uspešno uporabimo za stabilizacijo katere koli izbrane delovne točke sistema. Vsi izpeljani rezultati so potrjeni z računalniško simulacijo nelinearnega matematičnega modela sistema. Nelinearni matematični model sistema vsebuje veliko nelinearnih členov, ki vplivajo tudi na dinamične napake sistema.

Raziskave, predstavljene v prispevku, kažejo na velik potencial postopkov nelinearnega vodenja, ki temeljijo na teoriji Ljapunova.

Ključne besede:

elektrohidravlični servopogon, nelinearna regulacija, Ljapunova teorija, integrator korak nazaj (backstepping), računalniška simulacija

1 Uvod

Elektrohidravlične servosisteme najdemo v številnih sodobnih industrijskih aplikacijah zaradi sposobnosti obvladovanja velikih vztrajnostnih in navornih obremenitev ter hkrati doseganja hitrih odzivov in visoke stopnje natančnosti in zmogljivosti. Tipične aplikacije vključujejo predelavo plastike, industrijske robote, letala, simulatorje letenja, vozila za malico, simulatorje letenja, plavajoče žerjave [1], testne sisteme in številne vojaške aplikacije. Odvisno od zahtev lahko elektrohidravlične servopogone razvrstimo v pozicionirne, hitrostne in momentne (navorne).

Članek predstavlja način projektiranja elektrohidravličnega rotacijskega servopogona z regulacijo vrtilne hitrosti. Pristop je prikazan tako, da ga

je možno aplicirati na kakršnem koli elektrohidravličnem pogonu. Temeljni pristop je v tem, da s pomočjo računalniške simulacije določimo komponente sistema ter preverimo njihovo dinamično obnašanje. Da so simulacije čim bolj verodostojne, uporabimo nelinearne modele, ki čim bolj podobno posnemajo realno dinamiko ciljnega sistema. Pristop k snovanju nelinearnega modela je bil opisan za linearni podajalni sistem [2], zato je v tem prispevku pokazana razlika z rotacijskim pogonom.

Pri snovanju regulatorjev lahko uporabimo linearno teorijo, ki služi kot osnova in je podana v literaturi [3]. Kot osnovno obliko uporabimo najpogostejšo obliko strukture regulatorja PID, ki jo najpogosteje srečujemo tudi v praksi. Za načrtovanje je pomembno tudi to, da v sklopu računalniških simulacijskih paketov, ki so namenjeni za tovrstne simulacije, obstajajo tudi dodatki za optimiranje. Ti načrtovalcu omogočajo pravilno nastavitve parametrov, ki delujejo optimalno v izbrani okolici delovne točke. Takšna optimizacija je v tujini poznana kot »tuning«.

Doc. dr. Mitja Kastrevc, univ. dipl. inž., doc. dr. Edvard Detiček, univ. dipl. inž., oba Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Za uspešno izvedbo zaprtozančne regulacije hitrosti je pomemben izbor naprave, ki bo sposobna dosegati želene cilje, čeprav je dinamika elektrohidravličnega servosistema zelo nelinearna. Prav nelinearnost pogosto povzroča težave pri uporabi klasičnih regulatorjev, temelječih na klasični linearni teoriji, zato je potrebno uporabiti nelinearne postopke načrtovanja. Takšni pristopi uporabljajo princip povratne linearizacije z uporabo koraka nazaj (ang. Backstepping), ki v bistvu kompenzira določene nelinearnosti in s tem izboljšuje dinamično obnašanje sistema. Z uporabo simulacije nelinearnega matematičnega modela sistema se potrdi dobro delovanje tovrstnega regulatorja.

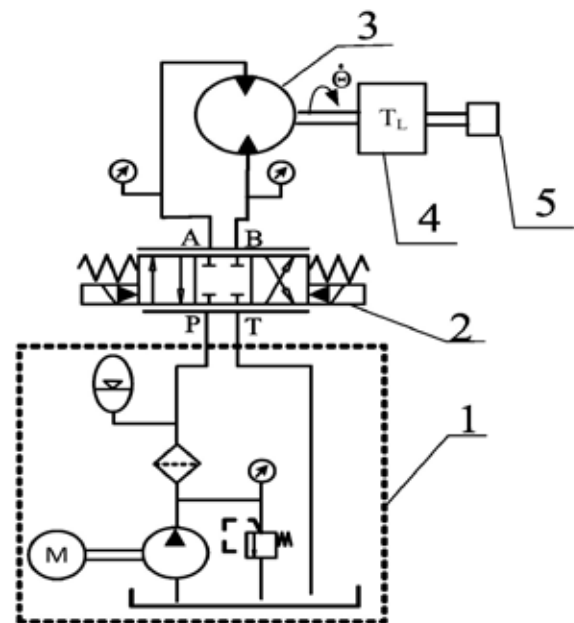
Temeljni koncept metode korak nazaj je prikazal avtor Krstić s soavtorji v svoji knjigi [4]. Pristop, ki se osredotoča na problem stabilizacije v stohastičnih nelinearnih sistemih, je razvit v dodatku te knjige. Metoda koraka nazaj je predstavljena tudi v [5], [6], [7], [8] in [9], kjer je ta tehnika podrobno razložena za primer regulacije in sledenja.

Linearizacija s povratno zvezo uporablja spremembo koordinat in povratno kontrolo za pretvorbo danega nelinearnega sistema v ekvivalentni linearni sistem. Velika prednost tovrstnega pristopa linearizacije je povezana s kompenzacijo (krajšanjem posameznih nelinearnosti), ki se uvedejo v procesu načrtovanja. Nekatere vrste nelinearnosti namreč lahko pozitivno vplivajo na stabilnost sistema. Njihova kompenzacija lahko povzroči nestabilnost samega sistema. Po drugi strani korak nazaj predstavlja rekurzivno metodo načrtovanja, ki se lahko uporablja za sisteme v obliki stroge povratne zveze z nelinearnostmi, ki niso omejene z linearnimi mejami. Ob vsakem koraku se določi nova Lyapunova funkcija (ang. Control Lyapunov function - CLF) z razširitvijo CLF iz prejšnjega koraka s členom, ki upošteva napako med »virtualno regulacijo« in njegovo želeno vrednostjo, tako imenovano stabilizacijsko funkcijo. Velika prednost je določitev funkcije Lyapunova, katere odvod lahko postane negativen. Metoda je prav tako manj restriktivna kot linearizacijska metoda zlasti pri kompenzaciji nekaterih nelinearnosti (koristne nelinearnosti).

2 Matematični model

Rotacijski servopogon je sestavljen iz hidravličnega napajalnika, npr. hidravlična črpalka s konstantno iztisinno z razbremenilnim ventilom in akumulatorjem, servoventilom za regulacijo pretoka (SV), hidravličnim motorjem, senzorjem vrtilne hitrosti in elektronsko krmilno enoto (slika 1).

Za načrtovanje zaprtozančnega regulatorja je potrebno postaviti matematični model celotnega sistema. Najprej zapišemo enačbo momenta na gredi hidravličnega motorja, ki nastane zaradi delovanja tlaka na njegove notranje elemente. Pri tem bomo,



Slika 1 : Shema elektrohidravličnega rotacijskega servopogona, kjer je 1 - hidravlični napajalni agregat, 2 - elektrohidravlični servoventil, 3 - hidravlični motor, 4 - breme in 5 - senzor vrtilne hitrosti.

podobno kot pri hidravličnem valju, obravnavali motor, kot da ima le levo in desno prostorninsko komoro. Moment na gredi motorja je tako produkt tlačne razlike in volumetričnega zasuka motorja in ga prikažemo z enačbo (1):

$$T_m = D_m (p_1 - p_2) \quad (1)$$

Pri tem so D_m iztisinna motorja, p_1 , p_2 tlak leve oziroma desne komore motorja in T_m moment motorja. Sedaj zapišemo gibalno enačbo (2) za rotacijsko gibanje gredi motorja, tako da zanemarimo Coulombovo trenje in trenje lepljenja na podlago. Uporabimo drugi Newtonov zakon:

$$D_m (p_1 - p_2) = J \cdot \ddot{\Theta} + B \cdot \dot{\Theta} + T_L \quad (2)$$

Pri tem je J vztrajnostni moment rotirajočih mas motorja, $\ddot{\Theta}$ kotna hitrost gredi, B koeficient viskoznega trenja in T_L moment zunanjega bremena motorja.

Sedaj zapišemo še kontinuitetni enačbi (3) za levo in desno polovico hidravličnega motorja:

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{\beta_1} \dot{p}_1 &= -D_m \cdot \dot{\Theta} - k_L \cdot (p_1 - p_2) + Q_1 \\ \frac{V_2}{\beta_2} \dot{p}_2 &= D_m \cdot \dot{\Theta} + k_L \cdot (p_1 - p_2) - Q_2 \end{aligned} \quad (3)$$

kjer je V skupni volumen in velja $V_1 = V_2 = \frac{V}{2}$ in $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ ter k_L koeficient lekaže (puščanja).

Če upoštevamo še, da je napajalni tlak $p_s = p_1 + p_2$ in tlak v rezervoarju $p_T \cong 0$ ter da velja še, da sta delovni pretok $Q_L = \frac{1}{2}(Q_1 + Q_2)$ in delovni tlak $p_L = p_1 = p_2$. Če enačbi (3) odštejemo in vpeljemo izraza za Q_L in p_L , dobimo enačbo (4):

$$\frac{V}{4\beta} \dot{p}_1 + D_m \cdot \dot{\Theta} + k_L \cdot p_L = Q_L \quad (4)$$

Če zapišemo Bernoulijevo enačbo toka skozi dušilne odprtine druge stopnje servoventila (ob predpostavki zanemarljivega puščanja), dobimo enačbo (5) v naslednji obliki:

$$Q_L = C_d A_{sv} \sqrt{\frac{p_s - p_L \text{sign}(A_{sv})}{\rho}} \quad (5)$$

kjer je C_d pretočni koeficient, ρ gostota medija in A_{sv} presek odprtja SV.

Končno je potrebno zapisati še vpliv SV, ki električni signal pretvarja (odprtje drsnika v drugi stopnji - A_{sv}) v delovni pretok Q_L .

Za izbor oblike srečamo v literaturi več možnosti, kot je bilo to izvedeno v [2]. Za izbor modela je odločilno razmerje med lastno frekvenco SV in lastno frekvenco hidravličnega motorja z bremenom.

Za hidravlični motor z bremenom s podatki: $D_m = 0.72 \cdot 10^{-6}$ [m³/rad], $V_t = 2.7121 \cdot 10^{-5}$ [m³] in $J_t = 3.4 \cdot 10^{-3}$ [kgm²] določimo lastno frekvenco hidravličnega dela po enačbi (6):

$$\omega_H = \sqrt{\frac{4\beta \cdot D_m^2}{J_t \cdot V_t}} = 88,68 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] \rightarrow 14,11 [\text{Hz}] \quad (6)$$

Lastno vrednost frekvence SV lahko dobimo iz karakterističnih podatkov, ki jih poda proizvajalec [10], ali pa jo določimo z eksperimentalnim merjenjem. V primeru opisanega sistema je torej potrebna višja lastna frekvenca SV (več kot 150 Hz). Ker SV, ki so na voljo na trgu, presegajo to mejo, uporabimo model sistema prvega reda ali celo proporcionalni model. V tem prispevku bo poudarek na izbranem modelu sistema prvega reda v obliki enačbe (7):

$$\tau_{sv} \cdot \dot{A}_{sv} + A_{sv} = K_{sv} \cdot u \quad (7)$$

kjer je K_{sv} ojačanje servoventila in τ_{sv} časovna konstanta.

Sedaj zapišemo enačbe (8), ki predstavljajo dinamiko celotnega hidravličnega sistema v obliki:

$$\begin{aligned} J_t \cdot \ddot{\Theta} + B \cdot \dot{\Theta} + T_L &= D_m p_L \\ \dot{p}_L &= \frac{dp_L}{dt} = \frac{2\beta}{V_0} \left[\frac{C_d \cdot A_{sv}}{\sqrt{\rho}} \sqrt{P_s - p_L \cdot \text{sign}(A_{sv})} - \right. \\ &\left. D_m \cdot \dot{\Theta} - C_L \cdot p_L \right] \end{aligned} \quad (8)$$

$$\tau_{sv} \cdot \dot{A}_{sv} + A_{sv} = K_{sv} \cdot u$$

Enačbo (8) preoblikujemo v enačbo (9):

$$\ddot{\Theta} = \frac{D_m}{J_t} \cdot p_L - \frac{B}{J_t} \cdot \dot{\Theta} - \frac{T_L}{J_t} \quad (9)$$

$$\dot{p}_L = \left(\frac{2\beta \cdot C_d}{V_0 \sqrt{\rho}} \sqrt{P_s - p_L} \right) A_{sv} - \frac{2\beta}{V_0} D_m \cdot \dot{\Theta} - \frac{2\beta}{V_0} C_L \cdot p_L$$

$$\dot{A}_{sv} = -\frac{1}{\tau_{sv}} A_{sv} + \frac{K_{sv}}{\tau_{sv}} \cdot u$$

Če vstavimo za $x_1 = \dot{\Theta}$, $x_2 = p_L$, in $x_3 = A_{sv}$, kot spremenljivke dobimo nelinearni zapis tretjega reda v obliki enačb (10):

$$\dot{x}_1 = -a_1 x_1 + a_2 x_2 - a_3 \quad (10a)$$

$$\dot{x}_2 = -a_4 x_1 - a_5 x_2 + a_6 \left(\sqrt{P_s - p_L} \right) \quad (10b)$$

$$\dot{x}_3 = -a_7 x_3 + a_8 u \quad (10c)$$

kjer so konstante v enačbi (7):

$$a_1 = \frac{B}{J_t}, a_2 = \frac{D_m}{J_t}, a_3 = \frac{T_L}{J_t}, a_4 = \frac{2\beta}{V_0} D_m,$$

$$a_5 = \frac{2\beta}{V_0} C_L, a_6 = \frac{2\beta \cdot C_d}{V_0 \sqrt{\rho}}, a_7 = \frac{1}{\tau_{sv}} \text{ in } a_8 = \frac{K_{sv}}{\tau_{sv}}$$

3 Snovanje nelinearnega regulatorja

Problem zasnove regulatorja je, da želimo zagotavljanje asimptotične stabilnosti v izbrani okolici delovne točke. Ob predpostavki, da so na voljo informacije o celotnem stanju, je prednostna tehnika za rešitev tega problema korak nazaj (ang. Backstepping). Korak nazaj je tehnika za načrtovanje posebnih nelinearnih sistemov. Za stabilno delovanje sistema je potrebno kompenzirati nelinearnosti sistema. Zaradi te rekurzivne strukture lahko načrtovalec začne proces načrtovanja pri znanem stabilnem sistemu in kompenzira nelinearnosti, ki postopoma stabilizirajo vsak naslednji podsistem. Postopek se zaključi, ko je dosežen končni korak vpeljave zunanega regulacijskega signala.

Postopek poteka po korakih, znotraj vsakega koraka so še trije notranji koraki. Najprej definiramo virtualno regulacijo za prvo enačbo sistema (10a), pri tem si zamislimo, kot da je regulirna veličina spremenljivka iz naslednje enačbe x_2 , ki nastopa v prvi enačbi v obliki člena $a_2 x_2$ (Lee&Tsao [6]). Za lažjo pisavo referenčno vrednost hitrosti $\dot{\Theta}_r$ zamenjamo z r .

Definiramo negativne pogreške za zapisani sistem enačb (10a,10b, in 10c) in dobimo sistem enačb (11).

$$\begin{aligned} z_1 &= x_1 - r && \rightarrow && x_1 = z_1 + r \\ z_2 &= x_2 - \alpha_1 && \rightarrow && x_2 = z_2 + \alpha_1 \\ z_3 &= x_3 - \alpha_2 && \rightarrow && x_3 = z_3 + \alpha_2 \end{aligned} \quad (11)$$

Korak 1

Definiramo prvi negativni pogrešek in njegov odvod v obliki enačbe (12):

$$\begin{aligned} z_1 &= x_1 - r && \rightarrow && x_1 = z_1 + r \\ \dot{z}_1 &= \dot{x}_1 - \dot{r} = -a_1 x_1 + a_2 x_2 - \dot{r} \end{aligned} \quad (12)$$

Definiramo kandidatko regulacijske Ljapunove funkcije (CLF) z enačbo (13):

$$V_1 = \frac{1}{2} z_1^2 \quad (13)$$

V enačbo (13) vstavimo definiran negativni pogrešek z_1 in tvorimo odvod Ljapunove funkcije - enačba (14):

$$\dot{V}_1 = z_1 \dot{z}_1 = (x_1 - r) \cdot (-a_1 x_1 + a_2 x_2 - a_3 - \dot{r}) \quad (14)$$

Za spremenljivko x_2 vstavimo $x_2 = z_2 + \alpha_1$ in dobimo enačbo (15):

$$\begin{aligned} \dot{V}_1 &= z_1 \dot{z}_1 = (x_1 - r) \left(-a_1 x_1 + a_2 (z_2 + \alpha_1) - a_3 - \dot{r} \right) = \\ &= z_1 \left(-a_1 x_1 + a_2 z_2 + a_2 \alpha_1 - a_3 - \dot{r} \right) \end{aligned} \quad (15)$$

Sedaj definiramo prvi virtualni regulacijski predpis iz enačbe (15) in dobimo enačbo (16):

$$\alpha_1 = \frac{1}{a_2} \left[(a_1 - k_1) x_1 + k_1 r + \dot{r} + a_3 \right] \quad (16)$$

Sedaj vstavimo zapis α_1 v enačbo (15) in dobimo enačbo (17):

$$\dot{V}_1 = a_2 z_1 z_2 - k_1 z_1^2 \quad (17)$$

kjer je $k_1 > 0$.

Korak 2

Tvorimo drugi pogrešek in njegov odvod - enačba (18):

$$\begin{aligned} z_2 &= x_2 - \alpha_1 \\ \dot{z}_2 &= \dot{x}_2 - \dot{\alpha}_1 \end{aligned} \quad (18)$$

V enačbo odvoda drugega pogreška vstavimo enačbo (10b) in dobimo enačbo (19):

$$\dot{z}_2 = \dot{x}_2 - \dot{\alpha}_1 = \left(-a_4 x_1 - a_5 x_2 + (a_6 \sqrt{P_s - x_2}) x_3 \right) - \dot{\alpha}_1 \quad (19)$$

Tvorimo drugo funkcijo Lyapunova, ki je razširitev prve, in dobimo enačbo (20):

$$V_2 = V_1 + \frac{1}{2} z_2^2 \quad (20)$$

Odvajamo enačbo (20) in dobimo enačbo (21):

$$\dot{V}_2 = \dot{V}_1 + z_2 \dot{z}_2 = -k_1 z_1^2 + z_2 \left[a_2 z_1 - a_4 x_1 - a_5 x_2 + a_6 \sqrt{P_s - x_2} z_3 + a_6 \sqrt{P_s - x_2} \alpha_2 - \dot{\alpha}_1 \right] \quad (21)$$

Definiramo še zapis drugi virtualni regulacijski predpis - enačba (22):

$$\alpha_2 = \frac{1}{a_6 \sqrt{P_s - x_2}} \left[-a_2 z_1 + a_4 x_1 + a_5 x_2 + \dot{\alpha}_1 - k_2 z_2 \right] \quad (22)$$

Vstavimo dobljeni izraz v enačbo (21) in dobimo enačbo (23):

$$\dot{V}_2 = -k_1 z_1^2 - k_2 z_2^2 + (a_6 \sqrt{P_s - x_2}) z_2 z_3 \quad (23)$$

kjer sta $k_1 > 0$ in $k_2 > 0$.

Korak 3

Tvorimo tretji pogrešek in njegov odvod - enačba (24):

$$\begin{aligned} z_3 &= x_3 - \alpha_2 \\ \dot{z}_3 &= \dot{x}_3 - \dot{\alpha}_2 \end{aligned} \quad (24)$$

V enačbo odvoda tretjega pogreška vstavimo enačbo (10c) in dobimo enačbo (25):

$$V_3 = V_2 + \frac{1}{2} z_3^2 \quad (25)$$

Poiščemo odvod enačbe (25) in dobimo enačbo (26):

$$\begin{aligned} \dot{V}_3 &= -k_1 z_1^2 - k_2 z_2^2 + (a_6 \sqrt{P_s - x_2}) z_2 z_3 + \\ &+ z_3 \left[(-a_7 x_3 + a_8 u) - \dot{\alpha}_2 \right] = -k_1 z_1^2 - k_2 z_2^2 + \\ &+ z_3 \left[(a_6 \sqrt{P_s - x_2}) z_2 - a_7 x_3 + a_8 u - \dot{\alpha}_2 \right] \end{aligned} \quad (26)$$

Sedaj lahko določimo končni regulacijski predpis v obliki enačbe (27):

$$u = \frac{1}{a_8} \left[- (a_6 \sqrt{P_s - x_2}) z_2 + a_7 x_3 + \dot{\alpha}_2 - k_3 z_3 \right] \quad (27)$$

Sedaj vstavimo enačbo (27) v enačbo (26) in dobimo enačbo (28):

$$\dot{V}_3 = -k_1 z_1^2 - k_2 z_2^2 - k_3 z_3^2 \quad (28)$$

kjer velja, da so $k_1, k_2, k_3 > 0$.

4 Rezultati simulacije

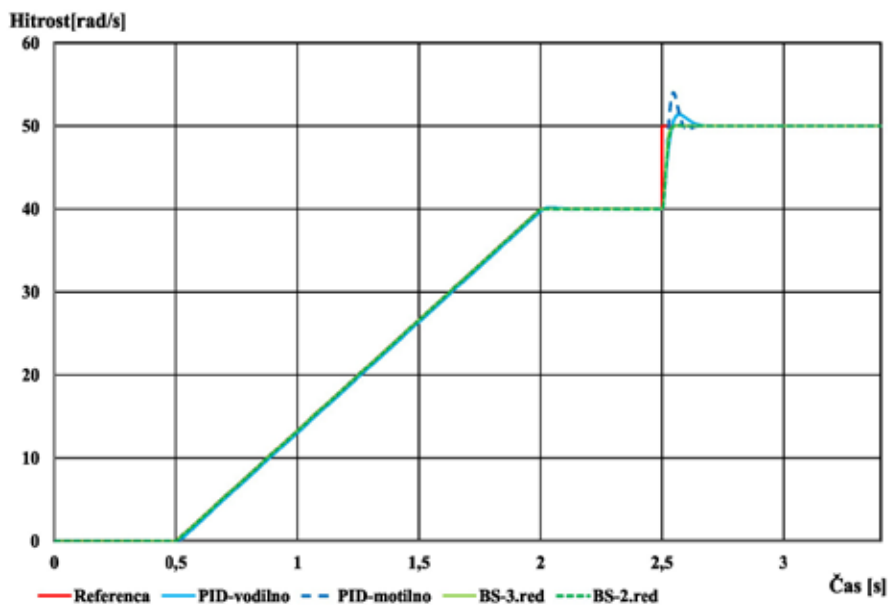
Za preverjanje delovanja nelinearnega regulatorja in primerjave z linearnim PID-regulatorjem je upo-

Tabela 1 : Glavni parametri sistema EHS

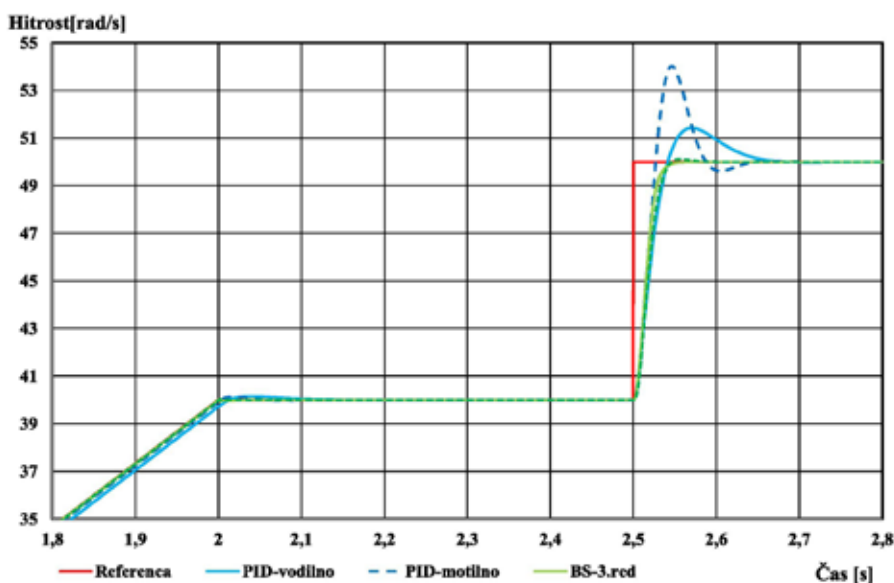
Par.	Vrednost	Par.	Vrednost	Par.	Vrednost
J_p	$3,4 \cdot 10^{-3}$ [kg m ²]	V_o	$2,7127 \cdot 10^{-5}$ [m ³]	B	$1,1 \cdot 10^{-6}$ [Nms/rad]
K_{sv}	$5,527 \cdot 10^{-7}$ [m ² /V]	D_m	$0,72 \cdot 10^{-6}$ [m ³ /rad]	C_L	$9,25 \cdot 10^{-12}$ [m ⁵ /Ns]
τ_{sv}	0,0023 [s]	β	$0,35 \cdot 10^9$ Pa	C_d	0.63

V prispevku je prikazan razvoj nelinearnega regulatorja vrtilne hitrosti. Za preverjanje dinamičnega obnašanja sta uporabljena dva načina preizkusov. Prvi vodilni način predstavlja vodenje sledenja zelene veličine (ang. Reference tracking), kjer opazujemo zmožnost sistema sledenju zelene vrednosti. Drugi način je motilni način (ang. Disturbance), kjer

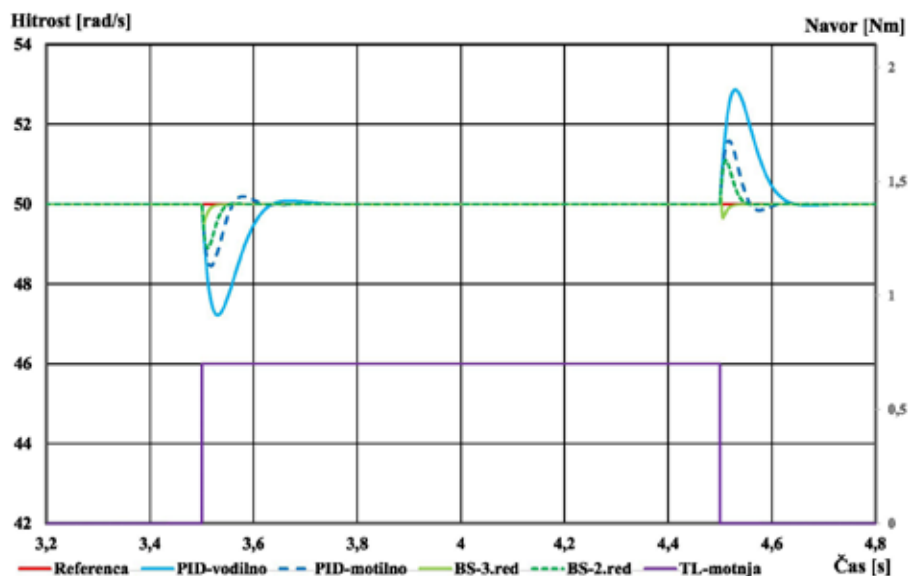
želeni vrtilni hitrosti povzročimo zunanje povečanje bremena (navora) ter opazujemo sposobnost sistema za prilagoditev temu dogodku. PID-regulatorja sta optimirana za primer vodilnega (PID-vodilno) in motilnega obnašanja (PID-motilno). Optimizacija je bila izvedena s pomočjo optimizacijskega algoritma, ki je del programskega paketa MATLAB.



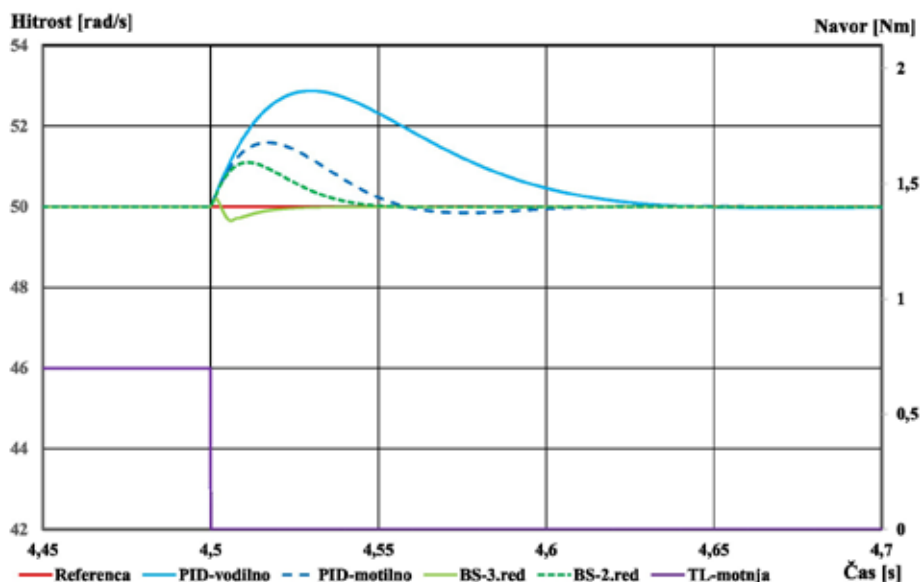
Slika 4 : Primerjava izračunanega obnašanja vodilne regulacije



Slika 5 : Povečan izrez izračunane vodilne regulacije



Slika 6 : Izračunan odziv sistema pri motilnem obnašanju



Slika 7 : Detajl izračunanega odziva pri izklopu motnje

Parametra nelinearnih regulatorjev sta nastavljena ročno (ang. Manual tuning) in imata naslednje parametre: sistem tretjega reda (BS-3.red. $K_1 = 135$, $K_2 = 100$ in $K_3 = 1000$) in drugega reda (BS-2.red. $K_1 = 135$, $K_2 = 100$).

Na *sliki 4* je prikazan odziv sistema na vodilno obnašanje, kjer sta obravnavani dve različni obliki želene vrednosti, in sicer linearno naraščajoča in skočna oblika. *Slika 5* prikazuje povečan del, kjer je moč razločno videti razliko obeh tipov regulatorjev.

Sliki 6 in *7* prikazujeta odziv obravnavanih primerov z motnjo. *Slika 6* prikazuje primer konstantne referenčne vrednosti vrtilne hitrosti s skočnim vklopom in izklopom dodatnega bremena ($T_L = 0,7$ Nm) ter z njegovim izklopom. Motnja je prilagojena sistemu

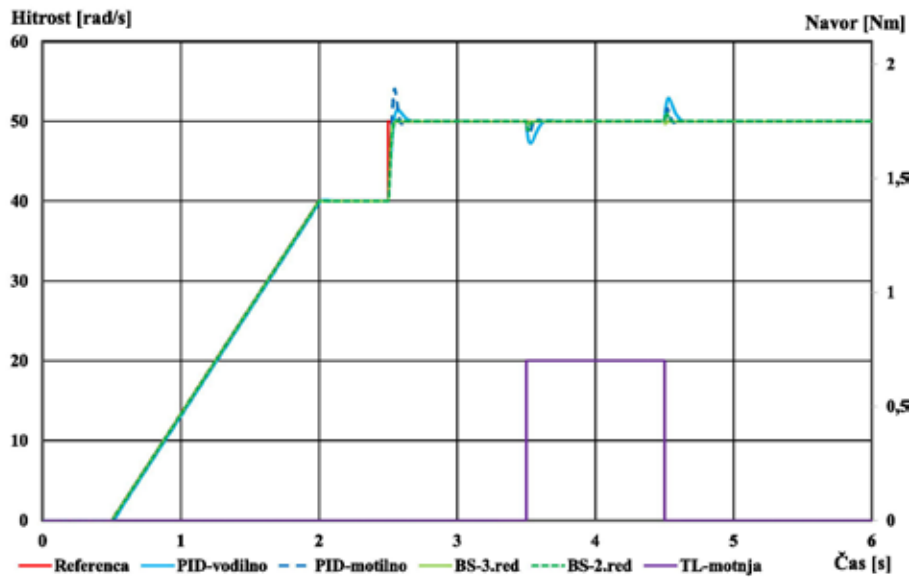
in predstavlja 45 % maksimalne vrednosti bremena, ki ga motor lahko prenese.

Slika 7 prikazuje povečan del, kjer je prikazan odziv sistema pri razbremenitvi.

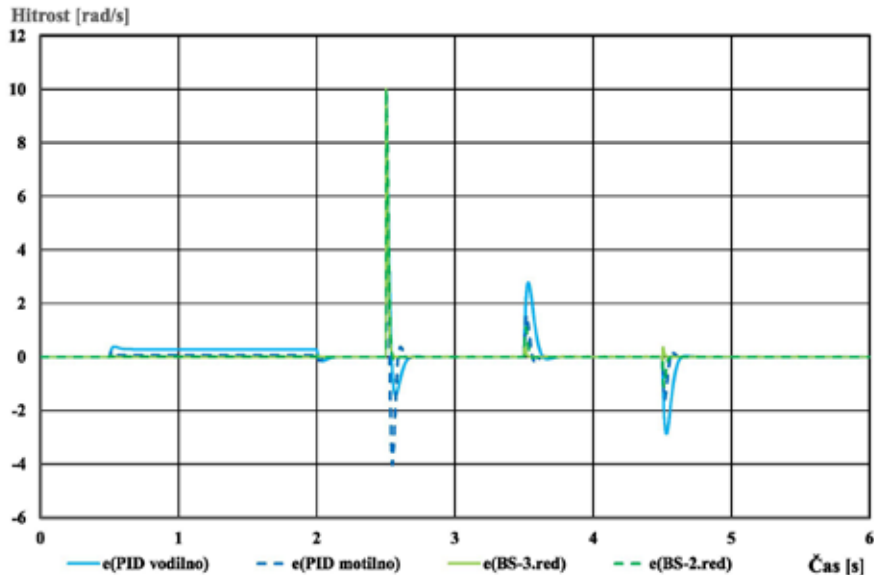
Slika 8 prikazuje celoten potek regulacije, ki vključuje tako vodilno obnašanje kot motilno obnašanje. Potek napake prikazanega poteka na *sliki 8* prikazuje *slika 9*.

5 Zaključek

Snovanje sodobnih naprav načrtovalcem ne dopušča daljših časov v postopku razvoja naprave. Prav zato so sodobni pristopi, ki vključujejo uporabo ra-



Slika 8 : Celoten izračunan preizkus



Slika 9 : Potek izračunane napake

čunalniških simulacij, izrednega pomena. Predpostavljamo, da so dobri matematični modeli, ki morajo vključevati nelinearnosti osnovnih sistemov.

Pristopi k snovanju ustreznih postopkov vodenja in regulacije predstavljajo velik izziv za načrtovalce, saj uporaba klasičnih pristopov v današnjem času ne zadovoljuje več potreb, ki jih predstavljajo nove naprave. Sistemi nelinearnega vodenja so zato ključnega pomena in njihovo načrtovanje in vpeljevanje v realne sisteme predstavljajo izziv tako načrtovalcem kot uporabnikom. Sodobni koncepti razvoja izdelkov zahtevajo katek čas namenjen razvoju izdelka, zato so vsa orodja in postopki, ki so bila razvita in preizkušena v praksi temeljijo pretežno na linearnih teorijah. V prikazanih simulacijskih rezultatih lahko vidimo, da

z njimi dosežemo zadovoljive rezultate za določene oblike, univerzalnosti za različne primere pa ne, saj so projektirani za okolico izbranega delovnega področja. Rezultati simulacij z uporabo nelinearnih regulatorjev prikazujejo razliko napram linearnim v tem, da določene nelinearnosti kompenziramo, tiste, ki pa pripomorejo k boljšemu dinamičnem obnašanju pa ohranimo. Obstoječe tehnike, predvsem pa nagel razvoj računalniških naprav, kažejo velik potencial pri vpeljavi tovrstnih konceptov v praktično uporabo. Razlika v primerjavi z klasičnimi regulatorji je v tem, da je za projektiranje potrebno izpeljati matematični model regulatorja, ki zahteva dodatne zunanje informacije o delovanju sistema (povečana senzorika). Kar je možno nadomestiti z vpeljavo znanih metod opazovalnikov, ki so pogosto uporabljeni zlasti tam, kjer določenih veličin iz različnih primerov ni možno realizirati.

Pri preizkušanju s pomočjo računalniških simulacij je možno v kratkem času preveriti delovanje sistema in vpliv regulacijskega algoritma v različnih obratovalnih režimih. Hkrati je v tem delu možno hitro odpraviti pomanjkljivosti in ugotoviti kritične obratovalne režime.

Za primer elektrohidravličnega rotacijskega servo-sistema je lepo razvidno, da uporaba klasičnih regulacijskih metod za zvišanje kvalitete obratovanja ni zadostna, saj so napake v primerjavi z nelinearnima regulatorjema dosti večje. V prikazu nelinearnega regulatorja je vidna tudi razlika med uporabljenim modelom drugega in tretjega reda pri snovanju nelinearnega regulatorja. Oba modela sta se izkazala za boljša glede na klasična PID-regulatorja. Odločitev o uporabi modela je odvisna predvsem od zahtevnosti sistema in želenih učinkov.

Literatura

- [1] Sun, Y., Li, W., Dong, D., Mei, X., Qiang, H., (2015). Dynamics analysis and active control of a floating crane // *Technical Gazette* 22,6, p.p. 1383-1391. DOI:10.17559/TV-20151026154842 Merritt, H. E., *Hydraulic Control Systems*. Wiley, New York (1967).
- [2] Kastrevc, M. (2022). Nelinearni model elektrohidravličnega podajalnega servopogona, *Ventil: revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo*, ISSN 1318-7279. [Tiskana izd.], Feb. 2022, letn. 28, št. 1, str. 32-39.
- [3] Ogata, K., (2010). *Modern Control Engineering - Fifth Edition*, Prentice Hall.
- [4] Kritic, M., Kanellakopoulos, I., Kokotovic, P. V. (1995). *Nonlinear and Adaptive Control Design*, John Wiley and Sons Hoboken.
- [5] H. Khalil: *Non-Linear Systems*, 3rd ed. Upper Saddle River, Prentice-Hall, 2002.
- [6] Lee, S. J., Tsao, T. C. (2002). Nonlinear Backstepping Control of an Electrohydraulic Material Testing System. // *Proceedings of the American Control Conference*, vol 6. p. p. 4852-4830, DOI:10.1109/ACC.2002.1025422.
- [7] Kaddissi, J. P. Kenne, M. Saad, (2007). Identification and Real-Time Control of an Electrohydraulic Servo System Based on Nonlinear Backstepping. // *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol. 12, February DOI:10.1109/TMECH.2006.886190.
- [8] Detiček, E., Kastrevc, M. (2016). Design of Lyapunov Based Nonlinear Position Control of Electrohydraulic Servo Systems. // *Journal of Mechanical Engineering*. 62, 3, p. p. 163-170.
- [9] Detiček, E., Gubelj, N., Kastrevc, M. (2017). Design of Lyapunov based nonlinear velocity control of electrohydraulic velocity servo systems = Dizajniranje nelinearne regulacije brzine elektrohidrauličnog servo sustava metodom Lyapunova. *Tehnički vjesnik: znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku*, ISSN 1330-3651, vol. 24, no. 3, str. 745-751, DOI: 10.17559/TV-20160930073953.
- [10] MOOG. Servovalves with Integrated Electronics D769 Series. *Rapport technique*, MOOG Inc.
- [11] Jelali, M., Kroll, A. (2003). *Hydraulic Servo-systems: modelling, identification and control*, Springer Verlag, London, Berlin, Heidelberg.

Nonlinear velocity control of electrohydraulic rotational servo system

Abstract:

This paper studies the closed-loop control of an electrohydraulic velocity servo system with the use of the Lyapunov theory of nonlinear systems using integrator backstepping.

Two different nonlinear design procedures are employed feedback linearization and backstepping. It is shown that both these techniques can be successfully used to stabilize any chosen operating point of the system. All derived results are validated by computer simulation of the nonlinear mathematical model of the system. Because of the highly nonlinear nature of the electrohydraulic servo system, the conventional control strategies mostly cannot reach desired control objectives. The nonlinear mathematical model of the system contains many nonlinear terms, which influence also the dynamic errors of the control system. Modern strategies should be able to cope with these nonlinearities.

The research studies represented in the paper show the big potential of Lyapunov-based nonlinear controller design procedures, to obtain desired control objectives.

Keywords:

electrohydraulic servo system, nonlinear control, Lyapunov theory, integrator backstepping, computer simulation

Zahvala

Predstavljeni rezultati so del raziskave načrtovanja nelinearnih načinov vodenja v sklopu raziskovalnega projekta J2-7631 Optimalno projektiranje oblike linijskih konstrukcij z nelinearnim odzivom. Avtorja se zahvalujeta za vso nudeno pomoč pri izvedbi raziskave.

Vodilni ponudnik ventilov za procesno in kemijsko industrijo



GIA
www.gia.si



ZAPOSLENI

- 4.500 po svetu
- 3.600 v Evropi
- 700 v Aziji
- 200 v Severni in Južni Ameriki
- 1.900 v Frankfurtu ob Majni, Nemčija

PRODAJNA MREŽA

- Več kot 50 hčerinskih družb v več kot 40 državah
- Več kot 200 zastopnikov

GIA-S INDUSTRIJSKA OPREMA D.O.O.

Industrijska cesta 1K · 1290 GROSUPLJE
Tel: +386 1 7865-300
Fax: +386 1 7863-568
info@gia.si
www.gia.si

SAMSON – več kot 110 let izkušenj s proizvodnjo

Ko se ozremo v preteklost, beležimo več kot 110 let uspehov. Naši visokokakovostni regulacijski ventili postavljajo standarde v procesni industriji in so temelj našega globalnega uspeha.

SAMSON proizvaja regulacijske ventile, lopute in modularne enote za avtomatizacijo, namenjene vsem področjem procesne tehnike, kakor tudi samodejne regulatorje za preproste regulacijske sisteme s konstantno referenčno veličino. V produktnem programu SAMSON so tudi sofisticirani merilni pretvorniki, regulatorji in avtomatizirani sistemi. Naš odgovor na izzive digitalizacije so rešitve iz produktne linije SAM DIGITAL, ki omogočajo povezovanje komponent in sistemov v pametna omrežja za avtomatizacijo procesov.

RAZVOJ IN PRAKTIČNA UPORABA VRHUNSKEGA HIDRAVLIČNEGA MINERALNEGA OLJA

Milan Kambič

Izveček:

V uvodu prispevka bodo navedene zahteve, s katerimi se srečujemo pri sodobnih strojih in hidravlični opremi. Prikazan bo medsebojni vpliv med zahtevami za nek stroj, kakovostjo maziva in specifikacijami.

V nadaljevanju bo predstavljen razvoj vrhunskega hidravličnega olja na mineralni osnovi, ki upošteva te sodobne zahteve. Omenjene bodo njegove glavne lastnosti in prednosti pred običajnimi hidravličnimi olji. Te prednosti omogočajo znižanje stroškov vzdrževanja in proizvodnje kljub višji ceni olja. Predstavljeni bodo prvi rezultati praktičnih testiranj tega olja v nekaterih slovenskih podjetjih.

Ključne besede:

hidravlično mineralno olje, specifikacije, oksidacijska stabilnost, znižanje stroškov

1 Uvod

Hidravlična tekočina je zelo pomemben sestavni del, ki ga pogosto površno ali le naključno upoštevamo. Najpogosteje se zdi, da je le izpolnjevanje zahtev vgrajene črpalke glavni dejavnik pri izbiri tekočine [1]. Stroški okvar hidravlične črpalke so na splošno eden najdražjih pojavov v hidravličnih sistemih. Vendar pa nepravilno delovanje ventilov in aktuatorjev zaradi neustreznih lastnosti olja, kot je degradacija (oksidacija) olja, ki povzroča nastanek usedlin v kritičnih prostorih, pogosto tudi vodi do drage izgube proizvodnje [1], [2]. Zaradi ozkih toleranc in majhnih zračnosti, prisotnih različnih kovinskih materialov, različnih elastomerov ter visokih tlakov in temperatur sta uporabna doba in zmogljivost vseh komponent sistema odvisni od pravilne izbire in vzdrževanja hidravličnih tekočin.

Hidravlične tekočine poleg prenosa tlaka in energije opravljajo številne druge naloge. Te vključujejo zmanjševanje trenja in obrabe, tesnjenje delov pred prevelikim puščanjem, odvajanje toplote, zmanjševanje usedlin v sistemu, izpiranje obrabnih delcev in kontaminantov ter zaščito površin pred rjo in korozijo. Pomembne lastnosti hidravlične tekočine se razlikujejo glede na uporabljene komponente, namen uporabe in obratovalne pogoje [2].

Kakovost olja, ki jo zahtevajo hidravlični sistemi, je odvisna od naprave in obratovalnih pogojev. Člo-

vek si že od samega začetka uporabe hidravličnih tekočin prizadeva izboljšati njihove lastnosti. Posledično se je v dobrih dveh stoletjih njihove uporabe število različnih tekočin, ki jih danes uporabljamo v hidravličnih napravah, precej povečalo. Vsaka od njih ima prednosti na določenem področju uporabe. Voda je na primer negorljiva, mineralno olje je najbolj univerzalno uporabno, biološko hitreje razgradljiva olja so manj škodljiva za okolje, hidravlična olja za uporabo v živilski industriji lahko pridejo v stik s hrano itd. Vendar nobena tekočina ni tako univerzalna, da bi lahko izpolnjevala vse včasih zelo različne ali celo nasprotujoče si zahteve. Razvojni inženirji zato še vedno vlagajo ogromno truda, časa in sredstev v iskanje hidravlične tekočine, ki bi bila blizu idealni hidravlični tekočini. Med drugim mora biti ta negorljiva, nestrupena, imeti odlične mazalne lastnosti, temperaturno neodvisne fizikalno-kemijske lastnosti [3].

Kljub različnim vrstam hidravličnih tekočin, ki smo jih omenili, pa mineralna olja še vedno predstavljajo glavnino porabe. V prispevku bo zato predstavljeno hidravlično olje vrhunske kakovosti na osnovi mineralnega olja in njegove prednosti pred konvencionalnimi hidravličnimi olji.

2 Povezanost zahtev stroja, kakovosti olja in specifikacij

Sodobna hidravlična oprema se spreminja, s tem pa tudi zahteve za hidravlično olje. Zračnosti med posameznimi strojnimi elementi so vse manjše, tlaki naraščajo, zato je na primer zahtevana boljša sto-

Dr. Milan Kambič, univ. dipl. inž., Olma, d. o. o.,
Ljubljana



Slika 1 : Smernice na področju hidravlične opreme in hidravličnih olj

pnja čistosti olja kot nekoč. Kakovost olja se mora prilagajati novim zahtevam opreme. Enako velja za specifikacije, ki definirajo minimalne zahteve, ki jih olje mora izpolnjevati. Če se specifikacije ob spremenjenih zahtevah opreme in kakovosti olja ne bi posodabljale, bi zastarele in bi tudi manj kakovostna olja izpolnjevala večino zahtev. Uporabnik tako ne bi več mogel razlikovati med bolj in manj kakovostnimi olji in izbrati primerno za posamezen primer uporabe. Zato se pojavljajo nove specifikacije (manj pogosto) oziroma se določene zahteve posameznih specifikacij zaostrejujejo ali dodajajo nove (bolj pogosto). Zahteve stroja, kakovost olja in specifikacije za olja so zato neločljivo povezane in se stalno spreminjajo.

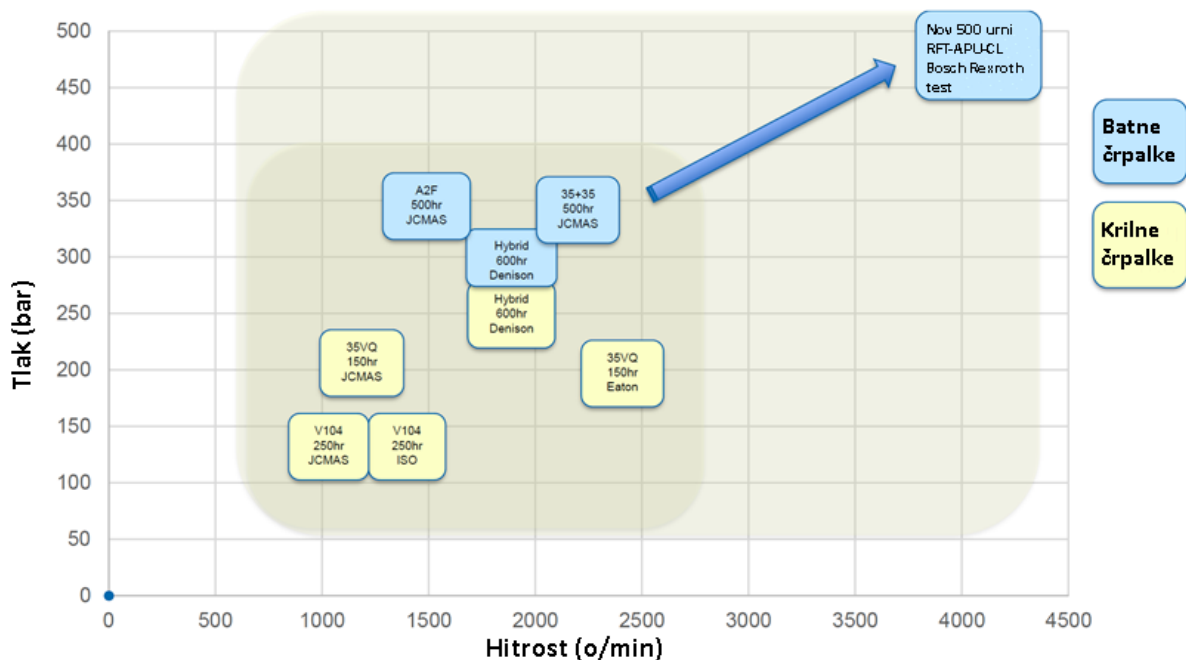
Slika 1 prikazuje smernice pri sodobni hidravlični opremi in oljih, primernih za uporabo v takšni opre-

mi. Hidravlični sistemi so vse manjši, kar še zlasti velja v mobilni hidravliki, kjer smo omejeni tako s prostorom kot s težo. Količina olja je manjša, zato se obtočni časi krajšajo, kar pomeni večje obremenitve za olje (temperatura, tlak). Kljub temu pa lastniki in uporabniki opreme pričakujejo čim manj nenačrtovanih zaustavitev in daljšo uporabno dobo opreme in olja.

Opisano protislovje lahko vsaj delno premostimo z uporabo zelo kakovostnih olj. Ta olja lahko vsebujejo večjo količino aditivov, imajo odlično sposobnost filtracije in nudijo odlično zaščito proti koroziji, kar je pomembno zaradi možne prisotnosti vlage v olju. Zaradi višjih temperatur olja je pomembna odlična toplotna in oksidacijska stabilnost. Zaradi krajših obtočnih časov pa sta ključna hitro izločanje zraka iz olja in odpornost proti penjenju. Usklajitev teh dveh lastnosti ni preprosta, saj povečanje odpornosti proti penjenju lahko upočasni izločanje zraka iz olja.

Večina pomembnih lastnosti mineralnih hidravličnih olj je zajeta v različnih standardih in specifikacijah, kot so na primer:

- ▶ DIN 51524 (del 1: HL, del 2: HLP in del 3: HVLP),
- ▶ AFNOR: NFE 48-603,
- ▶ Denison (HF-2 in HF-O),
- ▶ Vickers (M-2950-S in I-286-S),
- ▶ Cincinnati Milacron: P-68, P-69, P-70,
- ▶ specifikacija Bosch-Rexroth RFT-APU-CL (RD 90235),
- ▶ švedski standard SS 155434,
- ▶ NATO koda H-515 (MIL-H-5606),
- ▶ NATO koda H-537 (MIL-H-83282).



Slika 2 : Primerjava pogojev različnih testov hidravličnih črpalke

Že zelo dolgo je v uporabi specifikacija DIN 51524, ki podaja minimalne zahteve za mineralna hidravlična olja. Nekatere specifikacije so vezane na določena geografska področja (švedski standard), druge na določeno panogo (NATO kode). Od navedenih specifikacij je Bosch Rexroth RFT-APU-CL /RD 90235) najmlajša, hkrati pa izredno zahtevna. Razlog za to prikazuje *slika 2*, kjer vidimo, da testiranje v tem primeru poteka pri praktično dvakrat višjih tlakih in hitrostih, kot je poprečje pri vseh drugih testih črpalk. Bosch Rexroth je s to specifikacijo želel simulirati zahtevne primere uporabe. Po končanem testu se črpalka in hidromotor razstavita, ocenjuje se obraba posameznih sestavnih delov. Olja, ki uspešno prestanejo testiranje, se uvrstijo na Bosch Rexrothov seznam odobrenih olj.

3 Vrhunsko hidravlično olje Hydrolubric HC VG 46 in njegove prednosti

Motiv za razvoj vrhunskih hidravličnih olj je dejstvo, da se v zadnjih letih povečuje delež bolj kakovostnih hidravličnih olj na osnovi baznih olj skupine II in III. Posamezne skupine baznih olj in nekatere razlike med njimi prikazuje *preglednica 1*.

3.1 Prilagajanje smernicam na trgu

Med drugim smo opazili trend uporabe tovrstnih olj v strojih za brizganje plastike. V ta namen se že dolgo uspešno uporablja olje na mineralni osnovi Hydrolubric VG 46 (v nekaterih primerih tudi Hydrolubric VG 68). Hydrolubric VG 46 dosega zahteve za olja enega od znanih proizvajalcev strojev za brizganje plastike Krauss Maffei. Kljub temu nekateri ponudniki maziv v zadnjih dveh ali treh letih ponujajo še bolj kakovostna olja za uporabo na teh strojih. Nekateri uporabniki so se odločili za uporabo hidravličnih olj na osnovi baznih olj skupine II ali skupine III ali pa so taka olja začeli preizkušati v svojih strojih. To je bil glavni razlog, da smo se odločili za razvoj vrhunškega hidravličnega olja Hydrolubric HC VG 46, ki po nekaterih lastnostih, kot je

oksidacijska stabilnost, bistveno presega lastnosti olja Hydrolubric VG 46 in se lahko primerja z drugimi trenutno najbolj kakovostnimi olji na trgu.

Hidravlično olje HYDROLUBRIC HC VG 46 je sestavljeno iz posebej izbranih hidrotretiranih baznih olj (takšna olja imajo med drugim boljšo oksidacijsko stabilnost), aditivov proti koroziji, staranju, aditivov EP in AW, izboljševalcev indeksa viskoznosti in dodatkov proti penjenju. Ima odlično termično in oksidacijsko stabilnost, sposobnost filtracije (tudi ob prisotnosti majhne količine vode), odlično hidrolitično stabilnost, odlično sposobnost izločanja zraka in ni nagnjeno k penjenju.

3.2 Osnovne lastnosti

Po opravljenih laboratorijskih testiranjih smo se odločili za najboljšo možno formulacijo olja. Nekatere fizikalno-kemijske lastnosti olja prikazuje *preglednica 2*.

Olje je izredno svetlo, praktično prozorno, kar je posledica visoke stopnje rafinacije baznega olja in s tem zelo nizke vsebnosti žvepla. Indeks viskoznosti je višji kot pri konvencionalnih hidravličnih oljih. Olje hitro izloča vodo in ni nagnjeno k penjenju, saj tega ni v nobeni sekvenci.

Oksidacijsko stabilnost Hydrolubric HC VG 46 smo izmerili v primerjavi z nekaterimi drugimi mineralnimi hidravličnimi olji viskoznostnega razreda ISO VG 46. Uporabili smo tester RapidOxy 100, prikazan na *sliki 3*. Oksidacijsko stabilnost določamo tako, da merimo čas od začetka testiranja do trenutka, ko se tlak kisika ali sintetičnega zraka v napravi zniža za določeno vrednost oziroma odstotek. Rezultati meritev so prikazani v *preglednici 3*. Vidimo lahko, da je oksidacijska stabilnost novega olja Hydrolubric HC VG 46 neprimerno višja kot pri vseh drugih oljih. V nekaterih primerih celo do dvakrat višja. Glede na to lahko upravičeno pričakujemo, da se bo to pri praktični uporabi olja ob enakih obratovalnih pogojih odrazilo na bistveno daljši uporabni dobi olja. To pa seveda pomeni nižje skupne stroške ne glede na višjo ceno olja.

Preglednica 1 : Splošne lastnosti baznih olj [6]

Parameter	Nafteni (hidrotretirani)	Skupina I	Skupina II	Skupina III	Skupina IV
Indeks viskoznosti	30–60	95	105	130	130
Točka tečenja (%)	-45	-15	-15	-15	<-60
Hlapnost (%)	/	25	15	5-10	10
Anilinska točka (°C)	75	100	115	130	130
% nasičenih maščob (parafini)	65	80	99	99	100
% aromatskih komponent	35	20	0,5	0,2	0
Dušik (ppm)	/	do 60	<5	<1	0
Žveplo (ppm)	0,05	do 7.000	10	<5	0

Preglednica 2 : Nekatere fizikalne in kemijske lastnosti olja Hydrolubric HC VG 46

Parameter	Metoda	Enota	Mejna vrednost	Izmerjena vrednost
Videz	vizualno	/	Bistra tekočina	Bistra tekočina
Barva	ASTM D1500		<4	L 0,5
Plamenišče (COC)	ASTM D92	°C	>185	>240
Gostota pri 20 °C	ISO 12185	kg/m ³	850,0-890,0	854,5
Točka tečenja	ASTM D97	°C	<-15	<-33
Viskoznost pri 40 °C	ASTM D445	mm ² /s	41,4-50,6	46,21
Viskoznost pri 100 °C	ASTM D445	mm ² /s	>6,100	7,125
Indeks viskoznosti	ASTM D2270	/	>110	113
Nevtralizacijsko število	ASTM D664	mg KOH/g	0,40-0,60	0,41
Korozija na baker	ASTM D130			1b
Oksidacijska stabilnost, RapidOxy Grease 2	ASTM D8206	min		1067
Deemulzivnost 40/0/40 (O/E/W)		min	30	<15
Test penjenja	ASTM D892	ml/ml	150/0 75/0 150/0	0/0 0/0 0/0

Končna formulacija olja izpolnjuje zahteve naslednjih specifikacij:

- ▶ DIN 51524/3 HVLP,
- ▶ ISO 6743/4 HV,
- ▶ ISO 11158 HV,
- ▶ Denison HF-2, HF-0,
- ▶ Vickers I-286-S, M-2950-S,
- ▶ Cincinnati Milacron P-68, P-69, P-70,
- ▶ AFNOR NFE 48-690 (dry),
- ▶ AFNOR NFE 48-691 (wet),
- ▶ AFNOR NFE 48-603.

Med njimi ni navedene najzahtevnejše prej omenjene specifikacije Bosch Rexroth RFT-APU-CL (RD 90235). Razlog je preprosto ta, da gre za novo olje, postopek pridobitve te specifikacije pa traja eno do dve leti. Ne dvomimo pa, da olje ne bi izpolnilo tudi zahtev te specifikacije.

**Slika 3** : Instrument za merjenje oksidacijske stabilnosti RapidOxy 100**Preglednica 3** : Primerjava oksidacijske stabilnosti nekaterih Olminih hidravličnih olj

Naziv olja	Metoda	Enota	Izmerjena vrednost
Hydrolubric HC VG 46	ASTM D8206	min	1067
Hydrolubric VG 46	ASTM D8206	min	664
Hydrolubric HD 46	ASTM D8206	min	570
Hydrolubric HLP 46	ASTM D8206	min	529
Hydrolubric VGS 46	ASTM D8206	min	672
Hydrolubric HVLP 46	ASTM D8206	min	787
Hydrolubric VG 46 D	ASTM D8206	min	536

3.3 Praktična testiranja

Po opravljenih laboratorijskih preizkusih v laboratoriju podjetja Olma, ki so potrdili naša pričakovanja, smo v treh podjetjih začeli praktično testiranje olja v nekaterih strojih za brizganje plastike Krauss Maffei. Izvedli smo prve analize vzorcev olja iz teh strojev. Trenutno testiranje poteka v treh podjetjih na 4 lokacijah, v nadaljevanju so prikazani nekateri rezultati iz 2 podjetij, ki sta označeni kot podjetje A in podjetje B. V tretjem podjetju se je testiranje začelo šele pred kratkim.

V podjetju A od maja 2021 testiramo Hydrolubric HC VG 46 na strojih Krauss Maffei KM 204.28 s polnitvijo olja 250 L in KM 204.46 s polnitvijo olja 470 L. Doslej smo opravili tri vzorčenja in analize iz teh dveh strojev. Rezultate analize iz stroja KM 28.46 prikazuje *preglednica 4*, spreminjanje vrednosti barve in nevtralizacijsko število pa slika 4. Spreminjanje vrednosti stopnje čistosti olja na obeh strojih prikazuje *slika 5*.

Viskoznosti, indeks viskoznosti, barva, plamenišče in koncentracija aditivnih elementov se od začetka praktično niso spremenili. Koncentracije obrabnih

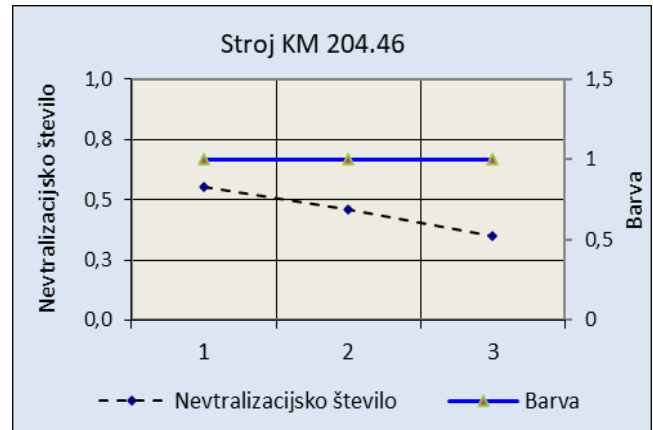
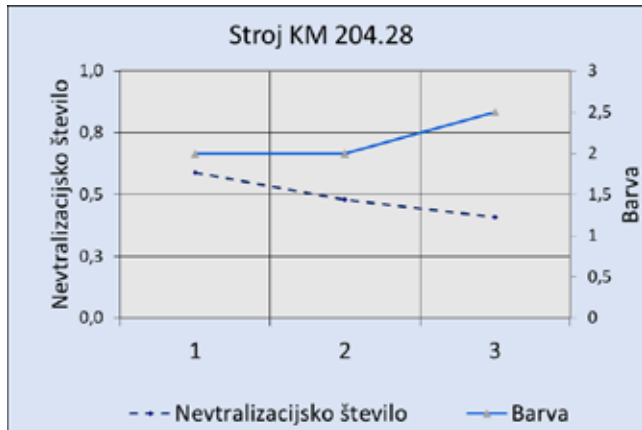
Preglednica 4 : Pregled rezultatov treh zaporednih analiz vzorcev iz stroja KM 28.46 v podjetju A

Parameter/število meritve	1	2	3
Datum vzorčenja	8. 6. 2021	23. 9. 2021	18. 1. 2022
Laboratorijska številka vzorca	18963	19412	19807
Obratovalne ure olja (h)	128	1089	1005
Obratovalne ure stroja (h)	26.515	27.604	28.609
Videz - vizualno	bistra tekočina	bistra tekočina	bistra tekočina
Barva/ASTM D 1500	L 1,0	L 1,0	L 1,0
Plamenišče/ASTM D 92 (°C)	239	241	241
Viskoznost pri 40 °C (mm ² /s)	45,63	45,67	45,80
Viskoznost pri 100 °C (mm ² /s)	7,06	7,05	7,11
Indeks viskoznosti/ASTM D 2270 (-)	113	112	114
Nevtralizacijsko število/ASTM D 974 (mg KOH/kg)	0,55	0,46	0,35
Vsebnost vode/ISO 12937 (%)	0	0	0
Aditivni elementi/ASTM D 6481 (ut. %)			
Fosfor - P	0,0340	0,0311	0,0307
Žveplo - S	0,1079	0,1034	0,1019
Kalcij - Ca	0,0050	0,0050	0,0047
Cink - Zn	0,0404	0,0400	0,0383
Obrabne kovine/TXMS-06A (mg/kg)			
Krom - Cr	3	<3	<3
Baker - Cu	4	4	11
Železo - Fe	3	4	2
Svinec - Pb	<5	<5	<5
Kositer - Sn	<14	<14	<14
Aluminij - Al	<6	<6	<6
Kontaminanti/DN 8-55 (mg/kg)			
Silici - Si	<5	<5	<5
Stopnja čistosti			
ISO 4406:99 >4 μm	16	15	17
ISO 4406:99 >6 μm	15	13	16
ISO 4406:99 >14 μm	12	10	14
NAS 1638	8	6	10
SAE AS 4059	7/7/6/8/7/6	6/5/4/6/5/3	8/8/8/10/10/9

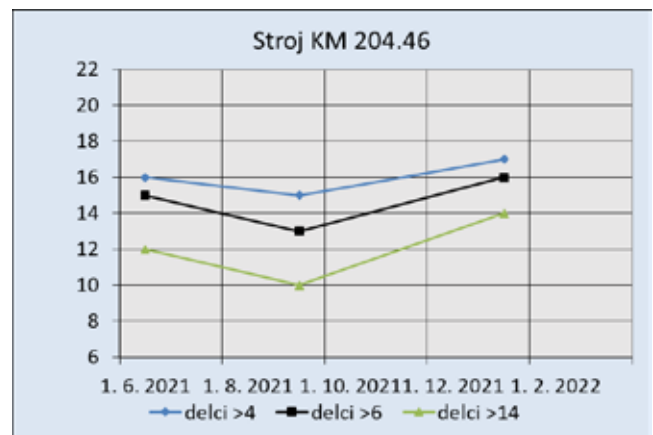
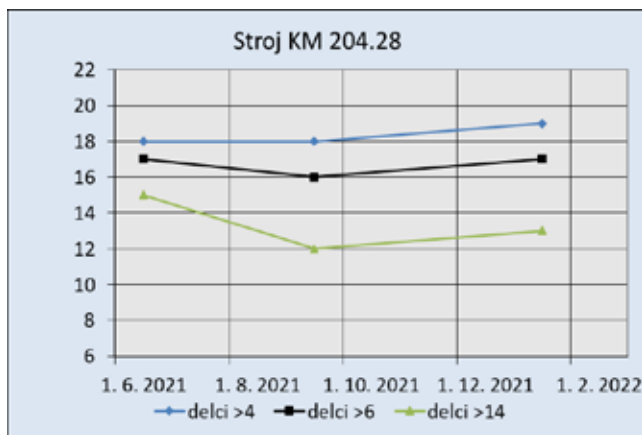
kovin so v normalnem območju za industrijske hidravlične sisteme. Nevtralizacijsko število se je nekoliko znižalo. Stopnja čistosti je večinoma skladna s priporočilom proizvajalca stroja, občasno je preveč delcev, večjih od 6 mikrometrov in od 14 mikrometrov. Doslej so rezultati torej pričakovani in zelo stabilni. Na stroju KM 204.28 bo treba razmisliti o vgradnji bolj finih oziroma bolj učinkovitih filtrskih elementov.

V podjetju B od maja 2021 testiramo Hydrolubric HC VG 46 na strojih Krauss Maffei KM 80 2K s polnitvijo olja 300 L in KM 1000 s polnitvijo olja 1500 L. Barvo in nevtralizacijsko število olja na obeh strojih prikazuje *slika 6*, stopnjo čistosti olja na obeh strojih pa *slika 7*.

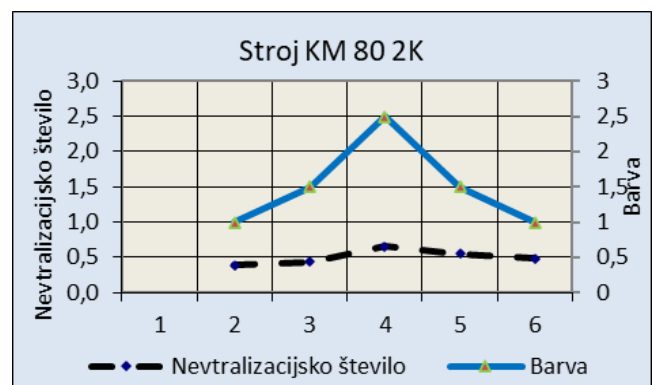
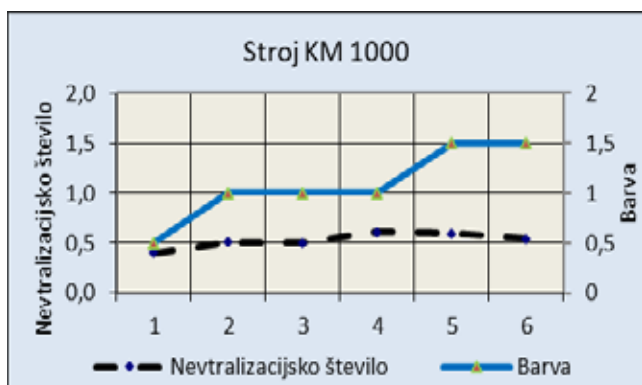
Parametri so zelo stabilni in ves čas v priporočenem območju. Izjema je stopnja čistosti. Na stroju



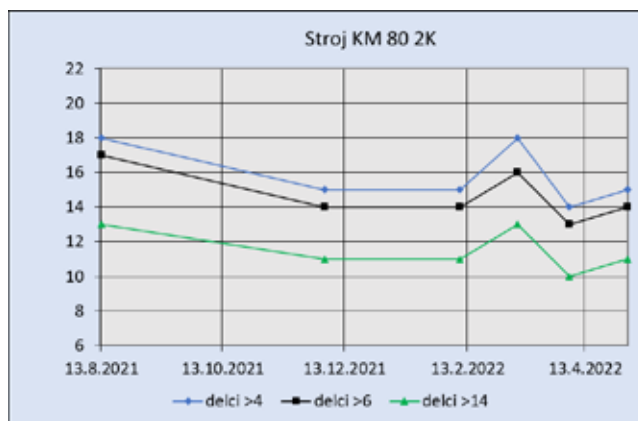
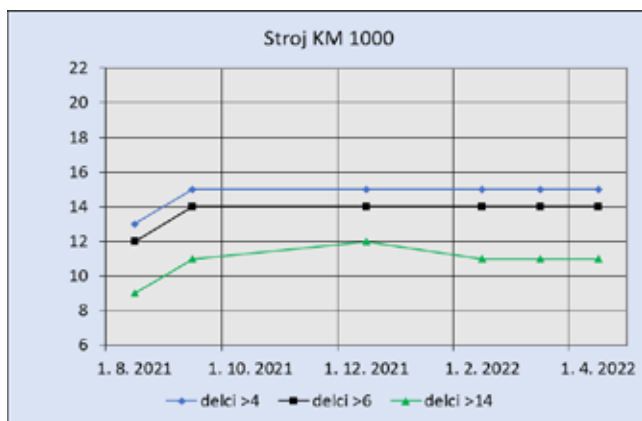
Slika 4 : Nevtralizacijsko število in barva na strojih KM 204.28 (levo) in KM 204.46 (desno) v podjetju A



Slika 5 : Stopnja čistosti olja na strojih KM 204.28 (levo) in KM 204.46 (desno) v podjetju A



Slika 6 : Nevtralizacijsko število in barva na strojih KM 1000 (levo) in KM 80 2K (desno) v podjetju B



Slika 7 : Stopnja čistosti olja na strojih KM 1000 (levo) in KM 80 2K (desno) v podjetju B

KM 1000 je glede na priporočila proizvajalca stroja preveč delcev velikosti nad 14 mikrometrov. Na stroju KM 80 K2 pa je občasno preveč delcev tako velikosti nad 4 mikrometre, nad 6 mikrometrov kot tudi nad 14 mikrometrov.

Po enem letu spremljanja stanja olj na testnih strojih lahko ugotovimo, da se olje trenutno še vedno obnaša odlično. Vse polnitve so v dobrem stanju.

Na končne zaključke praktičnih testiranj pa bo treba počakati dlje časa, saj lahko pričakujemo, da bo uporabna doba olja ob normalnih obratovalnih pogojih znašala več let.

3.4 Prednosti uporabe olja Hydrolubric HC VG 46 in znižanje stroškov

Novo razvito olje ima v primerjavi z najpogosteje uporabljanimi hidravličnimi olji naslednje prednosti:

- ▶ višji indeks viskoznosti,
- ▶ neprimerno višja oksidacijska stabilnost,
- ▶ odlično izločanje zraka in odpornost proti penjenju,
- ▶ manjša stisljivost olja,
- ▶ boljše mazalne lastnosti,
- ▶ manjša nevarnost kavitacije,
- ▶ manjša nevarnost zažiganja olja (»dizel efekt«).

Višji indeks viskoznosti pomeni nižjo viskoznost pri nižjih temperaturah, s tem pa manjše upore in padec tlaka pri pretakanju olja, kar posledično pomeni nižjo porabo energije za pogon hidravličnih črpalk. Po drugi strani pa se viskoznost olja pri višjih temperaturah zniža manj, kar pomeni manjše lekaže zaradi netesnosti in boljšo nosilnost mazalnega filma ter posledično manjšo obrabo. Višja oksidacijska stabilnost pomeni daljšo uporabno dobo olja, saj je olje manj nagnjeno k tvorjenju oblog, usedlin in manj maši filterske elemente. Zaradi hitrejšega izločanja zraka iz olja je olje manj stisljivo, hidravlični sistemi pa zato bolj odzivni. Manjša količina zraka v olju med obratovanjem pomeni izboljšanje mazal-

nih lastnosti, manjšo nevarnost tako imenovanega »dizel efekta« in manjšo nevarnost kavitacije.

Možni prihranki tako zajemajo:

- ▶ nižji strošek energije,
- ▶ prihranek zaradi daljše uporabne dobe olja,
- ▶ prihranek zaradi manjše porabe olja za dolivanje,
- ▶ prihranek zaradi daljše uporabne dobe hidravličnih sestavin,
- ▶ nižji strošek odstranjevanja odpadnih olj,
- ▶ nižji strošek dela vzdrževalcev.

Namen praktičnih testiranj sta potrditev odličnih lastnosti olja tudi pri dejanski uporabi in potrditev možnih prihrankov, ki večkratno nadomestijo višjo ceno olja.

4 Zaključek

Spremenjene obratovalne zahteve za sodobne stroje in hidravlično opremo se odražajo na spremembah kakovosti hidravličnih olj, prav tako pa na spremembah specifikacij teh olj.

Zaradi povečanja deleža hidravličnih olj na osnovi kakovostnejših baznih olj, ki jih v zadnjih letih opažamo na trgu, smo se odločili za razvoj vrhunskega hidravličnega olja Hydrolubric HC VG 46.

Laboratorijske meritve so potrdile pričakovanje, da bo to olje preseglo lastnosti običajnih hidravličnih olj. Oksidacijska stabilnost tega olja je bistveno višja kot pri drugih običajnih hidravličnih oljih.

V treh podjetjih smo začeli praktično testiranje na nekaterih strojih za brizganje plastike Krauss Maffei. Po enoletnem testiranju so polnitve olja še vedno v odličnem stanju. To omogoča znižanje stroškov, saj se kljub višji ceni olja znižuje obseg potrebnih vzdrževalnih del, okvar opreme in s tem povezanih zastojev proizvodnje. Na končne zaključke pa bo treba počakati dlje časa, saj lahko pričakujemo, da

bo uporabna doba olja ob normalnih obratovalnih pogojih znašala več let.

Literatura

- [1] M. Kambič in D. Lovrec, „Problems of testing new hydraulic fluids,“ v Fluid power 2017, Maribor, 2017.
- [2] D. M. Pirro and A. A. Wessol, Lubrication fundamentals, 2nd ed., New York, Basel: Marcel Dekker, Inc., 2001.
- [3] M. Kambič in D. Lovrec, „Hidravlične tekočine prihodnosti,“ v Fluidna tehnika 2011, Maribor, 2011.
- [4] “Base oil groups explained,“ Machinery lubrication, no. 10, September–October 2012.
- [5] M. Kambič, „Mineralna bazna olja,“ IRT3000, Izv. 16, št. 114, 2021.
- [6] Robert Scottt, Jim Fitch, Lloyd Leugner, The practical handbook of machinery lubrication, Tulsa, Oklahoma: Noria Corporation, 2012.

Development and practical use of premium hydraulic oil on mineral basis

Abstract:

In the introduction of the paper, the requirements encountered in modern machines and hydraulic equipment will be stated. The mutual impact between machine requirements, lubricant quality and specifications will be shown.

Following, premium quality hydraulic oil on mineral basis and its main characteristics will be presented. Its main properties and advantages over conventional hydraulic oils will be mentioned. These advantages make it possible to reduce maintenance and production costs despite the higher price of oil. The first results of practical testing of this oil in some Slovenian companies will be presented.

Keywords:

mineral hydraulic oil, specifications, oxidation stability, cost reduction

Hidravlična olja srce hidravličnih sistemov

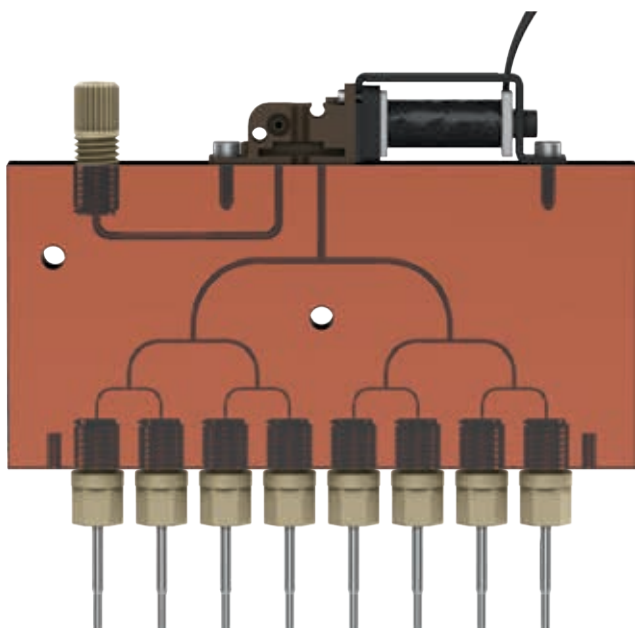


Olma d.o.o., Poljska pot 2, 1000 Ljubljana,
tel.:(01) 58 73 600, faks: 54 63 200,
e-pošta: order@olma.si, <http://www.olma.si>

OLMA75
S I N C E 1 9 4 7

IZJEMNO NATANČNA DOZIRNA GLAVA VTOI

Dozirna glava VTOI bistveno poveča pretok, hkrati pa zmanjša število potrebnih ventilov. Za dozirno glavo s 96 priključki je potrebnih samo 12 ventilov, 84 manj kot pri klasični zasnovi. Zaradi visokozmogljivih uporabljenih materialov je modul VTOI primeren za uporabo z agresivnimi mediji.



Videz modula VTOI

Preprost 8-kanalni dozirni sistem

Modul VTOI ima kompakten 9-milimetrski razmik in ventil z 8 izhodi tako predstavlja optimalno 8-kanalno dozirno glavo za uporabo na mikroploščah – s povečano zmogljivostjo. Dozirna glava s 96 priključki predstavlja realizacijo s samo 12 ventili. S samo nekaj drugimi Festovimi komponentami lahko tako pridobimo popoln, tlačno nadzorovan dozirni sistem.

Zelo natančno pipetiranje in doziranje

Vakuumska funkcija ne omogoča uporabe modela VTOI samo za doziranje, ampak tudi za aspiracijo. Najmanjši volumen doziranja je 1 μ l. Običajna natančnost doziranja CV je ≤ 3 % med delovanjem in ≤ 5 % v primerih od konice do konice, vse do mikrolitrskega območja.

Robustna izvedba


Vse komponente, ki pridejo v stik z medijem, so izdelane izključno iz visokozmogljivih materialov, kot so PEI (ULTEM), PPS, FKM, ETFE, in visoko legirana jekla. To pomeni, da je mogoče z modulom VTOI dozirati tudi agresivne medije.

Poudarki:

- ▶ zelo natančen modul,
- ▶ kompakten 9-milimetrski razmik je idealen za mikroplošče,
- ▶ enostavna zasnova za možnost nizanja za večjo zmogljivost,
- ▶ popoln sistem z le nekaj komponentami za celoten dozirni sistem,
- ▶ 12 ventilov namesto 96.










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



Where challenges meet solutions

ecowave@icm.si

20.- 22.9.2022

GR, Ljubljana, Slovenia

www.icm.si

IMP-JEV PAMETNI HIDRANT

IMP kot vodilni proizvajalec nadzemnih hidrantov, ki slovijo po kakovosti, ekonomičnem in prijaznem dizajnu, odličnih pretočnih karakteristikah in zelo razumnih cenah, odpira hidrantom novo dimenzijo uporabnosti.



IMP-jev pametni hidrant

Nadzemni hidrant IMP armature z drenažno zaščito in priključnim N-kosom

IMP-jev pametni hidrant je bil predstavljen javnosti na mednarodnem sejmu IFAT v Münchnu prvi teden junija. Internet stvari je že dolgo tema na področju upravljanja na daljavo. IOT-hidrant ni več želja, ampak je postal dejstvo. Njegov namen je vsekakor zagotavljanje delovanja hidrantsnega omrežja v vsakem trenutku. V ta namen so hidranti opremljeni z različno senzoriko, ki se lahko modularno prilagaja zahtevam trga.

Vodovodna omrežja oskrbujejo hidrante, ki zagotavljajo večje količine vode v primeru gašenja požarov. IMP-jev IoT-hidrant omogoča nadzor nad delovanjem hidrantov s permanentno

kontrolno preverjanja tlaka in temperature v sistemu. Naprava sproži alarm v primeru odpiranja hidranta, beleži čas uporabe ter porabljeno količino vode. O tem dogodku je uporabnik obveščen preko SMS-a ali e-maila. IoT-hidrant pošilja podatke v časovnih intervalih večkrat na dan. Pametna naprava lahko brez menjave baterij deluje preko 7 let.

Pametni hidrant komunicira na omrežju GSM 2g/3g/4g in NB-IoT, v prihodnje pa tudi z WiFi in LoraWan. Naprava se povezuje v realnem času s platformo AQ-LINK.DE, na kateri spremljamo dogodke in lokacijo naprave. Sistem deluje dvosmerno, kar omogoča spreminjanje nastavitev tudi v primeru, ko je naprava že vgrajena. IoT-sistem je povezljiv preko API-strežnika ali neposredno do ostalih nadzornih sistemov oziroma SCADE.

K osnovnim funkcijam IoT-hidranta lahko modularno dodajamo še številne dodatne. Upravljalcem hidrantsne mreže bodo gotovo zanimive meritve hidravličnih karakteristik kot tudi merjenje temperature na vhodu. Natančnejši nadzor sistema omogoča shranjevanje podatkov vsakih 15 min, s čimer je permanentno na voljo točno stanje, ki se lahko preveri na platformi. S SIM-chipom, GPS-lokacijo, Cat-M/NB-IoT-modemom bodo podatki še natančnejši. Za konfiguracijo na terenu je na voljo tudi interni Bluetooth.

Vir:

IMP Armature, d. o. o., Ljubljanska cesta 43, 1295 Ivančna Gorica, internet: www.imp-ta.si, e-mail: prodaja@imp-ta.si

 **Armature**

WWW.IMP-TA.SI

**VISOKO
KVALITETNE
INDUSTRIJSKE**
armature za pitno
in odpadno vodo



**USMERJAMO
TOKOVE**

ELEKTRIČNI LINEARNI AKTUATOR – ELECTRAK® LL

Podjetje THOMSON LINEAR, ki ga zastopa INOTEH, je predstavilo cenovno ugoden električni linearni aktuator Electrak® LL z dolgo življenjsko dobo, velikim delovnim ciklom polne obremenitve in s sposobnostjo delovanja v najtežjih delovnih okoljih.

Razvojni inženirji podjetja THOMSON LINEAR so se trudili in natančno preučili najmanjše podrobnosti, ki zagotavljajo, da vsi sestavni deli Electraka LL izpolnjujejo najstrožje okoljske zahteve. Rezultat je linearni aktuator, ki lahko brez težav deluje do 600 km (375 milj) v nekaterih najtežjih delovnih razmerah. Uporaba najboljših materialov in najnovejših tehnologij pa zagotavlja njihovo izjemno dolgo življenjsko dobo brez kakršnegakoli vzdrževanja.

Delovni cikel polne obremenitve Electraka LL je 35-odstoten in je za 10–20 % višji kot pri drugih primerljivih električnih pogonih. Pri manjših obremenitvah se delovni cikel polne obremenitve lahko poveča do 100 %. To pomeni, da lahko delujejo več časa pri višji frekvenci kot predhodne generacije aktuatorjev, ne da bi jih bilo treba prisilno hladiti ali izbrati močnejši in večji aktuator, kot zahteva sama obremenitev, da se prepreči pregrevanje. Ali celo slabše: uporabiti bi bilo potrebno kompleksnejše, dražje in masivnejše pnevmatične ali hidravlične pogone.

Linearni pogoni Electrak LL so idealna rešitev za veliko industrijskih aplikacij, še posebej tam, kjer je frekvenca dela srednje velika. Med drugim pri opravih, kot so dviganje, nagibanje in prijemanje v vozilih AGV, pri logističnih vozčkih in viličarjih ali pri stregi materiala na strojih, pri upravljanju ventilov, loput ali rezalnikov nazaj in naprej med proizvodnim ciklom. Z Electrakom LL so te naloge lažje, saj je njegova hitrost neodvisna od obremenitev in položaja ter zato stalna.



Slika 1 : Aktuator Electrak® LL
(vir: www.thomsonlinear.com)

Robustnejši zunanji materiali in izboljšana UV-odporna obdelava površine izboljšujejo odpornost aktuatorjev na zunanje vplive.

Več informacij o aktuatorjih proizvajalca **THOMSON LINEAR** 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@inoteh.si, internet: www.inoteh.si

OGLAŠEVALCI

- ▶ AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana255
- ▶ CELJSKI SEJEM, d. d., Celje.....255
- ▶ FESTO, d. o. o., Trzin..... 225, 292
- ▶ GIA-S, d. o. o., Grosuplje..... 225, 267
- ▶ HENNLICH, d. o. o., Kranj.....286
- ▶ HIWIN GmbH, Offenburg, Nemčija282
- ▶ ICM, d. o. o., Vojnik 243, 276, 291
- ▶ IMP Armature, d. o. o., Ivančna Gorica.. 225, 277
- ▶ INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija245
- ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi.....279
- ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana243
- ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje225
- ▶ NUMIP, d. o. o., Ljubljana237
- ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana.....275
- ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana.....225, 290
- ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin ... 225, 245
- ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.),
Novo mesto.....225
- ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri..... 225, 226
- ▶ PODJETJE TRG, d. o. o., Ljubljana 231
- ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana 225, 228
- ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica..... 249, 257
- ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana255
- ▶ UL, Fakulteta za strojništvo239

SUCO: TLAČNA STIKALA IN SENZORJI ZA ROKOVANJE Z VODIKOM

Vodik je gorivo prihodnosti

Tlačna stikala in senzorji SUCO zanesljivo nadzorujejo in kontrolirajo tlak vodika v plinastem ali tekočem stanju. Ne glede na to, ali gre za generiranje energije, hranjenje vodika, transport vodika v ladjah, vlakih oz. drugih vozilih, polnjenje vodikovih postaj itd., ima proizvajalec SUCO primerne rešitve.

Mehanska tlačna stikala

Proizvajalec SUCO ponuja različna kompaktna in robustna H₂-kompatibilna tlačna stikala (normalno odprta, normalno zaprta, menjalna) za vodikove aplikacije v tlačnih območjih 0,1 do 400 bar. Tlačna stikala so izdelana iz SAE 316L. Izbirati je mogoče med različnimi navoji, glede na povpraševanje je mogoča tudi ožičena varianta.

Tlačni senzorji

ESI Technology Wales, član skupine SUCO, je razvil širok prodajni program visoko kakovostnih tlačnih senzorjev za standardne in posebne zahteve vse do 5000 barov. S tem dosegajo tlačni senzorji vedno višje zahteve H₂-kompatibilnih aplikacij na področju nafte in plina, pomorstva itd.

Ključne prednosti:

- ▶ velik izbor priključkov in navojev,
- ▶ zaščita pred preobremenitvijo in kratkim stikom,
- ▶ IP-zaščitni razred IP6K9K,



Slika 1 : Tlačni senzorji SUCO ESI

- ▶ visoka temperaturna odpornost (-40 °C ...+ 125 °C) pred ekstremno vročino in mrazom,
- ▶ 100-odstotna kontrola vsakega stikala,
- ▶ 80-letne izkušnje s področja spremljanja tlaka.

Več informacij o produktih SUCO 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



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.

www.inotech.si **INOTEH**
A BIBUS GROUP COMPANY
Inotech d.o.o. K železnici 7 2345 Bistrica ob Dravi

MOŽNOSTI PROGRAMIRANJA YASKAWA ROBOTOV

Dandanes s širjenjem robotike na številnih področjih narašča tudi povpraševanje po usposobljenih osebah, večjih rokovanja z roboti in programiranja robotov. Samega koncepta programiranja robotov pa se pogosto drži napačna predstava o specifičnosti in zahtevnosti programiranja. V podjetju Yaskawa za programiranje industrijskih robotov uporabljamo programski jezik Inform, ki je prilagojen za uporabo tako večšim posameznikom kot tudi popolnim začetnikom.

Ker se zavedamo, da ima vsako podjetje kot tudi posameznik različne potrebe, pa omogočamo tudi izbor pri načinu programiranja robotov.



Programiranje s programirno napravo Teachbox

Najbolj pogosto uporabljan način programiranja je še vedno s programirno napravo Teachbox, ki je opremljena s tipkami, ki se uporabljajo za rokovanje z robotom kot tudi za urejanje in pisanje programov. Vsebuje vse ukaze za upravljanje in nastavitve robotskega krmilnika. Z ergonomsko razporeditvijo tipk in majhno težo 0,730 kg tudi dolgotrajnejše programiranje poteka brez naporov.

Programiranje s programirno napravo Smart Pendant

Na enakem konceptu kot Teachbox temelji tudi programirna naprava Smart Pendant, ki z ergonomsko zasnovo, nizko težo, priročno in tematsko povezanimi »help« sporočili omogoča intuitivno, hitro in enostavno programiranje.



Programiranje z uporabo Software Pendant

Software Pendant je rešitev, zasnovana na sistemu Windows, ki na računalniku prikazuje programirno napravo Teachbox. Robota lahko programiramo običajno, kot bi to počeli na fizični programirni napravi Teachbox. Z uporabo zaslona na dotik pa lahko še dodatno poenostavimo ta način programiranja.

Programiranje z uporabo Software MotoSim VRC

MotoSim VRC je programska oprema, ki omogoča offline programiranje. Izdelava 3D-robotskih celic in simulacij skrajša čas učenja za programiranje robota, poveča produktivnost kot tudi zagotovi varnost operaterja. MotoSim uporablja isti kinematični model in programski jezik kot robotski krmilnik, kar omogoča predhodno kreiranje opravil brez povezave. Uporabljamo pa ga lahko tudi kot digitalni dvojček v online načinu.



Programiranje z uporabo Remote Pendant

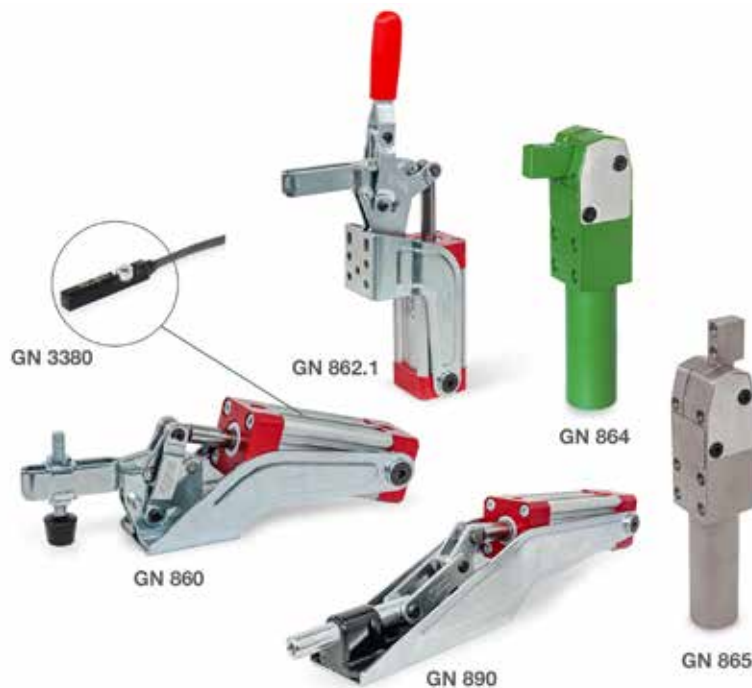
Standardna brezplačna opcija na robotskih krmilnikih YRC1000 zahteva internetno povezavo do robota in spletni brskalnik. Na spletnem brskalniku vidimo in lahko urejamo program, kot je viden na fizični programirni enoti Teachbox.

Vir:

Yaskawa Slovenija, d. o. o., Lepovče 23, 1310 Ribnica, internet: www.yaskawa.eu.com, tel.: + 386 (0) 1 320-5-331, ga. sasa.miholic@yaskawa.eu

TRPEŽNEJŠI IN NATANČNEJŠI: PNEVMATSKI VPENJALNIKI Elesa+GANter

Elesa+Ganter redno nadgrajuje svoje serije standardiziranih elementov kot odziv na tehnične inovacije in spreminjajoče se zahteve uporabnikov. Pnevmatški vpenjalniki imajo zdaj več posodobitev, ki predvsem podaljšajo njihovo življenjsko dobo.



Pnevmatški vpenjalniki Elesa+Ganter

Glavna izboljšava se nanaša na pnevmatski cilindri, ki zdaj deluje z magnetnim batom in ima T-utore na ohišju. Vanje je mnogo lažje pritrčiti senzorje, magnetni bat pa omogoča natančnejše identificiranje trenutnega položaja z novim, sodobnim senzorjem GN 3380, ki v celoti nadomešča prejšnje senzorje. Seveda je mogoče v režo vgraditi tudi druge senzorje.

Pnevmatški vpenjalniki serije GN 860 imajo zdaj utrjene in brušene ležajne puše ter utrjene ležajne zatiče, kar znatno zmanjša obrabo. V fazi testiranja tudi po več kot 250.000 ciklov ni bilo opaziti bistvenih sprememb. Konstrukcijska ojačitev ohišja iz jeklene pločevine zmanjšuje tresljaje, ki povečujejo obrabo med delovanjem, in to ne le pri večjih obremenitvah. Nenazadnje pa novi protipovratni ventil dušilke v cilindru zagotavlja bolj umirjeno gibanje in s tem daljšo življenjsko dobo bata.

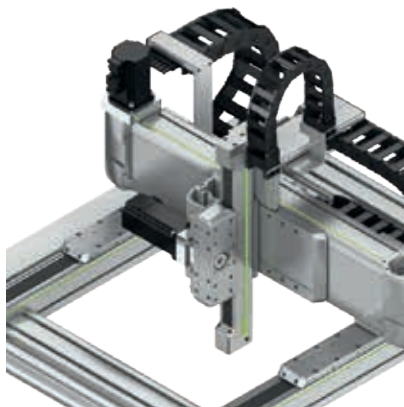
Novi pnevmatski vpenjalniki so na voljo v uveljavljenih različicah za horizontalno montažo GN 860 in navpično montažo GN 862 in vgradnjo. Z GN 862.1 ima Elesa+Ganter v svoji ponudbi tudi različico, ki omogoča dodatno ročno aktiviranje.

Za visoke sile vpenjanja, ki so na primer potrebne pri konstrukciji karoserij, pri linijah s stiskalnicami ali z varilnimi sistemi, pa Elesa+Ganter ponuja prav tako pnevmatske vpenjalnike standardizirane družine GN 864.

V okviru optimizacije sta bili izvedeni dve pomembni izboljšavi. Ohišja standardnih izvedb niso več brunirana, temveč kemično ponikljana, kar pomeni bistveno večjo odpornost proti koroziji. Različica FG je posebej zasnovana za varilne sisteme. Prevlaka PTFE, prepoznavna po zelenem odtenku, preprečuje oprijemanje brizgov materiala, ki nastanejo pri varjenju, in tako dopolnjuje izbirne zaščitne prevleke, ki zagotavljajo dolgotrajno delovanje tudi v agresivnih delovnih okoljih.

Vir:

ELESA+GANter Austria GmbH, Franz Schubert-Straße 7, AT-2345 Brunn am Gebirge, Tel.: +43 2236 379 900 23, Fax: +43 2236 379 900 20, e-mail: j.plesnik@elesa-ganter.at, GSM: 386 41 362 859, internet: www.elesa-ganter.at



Gibanje je naša strast.

Najti pravi in najučinkovitejši način gibanja je naše delo. Izdelujemo in dostavljamo izdelke za pogonsko tehnologijo; od posameznih komponent do mehatronskih sistemov. Po vsem svetu.

PAMETNI PNEVMATSKI POZICIONIRNI ZATIČ

Elesa+Ganter svoji ponudbi pozicionirnih zatičev dodaja tehnično poslastico. Najnovejši tip GN 817.7 je pnevmatsko upravljan in ga je po zaslugi najsodobnejše tehnologije senzorjev mogoče brezhibno vključiti v avtomatizirane procese.



Pravzaprav ni različice pozicionirnih zatičev, ki je pri Elesa+Ganter ne bi imeli v svoji ponudbi. Pa vendar razvojni ekipi vedno znova uspe vključiti nove funkcionalnosti, ki hkrati odpirajo nove možnosti uporabe.

Najnovejša stopnja razvoja pozicionirnih zatičev deluje pnevmatsko - hkrati pa komponenta zaznava tudi oba končna položaja z enim samim senzorjem. Zaradi tega je GN 817.7 logična izboljšava ročno upravljane pozicionirne zatiča GN 817.6. Mogoče ga je uporabljati tudi na nedostopnih mestih in vključiti v avtomatizirane procese. Zanimivost: GN 817.7 lahko nadomesti GN 817.6 brez sprememb dimenzioniranja ali obdelave signala.

Vir:

ELESA+GANTER Austria GmbH, Franz Schubert-Straße 7, AT-2345 Brunn am Gebirge, Tel.: +43 2236 379 900 23, Fax: +43 2236 379 900 20, e-mail: j.plesnik@elesa-ganter.at, GSM: 386 41 362 859, internet: www.elesa-ganter.at

© Ventil 28(2022)4. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
 © Ventil 28(2022)4. 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 28
 Year Letnica 2022
 Number Številka 4

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:

- ▶ Erih ARKO, YASKAWA, Ribnica
- ▶ prof. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
- ▶ prof. dr. Ivan BAJSIĆ, Univerza v Novem mestu, Fakulteta za strojništvo
- ▶ mag. Aleš BIZJAK, POCLAIN HYDRAULICS, Žiri
- ▶ doc. dr. Andrej BOMBAČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Alexander CZINKI, Fachhochschule Aschaffenburg, ZR Nemčija
- ▶ prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Jože DUHOVNIK, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
- ▶ dr. Robert IVANČIČ, INTECH-LES, Rakek
- ▶ dr. Milan KAMBIČ, OLMA, Ljubljana
- ▶ prof. dr. Mitjan KALIN, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Damjan KLOBČAR, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Darko LOVREC, FS Maribor
- ▶ doc. dr. Franc MAJDIČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hubertus MURRENHOF, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
- ▶ Bogdan OPAŠKAR, FESTO, Ljubljana
- ▶ dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Jože RITONJA, FERI Maribor
- ▶ prof. dr. Katarina SCHMITZ, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ prof. dr. Riko ŠAFARIČ, FERI Maribor
- ▶ Janez ŠKRLEC, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Poljskava
- ▶ doc. dr. Marko ŠIMIC, 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, prof., Andrea Potočnik
 Prelom in priprava za tisk: Grafex agencija | tiskarna
 Tisk: Tiskarna Present, 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: 1.000 izvodov
 Cena: 5,00 EUR – letna naročnina 30,00 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 5-odstotni davek na dodano vrednost.

VISOKOTLAČNE ČRPALKE URACA

Mojca Gros

Visokotlačne črpalke se uporabljajo na številnih področjih, na primer pri proizvodnji električne energije, v komunalni tehnologiji, kemični, živilski, težki industriji in drugod.

Podjetje URACA iz Nemčije je eden od pionirjev na področju visokotlačnih in ultratlačnih črpalk. Že več kot 125 let razvija in proizvaja črpalke najvišjih tehničnih standardov in kakovosti. Njihove visokotlačne črpalke so bile uporabljene v številnih aplikacijah in že leta uspešno delujejo v različnih izdelovalnih, proizvodnih in čistilnih procesih. Široka paleta in številne možnosti uporabe črpalk URACA so prikazane na *sliki 1*.

V prispevku so prikazani trije primeri uporabe visokotlačnih črpalk.



Slika 1 : Raznolikost uporabe izdelkov URACA po vsem svetu

Testiranje rezervoarjev za vodik

Rezervoarji za vodik se neštokrat napolnijo z medijem do tlaka 700 barov. Pri preverjanju kakovosti

se ugotavlja njihova tlačna trdnost s predpisanimi testnimi cikli polnjenja. V ta namen se uporabljajo visokotlačne testne naprave za preverjanje odpornosti vzorčnih serij rezervoarjev. Z velikim številom obremenitev in razbremenitev se preverja njihova tlačna odpornost in s tem varnost ter primernost za redno proizvodnjo.

Ciklično tlačno testiranje z visokotlačnimi črpalkami je ekonomsko in ekološko ugodnejše, saj je povprečna poraba energije teh sistemov samo okoli 50 % v primerjavi z drugimi tehničnimi rešitvami, kot je na primer sistem z regulatorjem tlaka.

Napravi za testiranje z visokotlačno črpalko je možno poljubno nastaviti zgornjo mejo do 1.300 bar z natančnostjo ± 10 barov in spodnjo mejo na 10 bar ± 5 barov (*slika 2*). Hitrost cikličnega obremenjevanja in razbremenjevanja je možno nastaviti. Tik preden je dosežena zgornji meja tlaka, se hitrost prirasta tlaka postopno zmanjša in se po doseženi zgornji meji tlaka ta začne postopoma zmanjševati. Tako je dosežena sinusna karakteristika. Enako je pri spodnji meji. V korakih po 0,1 sekunde se da nastaviti čas zadrževanja v območju zgorjega tlaka oz. v razbremenjenem stanju. Izvede se skupno 50.000-150.000 ciklov na testni rezervoar ob omejitvi do 10 ciklov na minuto, odvisno od velikosti rezervoarja.

Poraba električne energije je omejena le na kratke, časovno omejene faze, ko črpalka povečuje tlak; za vse druge faze je poraba energije zanemarljiva.



Slika 2 : Visokotlačna črpalka KD724E za ciklično tlačno testiranje

Mojca Gros, Hennlich, d. o. o., Kranj



Slika 3 : *Fleksibilna črpalna enota, zasnovana kot zabojnik*

Tabela 1 : *Ključni podatki*

Maks. preskusni tlak	1.300 barov
Min. preskusni tlak	10 barov
Moč pogona	110 kW
Število preskusnih ciklov	50.000-150.000
Krivulja tlaka	sinusoidna
Preskusno sredstvo	voda

Za ciklično tlačno testiranje se uporablja črpalna enota DP724, katere osrednji del je visokotlačna batna črpalna tipa KD724. Pogonja jo frekvenčno krmiljen elektromotor. Enota lahko izvede prej opisano sinusno krivuljo tlaka in zagotavlja ponovljive rezultate za do 150.000 preskusnih ciklov. Tlak je nastavljen do 1.300 barov. Zahtevani proces povečanja in zmanjšanja tlaka se izvaja z regulacijskim ventilom, nameščenim v enoti.

Celotna naprava vključuje tudi zalogovnik za vodo, s katero se testira, črpalno, ki dovede vodo do visokotlačne črpalke, in sistem za hlajenje testne vode, ki se uporablja v zaprtem sistemu. Naprava je lahko nameščena v zvočno izoliranem zabojniku. Ima lastno krmilje oz. se krmilje lahko integrira v obstoječi sistem operaterja. Krmilje omogoča individualno in prilagodljivo nastavitve testnih parametrov.

Visokotlačne črpalke v proizvodnji biodizelskega goriva

Visokotlačne črpalke se uspešno uporabljajo tudi pri proizvodnji okolju prijaznih goriv. Biodizelsko gorivo ali metilni ester maščobnih kislin (angl. *fatty acid methyl ester, FAME*) je gorivo, ki je po uporabi enakovredno mineralnemu dizelskemu gorivu. Kemična industrija pridobiva biodizelsko gorivo s transesterifikacijo rastlinskih ali živalskih maščob in olj z monohidričnimi alkoholi, kot sta metanol ali etanol. Pri proizvodnji se maščobne kisline, ki jih vsebuje olje, s pomočjo katalizatorja ločijo od

glicerola in kemično pretvorijo z metanolom, to je zaestrijo. V tem procesu se v različnih korakih proizvajata biodizelsko gorivo kot glavni produkt in kot stranski produkt glicerol, ki se uporablja kot dodatek za živila in v medicini. Metanol se reciklira nazaj v reaktor.

V današnjih industrijskih patentiranih procesih, tako imenovanih superkritičnih procesih, potekajo različne reakcije sočasno v nekaj minutah. Procesi dosegajo največji izkoristek in zaradi posebnih procesnih parametrov ne potrebujejo več katalizatorjev. V ta namen se za črpanje metanola in maščobnih kislin pod visokimi tlaki uporabljajo visokotlačne črpalke. Glede na proizvodni obrat so za te namene potrebne zmogljive črpalke do več sto kilovatov. Posebni izzivi za visokotlačne črpalke so v lastnostih črpanega sredstva: metanol na primer nima skoraj nobenih mazalnih lastnosti, medtem ko druga sredstva običajno kristalizirajo zgodaj, kar lahko resno moti delovanje črpalke in skrajša življenjsko dobo. Lokalni pogoji, kot je uporaba na nevarnih območjih ali pri posebej visokih ali nizkih temperaturah, prav tako predstavljajo velike izzive za črpalne enote in s tem njihove proizvajalce. Profil zahtev za dobavitelja črpalke zaokrožujejo skladnost z lokalnimi predpisi, standardi in certifikati.



Slika 4 : *Električna črpalna enota za proizvodnjo biodizelskega goriva*



Slika 5 : *Batna črpalna enota P5-85 za procesno industrijo*

Podjetje URACA je v ta namen razvilo posebno robustne in vzdržljive črpalke, ki so plod dolgoletnih izkušenj in visoke ravni strokovnega znanja. V svoj proizvodni program so v podjetju dodali kompaktne črpalke z močjo 700 kW in 1.200 kW in z dvema tipoma črpalk P3-85 in P5-85 ustvarili novo serijo črpalk v navedenem območju.

To portfelju izdelkov doda dve izjemno kompaktni batni črpalci, katerih glavni značilnosti sta kratka zasnova in vgrajen reduktor. Pri hodu bata 100 mm in potisku bata 280 kN lahko povprečna hitrost bata ostane sorazmerno nizka (slika 5). Serija Px-85 omogoča povečanje zmogljivosti v primerjavi s črpalkami z daljšim hodom bata ob upoštevanju omejitve standarda API 674 glede povprečne hitrosti bata.

Kratka zasnova omogoča uporabniku široko uporabo črpalk, v določenih primerih pa je možno več črpalk zamenjati z eno samo. Tako potrebujemo manj prostora in znižamo stroške.

Tabela 2 : Ključni podatki

	P3-85	P5-85
Moč	700 kW	1.200 kW
Hod	100 mm	
Sila na batnici	280 kN	
Pretok	2.100 l/min	3.500 l/min



Slika 6 : Učinkovito visokotlačno čiščenje cevi in kanalizacije z visokotlačno batno črpalco P3-19

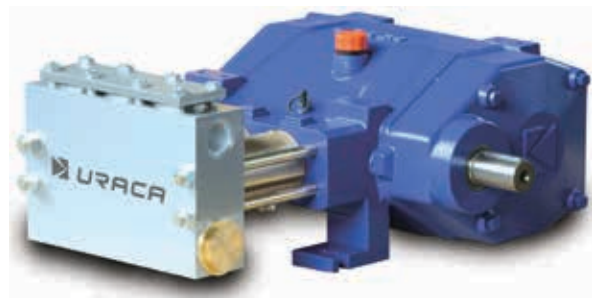
Visokotlačna batna črpalca P3-19

Visokotlačna batna črpalca P3-19 je bila kot novost predstavljena na sejmu IFAT 2022. Njene impresivne značilnosti so: zmogljivost, masa, zanesljivost in tehnične izboljšave ter visoka kakovost. Ima 10 % več moči kot njen predhodni model KD708. Črpalca deluje z zelo visokim izkoristkom ($\eta > 0,9$) v celotnem območju vrtljajev, tudi pri delni obremenitvi. Njena kompaktna zasnova in optimiziran položaj gredi omogočata enostavno namestitvev na kateri koli (tudi manjši) tovornjak za čiščenje kanalizacije. Črpalca vključno s pogonom tehta le 162 kg in zasede malo prostora. Njena ključna prednost je v tem, da je lahko nameščena v poljubnem položaju. Nenazadnje deluje zanesljivo tudi pri črpanju reciklirane vode, pastoznih, abrazivnih in strupenih snovi in tako prispeva k okoljsko ozavešeni rabi vode, energije in virov.

Podjetje URACA je vodilni evropski proizvajalec črpalk za čiščenje kanalizacije. Poudarek daje robustni izvedbi, visoki moči in dolgi življenjski dobi črpalk in s tem visoki zanesljivosti.

V podjetju URACA združujejo tradicionalne vrednote, kot sta zanesljivost z visoko tehnologijo in pogled v prihodnost, in so tako popoln partner, ko gre za visokotlačno tehnologijo. V Sloveniji jih zastopa podjetje HENNLICH d. o. o., ki je kot lokalni partner s 25-letno tradicijo in bogatimi izkušnjami takoj pri roki, nudi pa tudi originalne rezervne dele in servis za črpalke URACA.

Vir: gradivo podjetja Uraca GmbH & Co. KG



Potopne črpalke HOMA MXS

za odplake in odpadne vode

- višina prečrpavanja 4,8 - 68,8 m
- pretok 20 - 1100 l/s
- za velikost delcev 80 - 200 mm
- priklopi DN80 - DN500

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



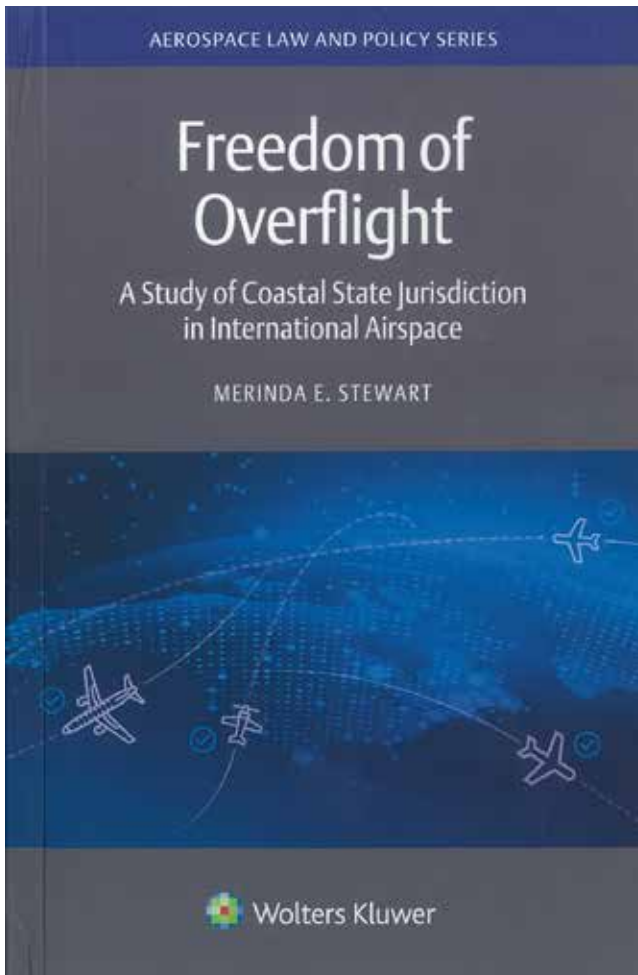
HENNLICH
Pokličite nas:
041 386 003



www.hennlich.si

MERINDA

Merinda E. Stewart: Freedom of Overflight: A Study of Coastal State Jurisdiction in International Airspace



Založba Wolters Kluwer, znana po objavljanju odličnih besedil s področja mednarodnega prava (Nizozemska), je bralce presenetila s knjigo Svoboda preleta avstralske avtorice Merinde E. Stewart, ki v podrobnostih odkriva in pojasnjuje *plazečo jurisdikcijo* (ang. *creeping jurisdiction*), ki jo že dobrih 100 let uporabljajo obalne države, da bi si zagotovile čim večji nadzor v zračnih prostorih nad morjem. Knjigo so ocenili kot prelomno, saj podrobno preučijo letalsko pravo in pravo morja v kontekstu uravnoteženja državne obalne jurisdikcije in svobode preleta (ang. *freedom of overflight*). Avtorica je doktorirala na Univerzi v Leidnu (Nizozemska) prav na temo obalne državne jurisdikcije v mednarodnem zračnem prostoru. Ima

izkušnje iz letalstva, vključno z zastopanjem letalskih potnikov, ki tožijo letalske družbe. Svetuje pa tudi letalskim proizvajalcem glede odgovornosti.

Knjiga ima šest poglavij in 251 strani z navedbo vse mednarodne literature, ki bralca usmeri k dodatnemu branju. Delo je koristen pripomoček tako pravnikom s področja prava morja kot tudi in še posebej pilotom.

Avtorica v uvodnem delu predstavi pojma suverenost in ozemlje, pri čemer suverenost označi kot temeljni kamen ICAO in njenih aneksov. V tretjem poglavju obdelava morske konstrukcije (platforme – ploščadi za črpanje nafte) in zračne režime, ki veljajo zanje. Sledi preučitev ADIZ in FIR (Identifikacijska cona zračne obrambe in letalsko informativno področje). Peto poglavje pokriva prelete mednarodnih ožin in arhipelaških morskih vencev. V šestem poglavju avtorica sklene svoje ugotovitve in poda priporočila.

Knjiga vsebuje vse, kar potrebuje današnji študent prava in bodoči pilot. Obalne države, posebej tiste, ki mejijo na velika odprta morja, so v neprestani skušnjavi, da razširijo svojo jurisdikcijo tudi v zračne prostore nad temi morji.

Knjiga je natisnjena na odličnem papirju in zato primerno težka. Obilica gradiva pa je izdajatelju narekovala, da uporabi manjši font črk, kar pa je za branje utrujajoče. Skoraj bi lahko dejal, da je treba brati počasi ali »plazeče«, je pa tudi vsebina taka, da hitro branje včasih izgubi misel, ki jo je hotela avtorica poudariti. To je knjiga, ki bi morala najti mesto na knjižnih policah tako pravne kot strojne fakultete!

Merinda E. Stewart, *Freedom of Overflight: A Study of Coastal State Jurisdiction in International Airspace*, 2021 Kluwer Law International BV, The Netherlands, ISBN 978-94-035-3804-4, 140 €.

SUŠILNIKI ALTERNATIVNIH POGONSKIH GORIV IN NJIHOVIH STRANSKIH PRODUKTOV

Podjetje OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana je neodvisen evropski proizvajalec opreme za filtracijo in sušenje zraka in plinov. Ta neodvisnost nam skupaj z močnim oddelkom za raziskave in razvoj ter s proizvodnimi zmogljivostmi omogoča fleksibilnost in prisotnost na različnih trgih ter področjih.

V podjetju OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana se že dlje časa srečujemo s povpraševanji po učinkovitem sušenju proizvedenega vodika, metana in z optimizacijo procesa v bioplinarnah (odstranjevanje CO₂, njegova nadaljnja uporaba ter odstranjevanje H₂S). Vsakemu projektu smo posvetili čas in nastali so produkti, ki sledijo zahtevam direktiv, so učinkoviti in varni. V nadaljevanju preberite več o naših produktih.

H₂ – adsorpcijski sušilniki vodika

Vodik je pritegnil pozornost kot nov vir energije za nadomestitev fosilnih goriv. Kot okolju prijazen vir energije je vodik v zadnjem času postal vsestransko uporabljan, vključno z vozili na vodikove gorivne celice.

Večina vodika se proizvede s parnim preoblikovanjem metana. Vodik, proizveden na ta način, vsebuje primesi (žveplene spojine, halogeni, ...), ki jih je potrebno predhodno očistiti. Manj pogosto, vendar v porastu, pa se vodik pridobiva z elektrolizo vode PEM, ki je energijsko bolj potratna.

Gorivne celice so občutljive na vlago, zato je potrebno plinu predhodno odstraniti vodo. Ker je vodik zelo vnetljiv plin, je za dimenzioniranje sušilnikov potrebno slediti direktivi v zvezi z opremo in zaščitnimi sistemi, namenjenimi za uporabo v potencialno eksplozivnih atmosferah 2014/34/EU, direktivi o tlačni opremi 2014/68/EU ter direktivi o strojih 98/37/ES. Tako pridobijo naši sušilniki oznako CE.

Naša serija vodikovih sušilnikov deluje na principu toplotne regeneracije in posuši plin do 5 ppm vlage. Medtem ko je ena kolona v adsorpciji vlage, je druga kolona v regeneraciji. Regeneracija poteka s segrevanjem kolone, hlajenje pa z delom produktnega in že suhega vodika. Izgube plina so tako minimalne, do največ 2 %.

Gorivne celice delujejo v povprečju na 35 barih in temu sledi tudi naša proizvodnja sušilnikov.

CH₄ – adsorpcijski sušilniki metana

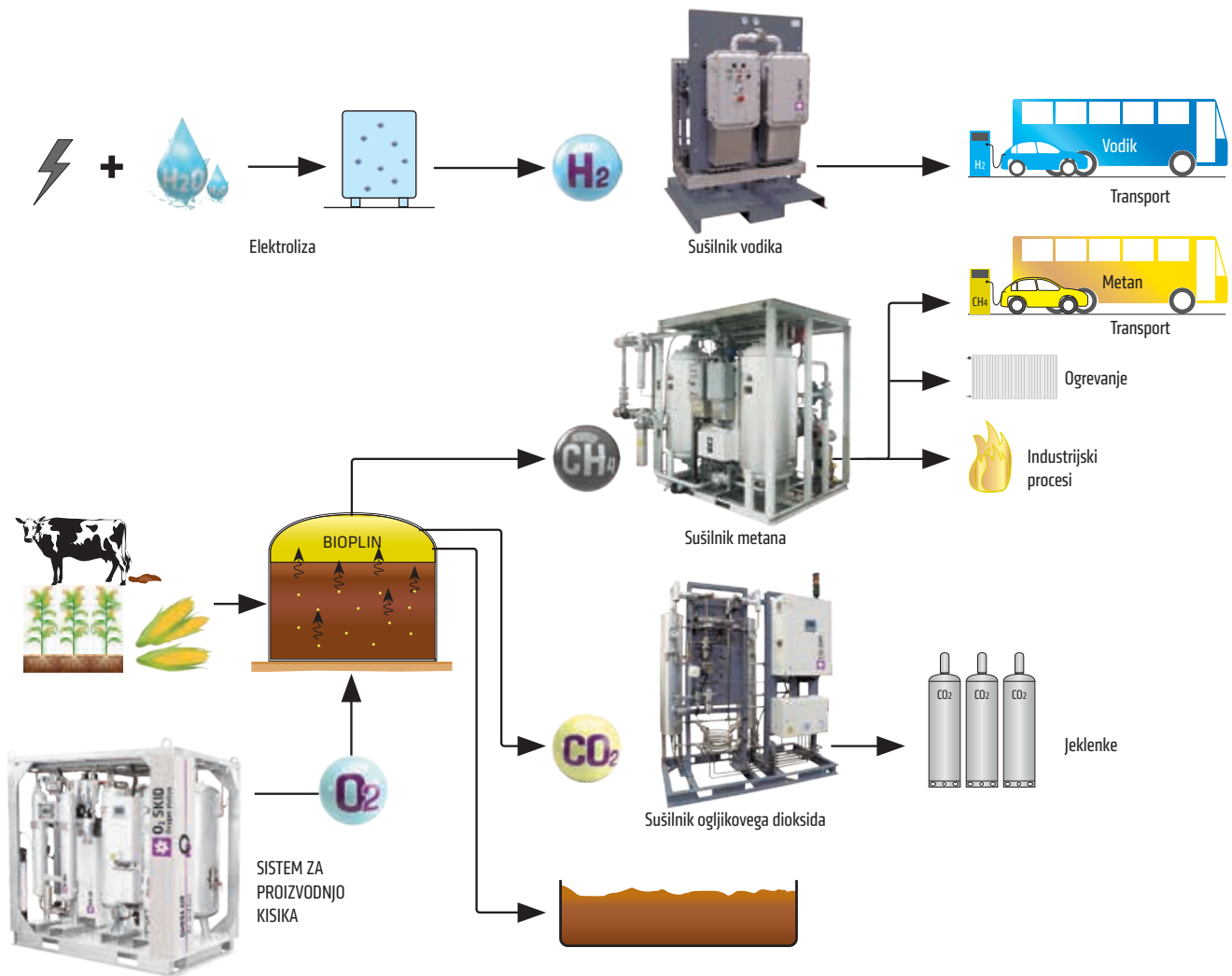
Pogonsko gorivo metan lahko pridobimo iz dveh virov: iz zemeljskega plina in bioplina.

Bioplin je plinski produkt procesa anaerobnega vrenja organskih snovi. To je plin, ki je pridobljen z biološko razgradnjo organskih snovi v odsotnosti kisika. Nastane s fermentacijo bioloških razgradljivih materialov, kot so biomasa, gnoj, komunalni odpadki, zeleni odpadki, rastlinski material. Bioplin, proizveden v bioplinskih napravah, lahko očistimo in nadgradimo do faze biometana.

Sušilniki metana so zasnovani za neprekinjeno ločevanje vodne pare od stisnjenega metana in tako znižujejo točko rosišča. Bioplin sušimo na dveh nivojih. Bioplin, ki se bo uporabljal za delovanje kogeneracijskih enot, sušimo s hladilniškim sušilnikom, kjer dosežemo točko rosišča pri -3 °C. V primeru proizvodnje biometana pa za sušenje ponujamo adsorpcijske sušilnike, ki znižajo točko rosišča do -60 °C.

V podjetju pripravimo različne rešitve glede na potrebe strank. Sušilniki metana so izdelani tako, da ustrezajo specifičnim zahtevam projekta. Na voljo je več različic glede na delovni tlak (atmosferski tlak do 400 bar) in vrsto regeneracije. Za manjše sisteme z nižjim pretokom metana ponujamo sušilnike, ki so ročno krmiljeni in brez regeneracije. Po nasičenju sušilnika je možno zamenjati adsorpcijski material ali ga regenerirati z zunanjim regeneracijskim sistemom. Za večje sisteme pa ponujamo sušilnike s toplotno regeneracijo in izmeničnim delovanjem dveh kolon. Medtem ko v eni koloni poteka adsorpcija vlage, se druga kolona regenerira z zaprtim krogotokom manjšega dela že posušenega metana.

Sušilnik ima oznako CE v skladu z direktivami 2014/34/EU, 2014/68/EU in 98/37/ES.



Slika 1 : Shematski prikaz trajnostne proizvodnje in uporabe plinov (kisik, metan, ogljikov dioksid, vodik)

CO₂ - sušilniki ogljikovega dioksida

Zaradi finančnih in okoljskih razlogov se ogljikov dioksid vse pogosteje zajema in uporablja naprej. Glavni viri ogljikovega dioksida so pivovarstvo, separacija bioplina (z odstranjevanjem CO₂ bioplinu dvigujemo energijsko vrednost) in stranski produkt parnega reforminga.

Skladiščenje in logistika plina sta bolj optimalna s tekočim ogljikovim dioksidom. Pred utekočinjenjem pa je potrebno iz ogljikovega dioksida odstraniti vlago, da v procesu ne pride do zmrzovanja vode (led). Za odstranjevanje vlage v podjetju ponujamo sušilnik plina na principu toplotne regeneracije.

Sušilniki ogljikovega dioksida (sušilniki CO₂) so zasnovani za neprekinjeno ločevanje vodne pare od stisnjene ogljikovega dioksida, s čimer znižujejo točko rosišča do -60 °C. Sušilnik vsebuje dve koloni. Medtem ko je ena v delovanju (adsorpcija vlage

pod tlakom), se druga kolona regenerira. Regeneracija poteka v prvem koraku z dekompresijo in prepihanjem s segretim ambientalnim zrakom. V drugem delu pa poteka ohlajanje, ki je izvedeno z ambientalnim zrakom v zaprti zanki. Na voljo je več različnih sušilnikov CO₂ glede na procesne potrebe, ki zajemajo delovni tlak, temperaturo, zahtevano točko rosišča in stopnjo vlažnosti. Sušilnik ima oznako CE v skladu s tlačno direktivo 2014/68/EU in direktivo o strojih 98/37/ES.

Za uporabo ogljikovega dioksida v prehranske namene je potrebno odstraniti še ostale možne nečistoče, ki so v virih plina.

O₂ - postaja za proizvodnjo kisika

Nečistoča v bioplinu, ki predstavlja potencialno nevarnost za korozijo po celem sistemu, je H₂S. Za podaljševanje življenjske dobe kogeneracijskih enot in plinovodov je potrebno vodikov sulfid odstraniti.

PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Za odstranjevanja H_2S obstaja več tehnik in ena izmed njih je biološko razžvepljevanje s kisikom in bakterijami v bioplinskem fermentorju. Mikroorganizmi uporabljajo H_2S za svojo presnovo in spreminjajo plin v vodo in elementarno žveplo ali žveplovo kislino, ki se izloča in je obdelana skupaj s tokom odpadne vode. Za oksidacijsko konverzijo vodikovega sulfida pa mikroorganizmi potrebujejo kisik.

V podjetju OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana ponujamo dve rešitvi za proizvodnjo kisika: O_2 SKID in O_2 BOX. Obe enoti vsebujeta sistem za proizvodnjo stisnjenega zraka in generator kisika s koncentracijo proizvedenega kisika do 95 %.

Prva izmed njih O_2 SKID je kompaktna enota, ki jo sestavlja robusten okvir in je optimizirana za varno in hitro postavitve v zaprtih prostorih. Enota je na voljo v različnih konfiguracijah glede na zmogljivost, ki jo potrebuje stranka.

Za zunanjo namestitev pa je na voljo kontejnerska enota O_2 BOX. Sistem je neodvisen in zaščiten pred vremenskimi vplivi. Kontejnerska enota se lahko enostavno prestavi na novo lokacijo in je prav tako dimenzionirana glede na strankine potrebe.

Oba proizvoda imata oznako CE v skladu s tlačno direktivo 2014/68/EU in z direktivo o strojih 98/37/ES.

www.omega-air.si



OMEGA

AIR

OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana

Cesta Dolomitskega odreda 10
SI-1000 Ljubljana, Slovenija

www.omega-air.si
T +386 (0)1 200 68 00
info@omega-air.si

RAZPON TLAKOV

1000 mbar
16 bar, 50 bar
100 bar, 250 bar
420 bar



MEDIJI

stisnjen zrak
vakuum
 N_2 , O_2 , CNG,
dihalni zrak
 CO_2 , H_2 , He



1000110011010101010101011100101011001100001001100110100110
10001100110101010 100011001101010 1100011001101010
01010101010111001010110011 1100110100110

14.-16.2.2023

GR, Ljubljana , Slovenija

IFAM

INTRONIKA

Robotics



100011001101010 1100011001101010 1100011001101010
1000110011010101010101011100101011001100001001100110100110
10101011100101011001100001001100110100110
10001100110101010101011100101011001100001001100110100110



FESTO

Preprosto: del rešitve

Festo ★ osnovni program

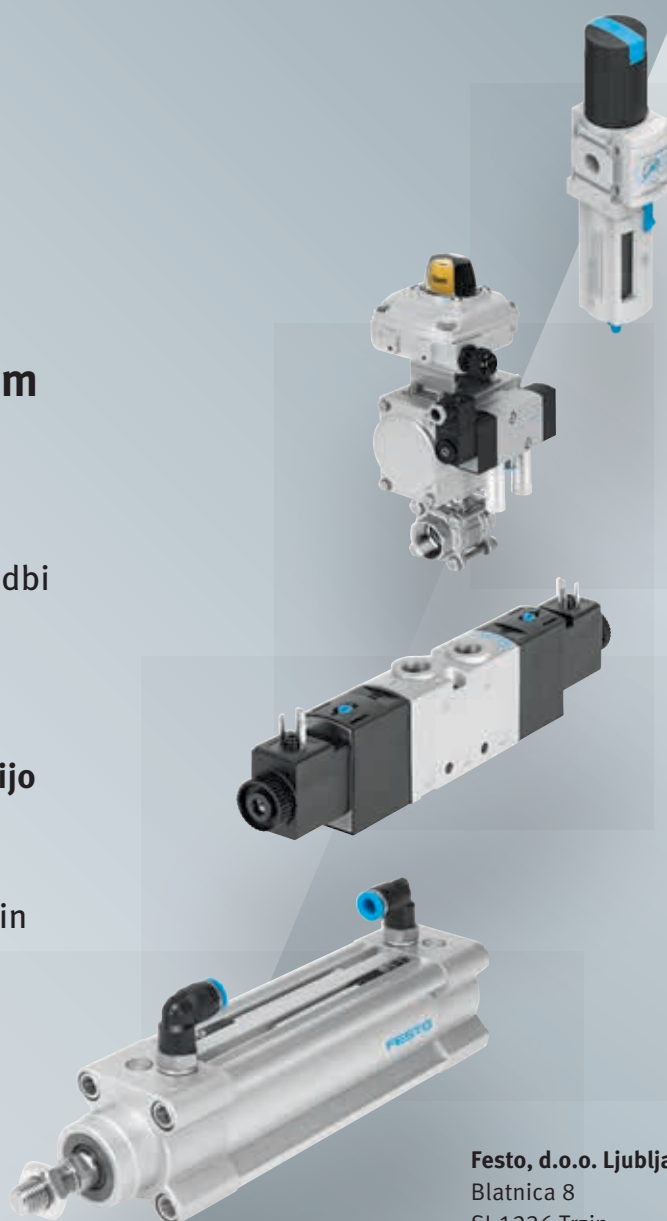
Prednosti na prvi pogled:

- Več kot 35.000 izdelkov v ponudbi
- Hitra dostava
- Privlačne cene

Osnovni program za avtomatizacijo

Festo osnovni program je naš izbor najpomembnejših izdelkov in funkcij, ki rešujejo večino vaših nalog v avtomatizaciji.

Poenostavite svojo nabavo -
Samo poiščite modro zvezdo!



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