

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 30 / 2024 / 6 / December

Fakulteta za
strojništvo z novo
raziskovalno opremo

Dvostopenjski
hidravlični varnostni
ventil

Digitalni dvojčki v
pametnih tovarnah

Energijska
učinkovitost
industrijskih
hidravličnih sistemov



industrijska

olja in maziva

WWW.OLMA.SI

OLMA77
SINCE 1947

 **FS**
UNIVERZA
V LJUBLJANI | Fakulteta
za strojništvo

FESTO

 **POCLAIN**
Hydraulics

OPL

la&co
Sinergija premikanja. Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.

 **Certified**
Kvaliteta
Proceduri



SEAL & TRADE d.o.o.

ppt commerce

 **Parker**

hpe
www.hpe.si info@hpe.si

OMEGA AIR
more than air

ŠIROK IZBOR VENTILOV

ZA HIDRAVLIČNE POGONE VOZIL IN NJIHOVA HIDRAVLIČNA ORODJA



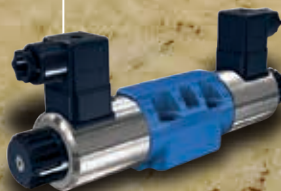
Izmenjevalni
ventil



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



UČINKOVITI DAVKI?



Sredi novembra je Državni zbor sprejel prvi paket davčnih sprememb, s katerimi naj bi spodbudili večjo konkurenčnost gospodarstva. Med ukrepi so davčne olajšave za mlade kvalificirane zaposlene iz tujine, spremembe olajšujejo nagrajevanje delavcev z delnicami in deleži, razširili so obdobje za koriščenje olajšave za zeleni in digitalni prehod, spremenili obdavčitev sladkih in energijskih pijač, poenostavili postopke množičnega vrednotenja nepremičnin, spremenili poslovanje prodajnih avtomatov ter davčno podprli kmetovanje na zahtevnih površinah. Politika je bila najmanj enotna glede sprememb, ki se nanašajo na normiranje, Gospodarska zbornica Slovenije in Obrtno-podjetniška zbornica pa sta menili, da so ukrepi nesistemi in neceloviti. Delodajalci so želeli ukrepe na področjih visoke obdavčitve dela, investicij v raziskave in razvoj nekonkurenčnosti tujim delodajalcem pri zadrževanju ključnih kadrov, a to naj bi bilo skupaj z obdavčitvijo premoženja vključeno v naslednji paket sprememb.

Ko tisti, ki nismo vključeni v snovanje davčne politike, spremljamo razpravo o davkih nekoliko z distance, zlahka prepoznamo boj interesnih skupin in opazimo, da se celotna razprava zreducira na to, ali se nekomu, ko potegne črto, zaradi vseh ukrepov stroški zvišajo ali znižajo. So davki pri nas prenizki ali previsoki? Odvisno, koga vprašate. Pa je to sploh pravo vprašanje?

Družba skozi davke uveljavlja družbene norme, zato se skozi davčno

ureditev, ki vključuje tudi nadzor, lahko razbere, kako urejena je. Komentatorji v ekonomskih rubrikah časopisov pogosto ocenjujejo ukrep samo skozi prizmo povečanja proračunskih prihodkov in zaključijo, da je ukrep nesmiseln, če je dohodkovno nevtralen. Je res nesmiselno različno obdavčiti sokove iz pravega sadja in sladkano vodo, imenovano sok, in s tem spodbuditi proizvajalce prvega? Mar ni progresivna lestvica obdavčitev dohodkov, ki močno obdavči najbogatejše, sporočilo, da velja sredstva za osebna izplačila investirati drugače? Mar ni posledica napačne davčne politike to, da se sredstva namesto v gospodarske dejavnosti bolj splača nameniti v nakup nepremičnin, s čimer »elita« narodu kot »amorfnemu gmetu« (kot se je zareklo investitorju Schellenburga) zaradi cenovnega pritiska otežuje dostop do primerne bivališča, čeprav se na koncu tudi sama zakalkulira? Če lahko podjetje več zasluži z oddajanjem lastnih prostorov preko Airbnb kot z osnovno dejavnostjo, je nekaj narobe tako s podjetjem kot z okoljem, v katerem deluje.

Davki so odraz družbene dinamike, v kateri živimo. Če temu ne bi bilo tako, bi si bili davčni sistemi po svetu zelo podobni, pa si niso. V primerjavi z nami so davki v ZDA bistveno nižji, pa lahko novi predsednik ZDA Trump kljub temu svoj uspeh delno pripiše občutku ljudi, da so še previsoki in da jih je treba znižati. V ta namen bo angažiral Elona Muska na mestu svetovalca za zniževanje izdatkov, čeprav ga je slednji še leta 2017 imenoval za prevaranta in bleferja. V prihodnjih letih bo zanimivo spremljati ta družbeni eksperiment v ZDA, kjer bo proračunsko porabo za socialo in šolstvo racionaliziral tajkun tipa Rockefeller, ki je ogromno pridobil s subvencijami taistega proračuna in z njimi ustvaril vizije, za katere je še Zemlja premajhna. The Economist opozarja, da je reforma v ZDA vsekakor potrebna, a pod vodstvom Muska lahko privede do nastanka skorumpirane oligarhije. Po

drugi strani pa imajo skandinavske države izrazito visoke davke, pa to večina ljudi podpira. Še več: neplačevanje davkov ali izogibanje obdavčitvi je v njihovi družbi moralno nesprejemljivo, kar bi lahko v Sloveniji primerjali s tem, da bi se na novoletni zabavi pohvalili s svojim poslovnim podvigom o uspešnem barantanju z gasilcem, ki je prinesel koledar in s tem zbral sredstva za lokalno gasilsko društvo.

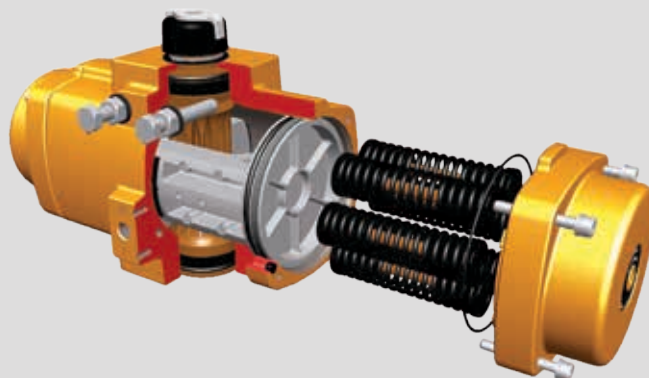
Takšne razlike med ZDA in Skandinavijo so predvsem zaradi močno različne stopnje zaupanja v politiko oziroma v to, da bo upravljanje sredstev, ki jih namenjajo z davki, racionalno. Skandinavci so glede na Ginijev koeficient ekonomske neenakosti najbolj egalitarna družba in so kljub visokim davkom med najbolj srečnimi. To še zdaleč ne pomeni, da uveljavljajo načelo »vsak po svojih zmogljivostih, vsakemu po njegovih potrebah«, gre preprosto za to, da so sredstva, zbrana z davki, učinkovito uporabljena za dobrobit družbe. V Sloveniji smo dovolj solidarna družba in imamo dovolj družbeno odgovornih podjetij, a če se z zbranimi sredstvi ravna, kot se, je odpor proti dodatnim davkom razumljiv tako kot v fevdalizmu, kjer je bilo kmetom še plačevanje desetine odveč.

Diskurz glede višine davkov bi zato moral potekati vzporedno z vprašanjem zaupanja v sistem njihove porabe. Kako naj zaupanje krepi ureditev, da moramo na univerzi naročiti letalske karte in računalnike preko predizbranih dobaviteljev, čeprav s tremi kliki dobimo cenejše ponudbe? Mar v visokem šolstvu sredstva res uspemo optimalno nameniti poučevanju naših študentov, ki jih rekrutiramo za inženirje naših podjetij? Imajo naše znanstvene raziskave dovolj multiplikativnih učinkov na našo družbo, ki nas iz davkov financira? Že poštena samokritična diskusija o učinkovitosti javnega sektorja bi povečala zaupanje davkoplačevalcev. A za začetek lahko začne vsak pri sebi.

Miroslav Halilović



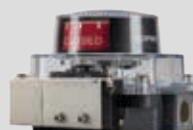
EL Matic™



BETTIS™



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	334
NOVICE • ZANIMIVOSTI	338
PREDSTAVITEV	
Tanja Potočnik Mesarić	
Fakulteta za strojništvo s tehnološkimi nadgradnjami širi meje znanosti (1. del)	344
Petra Pintar, Marko Šimic; Niko Herakovič	
INNO2MARE – Pilot projects to strengthen the capacity and scientific excellence of Slovenian and Croatian innovation ecosystems	346
HIDRAVLIČNI VENTILI	
Jan Pugelj, Ana Trajkovski, Janez Urevc, Franc Majdič	
Rekonstrukcija dvostopenjskega hidravličnega varnostnega ventila	352
TRAJNOSTNA PROIZVODNJA	
Matevž Resman, Mihael Debevec, Marko Šimic, Niko Herakovič	
Metodologija načrtovanja digitalnih dvojčkov v pametnih tovarnah	360
HIDRAVLIČNI SISTEMI	
Matevž Štefane	
Zviševanje energijske učinkovitosti industrijskih hidravličnih sistemov z uporabo variabilnih pogonskih sklopov	366
AKTUALNO IZ INDUSTRIJE	
Nova generacija tečajev za natančne premike (ELESA+GANTER)	374
Lopute za omrežja sistemov daljinskega ogrevanja in hlajenja (GIA-S)	375
Movotrak™ CTU – za višji nivo delovanja kolaborativnih robotov (INOTEH)	376
Mobilni računalnik Honeywell EDA52 (LEOSS)	377
Industrijski blažilniki sunkov ACE (S3C)	378
NOVOSTI NA TRGU	
Serija energetskih verig KABELSCHLEPP S/SX (INOTEH)	380
Regulator temperature OMRON NX-HTC za izboljšano analizo stanja stroja (MIEL Elektronika)	381
PODJETJA PREDSTAVLJAJO	
Avtomatska električna kartušna črpalka – tip AECP (HENNLICH)	382
Pot do zanesljivega delovanja sistema stisnjenega zraka – 1. del (OMEGA AIR)	384

TRADICIONALNI POSVET ASM '24 – LETOS ŽE JUBILEJNO DVAJSETIČ

Na GZS v Ljubljani je 6. decembra potekal tradicionalni strokovni posvet Avtomatizacija strege in montaže 2024 – ASM '24, ki je letos praznoval pomemben jubilej – že dvajseto izvedbo. Posvet, ki velja za osrednji dogodek v Sloveniji na področju strege in montaže, je organiziral Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko (LASIM) Fakultete za strojništvo, Univerza v Ljubljani. Soorganizatorja dogodka sta bila Gospodarska zbornica Slovenije in Kompetenčni center za sodobne tehnologije vodenja – Zavod KC STV.

V uvodnem delu dogodka so zbrane nagovorili ugledni slavnostni govorniki, ki so s svojimi besedami poudarili pomen avtomatizacije in montaže za razvoj gospodarstva in industrije. Glavni slavnostni govorec je bil predsednik Državnega sveta Republike Slovenije g. Marko Lotrič, ki je izpostavil vlogo inovacij pri krepitevi konkurenčnosti države.

Dogodek je tudi tokrat pritegnil veliko pozornosti in bil odlično obiskan. Udeležilo se ga je preko 140 udeležencev iz kar 50 podjetij, sedmih raziskovalnih in izobraževalnih ustanov ter štirih medijev. Pester nabor udeležencev kaže na izjemno zanimanje za področje avtomatizacije strege in montaže ter potrjuje pomembnost tega



Slika 1 : Slavnostni govorec – predsednik DS RS g. Marko Lotrič – na Posvetu ASM '24 (Foto: LASIM)



Slika 2 : Naslovnica zbornika prvega posveta AM 2003 in naslovnica aktualnega zbornika Posveta ASM (Arhiv LASIM)

dogodka za slovensko gospodarstvo. Posvet ASM velja za ključni dogodek, kjer si strokovnjaki, raziskovalci in podjetniki izmenjajo najnovejše informacije in rešitve. Prav zato velja rek, da je »to dogodek, ki ga na tem področju enostavno ne smete zamuditi«.

Na posvetu so številna podjetja predstavila svoje dosežke, tehnološke rešitve in inovacije. Med njimi je bilo veliko rešitev, ki so plod domačega razvoja in ustvarjalnosti slovenskih inženirjev. Te inovacije bodo marsikateremu udeležencu pomagale pri reševanju izzivov, s katerimi se srečujejo v vsakodnevni praksi. Program je bil skrbno zasnovan in je vključeval vrsto strokovnih predavanj, ki so jih pripravili predavatelji iz uglednih podjetij in organizacij.



Slika 3 : Utrinki s Posveta Avtomatizacija strege in montaže 2024 – ASM '24

Predavatelji so izhajali iz sledečih organizacij: Fanuc Adria, d. o. o., Robotehnika d. o. o., Yaskawa, Fakulteta za elektrotehniko, UL, Novartis d. o. o., ABB, d. o. o., DAX, d. o. o., Miel, d. o. o., Kolektor d. d., XENYA d. o. o., GOinfo d. o. o., Atech BiH, Digiteh d. o. o., Unior d. d., Telekom Slovenije d. d., Laboratorij LASIM – Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Zavod KC STV, IM d. o. o., LEOSS d. o. o., LEOSS Automation d. o. o., ControlTech d. o. o., Riko d. o. o., Olma d. o. o., Ptica – zavod in M Sora d. d.

Posebno mesto v programu je imela slovesna obeležitev 20. obletnice posveta, ki sega v leto 2003, ko je bil prvič organiziran pod imenom Avtomatizacija montaže. Jubilej je zaznamovala pregledna predstavitev zgodovine posveta, ki jo je pripravil profesor Niko Herakovič. Organizatorji so ob tej priložnosti izkazali posebno spoštovanje profesorici Dragici Noe, organizatorki prvega posveta, ki je prejela simbolično zahvalo v obliki šopka cvetja. Dogodek je s svojim nastopom obogatila priznana citrarka Tanja Lončar, ki je poskrbela za prijetno vzdušje. Slavnostni razrez torte je dodal še dodatno svečanost, udeleženci pa so se ob kosilu in sladkanju povezali ter izmenjali svoje vtise in ideje.

Pomemben del dogodka je bil tudi razstaveni prostor pred konferenčno dvorano, kjer so podjetja na pro-

mocijskih zaslonih, s publikacijami in predstavitvami svojih tehnoloških rešitev udeležencem ponujala vpogled v sodobne pristope k avtomatizaciji in digitalizaciji. Posebno pozornost si zasluži generalni pokrovitelj dogodka podjetje Digiteh d. o. o., vodilno na področju razvoja digitalnih dvojčkov za proizvodne in logistične sisteme, ki že več kot 10 let uspešno deluje v Sloveniji in širše.

Posvet ASM '24 je tudi letos postavil visoka merila za kakovostno organizacijo, strokovno odličnost in mreženje, ki ga omogoča. Dogodek ostaja enkratna priložnost za predstavitev naprednih pristopov in krepitev sodelovanja med podjetji, raziskovalnimi ustanovami in drugimi akterji s področja avtomatizacije in digitalizacije.

Organizatorji se vsem udeležencem iskreno zahvaljujejo za podporo in sodelovanje in jih že danes vabijo, da se jim pridružijo na naslednjem posvetu ASM '25, ki bo ponovno združil vse, ki oblikujejo prihodnost avtomatizacije in montaže.

Več utrinkov s posveta ASM '24 je dostopnih na spletni strani posveta www.posvet-asm.si.

Dr. Mihael Debevec,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

17. MEDNARODNA KONFERENCA O PRENOSU TEHNOLOGIJ (ITTC)

V sredo, 9. oktobra 2024, je na Institutu »Jožef Stefan« potekala tradicionalna že 17. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij (International Technology Transfer Conference, ITTC). Udeležence v Veliki predavalnici in preko spleta so uvodoma nagovorili prof. dr. Boštjan Zalar (IJS), dr. Špela Stres (ARIS), dr. Tomaž Boh (MVZI) ter Peter Alešnik (UL) in mag. Robert Blatnik (IJS) kot predstavnika obeh slovenskih nacionalnih konzorcijev za prenos znanja.



Od leve proti desni: Daniel Marshall, dr. Klemen Miklavič ter udeleženci okrogle mize (Foto: M. Verč)

Osrednjo konferenčno temo samoevalvacije raziskovalnih organizacij kot podporo razvoju in krepitevi področja prenosa znanja sta v krajših predavanjih predstavila Daniel Marshall (University of Colorado Boulder) z orisom inovacijskega ekosistema in dr. Klemen Miklavič (ARIS) z vidika Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije. Obravnavo aktualne tematike so na okrogli mizi s svojimi mnenji zaokrožili: dr. Tomaž Boh (MVZI), dr. Špela Stres (ARIS), prof. dr. Zdravko Kačič (Rektorska konferenca RS),

dr. Andrej Pančur (KOŠRIS), prof. Wim van den Doel (Leiden University), dr. Damjan Kavaš (IER) in Daniel Marshall. Okroglo mizo je moderiral mag. Jure Vindišar (NIB).

V nadaljevanju je šest raziskovalnih skupin pod budnim očesom mag. Roberta Blatnika in mednarodne strokovne komisije na tekmovanju za najboljšo inovacijo z največjim tržnim potencialom z javnih raziskovalnih organizacij predstavilo inovativne projekte in načrte za njihovo čim bolj uspešno ume-



Doc. dr. Ita Junkar in prof. dr. Uroš Petrovič na podelitvi priznanj za inovacijo z največjim tržnim potencialom v družbi Daniela Marshalla (levo) in mag. Roberta Blatnika (desno) (Foto: M. Verč)



Prejemniki letošnjih WIPO nagrad: Rok Podobnik in mag. Peter Uršič iz podjetja Hidria, d. o. o., (levo), Barbara Režun z Urada RS za intelektualno lastnino, doc. dr. Gregor Primc z Instituta »Jožef Stefan« (Foto: M. Verč)

stitev na trgu. V komisiji so sodelovali: Dalibor Marijanović (Vesna), prof. Wim van den Doel (Leiden University), Daniel Marshall (University of Colorado Boulder), Tatjana Zabusu Mikuž (South Central Ventures) in Katarina Šuštaršič (LUI).

Komisijo sta najbolj prepričali dve ekipi, in sicer doc. dr. Ita Junkar z Instituta »Jožef Stefan« z novo tehnologijo SugarHeal: Sweet Relief, ki rešuje problematiko celjenja kroničnih ran, in prof. dr. Uroš Petrovič, prav tako z IJS, za inovacijo Nova platforma za generiranje protiteles z eno domeno v mikroorganizmih.

Hkrati sta bila razglašena prejemnika letošnje nacionalne nagrade Svetovne organizacije za intelektualno lastnino (WIPO): podjetje Hidria, d. o. o., in doc. dr. Gregor Primc (IJS).

Sklepni del konference je vključeval vzporedni sekciji:

1. Povezovanje izobraževalnega sistema z akademsko sfero s predstavitevjo (i) izbranih raziskovalnih tem in predlogov sodelovanja ter (ii) aktualnih raziskovalnih rezultatov (Odlični v znanosti). Sekcijo je moderiral Peter Alešnik (UL), sodelovali pa so Urška Mrgole (IJS), dr. Krištof Debeljak (Rudolfovo), izr. prof. dr. Katarina Rojko (FIŠ), dr. Alenka Mauko Pranjič (ZAG), dr. Uroš Žibrat (KIS), dr. Petra Jamšek Rupnik (GeoZS), dr. Stanka Šebela (Inštitut za raziskovanje krasa, ZRC SAZU), doc. dr. Anže Babič (UL), prof. Silva Bratož, prof. Tina Štemberger in prof. Anja Pirih (UP), doc. dr. Helena Motaln (IJS), izr. prof. dr. Mojca Urek in as. Anže Jurček (UL), doc. dr. Mateja Breg Valjavec (Geografski Inštitut Antona Melika, ZRC SAZU).
2. Predstavitev raziskovalnih prispevkov o prenosu znanja in o intelektualni lastnini, na kateri so avtorji iz Slovenije in drugih držav obravnavali različne tematike: od študij primerov inovacijskih ekosistemov, mehanizmov za povezovanje akademskega in poslovnega sveta s pomočjo platform, vloge državnih pomoči, raziskovalnih infrastruktur in vse do digitalnih tem pri prenosu znanja in intelektualni lastnini. Za povezovanje sekcije je skrbela Nina Smerdu iz UM, pod predstavljene prispevke pa so se podpisali: Maja Fortun Novak, Ana Hafner, Balaban et al., Kalyoncu et al., Sönmez et al., Viatcheslav Britchkovski, Abdelhamid El-Zoheiry, Karen Gladović, Tomaž Lutman, Urška Florjančič, Urška Fric, Duško Odić, Urška Mrgole, Marjeta Trobec, Jure Plaskan, Barbara N. Brečko, Marta E. Wachowicz, Michał Rotnicki, Michał J. Falkowski, Jarosław Kaminski, Alexander Uspenski, Aliaksei Uspenski in Maxim Prybylski. Predstavljeni prispevki bodo že kmalu na voljo v konferenčnem zborniku, vključno s pregledom preostalih sekcij.

17. Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij (ITTC) je potekala pod okriljem Meseca znanosti in v soorganizaciji pisarn za prenos znanja na trinajstih javnih raziskovalnih organizacijah, ki jih finančno podpira tudi MVZI.

Posnetki, fotografije in zbornik konference so objavljeni na spletni strani konference: <https://itcc.ijs.si/>.

Robert Premk, Urška Mrgole,
oba Institut »Jožef Stefan«

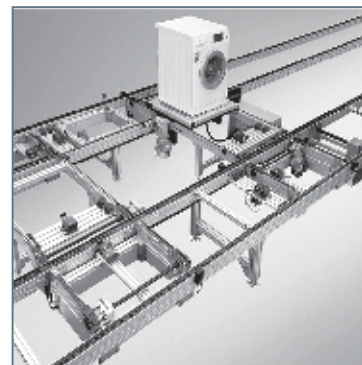
Rexroth

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

DVAKRAT ODLIČNI V ZNANOSTI!

V okviru priznanja *Odlični v znanosti 2024* sta bila prepoznana kar dva dosežka naših raziskovalcev, ki pomembno prispevata k znanstvenemu napredku in tehnološkemu razvoju. To prestižno priznanje, ki ga podeljuje Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARIS), je namenjeno izpostavitvi najpomembnejših raziskovalnih dosežkov v slovenskem znanstvenem prostoru. Dogodek ARIS, na katerem so bila priznanja podeljena, je potekal 18. novembra 2024 v Narodni galeriji v Ljubljani.

Napredek v materialih za shranjevanje energije

Prof. dr. Tomaž Katrašnik je s sodelavcema doc. dr. Klemnom Zeličem in Igorjem Meletom ter raziskovalci s Kemijskega inštituta z interdisciplinarno raziskavo, objavljeno v prestižni znanstveni reviji *Advanced Materials*, razkril ključne lastnosti materialov s fazno separacijo, ki vplivajo na njihovo elektrokemijsko obnašanje. Raziskava z naslovom *Vstop v napetostno histerezo v materialih s fazno separacijo: razkritje elektrokemijskega odziva znotraj-delčno fazno separiranega stanja* ponuja nova orodja za optimizacijo naprednih baterijskih sistemov. Ti so bistveni za razvoj trajnostnih energetskih rešitev, ki podpirajo globalno zeleno preobrazbo.

Hladna plazma za dezinfekcijo tekočin

Drugi dosežek, nagrajen s priznanjem, je rezultat sodelovanja prof. dr. Matevža Dularja in doc. dr. Martina Petkovška, skupaj z drugimi strokovnjaki Inštituta »Jožef Stefan« ter Nacionalnega inštituta za biologijo. Razvili so inovativno metodo in napravo za dezinfekcijo tekočin z uporabo hladne plazme v stabilnem superkavitacijskem mehurčku, kar je bilo potrjeno tudi z ameriškim patentom (*US Patent 11,807,555 B2*). Raziskava, objavljena v reviji *Environment International*, predstavlja prebojno tehnologijo za učinkovito in okolju prijazno inaktivacijo virusov v vodi, kar ima velik potencial za uporabo v industriji in javnem zdravju.

Raziskava prof. Katrašnika z naslovom *Vstop v napetostno histerezo v materialih s fazno separacijo: razkritje elektrokemijskega odziva znotraj-delčno*



Utrinek z Dneva ARIS 2024 (Vir: ARIS)

fazno separiranega stanja se osredotoča na ključne izzive pri razvoju materialov za napredne baterijske sisteme. Sodelovanje z domačimi in tujimi strokovnjaki mu je omogočilo natančno analizo procesov, ki vplivajo na učinkovitost in trajnost elektrokemijskih naprav. Rezultati raziskave, objavljeni v prestižni znanstveni reviji *Advanced Materials*, ne le poglobljajo razumevanje faznih prehodov v materialih, temveč tudi odpirajo nove možnosti za izboljšanje tehnologij shranjevanja energije.

Oba dosežka sta bila predstavljena na okrogli mizi *Naravoslovje in tehnika* v okviru dogodka ARIS 2024, kjer so poudarili pomen interdisciplinarnega sodelovanja in inovacij za prihodnost.

Iskrene čestitke vsem za izjemno priznanje; želimo jim še veliko uspehov pri nadaljnjem delu!

www.fs.uni-lj.si



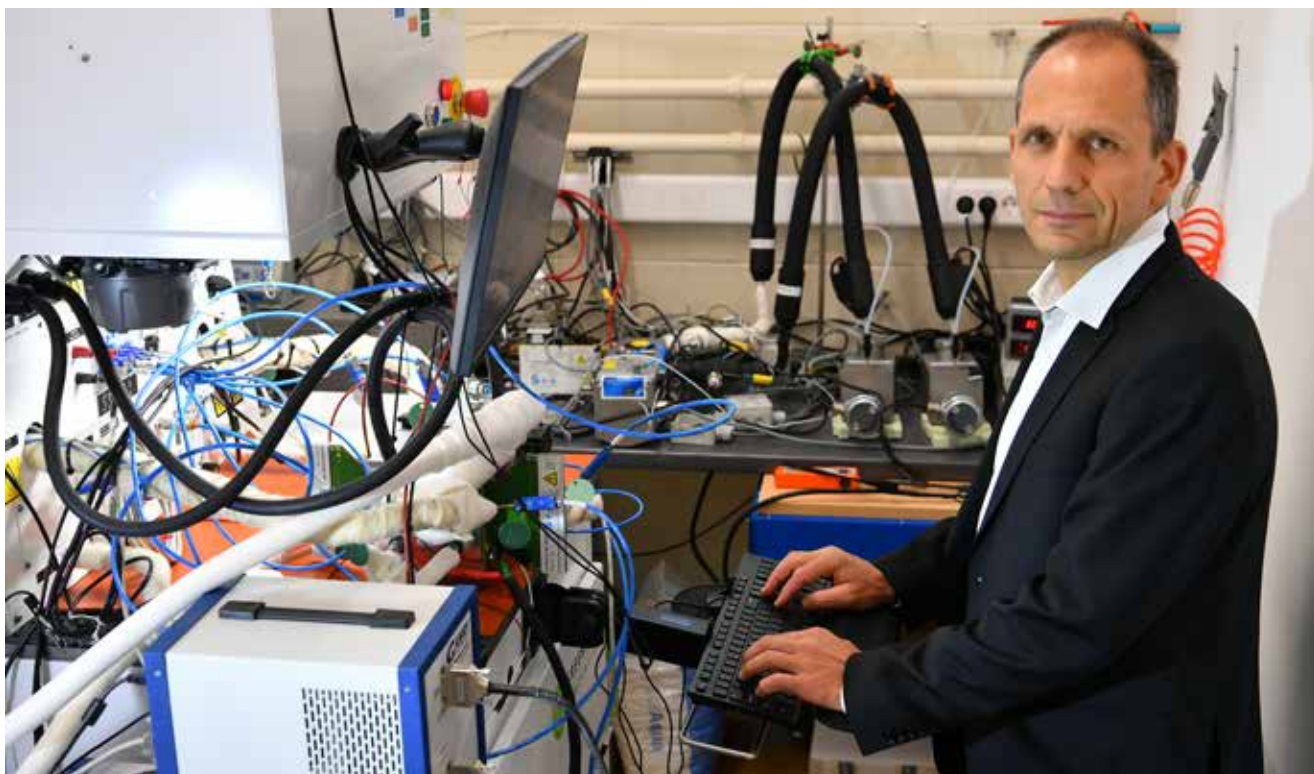
Direktorica ARIS-a dr. Špela Stres in prof. dr. Tomaž Katrašnik (Vir: ARIS)



Priznanje prof. dr. Matevža Dularja in doc. dr. Martina Petkovška, za dosežek, ki sta ga dosegla skupaj s strokovnjaki Inštituta Jožef Stefan ter Nacionalnega inštituta za biologijo

PROF. DR. TOMAŽ KATRAŠNIK PREJEL ZOISOVO NAGRADO ZA VRHUNSKÉ DOSEŽKE

Zoisovo nagrado za vrhunske dosežke na področju znanstvenoraziskovalne dejavnosti je prejel naš sodelavec prof. dr. Tomaž Katrašnik. Prof. dr. Katrašnik je priznan strokovnjak na področju simulacijskih modelov in diagnostičnih metod za elektromobilnost, kjer njegovi prispevki pomembno vplivajo na razvoj baterij in gorivnih celic ter učinkovitejše in varnejše električne pogone vozil.



Prof. dr. Tomaž Katrašnik v laboratoriju. Foto: Peter Irman

V skupini pod vodstvom prof. dr. Tomaža Katrašnika razvijajo inovativne računalniške modele in diagnostične metode za elektromobilnost. Ti omogočajo odkrivanje novih pojavov in razumevanje procesov v materialih za baterije ter tudi napovedovanje njihovih notranjih stanj v povezavi z vplivom na zdravje in varnost baterij. Knjižnica modelov omogoča hitrejši in cenejši razvoj baterij in gorivnih celic. Prenos njegovih vrhunskih znanstvenih izsledkov v vodilna svetovna podjetja pomembno vpliva na razvoj učinkovitejših in varnejših električnih pogonov vozil.

Prof. dr. Katrašnik je s svojim delom na področju elektromobilnosti, digitalizacije in virtualnega snovanja elektrokemijskih naprav dosegel vrhunske znanstvene rezultate, ki imajo daljnosežne posledice za trajnostni razvoj in prihodnost električnih vozil.

Zoisove nagrade so najvišja priznanja Republike Slovenije na področju znanstvenoraziskovalne in razvojne dejavnosti. Podeljujejo se raziskovalcem in raziskovalkam, katerih delo pomembno prispeva k napredku znanosti, tehnologij in inovacij v Sloveniji. Nagrade poudarjajo pomen vrhunskih dosežkov, ki imajo odmev na globalni ravni in prispevajo k razvoju slovenskega gospodarstva ter družbe kot celote.

Vsako leto se podelijo največ štiri Zoisove nagrade za vrhunske dosežke, pri čemer so prejemniki tisti, ki so v zadnjih sedmih letih s svojim delom dosegli izjemne rezultate na področju znanosti. Ta nagrada izpostavlja pomemben prispevek slovenskih raziskovalcev k mednarodnemu znanstvenemu okolju in je hkrati motivacija za mlade generacije, da sledijo njihovim stopinjam.

Iskrene čestitke!

www.fs.uni-lj.si

POMEMBNA PREDSTAVITEV INSTITUTA »JOŽEF STEFAN« EVROPSKIM ZNANSTVENIM IN GOSPODARSKIM ORGANIZACIJAM

Med 1. in 4. oktobrom 2024 je v Trstu potekal poslovno usmerjen kongres Big Science Business Forum (<https://www.bsb2024.org>) s predstavniki velikih evropskih raziskovalnih organizacij in gospodarstva. Med soorganizatorji so bile pomembne znanstvene organizacije, kot so CERN, ESA, ESO, ESS, ESFR, European XFEL, FAIR, F4E, ILL in SKAO.



Razstavni prostor IJS na BSBF, kjer so potekali tudi dvostranski sestanki. (Foto: Urška Mrgole)

Na dogodku so potekala plenarna zasedanja, okrogle mize, dvostranska srečanja, razstave, predstavitve posterjev kot tudi obiski raziskovalne infrastrukture v Italiji in Sloveniji ter druge aktivnosti, povezane z znanstvenoraziskovalno dejavnostjo. V

sklopu obiskov raziskovalne infrastrukture so nekateri udeleženci BSBF v petek, 4. oktobra 2024, obiskali tudi Reaktorski center Instituta »Jožef Stefan« v Podgorici z namenom iskanja sinergij oz. različnih priložnosti za sodelovanje ter si ogledali tudi raziskovalni reaktor TRIGA II in pospeševalnik. Dogodka v Trstu smo se udeležili tudi predstavniki Instituta »Jožef Stefan« v okviru razstave in dvostranskih sestankov, na katerih smo predstavili možnosti za sodelovanje in na ta način naš inštitut in Slovenijo postavili ob bok pomembnim evropskim akterjem z raziskovalno infrastrukturo, ki jo imamo, ter na ta način prispevali k dodatni prepoznavnosti v znanstvenoraziskovalni in širši skupnosti. Letošnjega dogodka v Italiji, ki je sicer predhodno potekal na Danskem (leta 2018) in v Španiji (leta 2022), se je udeležilo prek 1000 razstavljalcev, govorcev, raziskovalcev, predstavnikov podjetij, študentov iz 31 držav in tudi številni mediji.

Urška Mrgole, Institut »Jožef Stefan«

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



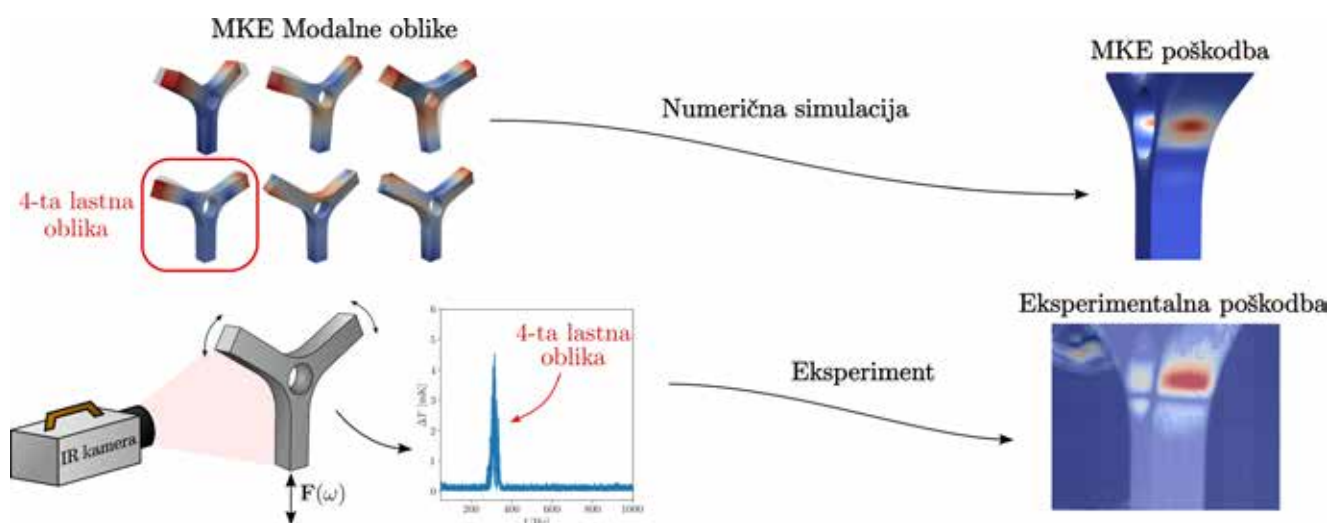
www.jaksa.si



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

UPORABA TERMOELASTIČNOSTI PRI VEČOSNEM KRITERIJU VIBRACIJSKEGA UTRUJANJA V FREKVENČNI DOMENI

Raziskovalci Laboratorija za dinamiko strojev in konstrukcij (LADISK) so razvili nov pristop za identifikacijo večosnega vibracijskega utrujanja v frekvenčni domeni z uporabo termoelastičnosti, katerega cilj je izboljšati možnosti za identifikacijo utrujenostne poškodbe v realnem času. Rezultati študije so objavljeni v reviji Mechanical Systems and Signal Processing (IF = 7,9).



Numerična simulacija poškodbe, izračunane z uporabo predstavljenega termoelastičnega kriterija, v primerjavi z eksperimentalno identifikacijo poškodbe z infrardečo kamero

Materiali, ki so v dinamičnih procesih izpostavljeni večosnemu vibracijskemu utrujanju, pogosto nepredvidljivo odpovejo. Poškodbe zaradi utrujenosti so običajno lokalizirane tako časovno kot prostorsko, obremenitve pa se s časom lahko spreminjajo, kar otežuje eksperimentalno identifikacijo poškodbe. Učinkovito rešitev za tovrstne izzive predstavlja termoelastičnost, saj omogoča zaznavanje majhnih temperaturnih sprememb in s tem možnost za identifikacijo poškodb v skoraj realnem času z visoko prostorsko ločljivostjo.

Termoelastičnost preučuje interakcijo med temperaturnimi spremembami in elastičnimi deformacijami v materialih. Majhne temperaturne spremembe je mogoče povezati s seštevkom normalnih napetosti, kar omogoča pridobivanje informacij o večosnem napetostnem stanju. V adiabatnih pogojih se pod tlačnimi obremenitvami pojavi lokalno segrevanje, medtem ko natezne obremenitve povzročajo lokalno hlajenje materiala. V primeru harmonskega vzburjanja se v materialu pojavi harmonski temperaturni odziv, ki ga je mogoče zaznati z infrardečo termalno kamero in analizirati v frekvenčnem prostoru.

Raziskava obravnava uporabo termoelastičnosti v večosnem kriteriju, kar vodi v ekvivalentno enosno obremenitev. Raziskovalci so predstavili numerično formulacijo večosnega kriterija, ki temelji na termo-

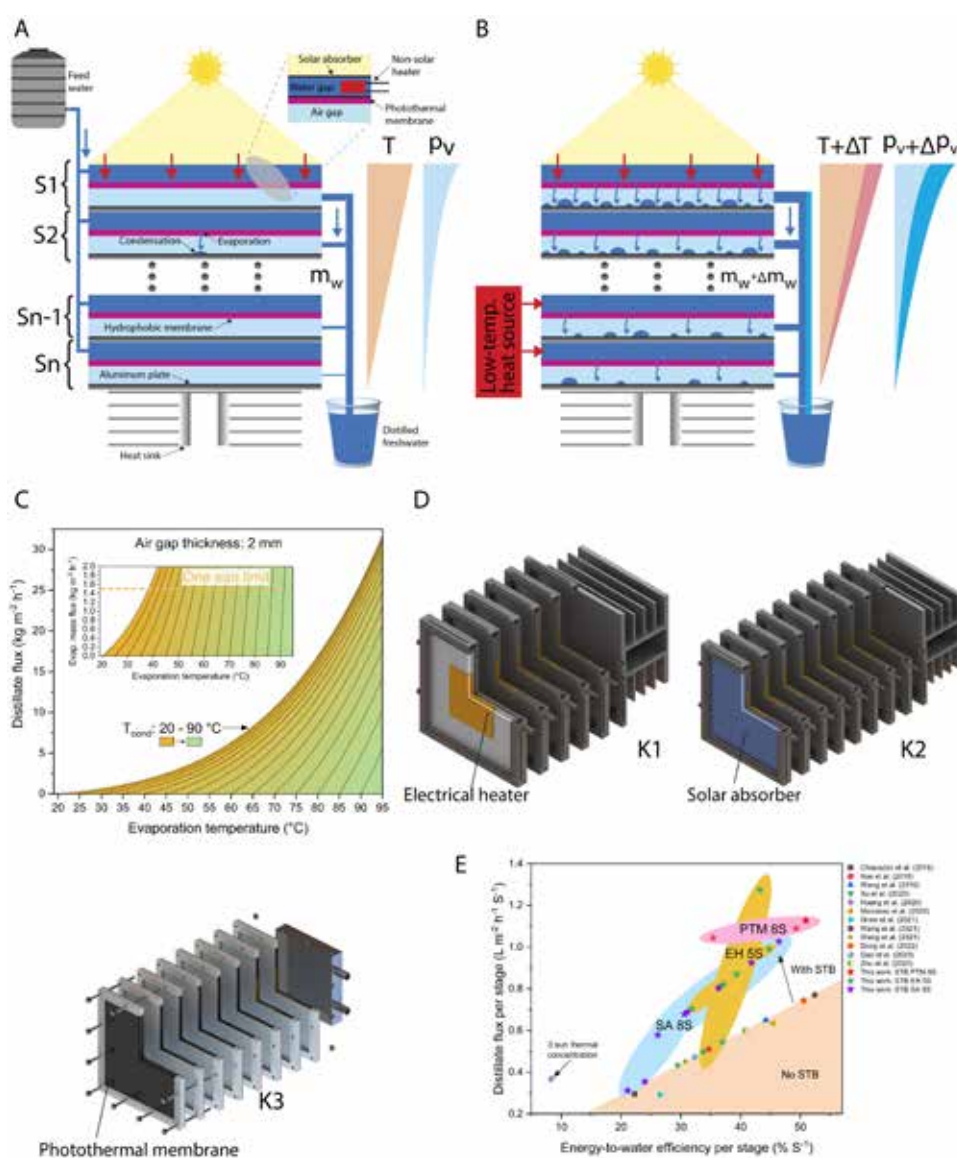
elastičnosti, in ga primerjali z uveljavljenim von Misesovim napetostnim kriterijem (EVMS) v frekvenčnem prostoru. V eksperimentalnem delu študije so uporabili hitro infrardečo termalno kamero za validacijo numeričnih simulacij, kar je omogočilo preverjanje natančnosti izračunov in še dodatno podprlo uporabnost termoelastičnih metod pri analizi večosnega utrujanja.

Rezultati raziskave so pokazali močno korelacijo med simulirano in izmerjeno poškodbo zlasti pri prepoznavanju kritičnih točk, kjer je verjetnost odpovedi zaradi utrujanja največja. Raziskava je razkrila, da termoelastični kriterij dobro prepozna normalne napetosti, ki so ključne v mnogih primerih utrujanja, na primer pri upogibu, kjer pride do cikličnih nateznih in tlačnih obremenitev.

Raziskava tako odpira nove možnosti za brezkontaktno identifikacijo večosnega utrujanja, saj ponuja napredno orodje za napovedovanje odpovedi materialov pod dinamičnimi obremenitvami. Napredek na področju analize utrujenosti zaradi vibracij in eksperimentalnih metod vodi k izboljšavam pri zasnovi in vzdrževanju konstrukcij, ki so podvržene dinamičnim obremenitvam, s čimer se zmanjšuje stopnja odpovedi in podaljšuje življenjska doba teh struktur.

NAPREDEN PRISTOP IZKORIŠČANJA ODPADNE TOPLOTE IN SONČNE ENERGIJE ZA PRIDOBIVANJE ČISTE VODE Z VEČSTOPENJSKO MEMBRANSKO DESTILACIJO

Pomanjkanje vode postaja vedno resnejši globalni izziv, ki že vpliva na življenja nekaj več kot štiri milijarde ljudi po vsem svetu. Podnebne spremembe še dodatno otežujejo varnost oskrbe z vodo, kar ogroža tako naravne ekosisteme kot tudi življenjske pogoje in gospodarski razvoj. Uporaba obnovljivih in trajnostnih virov energije, kot sta sončna energija in odpadna toplota, tako predstavlja učinkovito rešitev za pridobivanje sveže vode iz obstoječih zemeljskih vodnih virov.



(A) Konvencionalna večstopenjska membranska destilacijska enota, izboljšana z možnostjo vnosa ultra-nizko temperaturne toplote v sistem na osnovi predstavljene STB metode (B). (C) Masni tok destilata v odvisnosti od temperatur uparjanja in kondenzacije. (D) Tri eksperimentalne naprave uporabljene v študiji. (E) Primerjava masnih tokov destilata iz večstopenjske STB naprave z vrednostmi iz literature na podlagi eksperimentov.

Doc. dr. Primož Poredoš je v sodelovanju s sodelavci Laboratorija za okoljske tehnologije v zgradbah Fakultete za strojništvo UL in raziskovalci inovacijske ekipe ITEWA Univerze v Šanghaju razvil nov koncept koriščenja ultranizkotemperaturne (odpadne) toplote s hkratnim vnosom sončne energije in nizkotemperaturne toplote v sistem. Avtorji so prvi na svetu predstavili popolnoma nov koncept pridobivanja destilirane vode iz neprečiščene slane vode s toplotno gnano membransko destilacijo (MD).

Večstopenjske solarno gnane membranske destilacijske enote (*slika 1A*) temeljijo na izhlapevanju slane vode in prenosu molekul vodne pare skozi membrano, ki je nameščena med napajalno (slano neprečiščeno) vodo in destilirano vodo. V nasprotju s tradicionalnimi MD-enotami (*slika 1A*), kjer se toplota dovaja v prvo stopnjo, so avtorji raziskovali učinke hkratnega segrevanja tako prve kot nižjih stopenj večstopenjske naprave MD (*slika 1B*). Paradoksalno so avtorji z ultranizkotemperaturno toploto segrevali, namesto hladili kondenzatorje v nižjih stopnjah (*slika 1B*), kar je omogočilo skorajšnje podvojitev destilata vode na posamezno stopnjo naprave glede na obstoječo literaturo. Prelomna raziskava je objavljena v prestižni multidisciplinarni reviji Nature Communications (IF = 14.7).

V članku so avtorji najprej predstavili vlogo osnovnih fizikalnih načel pri povečevanju pretoka destilata znotraj zračne vrzeli naprave MD (*slika 1C*) ter na podlagi začetnih študij kasneje zgradili tri naprave z vgrajenimi grelniki za uporabo zelo nizkotempe-

rature toplote (*slika 1D, konfiguracije K1, K2 in K3*). Eksperimentalni podatki so pokazali prelomno vrednost pretoka destilata nad $9,0 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ in učinkovitost pretvorbe vstopne energije v destilat 407 % v primeru segrevanja kondenzatorjev z gostoto toplotne moči 250 W m^{-2} v 7. in 8. stopnji in v 1. stopnji z intenziteto sončnega sevanja 1000 W m^{-2} . Preračunano na posamezno stopnjo so avtorji dosegli rekordno velikost pretoka destilata z vrednostjo $1,13 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ S}^{-1}$, kar za približno 88 % presega trenutne mejnike, postavljene v literaturi (*slika 1E*).

Globalno se vsaj 16 % svetovne rabe primarne energije sprosti kot odpadna toplota, pri čemer več kot 63 % te toplote nastane pri zelo nizkih temperaturah pod 100°C . Posledično v študiji avtorji opozarjajo na kritično potrebo po učinkovitejši uporabi odpadne toplote, kar neposredno podpira več ciljev trajnostnega razvoja Združenih narodov (SDG) – zlasti SDG 6 (čista voda in sanitarna ureditev), SDG 7 (cenevno dostopna in čista energija), SDG 11 (trajnostna mesta in skupnosti) in SDG 13 (podnebni ukrepi).

Na osnovi eksperimentalno validiranih simulacij v orodju COMSOL Multiphysics so avtorji ugotovili, da ima lahko 16-stopenjski sistem na osnovi MD + STB potencial za zmanjšanje kapitalskih stroškov za več kot 70 % na liter proizvedene vode, kar bi ga naredilo konkurenčnejšega drugim sodobnim rešitvam, kot je na primer fotovoltaika z reverzno osmozo (PV + RO).

www.fs.uni-lj.si

RAZVIT IN IZDELAN V SLOVENIJI

YASKAWA

GP20

GLAVNE PREDNOSTI

- Vitka in robustna zasnova
- Uporaba v različnih robotskih aplikacijah
- 20 kg nosilnosti
- Velik polmer dosega: 1.802 mm
- Hiter / visoki pospeški in pojemki
- Enostaven zagon, uporaba in vzdrževanje

YASKAWA Slovenija d.o.o. www.yaskawa.si



FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO S TEHNOLOŠKIMI NADGRADNJAMI ŠIRI MEJE ZNANOSTI (1. DEL)

Tanja Potočnik Mesarić

Fakulteta za strojništvo UL je svoje raziskovalne kapacitete s Paketom 22 razširila z najsodobnejšo opremo, ki omogoča še bolj poglobljene raziskave na različnih področjih. Opremo je sofinancirala Agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

Visokoresolucijski sistem analize površin za izboljššan prenos toplote

Ta napredni sistem omogoča natančno analizo površin materialov, ki imajo ključno vlogo pri optimizaciji prenosa toplote. Oprema je zasnovana za raziskave v laboratorijskih pogojih in omogoča razvoj inovativnih pristopov za izboljšanje učinkovitosti toplotnih sistemov.

Glavne značilnosti sistema so:

- ▶ *Visokoresolucijska analiza:* Sistem omogoča meritve z ločljivostjo na nanometrski ravni, kar



Slika 1 : Visokoresolucijski sistem analize površin za izboljššan prenos toplote (Foto: IFP, d. o. o.)

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



Slika 2 : Klimatska komora za karakterizacijo materialov in procesov (Foto: IFP, d. o. o.)

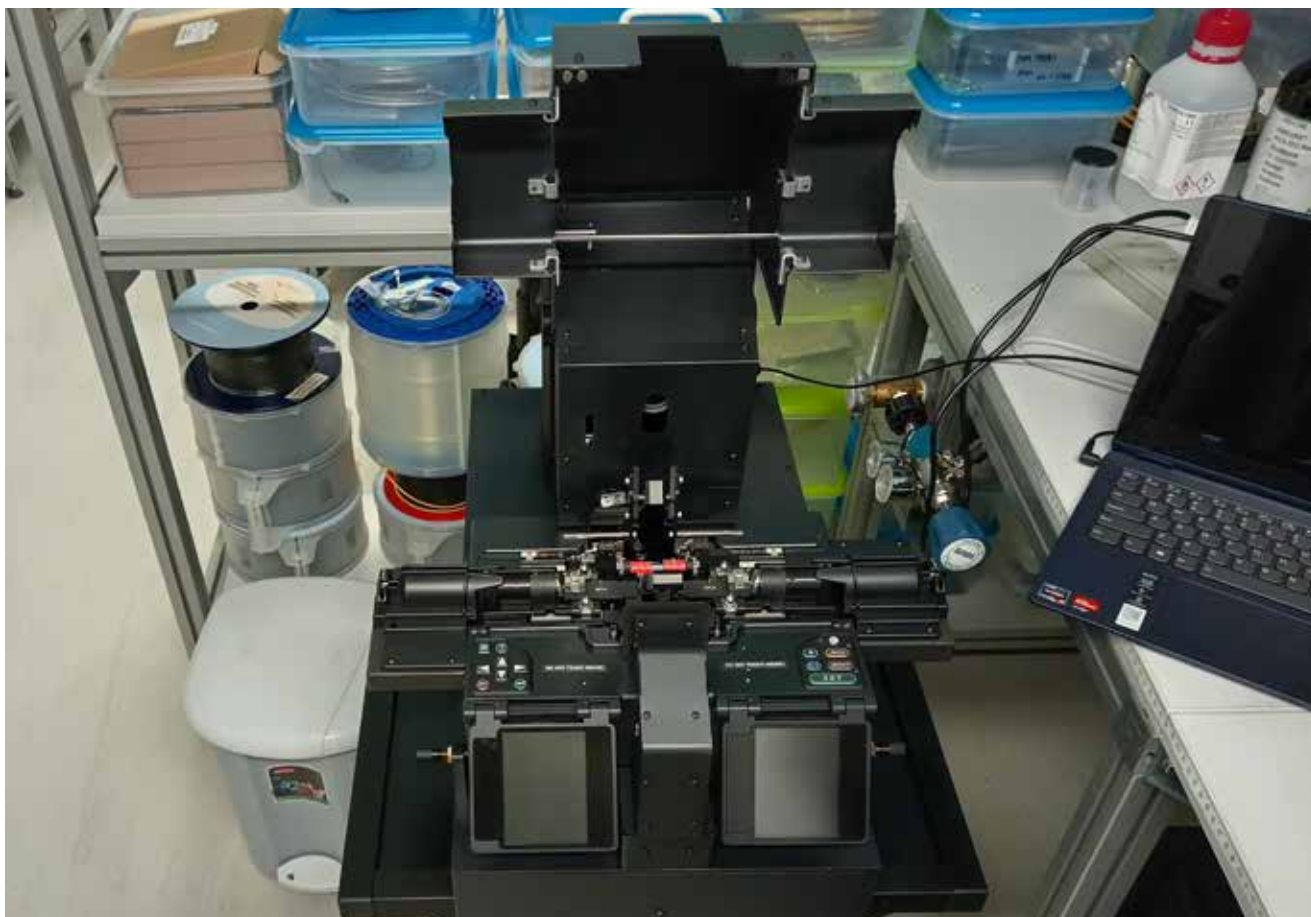
je ključno za analizo mikrostruktur in njihovo optimizacijo.

- ▶ *Prilagodljiva zasnova:* Primeren je za testiranje različnih vrst materialov in površinskih obdelav.
- ▶ *Integracija s simulacijskimi orodji:* Omogoča primerjavo eksperimentalnih podatkov s simulacijami, kar skrajša čas razvoja novih rešitev.

Raziskovalcem omogoča natančno ovrednotenje površinskih mikrostruktur, ki vplivajo na intenzivnost konvektivnega prenosa toplote, kar je pomembno za aplikacije, kot so hladilni sistemi, elektronske naprave in procesna industrija.

Klimatska komora za karakterizacijo materialov in procesov

Klimatska komora je zasnovana za natančne študije materialov, naprav in sistemov pri različnih temperaturnih in vlažnostnih pogojih. Uporablja se za raz-



Slika 3 : Delovna postaja za obdelavo steklenih optičnih komponent (Foto: arhiv UL FS)

iskave in razvoj na področju upravljanja toplote, kar vključuje testiranje v realnih delovnih pogojih.

Klimatska komora se ponaša z naslednjimi karakteristikami:

- ▶ **Širok spekter temperaturnih in vlažnostnih režimov:** Sistem omogoča simulacijo ekstremnih pogojev za oceno delovanja materialov in naprav.
- ▶ **Napredna merilna oprema:** Komora je opremljena s senzorji za natančno spremljanje sprememb v toplotnih lastnostih materialov.
- ▶ **Možnost dolgoročnega testiranja:** Namenjena je oceni zanesljivosti in trajnosti materialov in sistemov v zahtevnih pogojih.

Ta oprema je nepogrešljiva za razvoj naprednih tehnologij, kot so prenosniki toplote, energetske učinkovite rešitve in visokozmogljive naprave za upravljanje toplote.

Delovna postaja za obdelavo steklenih optičnih komponent

Delovna postaja omogoča natančno procesiranje optičnih vlaken in kompatibilnih steklenih komponent, vključno z natančnim časovnim in prostor-

skim nadzorom nad procesom in sprotno evalvacijo rezultatov. Raziskovalna oprema za spajanje vlaken na osnovi CO₂ laserja, ki omogoča nadzor nad položajem in velikostjo ogrevalnega območja, odpira nove možnosti pri spajanju različnih tipov vlaken na optične elemente različnih velikosti in oblik. Nova raziskovalna oprema tako omogoča:

- ▶ Zaključevanje votlih vlaken in vlaken z velikim premerom sredice.
- ▶ Spajanje več optičnih vlaken v matrični postavitvi.
- ▶ Spajanje in formiranje različne optike neposredno na koncu optičnega vlakna.

Za vsa dodatna vprašanja v zvezi z opremo ter možnostmi sodelovanja se lahko obrnete na rr@fs.uni-lj.si.



INNO2MARE – PILOT PROJECTS TO STRENGTHEN THE CAPACITY AND SCIENTIFIC EXCELLENCE OF SLOVENIAN AND CROATIAN INNOVATION ECOSYSTEMS

Petra Pintar, Marko Šimic, Niko Herakovič

Abstract:

The INNO2MARE project aims to enhance maritime innovation ecosystems and bridge knowledge gaps through three pilot projects: (1) a VR model for fire evacuation in a ship's engine room, (2) a digital twin with AI for energy management, and (3) AI-supported autonomous vessel navigation. Pilot Project 1, led by the Faculty of Maritime Studies in Rijeka (PFRI), focuses on developing a VR fire evacuation model to improve maritime safety training. Pilot Project 2, involving ISKRA, DIGITEH, and the University of Ljubljana (UL), targets AI-driven digital twins for efficient energy use in maritime operations. Pilot Project 3, led by the University of Rijeka (UNIRI/FIDIT), explores AI techniques for autonomous navigation and sea condition assessment. Slovenian and Croatian ecosystems will benefit from Flemish expertise, fostering innovation and collaboration in the Adriatic maritime industry.

Keywords:

INNO2MARE, Excellence hub, maritime, Innovation, AR/VR, digital twins, autonomous shipping, AI, machine learning.

The LASIM laboratory at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana, is coordinator of the INNO2MARE project, which aims to strengthen the capacities for excellence in the innovation ecosystem of Western Slovenia and the Adriatic Croatia through a set of jointly designed and implemented actions that will support the digital and green transition of the maritime and related industries. The project is being carried out in collaboration with the University of Rijeka, the University of Antwerp, and 16 partners from Slovenia, Croatia, and Belgium, covering all four key stakeholders: academia or science, industry, governmental, and non-governmental organizations.

The main part of the project is related to three pilot projects that address some of the challenges related to advanced approaches to education and training in a virtual environment, maritime safety for vessel autonomy with the support of artificial intelligence

and the efficiency of the use and management of alternative energy sources for production systems and processes with the support of digital twins.

The goal of the INNO2MARE project is to develop a joint research and innovation strategy to strengthen the excellence of maritime innovation ecosystems and contribute to the knowledge gap in the field of maritime research and innovation by co-designing and jointly implementing three pilot projects: (1) Improved fire evacuation VR model of a ship engine room, (2) Digital twin with artificial intelligence (AI) for sustainable and efficient energy management for production needs and (3) Technologies for autonomously guided vessels supported by artificial intelligence (AI).

Pilot Project 1, spearheaded by the Maritime Faculty of Rijeka (PFRI), seeks to refine the VR model of a ship's engine room for fire evacuation, thereby enhancing fire safety in maritime operations and advancing the digital transformation of Maritime Education and Training (MET). This initiative will facilitate training in both on-site and online settings, providing a more immersive and secure environment for shipboard firefighting personnel.

Petra Pintar, univ. dipl. org., **doc. dr. Marko Šimic**, univ. dipl. inž., **prof. dr. Niko Herakovič**, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

By leveraging cutting-edge Virtual Reality (VR) technology, the project aims to develop a highly realistic model for fire evacuation within a ship's engine room, creating an enriched and safer virtual training environment, as depicted in Figure 1.

The project addresses the application of virtual reality (VR) for the development of a safer working environment, with an enhanced VR model for fire evacuation within a ship's engine room. This model focuses on simulating the spread of fire in the engine room, as illustrated in Figure 1.



Figure 1 : VR-model of fire spreading in a ship engine room.

The proposed model is grounded in evidence-based research, whereby the fire spread is initially modelled using computational fluid dynamics (CFD). The results obtained from this modelling are then integrated into the virtual reality environment (VR). The insights gained from this endeavour have the potential to contribute to the establishment of an improved VR environment, enhancing Maritime Education and Training (MET), as well as safety and protection within the maritime industry through the utilization of digital technologies. Furthermore, the comparison of these results with the baseline VR model holds significant promise for future research and innovation.

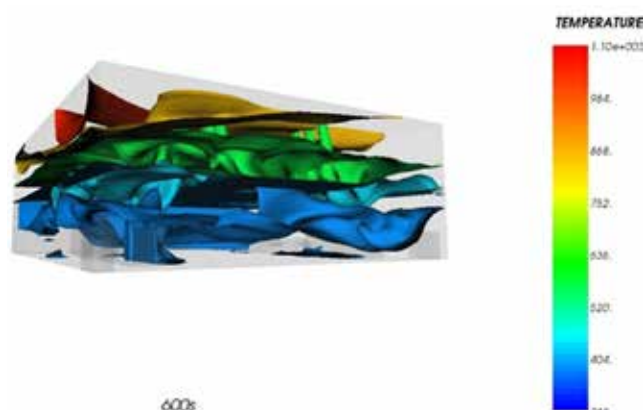


Figure 2 : CFD model of fire spreading.

The results of the research will support the existing solution and address gaps in current studies, as a foundational VR model of a ship's engine room and a CFD model of fire spread will be developed (as illustrated in Figure 2). Additionally, an enhanced, fully functional, and tested VR simulator for fire evacuation will be created, aiming to provide a practical VR model for fire spread within the ship's engine room. The project is planned to reach a technology readiness level (TRL) of 4/5, indicating that the technology will be developed and tested first in a laboratory setting and subsequently in a real-world environment.

The aim of **Pilot Project 2** is to design and implement solutions for digital twins, enhanced by artificial intelligence. These solutions will enable the effective and secure management of energy generated from solar power plants and other alternative sources, as well as energy sourced from the electrical grid, thereby addressing production requirements in contexts such as shipyards and port logistics.

The list of suitable parameters for the self-building Digital twin concept was developed during workshops held between ISKRA d. o. o. and DIGITEH d. o. o., where decisions were made regarding the energy producers and co-users, as well as the types of energy that are either generated or consumed. Figure 3 illustrates the three main pillars of input parameters for the Digital twin.

The simulation model was developed based on real production data provided by ISKRA d. o. o. This model is self-building and adaptable, allowing for the analysis of energy consumption and energy spikes (periods of increased and decreased energy usage). By utilizing the collected data on electricity consumption and production, as well as work orders within the same timeframe, an initial overview of energy consumption in relation to production was achieved.

Currently, activities are underway to develop predictive AI algorithms for energy consumption analysis, establish energy management algorithms, implement a bidirectional link between real production and the digital twin, as well as test and validate the foundational algorithms that have already been developed.

The objective of the INNO2MARE project, along with Pilot Project 2, is to advance collaboration between the scientific community and emerging industrial partners within the maritime sector. Additionally, it seeks to facilitate the development and transfer of innovative technologies and processes into industrial settings. This approach enables us to identify and address new challenges while enhancing the efficiency and sustainability of the maritime industry and logistics.

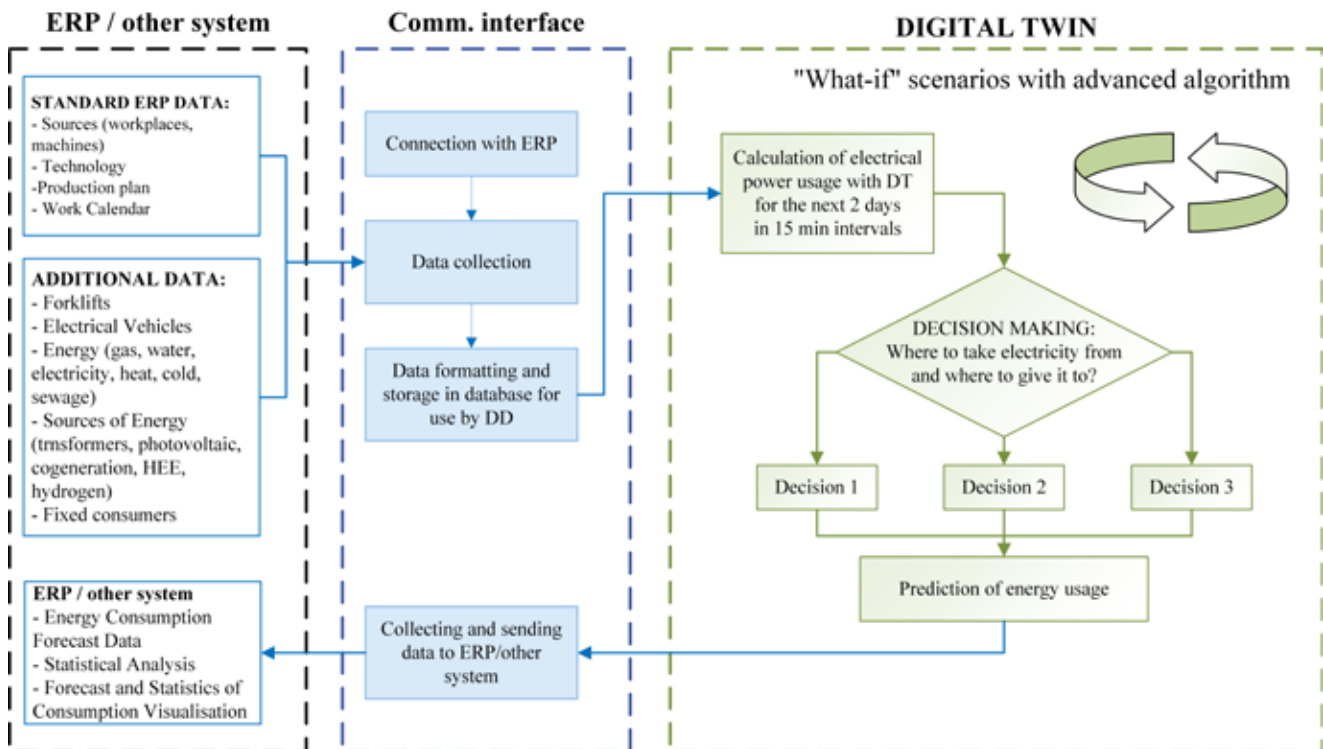


Figure 3 : Block diagram of working Digital Twin concept.

Pilot project 3, implemented by the Faculty of Mechanical Engineering from Rijeka (RITEH) and the Faculty of Informatics and Digital Technologies of the University of Rijeka (FIDIT), is studying the use of technologies and the development of methods for the autonomous management of vessels with the support of artificial intelligence (AI). The research work includes the architecture of a model for the automatic detection of small objects on the sea and ocean, as well as the state of the sea in relation to the height of the waves. An accurate assessment and forecast of the state of the sea makes it possible to avoid areas with bad weather conditions, which is important for the safety of navigation and the energy efficiency of maritime transport, as well as the reduction of energy consumption for navigation.

The Faculty of Mechanical Engineering from Rijeka (RITEH) and the Faculty of Informatics and Digital Technologies of the University of Rijeka (FIDIT) are mainly focused on the use of computer vision and deep learning methods on the basis of which they try to recognize complex patterns in images and video recorded with a stationary camera from the left bridge wing of the vessel afforded a panoramic view of the sea and included segments of the ship, the wake, and the distant horizon. The collected images are used to train deep neural network models, to interpret the image and automatically recognize the state of the sea in real time according to the Beaufort scale. The same method is used to detect smaller objects at sea, such as buoys, jet skis and other small vessels. The obtained results demonstrate the exceptional utility of the approach,

which can be integrated and supplemented with traditional methods and improve the safety and efficiency of all maritime operations.

Figure 4 illustrates an example of a locally selected image, along with its size and location within the dataset – SeaState-LL (highlighted by the yellow box labelled A). The green boxes labelled B represent some possible locations of objects included in the dataset – SeaState-R, indicating an adaptation of input data and model settings to achieve improved results in recognizing sea state assessments. Given the challenges of obtaining the necessary number of recorded images across different conditions in reality, synthetic images are created for model training, which can simulate various sea surface states and different camera attachment scenarios.

The second approach uses raw time-series data of the ship's pitch as input for the AT-NN (Attention-based Neural Network) to assess sea conditions. These methods allow for the adjustment of input data and model settings to achieve better results in sea state assessment recognition.

The results of this research play a significant role in the development of autonomous vessels (DSS – Dynamic Shipping Services). A fully autonomous vessel, whose system makes decisions independently based on acquired information, without a human crew, must be equipped with the most advanced sensors and developed methods. With the aid of a computer vision model for detecting small

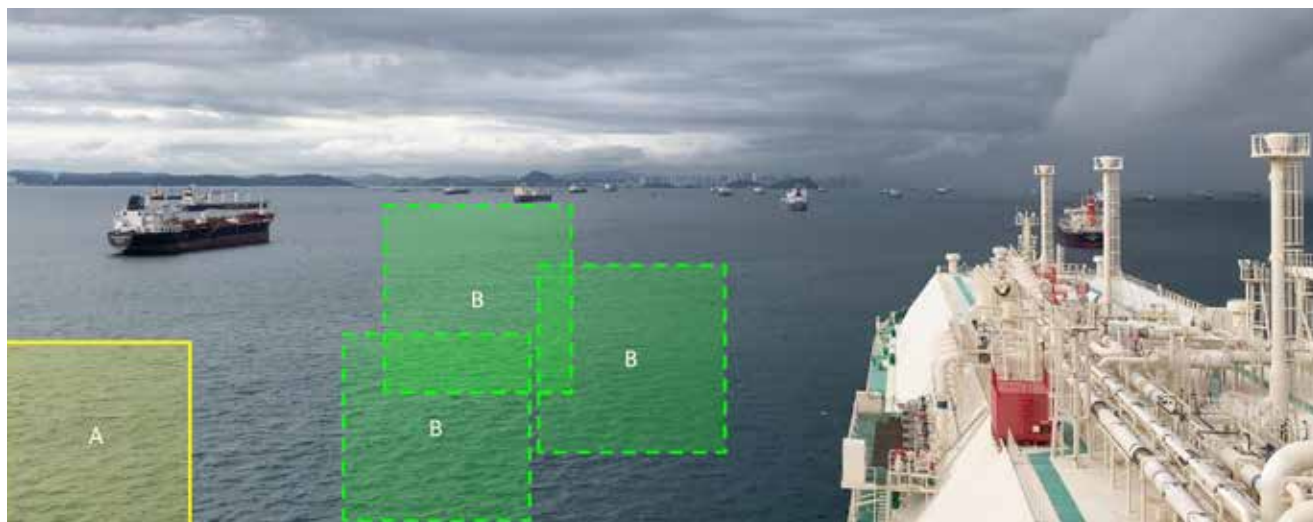


Figure 4 : Dataset: SeaState-LL (yellow box labelled A), and the green boxes labelled B represent some possible object locations – SeaState-R (green box).

objects and describing sea conditions, along with developed measurement techniques, it will be possible to ensure smooth and safe navigation in real time, even under adverse weather conditions.

Slovenian and Croatian innovation ecosystems will greatly benefit from the exchange of best practices from the Flemish ecosystem, one of the most developed maritime innovation ecosystems in the world. INNO2MARE will contribute to reducing the innovation gap in Europe in the maritime sector by

systematically connecting innovation actors within and between ecosystems and creating synergies in the planning and implementation of investments in research and innovation, thereby fostering the development of a true innovation culture.



<https://www.inno2mare.eu>

INNO2MARE – Pilotni projekti za krepitev zmogljivosti in znanstvene odličnosti slovenskih in hrvaških inovacijskih ekosistemov

Razširjeni povzetek:

Cilj projekta INNO2MARE je oblikovati skupno strategijo raziskav in inovacij za krepitev odličnosti pomorskih inovacijskih ekosistemov in zmanjšanje vrzeli v znanju na področju pomorskih raziskav z izvajanjem treh pilotnih projektov: (1) izboljšan VR model evakuacije iz strojnice ladje, (2) digitalni dvojček z AI za učinkovito upravljanje energije in (3) tehnologije za avtonomno vodenje plovil s podporo AI. V sklopu pilotnega projekta 1, ki ga vodi Pomorska fakulteta v Reki (PFRI) se razvija izboljšan VR model ladijske strojnice za evakuacijo ob požaru, kar bo povečalo varnost v pomorstvu in podprlo digitalno preobrazbo pomorskega izobraževanja in usposabljanja. VR model in uporabljena tehnologija omogočata realističen prikaz širjenja požara in bo namenjen kot demonstrator in okolje za usposabljanje ljudi pri evakuaciji iz zaprtih prostorov. Pilotni projekt 2, katerega glavni partnerji so ISKRA, DIGITEH, Univerza v Ljubljani s podporo Belgijskih partnerjev, razvija rešitve za digitalne dvojčke podprte z umetno inteligenco za učinkovito upravljanje in rabo energije kot so sončna energija in električna omrežna energija v proizvodnih procesih in logistiki v pomorstvu. V Pilotni projekt 3 so vključeni Fakulteta za strojništvo (RITEH) in Fakulteta za informatiko in digitalne tehnologije (FIDIT) Univerze v Reki. Raziskuje pristope kot so računalniški vid, metode globokega učenja v kombinaciji z drugimi pristopi umetne inteligence, za avtonomno vodenje plovil, prepoznavanje majhnih objektov na morju in oceno stanja morja glede na višino valov.

Slovenski in hrvaški inovacijski ekosistemi bodo pridobili z najboljšimi praksami flamskega ekosistema, enega najrazvitejših na svetu. INNO2MARE bo zmanjšal inovacijsko vrzel v evropskem pomorstvu s povezovanjem akterjev inovacij ter sinergijami pri naložbah v raziskave in inovacije, s čimer bo spodbujal inovacijsko kulturo.

Ključne besede:

INNO2MARE, vozlišče odličnosti, pomorstvo, inovacije, AR/VR, digitalni dvojčki, avtonomna plovba, umetna inteligenca, strojno učenje.

NBIC-TEHNOLOGIJE IN IZJEMNI IZZIVI BIONIKE

Janez Škrlec

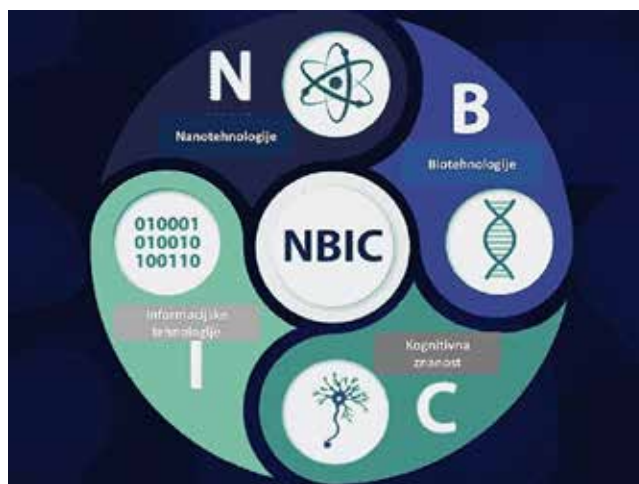
Danes je najhitrejši znanstveni in tehnološki razvoj značilen za področja nanosistemov in materialov v industriji, informacijskih in komunikacijskih sistemih, pa tudi na področjih, ki imajo neposreden vpliv na človeka, okolje, energetiko, urbanizacijo in industrijsko infrastrukturo.

Povečuje se želja po zamenjavi človeka s stroji in roboti. Prepoznava se ogromen potencial na področju bionike, povezan z zdravstvom, medicino, industrijo in drugimi področji. Pospešuje se razvoj na področju nove vede – sintezne biologije. Potekajo procesi intenzivnega generiranja znanja in pospešeni prehodi rezultatov raziskav specifičnih proizvodnih tehnologij. Ta proces je po eni strani bistveno nov format za razvoj in tehnološko prestrukturiranje svetovnega gospodarstva. Po drugi strani pa nastaja nova platforma za interakcijo med človekom in okoljem, oblikovana tako, da bodo tako pozitivni kot negativni vplivi na okolje. Ustvarja se močan vstop NBIC-konvergence v ospredje tehnološkega razvoja, ki pa zahteva povsem novo paradigmo trajnostnega razvoja. Frost & Sullivan se zaveda tega imperativa in izdaja »Top 50 prelomnih tehnologij« ter analizo, zasnovano za spodbujanje globalnih priložnosti za pospešeno rast. Njihova raziskava deluje kot navigacijsko orodje, ki se osredotoča na pomen načrtovanja uporabe tehnologij ter razumevanje možnega vpliva tehnologije na vrsto dejavnikov.

NBIC-konvergenca je lahko tudi paradigmska platforma za trajnostni razvoj

Razvoj znanosti in tehnologije v 21. stoletju bo brez dvoma tesno povezan s tehnologijami NBIC in DARQ, prav tako z omogočitvenimi tehnologijami (ang. enabling technologies). Vprašanja, ki danes že opredeljujejo prihodnost naprednih okoljskih tehnologij, postajajo fenomen tehnološke konvergence NBIC. Pri NBIC gre za konvergenco nano-, bio-, informacijskih in kognitivnih tehnologij.

Posledica NBIC-konvergence je lahko preobrazba za človeštvo, lahko pomeni velik globalni napredek, ki ga je mogoče povezati v trden nabor tehnologij in v vzpostavitev enotnih standardov za



Infografika NBIC – Avtor: Janez Škrlec

socialno blaginjo in okolje. Eden od ključnih trendov v razvoju tehnoznanosti je vsekakor povezan s konvergenčnimi projekti NBIC, ki ustvarjajo ne le sredstva za preobrazbo družbe in človeka, temveč povečujejo tveganja, ki zahtevajo celostne pristope. Energetska industrija bo v naslednjem desetletju doživela visoko stopnjo preobrazbe predvsem zaradi »tehnološkega zblíževanja«. Tehnološka konvergenca združuje ločene tehnologije, ustvarja učinkovitost, odpira nove trge in znižuje stroške. Tehnološka konvergenca energetske industrije bo na primer sestavljena iz tehnologij porazdeljenih virov energije, interneta stvari IoT, zmanjšanja stroškov tehnologije, tehnologije veriženja blokov in drugega. Danes v svetu tudi disruptivne tehnologije oblikujejo dejavnike družbenega razvoja in ustvarjajo pogoje za človekov obstoj in naravno okolje. Razvoj avtomatizacije in robotike, digitalne transformacije, biotehnologije, bionike in kognitivne znanosti ustvarja novo energetska varnost za države, družbene subjekte in naravno okolje. Tehnologije za proizvodnjo, predelavo in distribucijo energije ustvarjajo skoraj neomejeno perspektivo rekonfiguracije obstoječih oblik življenja in njihove varnosti.

Janez Škrlec, inž., Uredništvo revije Ventil, UL, FS



Projekt - Hybrid Neuro na MOS-u (Foto: Ekipa stičišča znanosti in gospodarstva)

Kakšne izzive nam prinaša izjemen razvoj bionike?

Bionika kot interdisciplinarno področje združuje inženirstvo in znanost o življenju. Med izstopajoče razvojne trende se štejejo različni bionski koncepti, ki vključujejo razvoj humanoidnih robotov, bionskih humanoidov, mehke robotike, kooperativnih robotov (kobotov), eksoskeletov, pametne protetike, vsadkov in drugega. Na področju razvoja bioničnih robotov je danes med vodilnimi v svetu podjetje Festo. Njegovi inženirji verjamejo, da lahko s proučevanjem narave in naravnih sistemov vedenja, gibanja in komunikacijskih tehnik sesalcev, žuželk in plazilcev zgradijo pametne tovarne z napredno avtomatizacijo, torej tovarne prihodnosti. Uvedba avtomatizacije in robotov v industrijo je ljudem pomagala, da so se osredotočili na dela, ki zahtevajo odločanje, reševanje problemov, intuicijo, prepriče-

vanje ali kognitivne sposobnosti. V Avstraliji so pred leti ustanovili organizacijo HBI, ki izjemno uspešno globalno deluje na področju človeške bionike. HBI je ustvaril edinstveno pobudo za znanstvenike, raziskovalce, vlagatelje, raziskovalce in grozde bionike po vsem svetu za navzkrižno izmenjavo idej in inovacij, gradnjo partnerstev in odkrivanje novih virov financiranja za hitro integracijo ter prenos bionskih tehnologij v prakso. Pri nas v Sloveniji so razvojni trendi na področju bionike šele v povojih, razen v posameznih primerih, kjer se vključujemo v mednarodne projekte ali samostojno ustvarjamo inovacije. Eden bolj izstopajočih mednarodnih projektov je Hibrid Nevro, ki ga vodi FERI Univerze v Mariboru pod vodstvom prof. dr. Aleš Holobarja skupaj s partnerji. Ta projekt je bil skupaj s projektom bionske glave (bionic head) kot tehnološke platforme predstavljen letos na MOS 2024 v okviru projekta MVZI Stičišča znanosti in gospodarstva.

REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
VENTIL


strojnistvo.com
križišče strojnikov

REKONSTRUKCIJA DVOSTOPENJSKEGA HIDRAVLICNEGA VARNOSTNEGA VENTILA

Jan Pugelj, Ana Trajkovski, Janez Urevc, Franc Majdič

Izvleček:

Okoljska politika gre v zadnjih časih v smeri trajnostnega razvoja na vseh področjih. Tako se tudi v hidravliki poskušajo najti trajnostne rešitve. Ena izmed teh rešitev je uporaba vode namesto hidravličnega olja v hidravliki (pogonsko-krmilni hidravliki – PKH). Ker pa je uporaba vode v vodni hidravliki (vodni PKH) širši javnosti zelo slabo poznana in je na trgu zelo malo komponent za uspešno aplikativno uporabo vode v vodni (PKH) hidravliki, smo v ta namen rekonstruirali neustrezno delujoči dvostopenjski varnostni ventil. Članek obravnava razvoj, izdelavo, numerični preračun in testiranje dvostopenjskega varnostnega ventila, namenjenega tlakom do 300 bar in pretokom do 28 l/min za področje vodne PKH.

Ključne besede:

dvostopenjski varnostni ventil, vodna hidravlika (PKH), testiranje, razvoj

1 Uvod

Ob vse večjem številu naravnih katastrof in sedanji okoljski politiki se razvoj na vseh področjih tehnike usmerja v izdelavo trajnejših rešitev. Prav tako se to dogaja tudi na področju hidravlike, kjer se želi najti zamenjava za doslej uporabljano mineralno olje. Ena izmed dobrih rešitev je seveda voda, ki ima za okolje veliko dobrih lastnosti, vendar za ustrezno delovanje vodne hidravlike na trgu primanjkuje komponent. V ta namen smo se odločili razviti dvostopenjski varnostni ventil za tlake do 300 bar in pretoke do 30 l/min. V nadaljevanju zato sledijo pregled prednosti in slabosti vode, pregled trga in člankov, razčlenitev težav dosedanjega ventila, rekonstrukcija, numerični preračun, izdelava in preizkusi novo razvitega ventila. Tlačni ventili (varnostni ventili so pomembna zvrst tlačnih ventilov) so zelo pomembna vrsta komponent v PKH, zato smo se posvetili tovrstnim komponentam.

Mednje spada predvsem okoljska varnost, saj v primeru izlitja ne pride do ekoloških katastrof. Poleg tega je voda skorajda povsod po svetu dostopna, nevnetljiva in cenejša od dandanes uporabljenih kapljev. Kot vsaka stvar pa tudi voda nima samo dobrih lastnosti. Med njene slabe lastnosti štejemo nizko viskoznost, ki nam prinaša večje puščanje, zaradi česar pri komponentah potrebujemo dobro tesnjenje in veliko dimenzijsko točnost. Prav tako se med njene slabe lastnosti šteje vpliv na nastanek korozije, zaradi česar je treba njene komponente izdelati iz materialov, ki ne rjavijo, ti pa so običajno dražji. Še ena izmed slabših lastnosti je temperatura zmrzovanja, ki je ob neuporabi aditivov definirana pri 0 °C. Ta lastnost nam preprečuje, da bi vodo uporabljali v mobilnih strojih, ki so izpostavljeni najrazličnejšim pogojem oziroma zunanjim temperaturam pod lediščem. Na osnovi vseh opisanih lastnosti tako vidimo, da se komponent, razvitih za oljno hidravliko, ne da uporabiti za vodno hidravliko in je zato treba vse komponente razviti na novo [1], [2].

2 Teoretične osnove

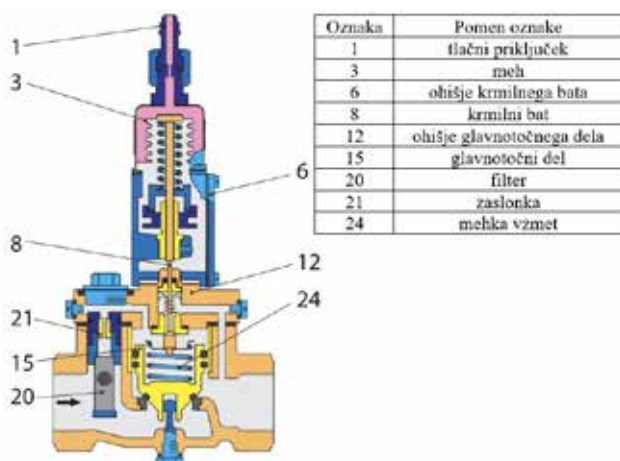
2.1 Prednosti in slabosti vode

Kot nadomestni medij se je voda v vodni hidravliki začela uporabljati zaradi njenih številnih prednosti.

Jan Pugelj, dipl. inž., dr. Ana Trajkovski, univ. dipl. inž., doc. dr. Janez Urevc, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

2.2 Pregled dosedanje tehnike in člankov

Na področju dvostopenjskih varnostnih ventilov za vodo (vodna PKH), ki spadajo pod omejitveni tip ventilov, na trgu obstaja malo rešitev, še te pa so namenjene manjšim pretokom ali tlakom ali obojema veličinama istočasno. Eno izmed rešitev ponuja podjetje Danfoss (*slika 1*). Ta je namenjena tlakom do 45 bar in pretokom do 125 l/min. Deluje na način meha, na katerega pripeljemo tlak iz sistema. Ko je dosežen tlak nastavitve, ta premakne krmilni bat.



Slika 1 : Ventil WVS 32 (138 mm x 85 mm x 285 mm) [3]

Zaradi zaslonke to povzroči padec tlaka za glavnim batom in posledično odprtje glavnotočnega dela ventila. Posebnost tega ventila je vodenje in dušenje glavnega bata [3].

Znanstveni članki na področju vode se ukvarjajo predvsem z zmanjšanjem dinamičnega delovanja varnostnih ventilov za vodo. Eden izmed njih [4] predlaga rešitev, prikazano na *sliki 2*. Ta deluje tako, da ob odprtju ventila voda nemoteno polni dušilno komoro pri nizkih tlakih V primeru, ko pa se ventil želi zapreti, to opravi protipovratni ventil. Zaradi tega se iztok iz dušilne komore zmanjša, kar povzroči povišanje tlaka in počasno zapiranje ventila. Ta rešitev je bila tudi preizkušena in je izkazovala dober način za zmanjšanje tlačnih nihanj [4].

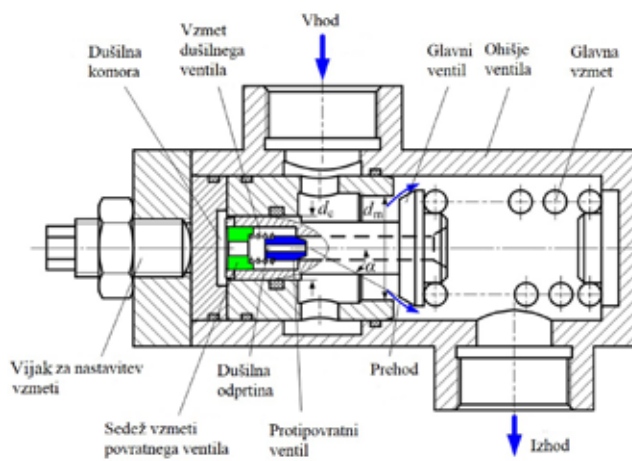
3 Eksperimentalni del

3.1 Dosedanja rešitev

V okviru magistrskega dela [5] je bil v Laboratoriju za fluidno tehniko Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani že razvit dvostopenjski varnostni ventil za vodo (*slika 3*), ki pa je ob testiranjih izkazoval preveliko puščanje glavnega ohišja. To je nastalo zaradi termičnih raztezkov pri varjenju priključka na ventil, ki zato ni deloval. Kasneje se je v okviru diplomskega dela [6] spremenila zasnova ohišja (*slika 3*) in dodatno izvedlo še nekaj sprememb, da se je ta ventil lahko preizkusil. Pri preizkusih so prišli do ugotovitve, da je tudi puščanje skozi krmilni del preveliko in da se krmilni bat ventila nekontrolirano giblje. Tako tudi ta sprememba ni prispevala k izboljšanju delujočega ventila (ta je deloval le do tlaka 150 bar z velikim puščanjem).

3.2 Razvoj nove rešitve

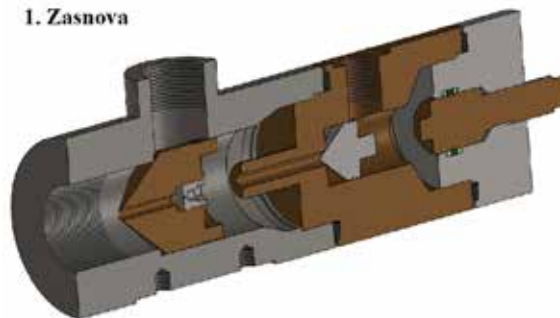
Po pregledu prejšnjih zasnov in njihovih težav smo se lotili izdelave nove zasnove ventila. Po izdelavi nekaj konceptov smo tako prišli do zasnove dvo-



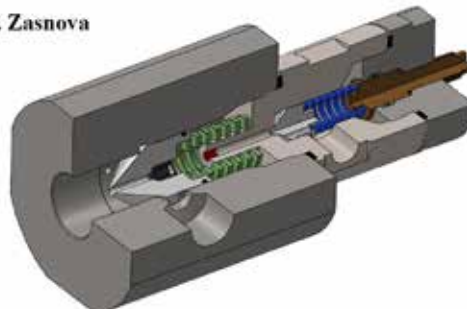
Slika 2 : Rešitev za zmanjšanje tlačnih nihanj [4]

stopenjskega varnostnega ventila (*slika 4*), ki ga sestavlja 22 različnih sestavnih delov, od katerih je 15 delov standardnih. Glavne razlike od prejšnjih zasnov so predvsem te, da imamo za razliko od druge zasnove ohišja [6] povečano odprtino za izhod, saj sumimo, da ob zmanjšani odprtini pri maksimalnem pretoku lahko pride do zvišanja tlaka pred glavnim batom. To vpliva na delovanje ventila. Poleg tega smo luknjo na krmilnem ohišju premaknili bolj proti tesnilnemu robu in s tem izboljšali vodenje krmilnega bata. Dodatno smo dodali dušilni oziroma vodilni element na krmilni bat, kar zmanjša nihanje krmilnega bata. Dodali smo še dodatno merilno mesto in naredili spremembo na glavnem batu, in sicer smo mu povečali površino za vodenje. Poleg tega smo izdelali še dodatne sestavne dele in izboljšave za boljše delovanje ventila.

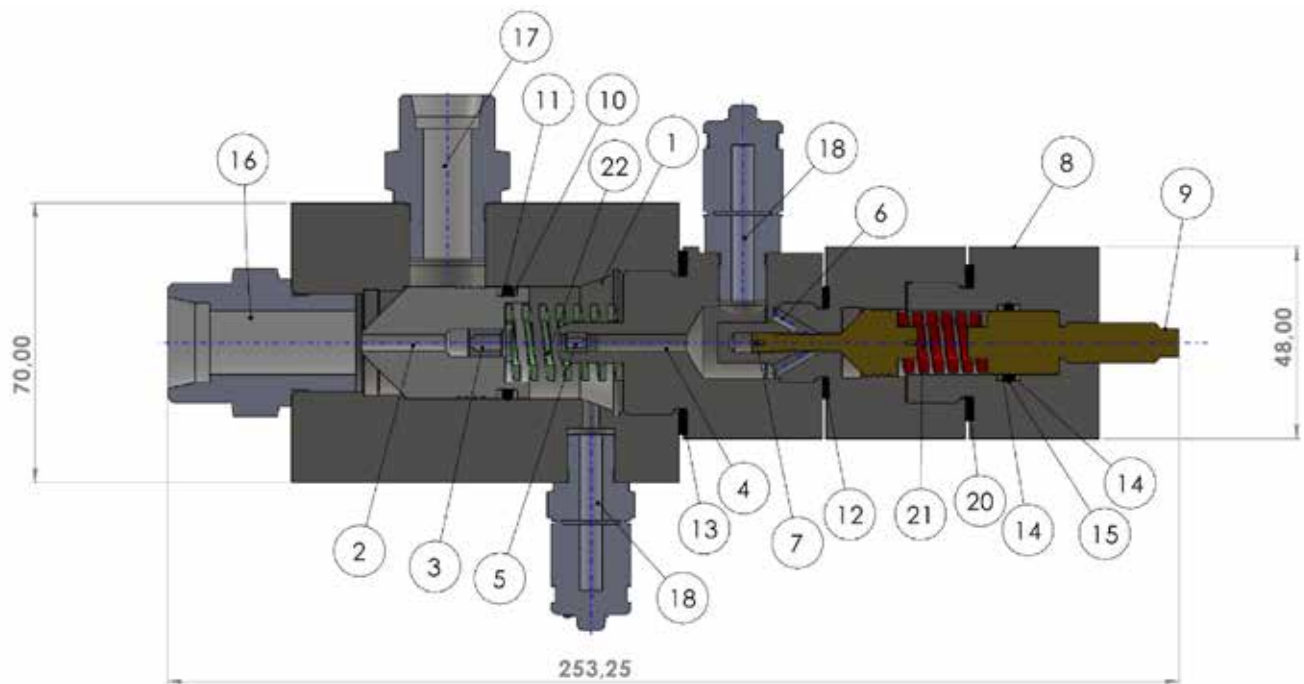
1. Zasnova



2. Zasnova

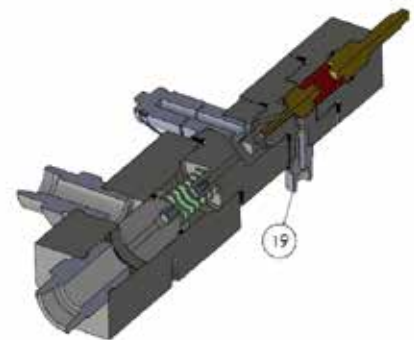


Slika 3 : Dosedanje rešitve: 1. Zasnova – magistrsko delo, 2. Zasnova – diplomsko delo [5], [6]



Legenda:

- | | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Glavno ohišje | 8. Pokrovček | 17. Prikluček G1/2 |
| 2. Glavnotočni bat | 9. Nastavitveni vijak | 18. Merilni priključek G1/4 |
| 3. Zaslonka M8 | 10. O-tesnilo | 19. Prikluček G1/8 |
| 4. Povezava med glavnim in krmilnim ohišjem | 11. Podporni obroč | 20. USIT tesnilni obroč |
| 5. Zaslonka M5 | 12. USIT tesnilni obroč | 21. Krmilna vzmet |
| 6. Krmilno ohišje | 13. USIT tesnilni obroč | 22. Glavna vzmet |
| 7. Krmilni bat | 14. Podporni obroč | |
| | 15. O-tesnilo | |
| | 16. Prikluček G3/4 | |



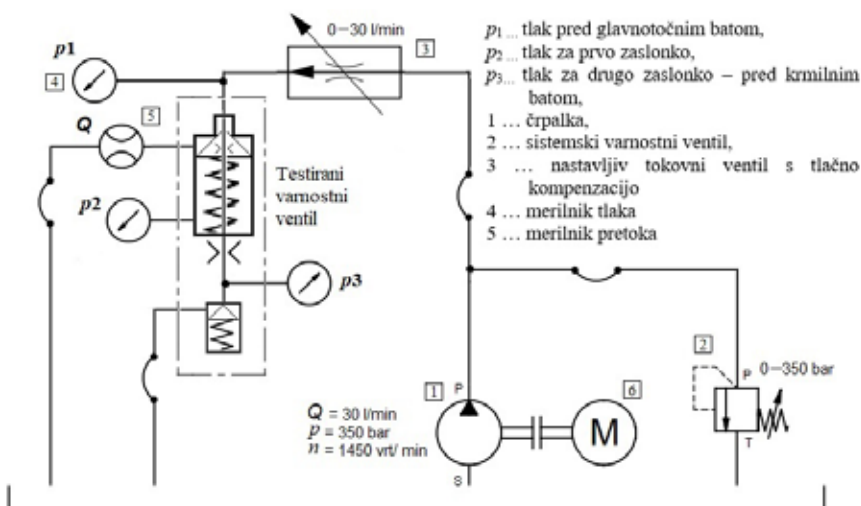
Slika 4 : Izbrana končna rešitev dvostopenjskega vodnega varnostnega ventila [7]

3.3 Preizkuševališče

Za testiranje novega dvostopenjskega varnostnega ventila smo

pripravili vodno hidravlično preizkuševališče. Najprej smo zasnovali hidravlično shemo preizkuševališča (slika 5), ki jo sestavljajo

črpalka, elektromotor, sistemski varnostni ventil, nastavljiva dušilka, testirani varnostni ventil in merilniki. Pri preizkusih smo merili več različnih tlakov: tlak pred glavnotočnim batom p_1 , tlak za prvo zaslonko p_2 , tlak za drugo zaslonko p_3 ter pretok na iztoku iz glavnotočne veje Q. Ker gre za preskuševališče s področja vodne PKH nismo mogli uporabiti številnih komponent s področja oljne hidravlike, pač pa smo uporabili komponente, ki so bile razvite ali uporabljene v preteklih raziskavah, opravljenih na področju vodne PKH v našem laboratoriju.



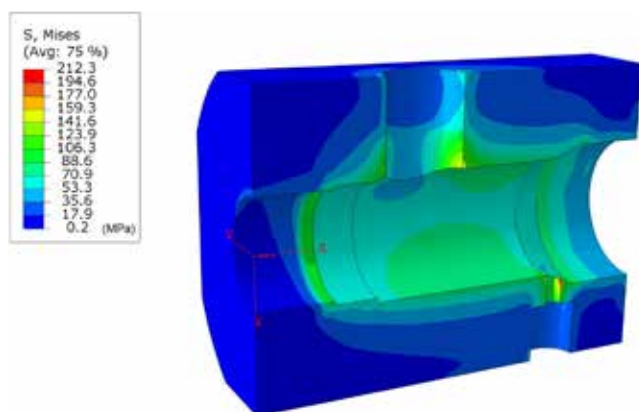
Slika 5 : Shema vodnega hidravličnega preizkuševališča [7]

4 Rezultati

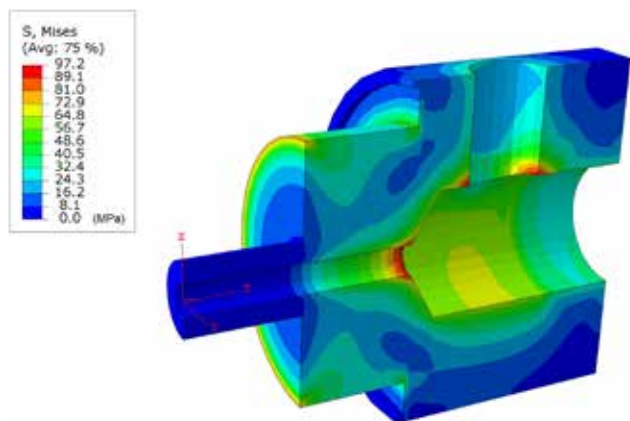
4.1 Rezultati MKE-analize

Pred izdelavo izboljšanega prototipa ventila smo naredili še

numerično analizo s pomočjo metode končnih elementov v programu Abaqus. To smo opravili na dveh sestavnih delih: na povezavi in na velikem ohišju. Ta dva dela sta najbolj obremenjena, zato lahko zaključimo, da če vzdržita obremenitve ta dva, bodo vzdržali vsi izmed njih. Na glavnem ohišju smo naredili dva preračuna: enega v primeru odprtega in enega v primeru zaprtega ventila. Pri izračunu smo ugotovili, da sta največji Misesovi napetosti v obeh primerih na istem mestu in da je v primeru odprtega ventila pri ohišju (slika 6) ta nekoliko večja (210 MPa). Pri preračunu povezave (slika 7) pa smo ugotovili, da so največje napetosti bistveno manjše (100 MPa) in da se pojavijo na prehodu premerov ter na robu priključka. Uporabljeni material za oba sestavna dela je bil nerjavno jeklo 1.4305. Po pregledu rezultatov lahko zaključimo, da povezava vzdrži predvidene obremenitve, v ohišju pa so napetosti na vogalu sicer dokaj blizu Rp02 materiala, vendar v realnem primeru nimamo ostrih robov. Tudi če pride do plastične deformacije, to ne vpliva na delovanje ventila, saj je Rm tudi dokaj visok za ta material. Prav tako so pomiki pri obeh delih zelo majhni, na razpolago imamo namreč veliko materiala.



Slika 6 : Rezultati MKE-analize ohišja v primeru odprtja ventila [7] ($\Phi 70 \text{ mm} \times 97 \text{ mm}$)



Slika 7 : Rezultati MKE-analize povezave [7] ($\Phi 50 \text{ mm} \times 66 \text{ mm}$)

4.2 Izdelava ventila

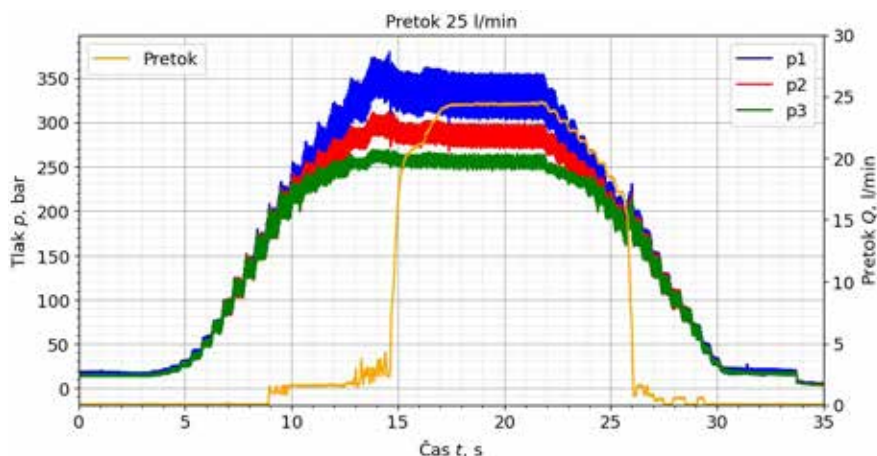
Po izdelavi numerične analize je sledila izdelava ventila (slika 8). Skoraj vse elemente ventila smo izdelali le s pomočjo klasičnih postopkov, saj smo želeli dokazati, da je ventil možno izdelati dovolj natančno in z majhnim puščanjem brez dodatnih obdelav. Le glavnotočni bat in krmilni bat smo izdelali s pomočjo CNC-stroja, saj smo ju izdelali v več variantah in iz različnih materialov. Tako je bilo hitreje in ceneje. Izdelali pa smo dve verziji ohišij, in sicer smo po enega izmed vsakega dela ohišij poslali še na brušenje, če bi pri ohišjih s klasično obdelavo prišlo do prevelikega puščanja.



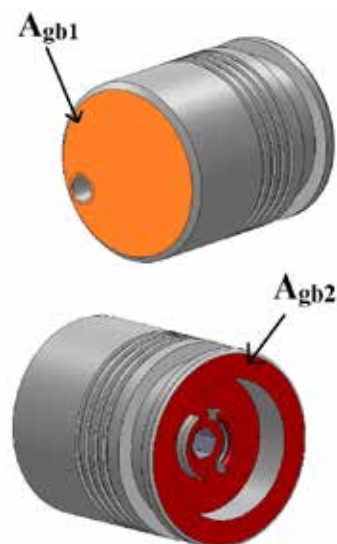
Slika 8 : Izdelava ventila [7]

4.3 Rezultati preizkusov

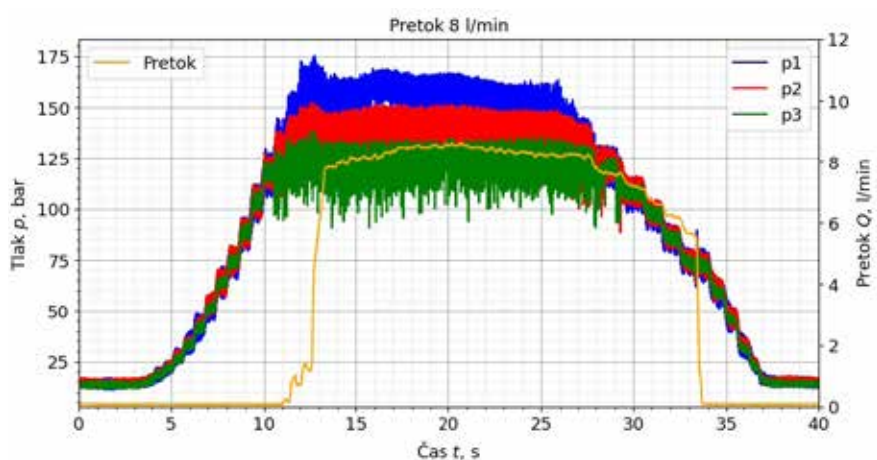
Po izdelavi ventila so sledili prvi preizkusi, ki so pokazali, da je delovanje ventila le delno ustrezno. Na sliki 9 lahko vidimo (iz krivulj poteka tlakov in pretokov), da se odprtje ventila zgodi ob pravem času in pri tlaku nastavitve varnostnega ventila, kar je ustrezno. Spreminjanje pretoka po času ponazarja rumena krivulja. Vidimo, da je ventil odprt in da je stabilen ter nima nihanj. Ko pa se tlak zmanjša, lahko opazimo, da pretok pada počasi do tlaka, ki je precej nižji od nastavljenega in šele potem (po približno 5 sekundah) sledi zaprtje ventila. Kot je bilo že prej rečeno, to ni sprejemljiva karakteristika varnostnega ventila, saj si pri varovanju sistema želimo, da se v njem vzdržuje tlak, ne da kapljevina uhaja skozi varnostni ventil.



Slika 9 : Prvi preizkusi in le delno pravilno delovanje ventila [7]



Slika 11: Razmerje površin na glavnem batu [7]

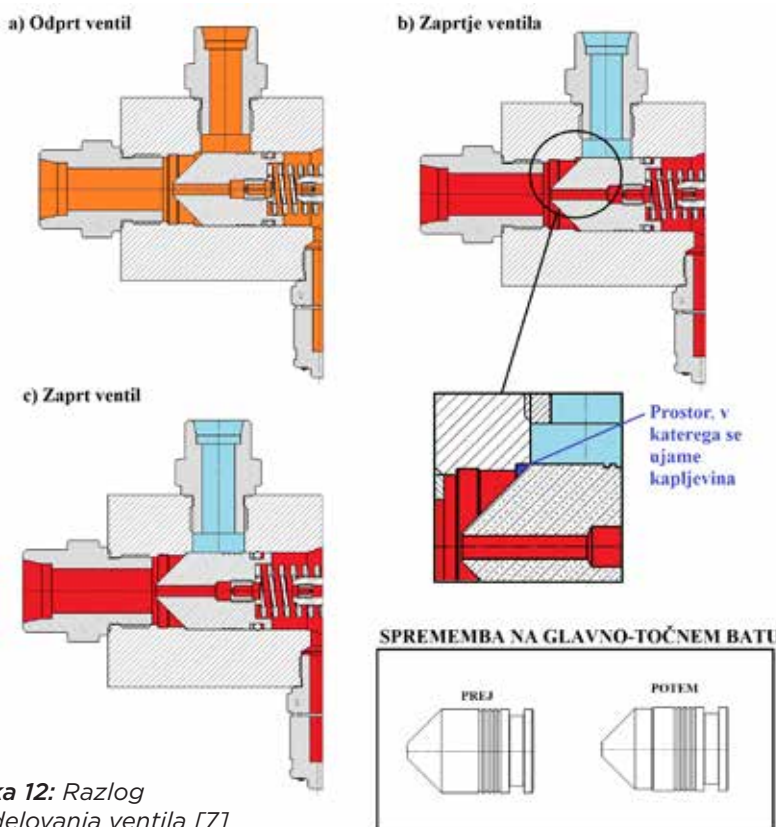


Slika 10 : Preizkus pri nižjem pretoku in neustrezno delovanje [7]

4.4 Razlogi za nepravilno delovanje ventila

Po prvih preizkusih smo želeli odkriti, v čem je težava, da se ventil ne zapira pravilno. Možnosti za neustrezno delovanje je več. Prva izmed njih je bila ta, da imamo ob odprtju ventila preveliko tokovno silo, ki onemogoča, da bi se ventil zaprl. Zato smo naredili še nekaj preizkusov pri nižjih pretokih (slika 10), ki so pokazali, da je tudi ob zmanjšani tokovni sili (zmanjšanem nastavitvenem tlaku) delovanje še vedno neustrezno, zato smo ta razlog ovrgli.

Naslednji možni razlog za nedelovanje je bil ta, da je bilo v ventilu premajhno razmerje površin na sprednji in zadnji strani glavnega bata (slika 11). Razlog bi lahko bil, da zaradi majhnega razmerja ob zaprtju ob prisotnosti dodatnih sil zaradi toka nimamo dovolj velike sile, ki bi nudila vztrajnost za zaprtje ventila. V ta namen smo zato razstavili serijski dvostopenjski varnostni ventil za vodo in odkrili, da je to razmerje še bistveno manjše, zato smo tudi to možnost ovrgli. Zadnja ugotovljena možnost za nedelovanje je bila ta, da se kapljevina ob primeru zaprtja ujame v prostor, označen na sliki 12.



Slika 12: Razlog nedelovanja ventila [7]

Tej se zaradi nezmožnosti iztoka poveča tlak, kar privede do tega, da se ventil zapira počasi in da nimamo pravilnega zaprtja. V ta namen smo izdelali izboljšavo na glavnem točnem batu, da smo se znebili omenjenega kolobarja stega prostorčka (slika 12).

4.5 Novi preizkusi

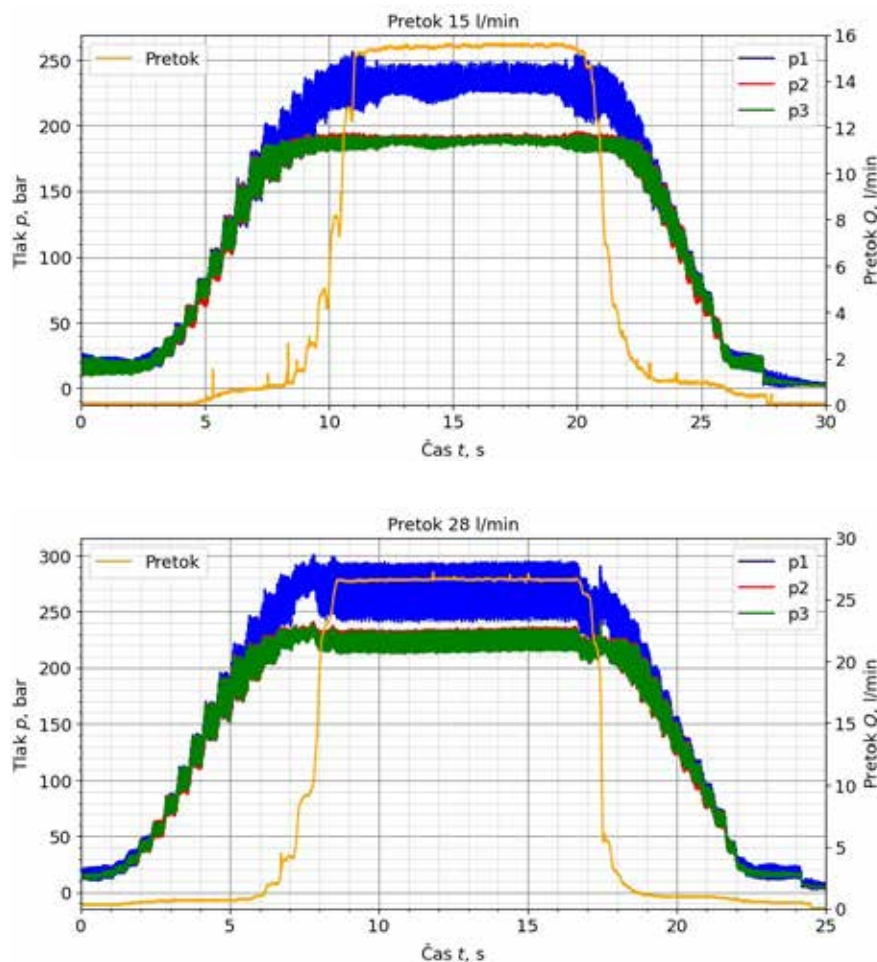
Po predelavi bata smo naredili nove preizkuse na obravnavanem dvostopenjskem varnostnem ventilu. Ti so pokazali, da je zdaj delovanje ventila ustrezno tako pri nižjih kot pri višjih pretokih

(slika 13). Sicer še vedno ostaja manjša histereza med odprtjem in zaprtjem, vendar je ta izrazito manjša in skorajda ne vpliva na delovanje ventila. Ta majhna zakasnitev (1–2 s) zapiranja izтока iz varnostnega ventila pa nastane zaradi uporabe tesnila na glavnem batu.

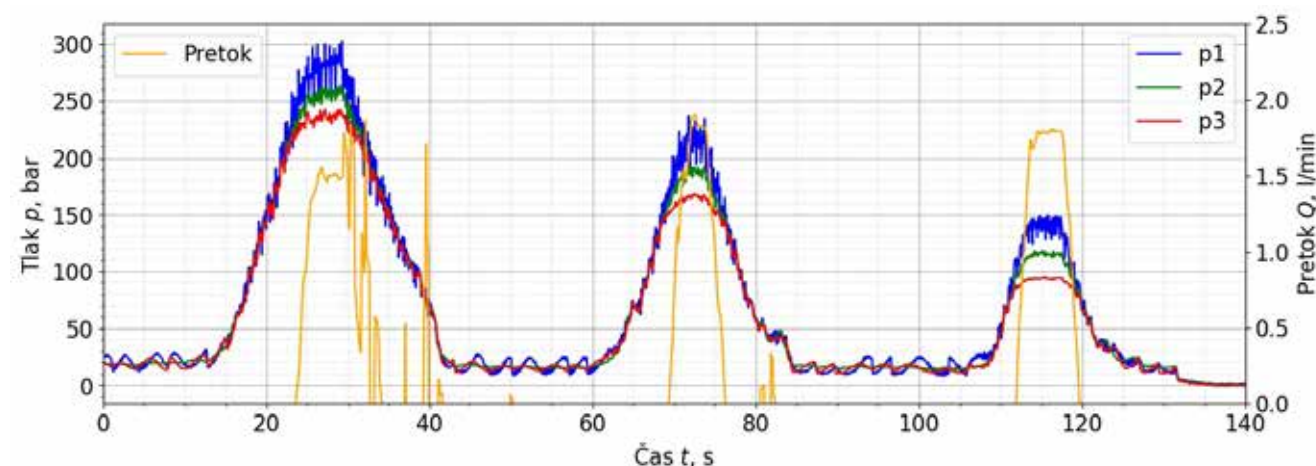
Poleg tega smo priredili začetno preizkuševališče, in sicer smo merilnik pretoka postavili na izstop s krmilnega bata, da smo preverili še to, kakšno je puščanje ventila skozi krmilni del (slika 14). Pri tem smo ugotovili, da je puščanje minimalno in da je delovanje krmilnega dela ustrezno.

5 Zaključek

Kot je v prispevku prikazano, smo razvili delujoč dvostopenjski varnostni ventil za vodo. Preizkušen je bil pri tlakih od 50 bar do 300 bar s pretoki vode od 8 l/min do 28 l/min. S preizkusi smo ugotovili, da je njegovo puščanje majhno in da je tudi tlačno nihanje zelo majhno. Pri preizkusih smo prav tako ugotovili, da je za pravilno delovanje ventila že najmanjša napaka v zasnovi lahko ključna. To napako smo med iskanjem razlogov tudi odkrili in odpravili. Tako lahko zaključimo, da je možno vodo uporabiti kot nadomestno trajno »zeleno« kapljevino namesto hidravličnega olja, vendar je potrebno na novo razviti in izdelati večino kompo-



Slika 13 : Ustrezno delovanje ventila [7] 2/3 strani



Slika 14 : Delovanje krmilnega dela dvostopenjskega tlačnega ventila [7]

nent. Za nadaljnje delo na področju vodne hidravlike (PKH) zato predlagamo razvoj ostalih manjkajočih komponent.

Literatura

- [1] E. Trostman: Water Hydraulics Control Technology, Tehnical University of Denmark, Denmark, 1995.
- [2] F. Majdič, J. Pezdirnik, in M. Kalin: Voda kot medij v pogonsko-krmilni hidravliki, Ljubljana, 2006.
- [3] Danfoss d.o.o: Pressure operated water valve, types WVFX and WVS, Danfos d. o. o, Ljubljana, 2021.
- [4] X. Luo, X. He, S. Cao, and X. Ba: Theoretical and experimental analysis of a one-stage water hydraulic relief valve with a one-way damper, Journal of Pressure Vessel Technology, Transactions of the ASME, China, 2013.
- [5] D. Alif: Razvoj dvostopenjskega vodno-hidravličnega tlačnega omejitelne ventila: magistrsko delo, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2017.
- [6] J. Humar: Razvoj dvostopenjskega vodno-hidravličnega varnostnega ventila: diplomsko delo, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2020.
- [7] J. Pugelj: Rekonstrukcija dvostopenjskega vodotlačnega varnostnega ventila: diplomsko delo, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2024.

Reconstruction of a two-stage hydraulic pressure relief valve

Abstract:

Environmental policy has recently moved towards sustainable development in all areas. Therefore, efforts are being made to find sustainable solutions in hydraulics. One of these solutions is the use of water instead of hydraulic oil in hydraulics (power control hydraulics – PCH). However, since the use of water in water hydraulics (water PCH) is very little known to the public and only a few components for the successful use of water in water hydraulics (PCH) are available on the market, we have replicated an inadequately functioning two-stage safety valve for this purpose. The article describes the development, manufacture, numerical calculation and testing of a two-stage pressure relief valve designed for pressures up to 300 bar and flows up to 28 l/min for the water PCH sector.

Keywords:

two-stage pressure relief valve, water hydraulics, testing, development

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>

Quaker Houghton Forward Together **MOTUL** TECH Baraldi **tribo-chemie** **setral** **SLOVENOIL** **STORM**

OLMA
www.olma.si

FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

Predstavitev 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, 9. in 10. junij 2025

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

PREDSTAVLJAMO IN NAPOVEDUJEMO

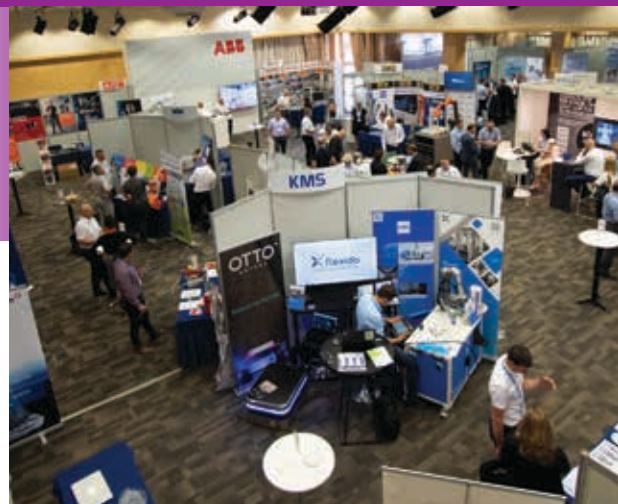
INDUSTRIJSKI FORUM **IRTADRIA25**

Strokovni dogodek za industrijo

Industrijski forum IRT3000 je dvodnevni strokovni dogodek, ki že več kot 15 let ustvarja prostor za izmenjavo informacij, znanj, idej in pogledov na dosežke industrijske panoge. Revija IRT3000 ga je doslej organizirala v Sloveniji, z naslednjim letom pa se dogodek uveljavlja tudi na širšem področju Zahodnega Balkana.

Industrijski forum IRT povezuje soustvarjalce industrijske panoge: industrijska podjetja z najrazličnejših področij, razvojno-raziskovalne organizacije in predstavnike akademske sfere.

Dogodek bogati razstava visokotehnoloških podjetij, ki obiskovalcem foruma predstavljajo svoje najnovejše dosežke, napredne tehnologije, razvojne rešitve in inovacije za večjo konkurenčnost podjetij.



RAZSTAVA



POSLOVNI DEL



STROKOVNA
PREDAVANJA



RAZISKOVALCI

15. in 16. 9. 2025

Zadar, Hrvaška • Hotel KOLOVARE

Prihodnost je tukaj.

Industrijski forum IRT | Motnica 7 A, 1236 Trzin, Slovenija
telefon: +386 1 5800 884 | gsm: +386 51 322 442 | info@forum-irt.si

METODOLOGIJA NAČRTOVANJA DIGITALNIH DVOJČKOV V PAMETNIH TOVARNAH

Matevž Resman, Mihael Debevec, Marko Šimic, Niko Herakovič

Izvelek:

Prispevek predstavlja strukturiran petstopenjski pristop za načrtovanje in implementacijo digitalnega dvojčka v proizvodnem okolju, ki je ključnega pomena za preobrazbo tradicionalnih tovarn v pametne proizvodne sisteme. Metodologija zajema analizo obstoječih procesov, razvoj prilagojenih digitalnih modelov, integracijo tehnologij ter postopno uvedbo rešitev v delovne procese. Ta celovit pristop podjetjem omogoča, da sledijo jasno opredeljenim korakom od začetnega načrtovanja do končne vzpostavitve digitalnega dvojčka.

Metodologija bistveno olajša proces načrtovanja pametnih tovarn, saj omogoča hitro prilagajanje spremenjajočim se zahtevam industrije 4.0. Digitalni dvojček vzpostavlja most med fizičnimi in digitalnimi sistemi, kar podjetjem zagotavlja nove možnosti za spremljanje podatkov v realnem času, natančno napovedovanje poteka proizvodnje ter optimizacijo procesov. Poleg tega vključuje simulacijo in validacijo, ki zmanjšujeta tveganja pri uvajanju novih tehnologij.

Zasnova digitalnega dvojčka izboljšuje preglednost proizvodnje, povečuje operativno učinkovitost in omogoča hitrejše ter bolj informirane odločitve. Hkrati prispeva k trajnostnemu poslovanju z optimizacijo porabe virov in energije ter boljšim upravljanjem z odpadki. Metodologija tako podjetjem omogoča, da postanejo bolj inovativna, konkurenčna in trajnostna, s čimer ustvarjajo pomembno vrednost v sodobnem industrijskem okolju.

Ključne besede:

metodologija, agilne tovarne, pametne tovarne, zelena transformacija, energetska učinkovitost, družbena odgovornost

1 Uvod

V hitro razvijajočem se svetu industrije 4.0 postajajo digitalni dvojčki osrednja tehnologija za izboljšanje učinkovitosti in prilagodljivosti proizvodnih sistemov [1]. Pametne tovarne, ki temeljijo na digitalizaciji in povezljivosti, omogočajo podjetjem boljšo sledljivost, optimizacijo procesov in trajnostno delovanje [2, 3]. Digitalni dvojček kot virtualni model fizičnega sistema ponuja zmogljivo orodje za spremljanje, simulacijo in analizo proizvodnih procesov v realnem času [4].

Digitalni dvojčki se že uporabljajo v različnih industrijah, kot so avtomobilska industrija za optimizacijo proizvodnih linij, farmacevtska industrija za spremljanje kakovosti proizvodnje ter letalska industrija

za simulacijo in vzdrževanje opreme. Kljub njihovim prednostim pa se podjetja pri uvajanju pogosto soočajo z izzivi, kot so pomanjkanje sistematičnega pristopa, težave z integracijo obstoječih sistemov in s prilagajanjem tehnologije specifičnim potrebam. Takšni problemi poudarjajo potrebo po strukturirani metodologiji, ki bi omogočila bolj učinkovito implementacijo digitalnih dvojčkov.

Prispevek se zato osredotoča na razvoj petstopenjske metodologije za načrtovanje in implementacijo digitalnih dvojčkov v pametnih tovarnah [1]. Predlagana metodologija omogoča podjetjem sistematičen pristop k preoblikovanju tradicionalnih tovarn in vzpostavitvi digitalnih rešitev, ki povečujejo konkurenčnost in operativno učinkovitost. Ob jasnih korakih in poudarku na integraciji tehnologij prispeva k boljšemu prilagajanju nenehno spreminjajočim se potrebam sodobne industrije.

Dr. Matevž Resman, doc. dr. Mihael Debevec,
univ. dipl. inž., doc. dr. Marko Šimic, univ. dipl.
inž., prof. dr. Niko Herakovič, univ. dipl. inž.,
vsi Univerza v Ljubljana, Fakulteta za strojništvo

2 Metodologija

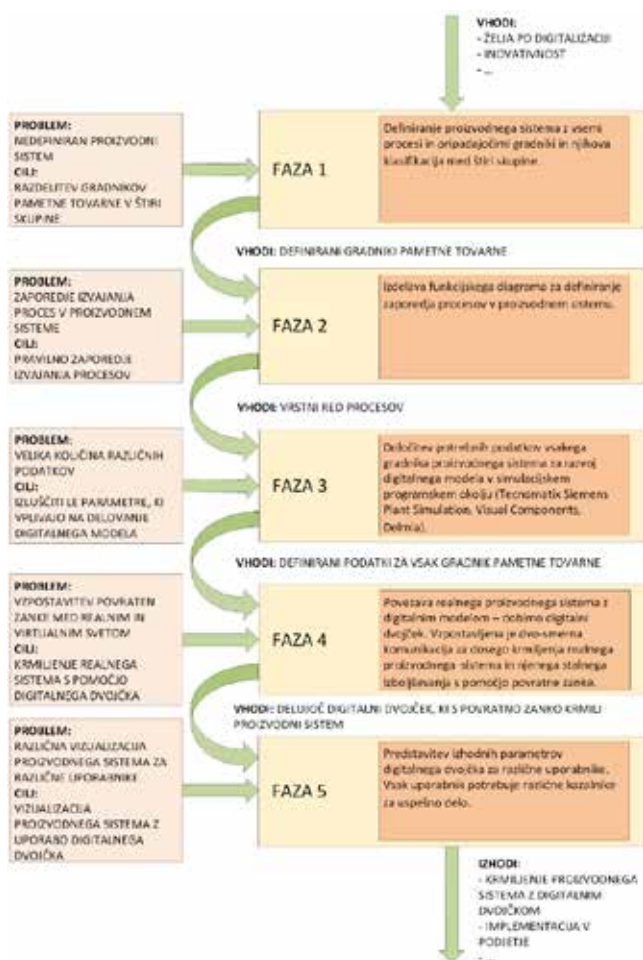
Sodobni proizvodni sistemi in procesi so kompleksni, vendar ta zahtevnost ostaja nujna za ohranja-

nje konkurenčnosti [2, 5]. Ena ključnih možnosti za izboljšanje konkurenčnosti je razvoj digitalnih modelov, ki omogočajo simulacijo »kaj-če« scenarijev [6, 7]. Predlagana metodologija [1] ponuja strukturiran pristop k snovanju digitalnega modela ne glede na način pridobivanja vhodnih podatkov bodisi samodejno bodisi ročno. Tako lahko podjetja načrtujejo digitalni model, digitalno senco ali digitalni dvojček.

Vzpostavitev digitalnega dvojčka v realnem času zahteva digitalizacijo fizičnega objekta z zajemom različnih podatkov in parametrov. Ti vključujejo inženirske parametre, ki opisujejo značilnosti proizvodnega sistema (npr. dimenzije, hitrost, moč motorja), ter obratovalne parametre, ki opredeljujejo značilnosti ustreznih proizvodnih procesov. Metodologija temelji na petstopenjskem pristopu, ki omogoča postopni razvoj digitalnega dvojčka. Prikazana metodologija (slika 1) jasno opisuje korake tega procesa, ki je primeren za podjetja ne glede na velikost ali industrijsko panogo.

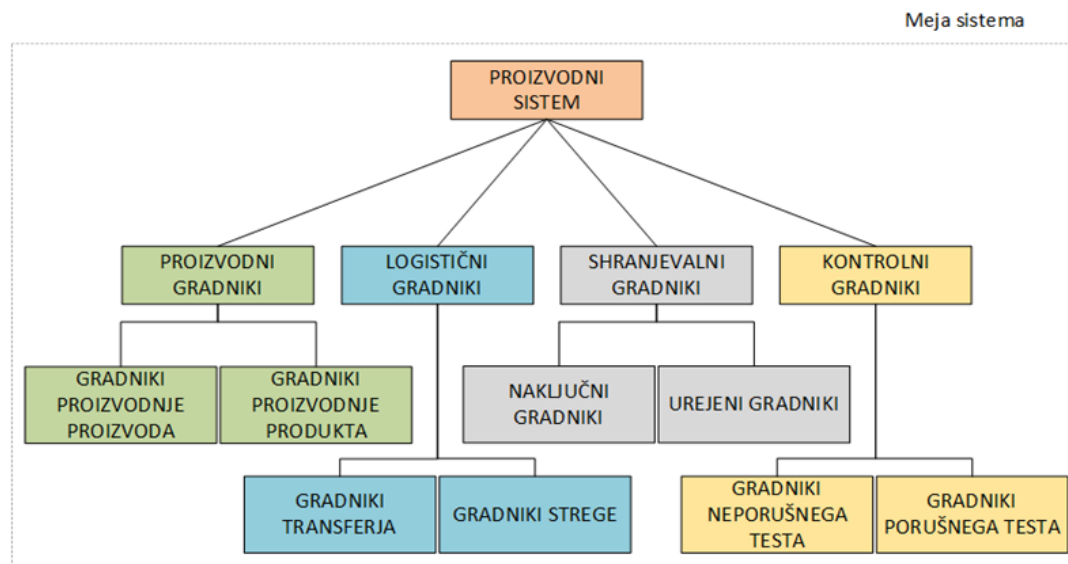
Ključna značilnost metodologije je njena prilagodljivost, saj omogoča prilagajanje specifičnim potrebam posameznih podjetij. V nasprotju z obstoječimi metodologijami, ki so pogosto prilagojene specifičnim industrijam ali tehnološkim zahtevam, ta pristop omogoča uporabo tako avtomatiziranih kot ročnih procesov zbiranja podatkov. Zaradi tega je dostopen tudi malim in srednje velikim podjetjem z omejenimi viri.

Poudarek metodologije je na povezovanju inženirskih in obratovalnih parametrov, kar zagotavlja celovito in natančno digitalno predstavitev fizičnega sistema v realnem času. Poleg tega omogoča izvedbo »kaj-če« scenarijev, ki podjetjem olajšajo prepoznavanje optimalnih rešitev in izboljšav v proizvodnih procesih. S tem se poveča učinkovitost, zmanjša tveganje napak in odprejo nove možnosti za uvajanje pametnih tehnologij v proizvodnjo.



Slika 1 : Pet faz v metodologiji razvoja digitalnih dvojčkov [1]

Predlagana metodologija tako predstavlja univerzalen in sistematičen okvir, ki je primeren za vse vrste podjetij ter omogoča prehod v bolj prilagodljivo, digitalno podprto proizvodnjo.



Slika 2 : Razdelitev proizvodnega sistema na štiri podskupine [1]

1. Faza: Razvrstitev diskretnih proizvodnih sistemov

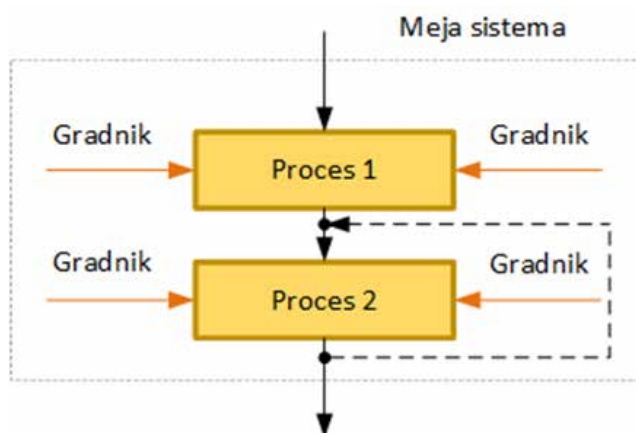
V tej fazi so proizvodni sistemi razvrščeni v štiri skupine (slika 2). To so proizvodni gradniki (osnovni proizvodni procesi, vključno z roboti, montažnimi postajami in sistemi strojnega vida), logistični gradniki (premik materialov, ki vključuje transporterje in avtomatizirana vodena vozila (AGV)), shranjevalni gradniki (skladiščenje) in kontrolni gradniki (nadzor in regulacija proizvodnega sistema prek sistemov PLC in SCADA). Vsak gradnik zahteva specifične parametre za razvoj digitalnega dvojčka, kar omogoča strukturiran pristop k modeliranju in optimizaciji proizvodnega sistema.

2. Faza: Funkcijski diagram za proizvodne procese

Druga faza vključuje razvoj funkcijskega diagrama (slika 3), ki prikazuje zaporedje proizvodnih procesov. Diagram vključuje gradnike in povratne zanke v proizvodnem procesu, puščice pa kažejo tok vhodnih podatkov (vhodni podatki za posamezne gradnike in informacije o materialu/izdelku) in tok izhodnih podatkov (nastali podatki). Pravilna opredelitev tega zaporedja je ključna za zagotavljanje pravilnega obnašanja v naslednjih fazah.

3. Faza: Razvoj digitalnega modela

Razvoj digitalnega modela (slika 4) je ključni korak pri oblikovanju simulacijskih rešitev za proizvodne sisteme. Model temelji na funkcijskem diagramu, ki natančno opredeljuje tokove, procese in interakcije v sistemu. Vsak gradnik v funkcijskem diagramu predstavlja določeno komponento ali dejavnost, pri čemer ima specifične parametre. Ti parametri so

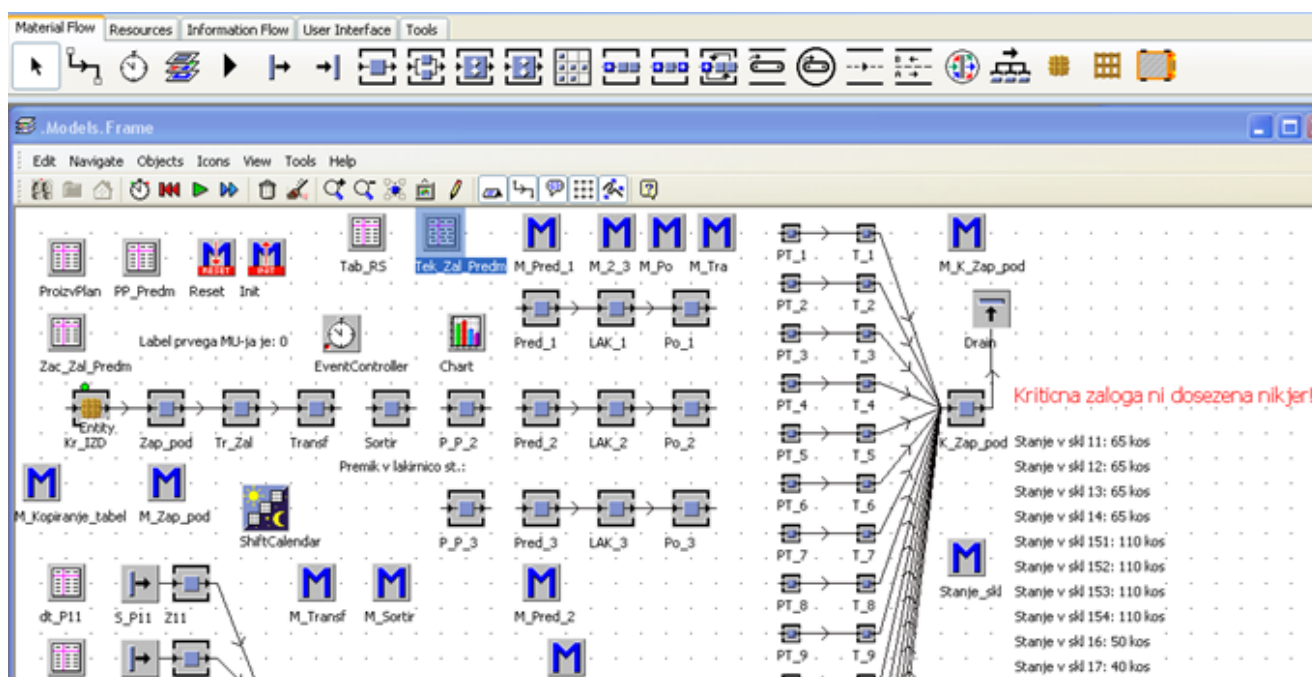


Slika 3 : Primer funkcijskega diagrama za proizvodni proces [1]

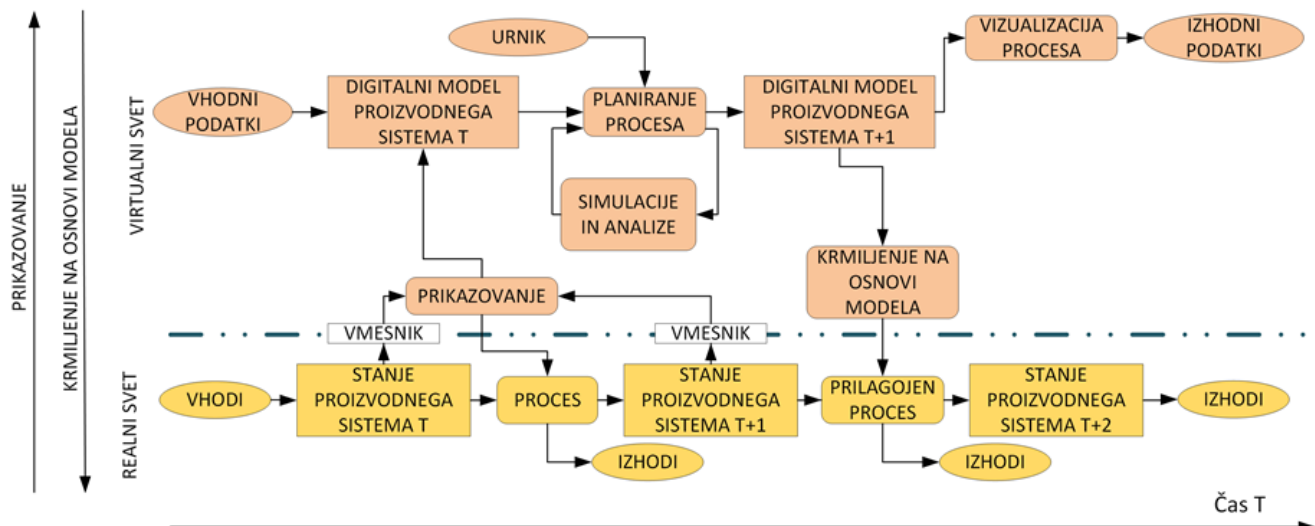
natančno opredeljeni glede na popis znotraj proizvodnega sistema, kar zagotavlja visoko stopnjo prilagodljivosti in natančnosti modeliranja.

Poseben poudarek je namenjen logističnim procesom, pri čemer so v model vključeni le parametri, ki so neposredno povezani z materialnim tokom. Ti vključujejo informacije o pretoku materialov, časovnih omejitvah, kapacitetah transportnih sredstev, skladiščnih zmogljivostih in drugih ključnih elementih, ki vplivajo na učinkovitost sistema. Na ta način se omogoča boljši vpogled v ozka grla ter optimizacijo logističnih procesov.

Pomemben korak v tej fazi je izdelava tloris proizvodnega sistema, ki služi kot vizualna podlaga za digitalni model. Tloris vključuje vse pomembne



Slika 4: Primer simulacijskega modela proizvodnega sistema



Slika 5: Povezava med digitalnim modelom in realnim proizvodnim sistemom [1]

fizične lokacije, poti, skladišča, delovna mesta in stroje, kar omogoča realistično predstavitev prostorske razporeditve.

Uporabljeni simulacijski programi igrajo ključno vlogo pri načrtovanju simulacijskega modela. Nekateri programi nudijo vnaprej pripravljene vmesnike in gradnike, ki jih je mogoče hitro in enostavno prilagoditi specifičnim zahtevam sistema. Ti programi so še posebej uporabni za standardizirane procese, kjer so funkcionalnosti že optimizirane. V primerih, kjer standardni gradniki niso primerni, pa je potrebno dodatno programiranje ali prilagajanje modela, da se zajamejo vse posebnosti in nestandardni elementi proizvodnega procesa. Na koncu te faze se preveri funkcionalnost modela s testiranjem simulacije v različnih pogojih, da se zagotovi pravilnost delovanja in ustreznost vseh parametrov.

4. Faza: Interakcija s podatki v realnem času

Digitalni dvojček komunicira z realnim proizvodnim sistemom prek podatkov, zbranih s senzorji (slika 5). Ti podatki se analizirajo in simulirajo znotraj digitalnega modela ter ustvarjajo krmilna zaporedja, ki usmerjajo realni sistem. Povratna zanka omogoča neprekinjene prilagoditve, kar zagotavlja, da digitalni dvojček ostane popolna preslikava realnega sistema. Ta dinamični odnos vodi do stalnih izboljšav v učinkovitosti in delovanju.

5. Faza: Vizualizacija

Vizualizacija je zadnja faza v metodologiji razvoja digitalnih dvojčkov, ki različnim uporabnikom (operaterjem, razvijalcem, vzdrževalcem, kupcem, vodjem) omogoča dostop do relevantnih informacij iz digitalnega dvojčka. Vsak udeleženec vidi različne parametre glede na svoje potrebe – naj bo to kakovost in učinkovitost proizvodnje ali podrobne in-

formacije o proizvodni liniji in urnikih vzdrževanja. Vizualizacijska orodja, kot so Power BI, SIMATIC WinCC in Ignition SCADA, omogočajo vpogled v sistem v realnem času.

3 Zaključek

Digitalni dvojčki predstavljajo ključno tehnologijo v okviru industrije 4.0, saj omogočajo optimizacijo proizvodnih procesov, večjo prilagodljivost ter učinkovito odzivanje na spremembe v industrijskem okolju. Predlagana petstopenjska metodologija ponuja strukturiran in univerzalen pristop k razvoju ter implementaciji digitalnih dvojčkov, kar omogoča podjetjem vseh velikosti učinkovito preoblikovanje njihovih tradicionalnih proizvodnih sistemov v pametne tovarne.

S postopnim razvojem digitalnega dvojčka – od razvrstitve sistemov, zasnove funkcijskega diagrama, razvoja digitalnega modela, interakcije z realnočasovnimi podatki do vizualizacije – lahko podjetja pridobijo celovito razumevanje svojih procesov, kar vodi v izboljšanje konkurenčnosti, zmanjšanje stroškov ter trajnostno delovanje.

Integracija digitalnih dvojčkov ne le da odpira možnosti za napredno simulacijo in analizo, temveč tudi podpira bolj informirano odločanje na vseh ravneh proizvodnje. Vizualizacija v realnem času omogoča prilagoditev različnim uporabnikom, kar dodatno krepi učinkovitost in preglednost sistema. Predlagana metodologija tako ponuja robustno orodje za prilagajanje sodobnim izzivom industrije ter vzpostavlja temelje za prihodnje inovacije v pametnih tovarnah.

Predlagano metodologijo smo že uspešno uporabili pri razvoju digitalnih dvojčkov med drugimi tudi za

Adria Dom d. o. o. ter IMP Armature d. o. o., kjer smo izboljšali učinkovitost in prilagodljivost proizvodnih procesov. Prav tako je bila uporabljena v demonstracijskem centru pametna tovarna, ki omogoča prikaz koristi in prenos znanja o uporabi digitalnih dvojčkov za širšo industrijo. Ti primeri potrjujejo praktičnost in učinkovitost metodologije.

Viri

- [1] M. Resman, J. Protner, M. Šimic in N. Heraković: A Five-Step Approach to Planning Data-Driven Digital Twins for Discrete Manufacturing Systems. *Applied Sciences* 11 (8) (2021), str. 3639.
- [2] J. L. Diaz, C. Ocampo-Martinez. Energy efficiency in discrete-manufacturing systems: Insight, trends, and control strategies. *Journal of manufacturing systems* 52 (2019), str 131-145.
- [3] F. Tao, Q. Qi, A. Liu, A. Kusiak: Data-driven smart manufacturing. *Journal of manufacturing systems*, 48 (2018), str 157-169.
- [4] J. Protner, M. Pipan, H. Zupan, M. Resman, M. Šimic in N. Heraković: Edge Computing and Digital Twin Based Smart Manufacturing. *IF-AC-PapersOnLine* 54(1) (2021) str. 831-836.
- [5] Komoto, H., Masui, K. Model-based design and simulation of smart factory from usage and functional aspect: *CIRP Ann Manuf Technol* 67(1) (2017), str 133-136.
- [6] M. Debevec, M. Šimic, V. Jovanović, N Heraković: Virtual factory as a useful tool for improving production processes. *Journal of manufacturing systems*. 57 (2020), str. 379-389.
- [7] M. Debevec, M. Šimic, N. Heraković: Virtual factory as an advanced approach for production process optimization. *International journal of simulation modelling*. 13(1) (2014), str. 66-78.

Methodology for development of digital twins in smart factories

Abstract:

Digital twins are emerging as a cornerstone technology in the framework of Industry 4.0, providing a transformative means to optimize manufacturing processes, enhance flexibility, and respond effectively to the dynamic changes in industrial environments. These virtual replicas of physical systems enable organizations to transition from traditional manufacturing paradigms to smart factories, leveraging data-driven insights and real-time operational capabilities.

The proposed five-step methodology offers a structured and universal approach to the development and implementation of digital twins, suitable for businesses of all sizes. This methodology facilitates the systematic transformation of production systems and ensures their alignment with the demands of modern, intelligent manufacturing. The steps include:

1. System Classification: Identifying and categorizing the elements within the manufacturing system that will form the foundation of the digital twin.
2. Functional Diagram Design: Developing a conceptual framework that outlines the functionality and interactions within the system.
3. Digital Model Development: Creating a detailed digital representation of the system, capturing its structure, behavior, and operational dynamics.
4. Integration of Real-Time Data: Enabling dynamic interaction between the digital twin and live operational data to ensure accuracy and relevance.
5. Visualization and Interaction: Providing real-time visualization tools tailored to the needs of various stakeholders, enhancing usability, transparency, and decision-making efficiency.

By following these stages, companies can achieve a comprehensive understanding of their processes, leading to significant improvements in competitiveness, cost reduction, and sustainability. The integration of digital twins facilitates advanced simulation and analysis, supporting informed decision-making at all levels of production. Furthermore, real-time visualization capabilities allow the system to adapt to diverse user requirements, thereby boosting operational efficiency and system transparency.

This methodology not only addresses the contemporary challenges of the industrial sector but also lays a robust foundation for future innovation within smart factories. As a tool for digital transformation, it underscores the pivotal role of digital twins in advancing manufacturing systems, ensuring their alignment with the evolving landscape of Industry 4.0.

Keywords:

methodology, agile factories, smart factories, green transformation, energy efficiency, social responsibility

Acknowledgments

The work was financially supported in the framework of the Slovenian Research and Innovation Agency - ARIS, Research Programme P2-0248 - Innovative manufacturing systems and processes, research project J2-4470 - Research on the reliability and efficiency of edge computing in a smart factory using 5G technologies. The work was funded by the European Union, project 101087348 - Strengthening the capacity for excellence of Slovenian and Croatian innovation ecosystems to support the digital and green transitions of maritime regions and project 101058693 - Sustainable Transition to the Agile and Green Enterprise (STAGE Project).

Zahvala za sofinanciranje

Delo je bilo finančno podprto v okviru Javne agencije za raziskovalno in inovacijsko dejavnost RS - ARIS, Raziskovalni program P2-0248 - Inovativni proizvodni sistemi in procesi, raziskovalni projekt J2-4470 - Raziskave zanesljivosti in učinkovitosti robnega računalništva v pametni tovarni z uporabo 5G-tehnologije. Delo je financirala Evropska unija, projekt 101087348 - Krepitev zmogljivosti za odličnost slovenskih in hrvaških inovacijskih ekosistemov za podporo digitalnemu in zelenemu prehodu pomorskih regij ter projekt 101058693 - Trajnostni prehod v agilno in zeleno podjetje (STAGE Project).

 Celjski sejem

Mednarodni industrijski sejem

8.-11. APRIL 2025



ZVIŠEVANJE ENERGIJSKE UČINKOVITOSTI INDUSTRIJSKIH HIDRAVLICNIH SISTEMOV Z UPORABO VARIABILNIH POGONSKIH SKLOPOV

Matevž Štefane

Izveček:

Trajnostni razvoj in zeleni dogovor sta zelo pomembna za ohranitev naravnega okolja in izboljšanje energetske učinkovitosti. Omenjeno je zelo povezano s proizvajalci strojev in naprav, kamor sodijo tudi izdelovalci hidravličnih pogonov. V okviru javnega razpisa je bil izveden pilotni projekt, povezan z iskanjem boljših izvedb hidravličnih pogonov. Večji del izgub v hidravličnem sistemu je posledica trenja in notranjega puščanja črpalke ter tlačnih izgub pri pretakanju. V prispevku so opisani hidravlični pogonski sistemi s konstantnim in spremenljivim pretokom, črpalke s konstanto in spremenljivo iztisnino, njihove prednosti, slabosti in omejitve. Opisane so omejitve uporabe asinhronskih in servopogonskih elektromotorjev. V nadaljevanju so opisani potek izvedbe in glavne ugotovitve pilotnega projekta. Ugotovljeno je bilo, da se dražji hidravlični regulacijski sistemi izplačajo v nekaj letih uporabe.

Ključne besede:

trajnostni razvoj, evropski zeleni dogovor, energetska učinkovitost, hidravlični sistemi, konstantna iztisnina, spremenljiva iztisnina, asinhronski elektromotor, elektromotor, frekvenčni pretvornik

1 Uvod

Svet se na podlagi svetovnih in evropskih iniciativ ter predpisov vedno bolj usmerja k trajnostnim praksam. Tudi industrijski sektor Evropske unije ni izjema, kar je razvidno iz paketa Evropski zeleni dogovor (ang. European Green Deal) [1]. Podjetja so primorana v pričetek proaktivnega razmišljanja o zelenem prehodu. Trije glavni podnebni in energetski cilji so: doseganje ničelnih emisij ogljika, zmanjševanje vplivov podnebnih sprememb in doseganje cilja 20-20-20, ki predstavlja 20-odstotno zmanjšanje izpusta toplogrednih plinov, 20-odstotno povišanje energetske učinkovitosti ter 20-odstotno uporabo obnovljive energije. Evropska unija je nedavno sprejela cilj zmanjšanja neto emisij za 55 % do leta 2030. Ta cilj utira pot za doseg podnebne nevtralnosti v Evropi do leta 2050. Doseganje cilja EU glede energetske učinkovitosti do leta 2030 bo zahtevalo tudi znatno zmanjšanje porabe energije v primerjavi z izboljšanjem učinkovitosti, doseženim med letoma 2005 in 2020. [2] Združena študija skupine Boston Consulting in skupine VDMA (Nemško združenje strojne industrije) izpostavlja, da je mogoče emisije CO₂ iz industrijskih toplogre-

dnih plinov zmanjšati za 13 giga ton do leta 2030 in do leta 2050 za 30 giga ton. Proizvajalci strojev in opreme bodo imeli v naslednjem desetletju bistveno vlogo pri zmanjševanju emisij toplogrednih plinov, ki povzročajo globalno segrevanje. Njihovi izdelki in storitve bodo zagotovili večjo učinkovitost in tehnološke inovacije, potrebne za znatno zmanjšanje ogljičnega odtisa njihovih strank. [3] Na podlagi večletnega sodelovanja z uporabniki hidravličnih sistemov na slovenskem trgu vemo, da postaja poraba električne energije hidravličnih sistemov vedno bolj pomembna tematika. Predvsem se pojavlja potreba po optimizaciji sistemov v fazah delovnih ciklov, ko hidravlika ne opravlja koristnega dela, npr. čakanje stroja na nov obdelovanec. V okviru prijave na javni razpis z naslovom »Podpora zagonskim mikro, malim in srednjim podjetjem pri strateški trajnostni in krožni transformaciji poslovanja v letih 2022-2025« je podjetje LA & CO, d. o. o., izvedlo pilotni projekt s fokusom na pogonske sklope hidravličnih sistemov ter možne rešitve za njihovo optimizacijo.

2 Učinkovitost hidravličnih sistemov

Na splošno je hidravlični sistem stroškovno učinkovita rešitev za aplikacije, ki zahtevajo visoko gostoto moči ter visoke navore. Večina hidravličnih siste-

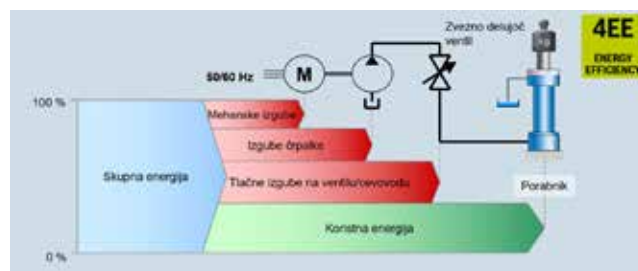
Matevž Štefane, mag., La & Co., d. o. o., Limbuš

mov ni zasnovana s ciljem minimaliziranja porabe energije, zato so energetske slabše učinkoviti.

Hidravlični stroji pretvarjajo električno energijo najprej v mehansko – elektromotor kot pogon črpalke, nato v hidravlično – črpalka ter končno v mehansko energijo – aktuator v obliki hidravličnega valja ali hidravličnega motorja. Pri vsaki pretvorbi energije se soočamo z izgubami. Ko govorimo o učinkovitosti hidravličnega sistema, ta niha med 6 in 60 odstotkov [4].

Energijska bilanca v hidravličnih sistemih

Slika 1 prikazuje energijsko bilanco klasičnega hidravličnega sistema, kjer sta uporabljena elektromotor s konstantnimi vrtljaji in hidravlična črpalka s konstantno iztislino, breme pa je regulirano preko zvezno delujočega potnega ventila. Razvidno je, da se velik del izgub pojavlja na pogonskem sklopu hidravličnega sistema.



Slika 1 : Energijska bilanca klasičnega hidravličnega sistema

gredi ves čas konstanta, pri spremenljivi iztislini pa jeta poljubna, tj. med nič in največjo možno. Iztislina črpalke se lahko nastavlja z mehanskim ali električnim regulatorjem, ki je vgrajen na hidravlični črpalki. Zaradi kompleksnejše izvedbe so hidravlične črpalke s spremenljivo iztislino dražje od izvedb s konstantno iztislino.

3 Hidravlični pogonski sistemi s konstantnim in spremenljivim pretokom

3.1 Razlogi za implementacijo

Energijska bilanca klasičnega hidravličnega sistema je slaba. Za njeno izboljšanje je fokus na konceptu »energije na zahtevo« (ang. Energy on demand). Z realizacijo takšnega sistema generiramo hidravlično energijo samo takrat, ko hidravlični sistem opravlja koristno delo. Za realizacijo takšnega sistema se implementira variabilni pogonski sklop (elektromotor in hidravlična črpalka). Prednosti, ki jih prinaša implementacija variabilnega pogona:

- ▶ znižanje porabe energije sistema v delno obremenjenih in neobremenjenih fazah delovnega cikla, znižani stroški energije in nižji ogljični odtis;
- ▶ znižanje generacije toplote v hidravličnem sistemu z znižanjem povprečne vrtilne hitrosti črpalke. Posledično je nižja potreba po hlajenju v sistemu;
- ▶ nižja emisija hrupa, ki ga generira hidravlični sistem. Integracija v stroj je mogoča brez dodatnih protihrupnih zaščit;
- ▶ cenovno dostopne rešitve – razvoj je pocenil komponente, potrebne za implementacijo.

3.2 Delitev pogonskih sistemov

Pogonske sisteme lahko razdelimo v skupine glede na tip elektromotorja in črpalke. Pogonski elektromotor je lahko servo ali asinhronski. Zaradi visoke cene servopogonov te redkeje zasledimo v industrijski hidravliki. Zato so asinhronski motorji še vedno najpogostejše uporabljani pogon v industrijski hidravliki. Črpalke pa je mogoče umestiti v eno od dveh skupin: črpalke s konstantno iztislino in črpalke s spremenljivo iztislino. Pri črpalkah s konstantno iztislino je ta pri enem polnem (360°) zasuku

3.3 Omejitve črpalke

Pri uporabi hidravličnih črpalke v variabilnem pogonskem sistemu je potrebno upoštevati njihove konstrukcijske omejitve, ki se odražajo v določenih prednostih in slabostih. V nadaljevanju sta podrobneje obravnavana dva najpogostejša tipa hidravličnih črpalke, ki sta uporabljena v variabilnih črpalnih enotah.

3.3.1 Zobniške črpalke z notranjim ozobjem

Prednosti črpalke z notranjim ozobjem so:

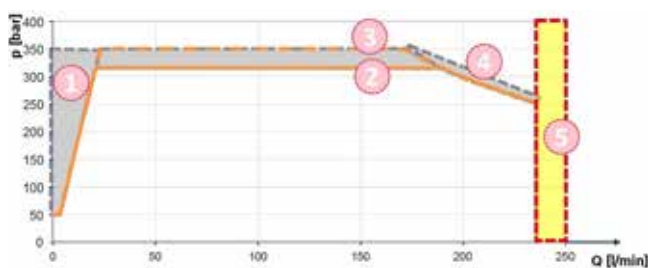
- ▶ nizek vztrajnostni moment,
- ▶ majhna pulzacija pretoka,
- ▶ nižja stopnja hrupa v primerjavi z zobniškimi črpalkami z zunanjo ozobjem in
- ▶ visok skupni izkoristek.

Slabosti črpalke z notranjim ozobjem so:

- ▶ težje vzdrževanje,
- ▶ notranje puščanje iz visokotlačne na nizekotlačno stran črpalke generira toploto, ki je pri vrtilnih hitrostih, nižjih od 100 vrtljajev na minuto, ni možno odvajati;
- ▶ za aplikacije, kjer je potreben pretok manjši od minimalnega dopustnega za črpalko, je potrebna vgradnja dodatnega omejevalnika pretoka, kar znižuje volumetrični izkoristek črpalke.

3.3.2 Omejitve uporabe črpalke z notranjim ozobjem

Slika 2 prikazuje omejitve zobniške črpalke z notranjim ozobjem, ki jih je potrebno upoštevati pri izbiri:



Slika 2 : Omejitve zobniške črpalke z notranjim ozobjem

- ▶ 1 - *Minimalna vrtilna hitrost* – notranje puščanje povzroča generacijo toplote v območju (1), obratovanje v tem območju je dovoljeno le v krajših časovnih intervalih.
- ▶ 2 - *Kontinuiran tlak črpalke* – črpalka lahko deluje kontinuirano v območju pod krivuljo (2).
- ▶ 3 - *Kratkotrajni maksimalni tlak črpalke* – črpalka lahko le v krajšem časovnem intervalu deluje na višjem tlaku. Potrebno je paziti, da v skupnem delovnem ciklu ne presežemo dopustnega časovnega intervala. Npr. za črpalke tipa PGH proizvajalca Bosch Rexroth znaša ta interval maksimalno 6 sekund, tj. do 15 % delovnega cikla.
- ▶ 4 - *Omejitev moči črpalke* je določena z maksimalno močjo pogona. Če je pogon premočan, tvegamo poškodbo črpalke.
- ▶ 5 - *Maksimalna vrtilna hitrost in pretok črpalke* za črpalke PGH proizvajalca Bosch Rexroth znaša 3000 vrtljajev na minuto.

3.3.3 Batne črpalke s spremenljivo iztislino

Ena izmed boljših rešitev je uporaba batnih črpalk s spremenljivo iztislino. Njihove prednosti so:

- ▶ lahko omogočajo visoke pretoke,
- ▶ omogočajo visok obratovalni tlak,
- ▶ omogočajo zunanji odvod notranjega puščanja in tako lahko spremljamo stanje obrabe črpalke,
- ▶ omogočajo spremenljivo iztislino glede na potrebe v sistemu.

Slabosti batnih črpalk s spremenljivo iztislino so:

- ▶ visoka raven hrupa,
- ▶ pulzirajoč pretok,
- ▶ višja cena.



Slika 3 : Omejitve batne črpalke s spremenljivo iztislino

Omejitve pri uporabi batnih črpalk s spremenljivo iztislino so prikazane na *sliki 3*.

Omejitve batne črpalke s spremenljivo iztislino, ki jih je potrebno upoštevati pri izbiri, so:

- ▶ 1 - *Minimalna vrtilna hitrost* – zaradi zunanje odvoda notranjega puščanja je odpravljena omejitev minimalnih vrtljajev črpalke. Minimalni vrtljaji so pogojeni z izbiro pogonskega motorja ob predpostavki, da je $V_g < 40\%$.
- ▶ 2 - *Kratkotrajni maksimalni tlak črpalke* – črpalka lahko v krajšem časovnem intervalu deluje na višjem tlaku. Potrebno je paziti, da v skupnem delovnem ciklu ne presežemo dopustnega časovnega intervala.
- ▶ 3 - *Maksimalna vrtilna hitrost in pretok črpalke* za črpalke A10VZO proizvajalca Bosch Rexroth znaša 3.600 vrtljajev na minuto.

3.4 Omejitve pogonskih elektromotorjev

Kot pri črpalkah je tudi pri pogonskih elektromotorjih potrebno upoštevati njihove konstrukcijske omejitve. Zaradi nižje cene in preproste konstrukcije velja asinhronski elektromotor še vedno za standard v industrijski hidravliki. Zato je v nadaljevanju podrobneje obravnavan v povezavi s frekvenčnim pretvornikom. Ker pa je v praksi že mogoče zaslediti aplikacije s servomotorjem, smo kratko omenili tudi njegove prednosti in slabosti.

3.4.1 Servomotor

Prednosti uporabe servomotorjev so:

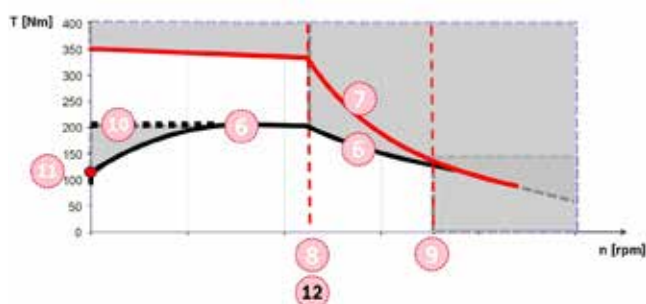
- ▶ visoka dinamika zaradi nižjega vztrajnostnega momenta in
- ▶ višje vrtilne hitrosti.

Slabosti uporabe servomotorjev pa so predvsem visoka cena.

3.4.2 Asinhronski motor

Prednosti uporabe asinhronskih elektromotorjev so:

- ▶ postali so industrijski standard v hidravliki in
- ▶ nizka cena.



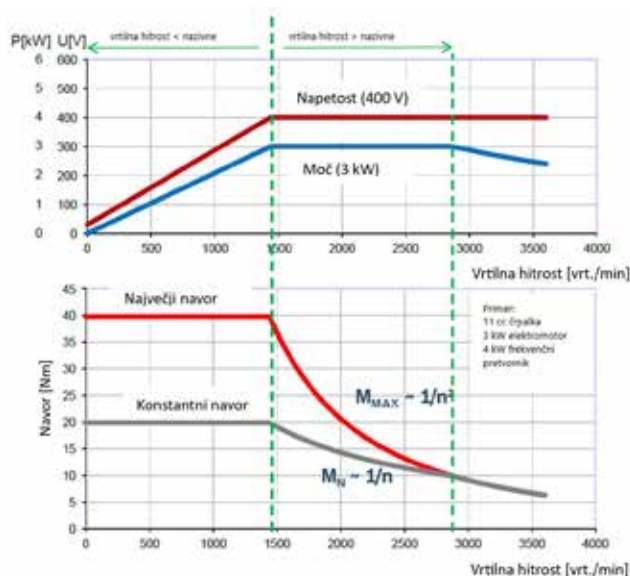
Slika 4 : Omejitve asinhronskega motorja

Slabosti uporabe asinhronskih elektromotorjev so:

- ▶ nižja dinamika zaradi visokega vztrajnostnega momenta in
- ▶ uporabna vrtilna hitrost do 2.400 vrtljajev na minuto (za 4-polni motor).

Omejitve asinhronskega motorja z uporabo frekvenčnega pretvornika so prikazane na *sliki 4*.

- ▶ 6 – *nazivni navor motorja* prične padati pri višji vrtilni hitrosti od nazivne;
- ▶ 7 – *maksimalni navor motorja* prične padati in se z višanjem vrtilne hitrosti približuje nazivni vrednosti;
- ▶ 8 – *območje oslabitve magnetnega polja* – ko je dosežena prelomna frekvenca (ang. corner frequency), napetosti ni več mogoče povečati. Magnetni tok se zmanjša in magnetno polje oslabi. Navor se zmanjšuje z naraščajočo frekvenco oziroma hitrostjo v razmerju na $1/n$ (*slika 5*).

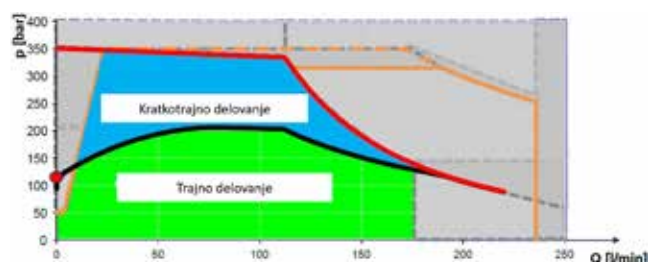


Slika 5 : Območje oslabitve magnetnega polja asinhronskega elektromotorja

- ▶ 9 – *dinamika motorja* do prelomne frekvence (ang. corner frequency) – imamo na razpolago polno dinamiko pospeševanja motorja, v območju oslabiljenega magnetnega polja je na voljo reducirana zmožnost pospeševanja, ko presežemo točko, kjer se stikata nazivni in nominalni navor (*slika 5*), nadaljnje pospeševanje ni več mogoče;
- ▶ 10 – *omejitve navora s konceptom hlajenja* – pri uporabi prisilnega hlajenja lahko motor trajno deluje na nižjih vrtilnih hitrostih, brez prisilnega ventilatorja pa je potrebno upoštevati zmanjšano moč odvajanja toplote pri nižjih vrtljajih;
- ▶ 11 – *zastojni navor* – navor je mogoče trajno zagotavljati v celotnem razponu hitrosti znotraj nominalne navorne karakteristike;

- ▶ 12 – *prelomna frekvenca* – dokler se napetost povečuje s frekvenco, sta magnetni tok in navor konstantna. Točko, kjer se napetost ne povečuje s frekvenco, imenujemo kotna/prelomna frekvenca (ang. corner frequency).

Upoštevajoč vse omejitve dobimo območje, v katerem lahko motor deluje trajno (zeleno področje), ter območje, ki je kratkotrajno na razpolago (modro področje), predstavljeno na *sliki 6*.



Slika 6 : Območje trajnega in kratkotrajnega delovanja asinhronskega motorja

4 Pilotni projekt

V sklopu pilotnega projekta smo projektirali nov hidravlični sistem, namenjen testiranju končnih izdelkov kupca. Pri novem sistemu smo namenili podarek energetske učinkovitosti pogonskega sklopa. S tem namenom smo izvedli primerjalno analizo porabe električne energije v različnih delovnih točkah med klasičnim sistemom – konstantni vrtljaji elektromotorja v povezavi s črpalko s spremenljivo iztislino in z variabilnim sistemom – spremenljiva vrtilna frekvenca gredi elektromotorja v povezavi s črpalko s spremenljivo iztislino. Predvsem so nas zanimala točka, kjer sistem čaka (ne opravlja koristnega dela), saj se v teh točkah vsa uporabna energija pretvarja v toploto. Variabilni tip pogona hidravlične črpalke je pri podjetju Bosch Rexroth označen s komercialno oznako Sytronix Drn.

4.1 Izbira komponent

Ob upoštevanju omejitev posameznih komponent in podanih projektnih zahtev so bile izbrane sledeče komponente:

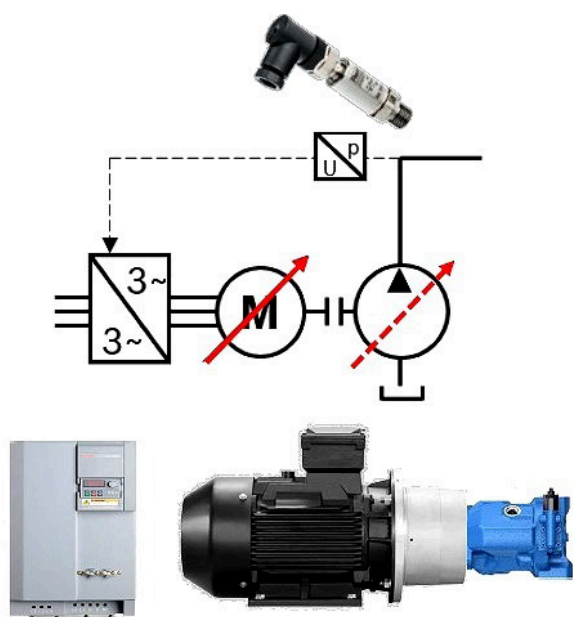
- ▶ hidravlična črpalka akisalno-batne izvedbe proizvajalca Bosch Rexroth tipa A4VSO, nazivne iztislino 71 cm³/vrt. z mehanskim regulatorjem DFR1. Na krmilni vod črpalke smo vgradili proporcionalni tlačno omejitveni ventil proizvajalca Bosch Rexroth tipa DBETA-6X/P350G24K31F1V, ki omogoča daljinsko zvezno nastavitve maksimalnega tlaka črpalke v območju, nižjem od fizične nastavitve vzmeti na tlačnem regulatorju črpalke;
- ▶ asinhronski elektromotor proizvajalca WEG

- W22-IE4 280 S/M-4 nazivne moči 75 kW;
- tlačni senzor proizvajalca Bosch Rexroth tipa HM 20-2X/400-C-K35-N, katerega izhodni signal je povezan neposredno na analogni vhod frekvenčnega pretvornika;
- frekvenčni pretvornik proizvajalca Bosch Rexroth tipa EFC5610-75K0-3P4-MDA-7P-DR-NNN-L1NN in nazivne moči 75 kW.

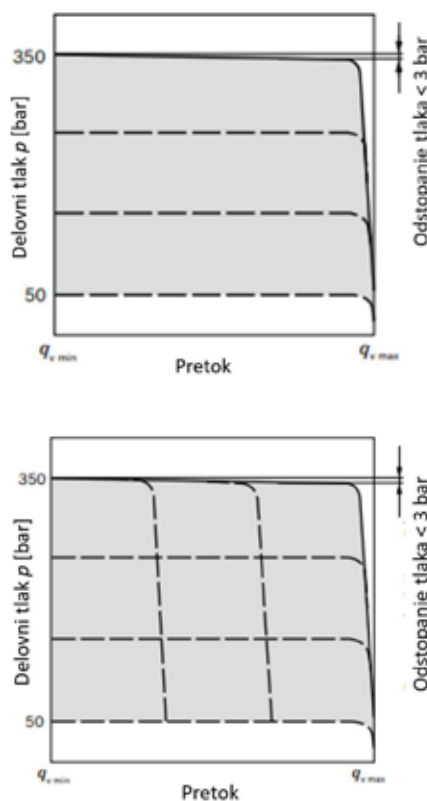
4.2 Delovanje sistema

Frekvenčni pretvornik t. i. ang. »pump drive« podjetja Bosch Rexroth ima vgrajeno posebno programsko opremo, ki omogoča samodejno optimalno prilagajanje vrtilne hitrosti gredi črpalke. Tlačni senzor na tlačnem vodu črpalke pošilja aktualno vrednost tlaka v sistemu neposredno v frekvenčni pretvornik, ki nato glede na želene in dejanske vrednosti tlaka in pretoka v sistemu aktivno prilagaja izhodno frekvenco. Na *sliki 7* so prikazani grafični simboli, ob njih pa slike fizičnih komponent, ki jih ti predstavljajo. V primerjavi s klasičnim pogonom s konstantnimi vrtljaji sta za implementacijo potrebni le dve dodatni komponenti – frekvenčni pretvornik in tlačni senzor z analognim izhodom.

Za pilotni sistem smo dodatno vgradili še proporcionalni tlačno omejitveni ventil na krmilnem vodu regulatorja črpalke, s katerim je mogoče zvezno prestavljati točko maksimalnega tlaka črpalke. Tako vplivamo na mehanski regulator črpalke, ki prekrmlji črpalko v minimalni pretok, kar odgovarja delovni točki, v kateri se nahaja sistem. Za primerjavo klasični tlačni regulator črpalke deluje tako, da je črpalka nastavljena na maksimalni pretok, dokler v sistemu ni dosežen maksimalni tlak, nastavljen na črpalki. Ko je ta dosežen, prekrmlji črpalko v mini-



Slika 7 : Grafični prikaz uporabljenih komponent in shema testiranega sistema



Slika 8 : Karakteristična krivulja regulatorja DR (zgoraj) in regulatorja DFR1 (spodaj)

malen pretok. Karakteristični krivulji regulatorjev sta prikazani na *sliki 8*.

4.3 Primerjava novega in starega sistema

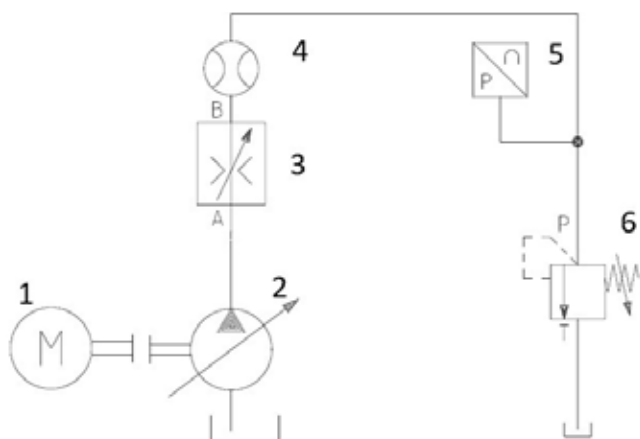
Ker je celotno preizkuševališče kompleksno, je hidravlična shema za obravnavano tematiko preobširna. Za lažje razumevanje sta klasičen (obstoječ) in variabilen (nov) pogonski sklop prikazana na poenostavljen način.

4.3.1 Klasični pogonski sklop

Klasični pogonski sklop, prikazan na *sliki 9*, je sestavljen iz asinhronskega elektromotorja s konstantnimi vrtljaji (pozicija 1), batne črpalke s spremenljivo iztisnino s tlačnim regulatorjem (pozicija 2), regulatorja pretoka (pozicija 3), merilnika pretoka (pozicija 4), senzorja tlaka (pozicija 5) in tlačno omejitvenega ventila (pozicija 6) za simulacijo bremena.

4.3.2 Variabilni pogonski sklop

Klasičnemu pogonskemu sklopu so v variabilnem sklopu (*slika 10*) dodatno vgrajeni še frekvenčni pretvornik (pozicija 7), tlačni senzor na tlačnem vodu za hidravlično črpalko (pozicija 8), batna črpalka s spremenljivo iztisnino z daljinskim regulatorjem (pozicija 2), na katerega je povezan proporcionalni tlačno omejitveni ventil (pozicija 9).



Slika 9 : Hidravlična shema klasičnega pogonskega sklopa

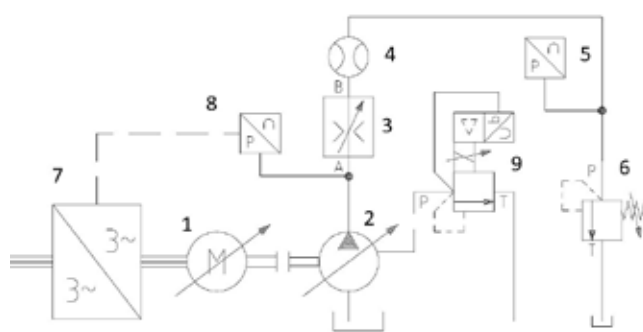
4.4 Delovne točke sistema

Hidravlični sistem je namenjen testiranju različnih izdelkov končnega kupca. Ko je sistem polno obremenjen, je prihranek energije zanemarljiv. Osredotočili smo se na faze v ciklu, ko sistem ni polno obremenjen in je smiselno razmišljati o konceptu energije na zahtevo (ang. energy on demand). To so deli v delovnem ciklu, ko hidravlika ne opravlja koristnega dela ali pa ni polno obremenjena. Takrat se vsi viški dovedene energije pretvarjajo v toploto, ki negativno zvišuje temperaturo hidravličnega olja. Delovne točke so zapisane v *preglednici 1*.

4.5 Izvedba meritev

V sistemu smo merili trenutno porabo črpalnega sklopa v dani delovni točki. Meritev je bila izvedena z merilnim centrom Iskra MC330. V *preglednici 2* je prikazana primerjava trenutne porabe pogonskih sklopov v različnih delovnih točkah.

V točkah 1, 2, 4 in 7 je bila aktivna funkcija držanja tlaka ob minimalnem pretoku, s katerim se pokriva jo vsa notranja puščanja v sistemu. V teh točkah sistem samodejno z zmanjšanjem vrtilne hitrosti gredi motorja na 350 vrtljajev na minuto in nastavitvijo



Slika 10 : Hidravlična shema variabilnega pogonskega sklopa

Preglednica 1 : Delovne točke sistema

Delovna točka p[tlak] / Q[pretok]

1	p = 100 bar / Q = 5 l/min
2	p = 120 bar / Q = 120 l/min
3	p = 120 bar / Q = 5 l/min
4	p = 50 bar / Q = 70 l/min
5	p = 200 bar / Q = 5 l/min
6	p = 200 bar / Q = 85 l/min
7	p = 50 bar / Q = 60 l/min
8	p = 300 bar / Q = 5 l/min

proporcionalnega tlačnega ventila na isto vrednost prihrani med 45 % ter 80 % električne energije.

Točke 3, 5 in 6 predstavijo dele cikla, ko je potreba po pretoku manjša od nazivnega pretoka črpalke. V teh situacijah je optimalno s črpalko generirati le potreben pretok. Sistem to doseže s spreminjanjem vrtilne hitrosti gredi motorja, kar posledično spreminja vrtilno frekvenco črpalke. Sprememba se odraža v količini olja, ki ga črpalka črpa v sistem. V takšnem režimu delovanja prihranimo v primerjavi z obstoječim sistemom med 38 % ter 79 %.

Zadnja meritev je delovna točka, ki zahteva polni pretok, ne pa visokega tlaka. V tem primeru je prihranek manjši in znaša 4 %.

Preglednica 2 : Rezultat meritev porabe električne energije v posameznih delovnih točkah

Delovna točka p[tlak]/Q[pretok]	Klasični pogonski sklop P[kW]	Variabilen pogonski sklop P[kW]	Razlika [%]
1 p = 100 bar/Q = 5 l/min	3,5	1,0	71,4
2 p = 120 bar/Q = 5 l/min	3,9	1,2	69,4
3 p = 50 bar/Q = 70 l/min	12,7	2,8	77,9
4 p = 200 bar/Q = 5 l/min	5,0	1,8	64,3
5 p = 200 bar/Q = 85 l/min	38,5	23,6	38,7
6 p = 50 bar/Q = 60 l/min	10,8	2,2	79,6
7 p = 300 bar/Q = 5 l/min	5,5	3,0	44,9
8 p = 120 bar/Q = 120 l/min	18,6	17,8	4,3

Interpretacija rezultatov

Iz meritev je razvidno, da so na hidravličnih sistemih možni prihranki z implementacijo variabilnih pogonskih sklopov. Seveda je potrebno omeniti, da so prihranki mogoči le v delih cikla, ko sistem ni polno obremenjen. Odstotek prihranka je odvisen od delovne točke (tlak/pretok) in njenega časa trajanja, kar se odraža v velikem razponu prihranka med različnimi izmerjenimi točkami. Prihranki v delovnih točkah, ko sistem ni polno obremenjen, niso zanemarljivi, saj lahko, odvisno od profila celotnega cikla sistema, doprinesejo prihranke celotnega sistema med 10 % in 30 %, v nekaterih aplikacijah celo do 40 %. Dodatna prednost uporabe takšnega pogona je znižanje generacije toplote, ki nastaja kot posledica presežka pretoka olja v sistemu.

4.6 Hrup

Visoka gostota moči in s tem povezana visoka emisija hrupa hidravličnih komponent povzročata, da so industrijski hidravlični sistemi tarča prizadevanj za zmanjšanje povprečnih ravni hrupa. Hidravlična črpalka je glavni povzročitelj hrupa.

Meritev hrupa

Med izvajanjem meritev porabe smo vzporedno izvajali meritev hrupa. Za izvedbo meritev smo uporabili merilni instrument VoltCraft SL-451, ki je bil postavljen 1 meter od hidravlične črpalke. Rezultati meritev so podani v *preglednici 3*.

Iz rezultatov je razvidno, da z implementacijo variabilnega pogona znižamo emisijo hrupa, ki jo povzroča hidravlična črpalka. Vzrok za to je v kotu nagibne plošče črpalke. Za izpolnitev potreb delovne točke po tlaku ter pretoku klasični sistem vrtilni črpalko na nazivnih vrtiljajih, kot nagibne plošče je minimalen (skoraj ničelni pretok). V variabilnem sistemu pa so vrtiljaji gredi nižji, kot nagibne plošče je večji, kar pomeni nižjo pulzacijo pretoka, ki se odraža v tišjem delovanju.

Preglednica 3 : Rezultati meritev hrupa hidravličnega pogonskega sklopa

Pogonski sklop	Povprečen hrup (dB)A	Maksimalen hrup (dB)A
Klasični	85,7	87,7
Variabilni	77,1	82,4

5 Zaključek

Vedno višje cene električne energije, predpisi in oza-veščenost nas vzpodbujajo v iskanje in razvoj tehnično dovršenih rešitev, s katerimi ohranjamo naravne vire ter zmanjšujemo porabo energije. Obravnavani koncept variabilnega hidravličnega pogona izpostavlja prednost uporabe takšnih sistemov, saj z implementacijo znižamo porabo energije, hrup ter generacijo toplote v hidravličnem sistemu. Donosnost sredstev investicije (angl. ROI) kaže, da se v povprečju investicija v takšen sistem vrne po nekaj letih uporabe.

Viri

- [1] The Green Deal Industrial Plan, dostopno na naslovu https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_en.
- [2] EU achieves 20-20-20 climate targets, 55 % emissions cut by 2030 reachable with more efforts and policies, dostopno na naslovu <https://www.eea.europa.eu/highlights/eu-achieves-20-20-20>.
- [3] For Machinery Makers, Green Tech Creates Green Business, dostopno na naslovu <https://web-assets.bcg.com/04/85/b6f771d-0444887c5c99895b3b448/bcg-for-machinery-makers-green-tech-creates-green-business-jul-2020.pdf>.
- [4] Study of Energy Efficiency Characteristics of a Hydraulic System Component, dostopno na naslovu <https://peer.asee.org/study-of-energy-efficiency-characteristics-of-a-hydraulic-system-component.pdf>.

Increasing the energy efficiency of industrial hydraulic systems using variable drivetrains

Abstract:

Sustainable development and the Green Deal are very important for preserving the natural environment and improving energy efficiency. This is closely linked to the manufacturers of machinery and equipment, including the manufacturers of hydraulic drives. As part of a public tender, a pilot project was carried out to find better designs for hydraulic drives. Most losses in the hydraulic system are caused by friction and internal leakage of the pump as well as pressure losses during flow. The article describes hydraulic drive systems with constant and variable flow, pumps with constant and variable displacement, their advantages, disadvantages and limitations. The limits of the use of asynchronous and servo-controlled electric motors are described. The implementation process and the most important results of the pilot project are described below. It was found that the more expensive hydraulic control systems amortise within a few years.

Keywords:

Sustainable development, European Green Deal, energy efficiency, hydraulic systems, constant displacement, variable displacement, asynchronous electric motor, servo electric motor, frequency converter

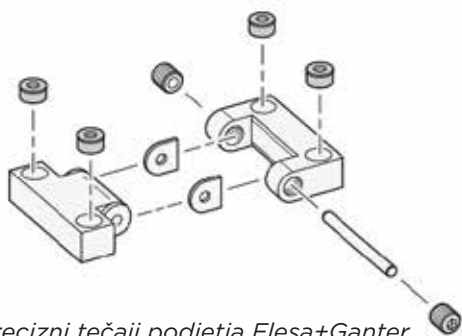
Vesel božič in
uspešno novo leto
2025

Merry Christmas and
a Happy New Year
2025



NOVA GENERACIJA TEČAJEV ZA NATANČNE PREMIKE

Novi precizni tečaji podjetja Elesa+Ganter so brez zračnosti, imajo majhno obrabo, so vsestranski in zelo natančni.



Novi precizni tečaji podjetja Elesa+Ganter

Obstajajo aplikacije, na primer pri konstrukciji pripravljalnih, avtomatizacijskih ali testnih tehnologij, pri katerih je treba gibljive elemente vgraditi z največjo natančnostjo. Konkretno to pomeni kombinacijo vrhunske ponovljivosti, odsotnosti zračnosti, trajnosti in nastavitvenosti. Novi natančni tečaji GN 7580, ki si dejansko zaslužijo naziv zgibi, imajo prav te lastnosti. Čeprav so v ponudbi Elesa+Ganter že številne različice tečajev, te običajno izpolnjujejo druge zahteve.

Družina GN 7580 je sestavljena iz treh različnih velikosti, od katerih ima vsaka štiri vrste notranjih in zunanjih kril. Krila se razlikujejo po načinu pritrditve, ki je lahko tangencialna ali radialna, z uporabo cilindričnih izvrtin ali vgrajenih navojnih puš iz plemenitega jekla. Vsekakor Elesa+Ganter upošteva tudi enostavnost in natančnost namestitve: lokacijske izvrtine zagotavljajo natančno namestitev tečajev med nameščanjem.

Štiri oblike kril so zasnovane tako, da so med seboj združljive in jih je mogoče po potrebi kombinirati, naročite pa jih lahko tudi preko številke artikla, kot je to običajno pri Elesa+Ganter. Precizni tečaji zato pokrivajo zelo širok razpon uporabe. Podjetje Elesa+Ganter običajno dobavlja precizne tečaje, ki so predhodno sestavljeni v skladu s konfiguracijo po meri stranke.

Za zagotavljanje trajne natančnosti lahko tečaje kadar koli prilagodite. Z nastavitvenimi vijaki na osi lahko nastavite lažji ali težji hod tečaja. Materiali so v skladu z zahtevami glede natančnosti: krila so izdelana iz črno eloksiranega in legiranega aluminija z visoko trdnostjo, ležajna puša pa je iz brona. Elesa+Ganter uporablja plemenito jeklo za utrjeno os tečajev kot tudi za podložke in nastavitvene vijake. Pri slednjih navoj zavaruje dodatna poliamidna prevleka.

Več informacij je na voljo na naslovu: elesa-ganter.si.

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



AVTOMATSKI DAJALNIKI MAZIVA SIMALUBE

- » Za olje ali mast.
- » Vizualna kontrola delovanja in porabe maziva.
- » Časovna nastavitve doziranja.
- » Pogonska glava na plin.
- » Delujejo tudi pod vodo.
- » Delujejo neodvisno od lege.

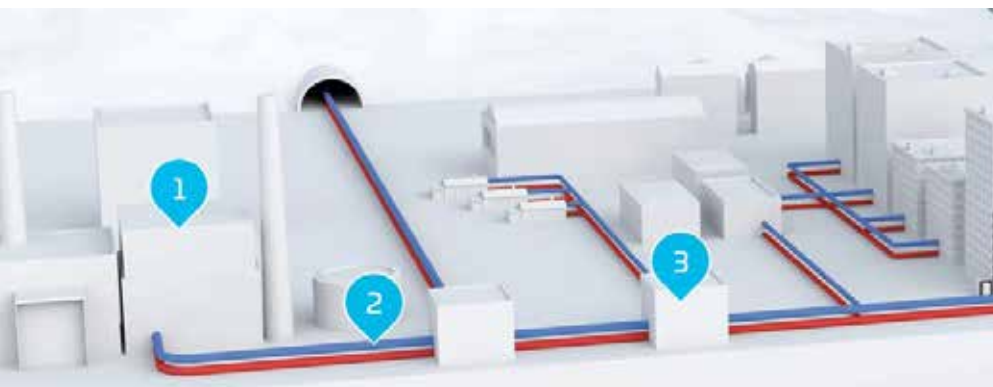


www.hennlich.si

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj / Pokličite nas: 041 386 004

LOPUTE ZA OMREŽJA SISTEMOV DALJINSKEGA OGREVANJA IN HLAJENJA

Podjetje Vexve je v svetu vodilni ponudnik ventilske tehnike na področju ogrevanja in hlajenja mest in v industriji. Njihove armature so izdelane na Finskem in so vgrajene v omrežjih sistemov daljinskega ogrevanja in hlajenja, v elektrarnah ter v sistemih za ogrevanje in hlajenje objektov po vsem svetu. Visokokakovostna ventilska tehnika zagotavlja zanesljivo obratovanje tudi v najzahtevnejših pogojih. V svojem programu imajo široko paleto krogelnih pip in loput, ki so del prenosnih vodov v sistemu daljinskega ogrevanja in hlajenja (slika 1).



Slika 1 : Del daljinskega ogrevanja in hlajenja: 1 – termoelektrarne, 2 – prenosni vodi, 3 – črpalne postaje



Slika 2 : Lopute podjetja VEXVE

Del prenosnih vodov omrežja sistemov daljinskega ogrevanja in hlajenja so tudi visokokakovostne lopute (slika 2).

Delijo se v zaporne lopute DN 300-1600 in regulacijske ter zaporne lopute DN 300-1200.

Njihove osnovne značilnice so:

- ▶ zatesnjena kovinska konstrukcija,
- ▶ trojno ekscentrična zasnova,
- ▶ optimizirano pretočno polje.

Zatesnjena kovinska konstrukcija zagotavlja:

- ▶ zanesljivo delovanje v širokem temperaturnem območju,
- ▶ primernost za najrazličnejše aplikacije in odpornost na spremenljivo kakovost vode,
- ▶ popolno tesnjenje in trajnost, ne potrebujejo vzdrževanja.

Trojno ekscentrična zasnova omogoča:

- ▶ loputa je popolnoma tesna v obeh smereh pretoka tudi pri tlačni razliki 25 bar
- ▶ in ima minimalno trenje med sedežem in diskom za dolgo življenjsko dobo.

Optimizirano pretočno polje pomeni:

- ▶ konstrukcija vretena zagotavlja minimalen upor in turbulenco,
- ▶ je trdna dvodelna konstrukcija vretena za maksimalno pretočno kapaciteto,
- ▶ izvedba s polnim preходом pri velikostnih razredih DN 300-800 jamči za najboljši pretok v industriji in znižuje stroške črpanja,
- ▶ lopute DN 900-1600 z reduciranim preходом imajo visoke vrednosti Kv.

Podjetje GIA-S, d. o. o., Grosuplje, zastopa in prodaja lopute ter drugo ventilsko tehniko Vexve, kar omogoča strankam dostop do vrhunskih rešitev za daljinsko ogrevanje in hlajenje. Za več informacij obiščite spletno stran www.giaflex.com oz. pišite na info@gia.si.

Vir:

GIA-S Industrijska oprema, d. o. o., Industrijska 1k, 1290 Grosuplje, tel: +386 1 7865 300, mobi: +386 31 603 363, internet. www.giaflex.com, e-mail: info@gia.si, g. Primož Živkovič

MOVOTRAK™ CTU – ZA VIŠJI NIVO DELOVANJA KOLABORATIVNIH ROBOTOV

Movotrak™ CTU je sedma prostostna stopnja, ki podaljša horizontalni delovni domet kolaborativnih robotov vse do 10 m. Je tudi prvi pravi kolaborativni podaljšek za kolaborativne robote Thomson Movotrak Cobot Transfer Unit oz. krajše CTU, ki ima možnost nastavitve zaznavanja trkov za revolucionarno programiranje in nadzorne možnosti.

Enota Movotrak CTU s hitro in enostavno (plug & play) vgradnjo v različnih robotskih aplikacijah podaljšuje horizontalno območje delovanja do 10 m, kar omogoča povečanje produktivnosti proizvodnje. S prilagodljivimi možnostmi namestitve je združljiv z največjimi kolaborativnimi roboti na trgu.

Nastavljive nastavitve zaznavanja trkov omogočajo uporabnikom, da poljubno nastavijo občutljivost 7. osi glede na zahteve aplikacije.

Način »Free drive« omogoča ročno vodene premike za nastavitve linearnih točk med programiranjem.

Zasnova z dvojno linearno enoto zagotavlja največjo momentno obremenitev in togost tudi, ko je roka kolaborativnega robota popolnoma iztegnjena.

Prilagodljive možnosti namestitve (vodoravna, obrnjena, stenska) omogočajo uporabnikom, da optimizirajo svoje delovne prostore.

Več informacij o proizvodih THOMSON LINEAR dobite pri podjetju INOTEH.



Namestitev kolaborativnega robota na Movotrak™ CTU (Vir: www.thomsonlinear.com)

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, e-mail: gp@inoteh.si, internet: www.inoteh.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.inoteh.si **INOTEH**
A BIBUS GROUP COMPANY
Inoteh d.o.o. K železnici 7 2345 Bistrica ob Dravi

MOBILNI RAČUNALNIK HONEYWELL EDA52

Honeywell EDA52 je zmogljiv in robusten mobilni računalnik, zasnovan za učinkovito upravljanje v skladiščih, maloprodaji in logistiki.

Ponaša se z naprednim Qualcomm 1,8 GHz 8-jedrnim procesorjem, ki zagotavlja hitro obdelavo podatkov, ter s 5,5-palčnim zaslonom visoke ločljivosti za jasno prikazovanje. S certifikatom IP67 je odporen na prah in vodo, kar pomeni, da ga lahko uporabljate tudi v najtežjih delovnih okoljih. Vgrajeni čitalec črtnih kod omogoča hitro in zanesljivo skeniranje, dolga življenjska doba baterije pa zagotavlja nemoteno delo celoten delovni dan. Honeywell EDA52 je popolna izbira za podjetja, ki želijo izboljšati učinkovitost in natančnost svojih operacij.

Tehnične specifikacije:

- ▶ procesor: Qualcomm Snapdragon 662, 8-jedrni, 1,8 GHz,
- ▶ pomnilnik (RAM): 3 GB / 4 GB RAM,
- ▶ shramba: 32 GB / 64 GB eMMC, razširljivo s kartico microSD (do 128 GB),
- ▶ operacijski sistem: Android 11, z možnostjo nadgradnje,
- ▶ zaslon: 5,5-palčni HD (1440 x 720) kapacitivni zaslon na dotik, berljiv na soncu, zaščiten s Corning Gorilla Glass,
- ▶ čitalec črtnih kod: vgrajen 2D-čitalec črtnih kod (Honeywell N6703),
- ▶ kamere: sprednja 5 MP in zadnja 13 MP s samodejnim ostrenjem in bliskavico,
- ▶ baterija: 4500 mAh, zamenljiva, omogoča celodnevno delovanje,
- ▶ povezljivost: 4G LTE, Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac, Bluetooth 5.1, NFC, GPS,
- ▶ priključki: USB-C, avdio priključek 3,5 mm,
- ▶ vzdržljivost: certifikat IP67 (odpornost na prah in vodo), padci z višine do 1,3 m na beton,



Honeywell EDA52

- ▶ dimenzije: 154 x 75 x 16,9 mm,
- ▶ teža: približno 260 g (z baterijo).

Honeywell EDA52 je prilagodljiv mobilni računalnik, ki ponuja zanesljivo delovanje in robustno zasnovo za uporabo v zahtevnih okoljih.

Vir:

LEOSS, d. o. o., Dunajska cesta 106, 1000 Ljubljana,
T: +386 (0)1 530 90 20, F: +386 (0)1 530 90 40,
GSM: +386 (0) 40 211 230, E: leoss@leoss.si, www.leoss.si

OGLAŠEVALCI

- | | |
|--|---|
| ▶ CELJSKI SEJEM, d. d., Celje365 | ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin ..329, 337 |
| ▶ FESTO, d. o. o., Trzin329, 386 | ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), |
| ▶ HENNLICH, d. o. o., Kranj374 | Novo mesto329 |
| ▶ HPE, d. o. o., Ljubljana329 | ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri329, 330 |
| ▶ ICM, d. o. o., Vojnik381, 385 | ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana329, 332 |
| ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi376 | ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica359, 380 |
| ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana340 | ▶ SEAL & TRADE, d. o. o., Maribor329 |
| ▶ La & Co., d. o. o., Limbuš329, 379 | ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana345 |
| ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana329, 358 | ▶ YASKAWA, d. o. o., Ribnica343 |
| ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana329, 385 | |

INDUSTRIJSKI BLAŽILNIKI SUNKOV ACE – KLJUČNI PARTNER PRI ZAŠČITI INDUSTRIJSKIH STROJEV IN OPREME

Industrijski blažilniki sunkov so pomembna komponenta v industrijskih procesih, kjer je potrebno natančno obvladovanje kinetične energije. Med vodilnimi podjetji, ki razvijajo napredne rešitve na tem področju, je tudi ACE Stoßdämpfer GmbH (ACE), ki slovi po svoji inovativni tehnologiji in vrhunskih proizvodih, ki izboljšujejo učinkovitost in življenjsko dobo industrijskih sistemov.



Industrijski blažilniki sunkov

Zakaj so industrijski blažilniki sunkov ključni?

V industrijskih aplikacijah, kjer so pogosta hitra gibanja in visoke sile, so mehanske komponente pogosto izpostavljene udarcem, vibracijam in sunkom, kar lahko povzroči škodo in obrabo.

Industrijski blažilniki sunkov so zasnovani tako, da absorbirajo to kinetično energijo, jo pretvorijo v toploto in preprečijo, da bi se prenesla na ostale dele sistema. S tem omogočajo nemoteno delovanje strojev, zmanjšujejo stroške vzdrževanja in izboljšujejo varnost.

ACE: Inovacije in kakovost

ACE se ponaša z bogato tradicijo in inovacijami v industriji blažilnikov sunkov. Njihovi produkti so zasnovani tako, da zadovoljijo zahteve različnih industrij: od avtomobilske industrije, robotike, montažnih linij do logistike in proizvodnje.

Ključne prednosti blažilnikov sunkov ACE:

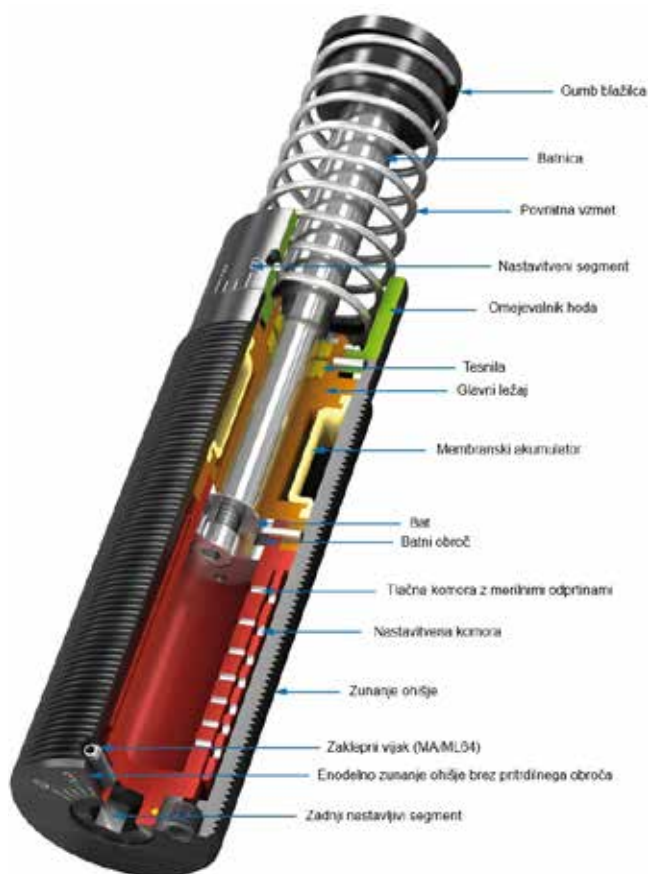
1. **Natančno obvladovanje sile** – Blažilniki ACE so zasnovani za natančno in zanesljivo absorpcijo kinetične energije pri različnih obremenitvah.

Zagotavljajo gladko ustavljanje brez vibracij ali povratnih sunkov, kar je izjemno pomembno za zaščito mehanskih komponent in orodij.

2. **Povečana produktivnost** – Z uporabo blažilnikov ACE se zmanjša čas ciklov, saj omogočajo hitrejša in bolj zanesljiva delovanja sistemov. S tem se poveča produktivnost strojev in linij.
3. **Zmanjšanje stroškov vzdrževanja** – Ker blažilniki učinkovito absorbirajo energijo in zmanjšujejo obrabo mehanskih delov, bistveno podaljšajo življenjsko dobo strojev in zmanjšujejo potrebo po pogostih servisnih posegih.
4. **Različne serije in prilagodljivost** – ACE ponuja širok spekter blažilnikov, ki se prilagodijo specifičnim potrebam uporabnika: od kompaktnih modelov za majhne naprave do robustnih blažilnikov za velike in težke industrijske aplikacije.
5. **Varnost in zanesljivost** – S stabilnim in zanesljivim delovanjem blažilnikov ACE se izboljšuje varnost v industrijskem okolju, kar zmanjšuje tveganje za okvare strojev in nesreče.

Tehnologija ACE – Prilagojena vsakemu iz- zivu

ACE ponuja več različnih vrst blažilnikov sunkov, prilagojenih različnim aplikacijam. Med najbolj pri-



Sestava blažilnika

Ijubljene serije spadajo:

- ▶ **MAGNUM serija:** Visoko zmogljivi blažilniki, ki zagotavljajo dolgo življenjsko dobo, zanesljivost in zmogljivost. Primerni so za številne industrijske aplikacije, kjer je potrebna večja absorpcija energije.
- ▶ **MINI serija:** Kompaktni blažilniki sunkov, zasnovani za aplikacije, kjer je prostora malo, vendar je potrebna visoka stopnja absorpcije energije.
- ▶ **MC/SC-serije:** Natančni blažilniki, ki omogočajo prilagoditev specifičnim potrebam uporabnikov v različnih industrijah.

Če povzamemo

Industrijski blažilniki sunkov ACE so tehnološko napredne komponente, ki igrajo ključno vlogo v različnih industrijskih procesih. S svojimi rešitvami ne le podaljšujejo življenjsko dobo strojev in izboljšujejo njihovo učinkovitost, temveč tudi prispevajo k večji varnosti in zanesljivosti celotnih proizvodnih linij. Zaradi svoje prilagodljivosti in inovativnih rešitev so blažilniki ACE nepogrešljiv del sodobne industrijske opreme.

Vir:

S3C, d. o. o., Tržaška cesta 116, 1000 Ljubljana, tel: 030 60 90 70. internet: www.s3c.si, g. Grega Arko



LA&CO

Sinergija premikanja. Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.



Rexroth
Bosch Group
Zavodstvo

LA & CO d.o.o.
Limbuška cesta 2
2341 LIMBUŠ

www.la-co.si
info@la-co.si
02 / 42 92 660



25
LET

Že 25 let vam ponujamo vrhunsko tehniko in prave strokovnjake, za vaše zahteve na področju hidravlike, pnevmatike in linearne tehnike.

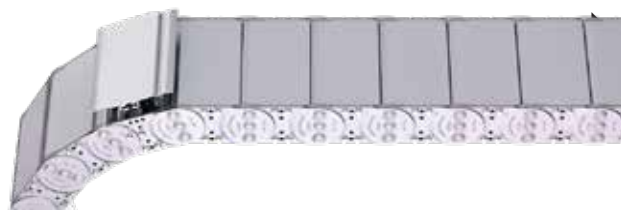
SERIJA ENERGETSKIH VERIG KABELSCHLEPP S/SX

Izjemno robustne kovinske energetske verige za najzahtevnejše aplikacije

Preizkušene kovinske energetske verige KABELSCHLEPP S/SX imajo izjemno robustne povezovalne plošče in namensko zasnovo spoja z večtaktnim sistemom in kaljenim sornikom. Zasnova omogoča velike nepodprte dolžine in visoke dodatne obremenitve.

Karakteristike energetske verige S/SX:

- ▶ razdelek 65–550 mm,
- ▶ notranja višina 31–578 mm,
- ▶ notranja širina 35–1500 mm,
- ▶ upogibni radij 75–2400 mm,
- ▶ dolžina do 24,9 m,
- ▶ hitrost do 2,5 m/s,
- ▶ pospešek do 5 m/s².



Energetska veriga S/SX

Uporabite naše znanje in izkušnje. V tesnem sodelovanju z vami lahko naši izkušeni sistemski strokovnjaki zagotovijo predprodajno podporo ter načrtovanje in oblikovanje s poprodajnimi storitvami in podporo.

Vse na enem mestu:

- ▶ svetovanje,
- ▶ načrtovanje,
- ▶ oblikovanje,
- ▶ energetske verige,
- ▶ napajalni in krmilni kabli,

- ▶ hidravlične cevi,
- ▶ pnevmatske cevi,
- ▶ priključki za vtič in vtičnico,
- ▶ montažne plošče.

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 35, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: info@inoteh.si, internet: www.inoteh.si



SPLAČA SE BITI NAROČNIK



ZA SAMO 50€ DOBITE:

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (10 številke)
- 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



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

REGULATOR TEMPERATURE **OMRON NX-HTC** ZA IZBOLJŠANO ANALIZO STANJA STROJA

OMRON, vodilni ponudnik rešitev za industrijsko avtomatizacijo, je napovedal lansiranje novega regulatorja temperature NX-HTC. Ta 30 mm širok krmilnik je zasnovan tako, da zagotavlja optimalen in samodejen nadzor brez človeškega posredovanja. Idealen je za aplikacije, kot sta tesnjenje okolju prijaznih embalažnih materialov in inovativna proizvodnja polprevodniških čipov.



Modularni temperaturni regulator NX-HTC za serijo krmilnikov NJ/NX1

V proizvodnih in pakirnih aplikacijah ima nadzor temperature ključno vlogo pri zagotavljanju kakovosti izdelkov, optimizaciji procesov, obvladovanju toplotne obremenitve ter ohranjanju doslednosti in ponovljivosti. Anomalije pri sestavljanju stroja lahko povzročijo drage izpade in veliko časa, porabljenega za prepoznavanje in odpravljanje težav. S temperaturnim regulatorjem NX-HTC želi OMRON preprečiti takšne anomalije in znatno zmanjšati število delovnih ur, porabljenih za odpravljanje težav.

NX-HTC ima edinstveno funkcijo digitalizacije temperaturnih valov, ki uporabnikom omogoča natančno zajemanje in analizo temperaturnih trendov. Ta funkcija omogoča pametnejše načrtovanje vzdrževanja z odkrivanjem zgodnjih znakov neobičajnih pogojev opreme, kot so degradacija grelnika, nepravilna namestitvev senzorja ali oprijem prahu na površine tesnilnih palic.

Z impresivno ločljivostjo 0,01 °C regulator temperature NX-HTC zagotavlja visoko natančen nadzor temperature – tudi v razmerah z visoko temperaturo. Poleg tega zagotavlja celovite zmožnosti nadzora ogrevanja in hlajenja, ki jih spremlja HBA (alarm za izgorelost grelnika). Poleg tega je NX-HTC opremljen s funkcijo pred-boost, ki proaktivno skrajša čakalne dobe za do 80 %. Ta funkcija takoj obravnava ustavitve stroja in vnaprej kompenzira vhodne padce temperature v sinhronizaciji z gibanjem stroja, kar poveča učinkovitost proizvodnje.

NX-HTC, ki je na voljo v modelih s 4 in 8 zankami, omogoča večtočkovno krmiljenje znotraj kompaktne širine 30 mm in zavzame 40 % manj prostora kot njegov predhodnik, model NX-TC, ki je imel 4 kanale na enoto. Ta kompaktna oblika optimizira izrabo prostora in poenostavlja namestitve.

NX-HTC podpira univerzalni vhod, kar omogoča merjenje širokega nabora senzorjev. Združljiv je z 12 vrstami termočlenov, Pt100 in linearnimi senzorji toka/napetosti, vključno z infrardečimi. Poleg tega ima NX-HTC izjemno kompakten sistem ožičenja vmesnika, ki poenostavi postopek nastavitve in zmanjša zapletenost ožičenja.

Obrnite se na nas za brezplačno svetovanje pri integraciji rešitev za temperaturno regulacijo v vašem proizvodnem procesu: omron.podpora@miel.si.

Vir:

MIEL d. o. o., Ulica svežih idej 4A, 3320 Velenje, tel.: +386 3 777 70 00, fax: +386 3 777 70 01, internet: www.miel.si, e-pošta: info@miel.si

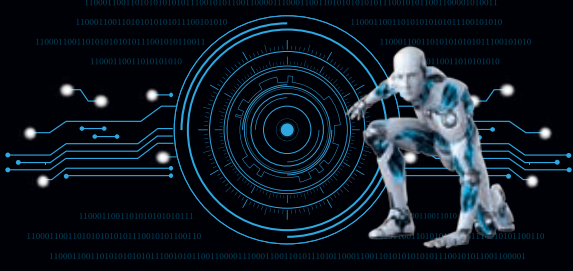


IFAM - INTRONIKA-ROBOTICS

11.-13.2.2025

Ljubljana

www.icm.si



PRIKLJUČI IN NAMAŽI

Avtomatska električna kartušna črpalka – tip AECP

Branko Šimac

Podjetje HENNLICH predstavlja kompaktno kartušno črpalko proizvajalca SKF Lincoln. Črpalka AECP je primerna za uporabo v manjših sistemih centralnega mazanja. Njena osnovna značilnost je: priključi in namaži. Centralni mazalni sistem je odlična izbira, kadar je potrebno mazati večje število mazalnih mest, ko je poraba maziva velika in zlasti takrat, ko je potrebno redno, zanesljivo in nadzorovano mazanje. Ta investicija preprečuje nepotrebne zastoje, zmanjša obrabo tornih delov in porabo maziv ter hkrati bistveno manj onesnažuje okolje, prihrani pa marsikatero delovno uro vzdrževalca.



Slika 1: Črpalka AECP

Zgradba in značilnosti

Na pritrdilni nosilec so nameščeni elektromotor za pogon, črpalka, rezervoar, varnostni ventil in vgrajen senzor nivoja medija. Obstajata možnosti odprtega polnjenja rezervoarja ali uporabe kartuše.

Črpalko sestavlja rezervoar z vzmetnim sledilnim pokrovom, ki pomaga pri polnjenju. Odzračevalni ventil izpusti zrak iz rezervoarja po polnjenju črpalke ali menjava kartuše.

V okolju z visokimi vibracijami je priporočljiva uporaba posebnega zatiča, ki zagotavlja stabilnost rezervoarja.

Na voljo je tudi izhodni reducirni adapter za povezavo črpalke s stroji, ki za svoje delovanje potrebujejo podmazovanje. Izpustni ventil sprosti zrak pri tlaku 270 barov.

Branko Šimac, HENNLICH d. o. o., Kranj,
simac@hennlich.si

Specifikacije:

- ▶ maziva: NLGI 1 in 2,
- ▶ prostornina kartuše: 420 ml,
- ▶ delovni tlak: 248 barov,
- ▶ delovna temperatura: -40 do +65 °C,
- ▶ število črpalnih elementov: 1,
- ▶ izhod maziva: 6 cm³/min,
- ▶ zaščitni razred IP: IP 6K9K,
- ▶ napetost: 12 V DC,
- ▶ delovni tok: 10 ali 20 A,
- ▶ izhod medija: G 1/4,
- ▶ položaj montaže: katerikoli,
- ▶ mere: 406 × 190 × 89 mm,
- ▶ masa (prazno): 2,08 kg.

Nova avtomatska električna kartušna črpalka Lincoln (AECP) s kartušami združuje najboljše lastnosti ročnega in avtomatskega mazanja.

AECP je prilagojena za uporabo standardnih kartuš, zato je polnjenje sistema samodejnega mazanja tako enostavno kot polnjenje pištole za mazivo. Za polnjenje ne potrebujete posebnega orodja ali opreme, poleg tega pa uporaba kartuš omogoča uporabo širokega nabora maziv.

Črpalka AECP se zaradi majhnih dimenzij in prilagodljivih možnosti montaže prilega tudi ozkim prostorom. Je zelo robustna in primerna za uporabo v težkih delovnih okoljih ter pogojih.

V povezavi s progresivnimi dozirnimi razdelilniki SSV je črpalka AECP srce sistema za samodejno mazanje, ki ga je preprosto upravljati. Vse mazalne točke so med delovanjem stroja zanesljivo oskrbovane. Kapaciteta rezervoarja oziroma kartuše zadostuje za minimalno en delovni dan obratovanja stroja.

Vgrajeno tipalo nizke ravni maziva zagotavlja zgodnje opozorilo za zamenjavo kartuše. Če so potrebne naprednejše časovne nastavitve za optimalno doziranje maziva, je mogoče sistem AECP upravljati s krmilnikom.



Slika 2 : Razdelilniki



Slika 3 : Standardne kartuše

Dodatna oprema

Razdelilniki SSV odlično dopolnjujejo črpalko AECP pri izdelavi majhnega progresivnega centralnega mazalnega sistema. Gre za vsestransko in enostavno nastavljive razdelilne elemente, ki so na voljo v številnih različicah.

Maziva SKF so zasnovana za potrebe uporabnika in preizkušena glede učinkovitosti v dejanskih aplikacijah. Izkušnje proizvajalca z ležaji, mazivi in aplikacijami pomagajo ponuditi uporabnikom prava maziva. Maziva so na voljo v standardnih kartušah s prostornino 420 ml.

Prednosti uporabe

Prednosti kompaktne kartušne črpalke AECP proizvajalca SKF Lincoln so predvsem:

- ▶ cenovna dostopnost in zanesljivost opreme,
- ▶ enostavnejše vzdrževanje stroja,
- ▶ zmanjšanje stroškov vzdrževanja in nadomestnih delov,
- ▶ enostavna naknadna vgradnja,
- ▶ kartuše omogočajo uporabo širokega nabora maziv,
- ▶ kompaktna zasnova se prilega ozkim prostorom,
- ▶ robustna zasnova je odporna na težka delovna okolja,
- ▶ idealno za uporabo na majhnih delovnih strojih:
 - ▶ buldožerji in nakladalniki,
 - ▶ kmetijski stroji, kot so balirke,
 - ▶ komunalna oprema.

POT DO ZANESLJIVEGA DELOVANJA SISTEMA STISNJENEGA ZRAKA – 1. DEL

»Nikoli ne moremo ustaviti proizvodnje.«
To je pogost izziv, s katerim se srečamo pri strankah s kompresorsko postajo.

Kompresorski sistemi so pogosto prepuščeni samostojnemu delovanju, vendar niso pripravljeni za tak način. Nekateri uporabniki ugotovijo, da lahko zaradi časa, denarja ali obojega opravijo le minimalno vzdrževanje in planiranje. Informacije v tem članku bodo upravljavcu pomagale oceniti njegove sisteme in ugotoviti, kje je še prostor za izboljšave.

Obstaja veliko načinov in priložnosti, da sistem stisnjene zraka zanesljivo proizvaja kakovosten stisnjeni zrak. Tri stopnje bi lahko označili tudi kot »načrt nenehnega izboljševanja«, ki ga je mogoče doseči skozi čas in z občasnim vlaganjem v nadgradnje. Vse pa se začne s prepoznavanjem potrebe po odzivnosti in obveščanju o nepravilnostih v sistemu stisnjene zraka, ki povzročajo izpade proizvodnje.

Prva stopnja: Potreba po odzivnosti, prepoznavanje težav v sistemu in proizvodnji

Korak 1: Zanesljiva dobava stisnjene zraka z nadomestnim kompresorjem

Korak 2: Zanesljiva kakovost zraka z nadomestnim sušilnikom

Korak 3: Vzdrževanje tlaka na končnih mestih uporabe z merilniki tlaka na pravih mestih

Korak 4: Nadzor nad pretokom stisnjene zraka z uporabo merilnikov.



Slika 1 : Dva kompresorja, ki lahko delujeta po sistemu zanesljivosti »backup«.

Druga stopnja: Cevni sistemi in kakovosti zraka

Korak 1: Izboljšanje cevne napeljave

Korak 2: Odvajanje kondenzata in kontrola kvalitete

Korak 3: Prihranki denarja z uporabo toplote in detekcijo puščanja.

Tretja stopnja: Ohranjanje dinamičnosti sistema

Korak 1: Pridobite informacije s centralnim krmilnikom

Korak 2: Bodite na tekočem s podatki v realnem času

Korak 3: Začnite primerjalno analizo za pravočasno obveščanje.

Potreba po odzivnosti, prepoznavanje težav v sistemu in proizvodnji

Zanesljiva dobava stisnjene zraka

Ko se kompresor okvari, je težava običajno očitna. Kompresor ne obratuje in treba ga je popraviti. Če je to edini kompresor, ki podpira proizvodnjo, kmalu ostanemo brez zraka. To je začetek prve stopnje – imejte rezervni kompresor. Ni potrebno, da ga hranite v stanju pripravljenosti in ga nikoli ne zaženete, imejte en kompresor v rotaciji kot rezervni za uporabo pri izklopu posameznih kompresorjev ali za redno vzdrževanje. Stroški dodatnega kompresorja v pripravljenosti so pogosto manjši kot stroški izpada proizvodnje.

Zanesljiva kakovost zraka

Glavni način za korenito izboljšanje kakovosti stisnjene zraka je, da ga po fazi stiskanja ustrezno očistimo kontaminantov skladno z zahtevo proizvodnega procesa (ISO8573-1). Tako kot dodajanje kompresorja v pripravljenost pomaga zagotoviti, da bo proizvodnja vedno imela stisnjeni zrak, zato v sistem dodajte tudi rezervni sušilnik zraka. Na ta način bo imela proizvodnja suh zrak tudi, če bi prišlo do okvare. To obenem omogoča, da se vzdrževanje opravi, ko je to potrebno, in ne samo, ko je proizvodnja ustavljena, kar je le malokdaj.

Vzdrževanje tlaka na končnih mestih uporabe

Do večjih težav lahko pride, ko se v času proizvodnje v sistemu pojavi nizek tlak, ki preveč niha ali pa ga sploh ni. Odpravljanje težav v takih situacijah bi moralo biti enostavno, vendar je včasih težko ugo-



Slika 2 : Več merilnikov tlaka olajša diagnostiko

točiti, kje je glavni vzrok. Merilnikov tlaka na mestih uporabe je malo in so pogosto na napačnem mestu. Upravljalci strojev običajno opazujejo majhen merilnik, ki je priložen regulatorju na izhodni strani, če imajo to srečo, da obstaja regulator. Pogosto pa merilnika pred regulatorjem sploh ni in posledično je težave težko odpraviti.

Nadzor nad pretokom stisnjene zraka

Dodajanje merilnika pretoka v glavno linijo proizvodnje omogoča hitrejši odzivni čas pri odpravljanju težav s celotnim sistemom (slika 3). Merilnik pretoka lahko pokaže, če kompresorji oddajajo nazivni pretok. V primerih, ko vsi kompresorji delujejo in imamo v proizvodnji nizek tlak, bi pričakovali visok pretok. Dodajanje merilnika pretoka v glavno linijo bo operaterju kompresorja pomagalo vedeti tudi to, kako podjetje raste, in lahko spremlja, kdaj bo ta



Slika 3 : Merilnik pretoka stisnjene zraka

rast zahtevala dodajanje dodatnega kompresorja v sistem.

Zaključki

Obstaja veliko načinov in priložnosti za izdelavo sistema stisnjene zraka, ki proizvaja zanesljiv in kakovosten zrak. Zaradi težav v proizvodnji, ki so posledica napak na sistemu stisnjene zraka, bo podjetje hitro doseglo stopnjo 1. Dokončanje prve stopnje bo sistem stisnjene zraka postavilo v položaj, da bo bolj zanesljiv in bo omogočil čas za izboljšave, dosežene v stopnji 2, o kateri bo govor v naslednji številki.

www.omega-air.si



OMEGA AIR
more than 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



Air

MEDIJI

stisnjen zrak
vakuum
N₂, O₂, CNG,
dihalni zrak
CO₂, H₂, He



Air



N₂



O₂



H₂



8-Air



He



CNG



Air



CO₂

© Ventil 30(2024)6. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
 © Ventil 30(2024)6. 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 30
 Year Letnica 2024
 Number Številka 6

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: izr. prof. dr. Miroslav Halilović
 Pomočnik urednika: izr. prof. dr. Franc MAJDIČ
 Tehnični urednik: Roman Putrih

Znanstveno-strokovni svet:

- ▶ Erih ARKO, YASKAWA, Ribnica
- ▶ prof. dr. Ivan BAJSIČ, 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, (upokojen) FS Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Miroslav HALILOVIČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
- ▶ dr. Robert IVANČIČ, INTECH-LES, Rakek
- ▶ dr. Milan KAMBIČ, OLMA, Ljubljana
- ▶ doc. dr. Gorazd KARER, FE 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
- ▶ izr. prof. dr. Franc MAJDIČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hubertus MURRENHOFF, (upokojen) RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ izr. prof. dr. Dragica NOE, (upokojena) FS Ljubljana
- ▶ Bogdan OPAŠKAR, FESTO, Ljubljana
- ▶ dr. Jože PEZDIRNIK, (upokojen) FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Jože RITONJA, FERI Maribor
- ▶ prof. dr. Katarina SCHMITZ, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ prof. dr. Riko ŠAFARIČ, FERI Maribor
- ▶ Janez ŠKRLEC, inž., uredništvo revije Ventil
- ▶ doc. dr. Marko ŠIMIC, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Željko ŠITUM, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Hrvaška
- ▶ prof. dr. Janez TUŠEK, TKC 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: Schwarz Print d. o. o., Ljubljana
 Marketing in distribucija: Roman Putrih

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

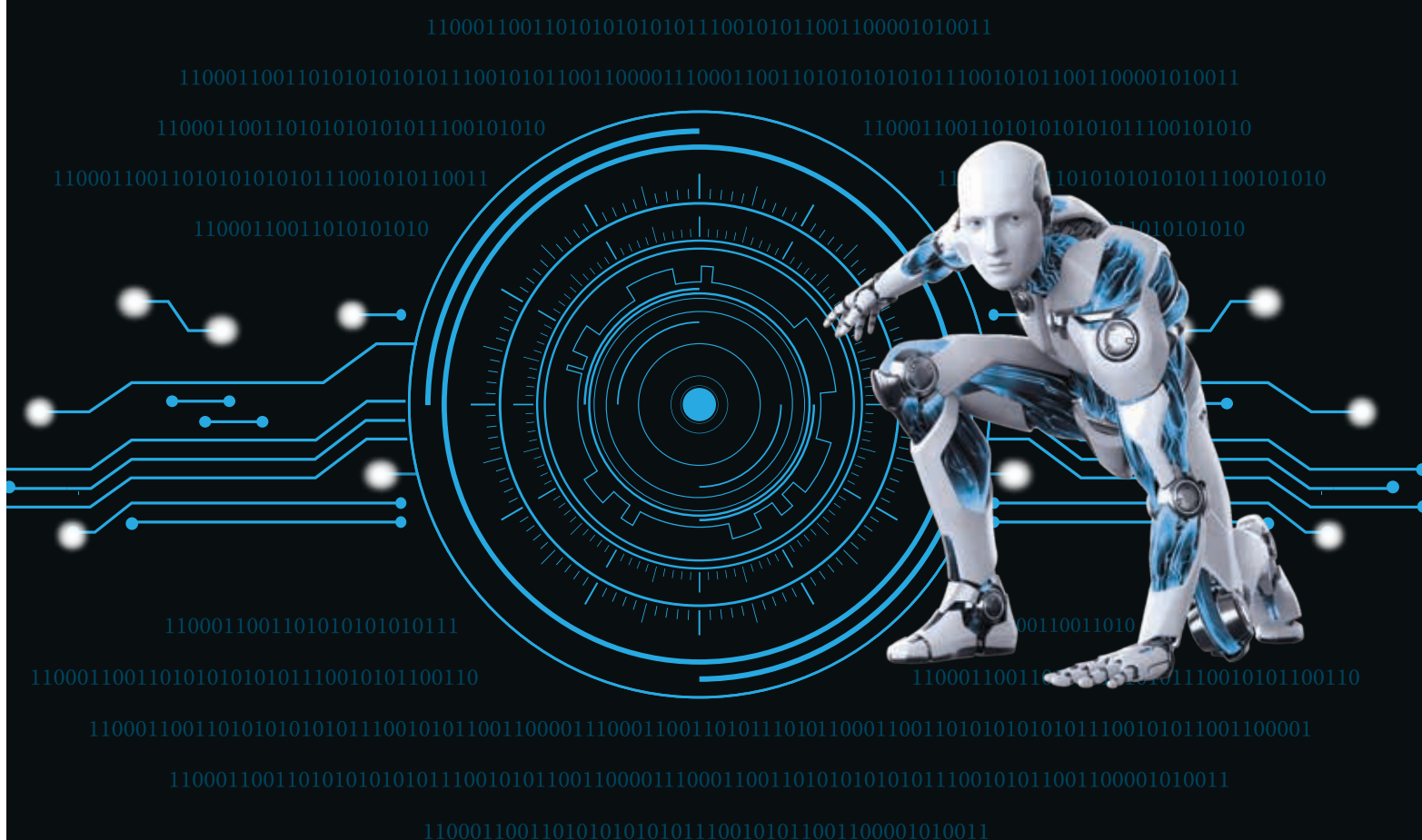
Naklada: 800 izvodov
 Cena: 5,00 EUR – letna naročnina 30,00 EUR

Revijo sofinancira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).
 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.

IFAM-INTRONIKA-ROBOTICS

11.-13. 2. 2025

Ljubljana



Digitalizirajte. Sedaj!

#higherproductivity

AX Smartenance – vaš mobilni vodja vzdrževanja

FESTO



Želite narediti svoje aplikacije bolj produktivne.
Iščete učinkovite rešitve.
V digitalno prihodnost vstopamo z vami.

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

Novo: Mobilno upravljanje vzdrževanja s Festo AX Smartenance.

Inteligentno upravljanje vzdrževanja in delo v ekipi omogoča učinkovito upravljanje za vodje proizvodnje in upravljalce strojev. Smartenance je enostaven in stroškovno učinkovit uvod v digitalizacijo.

www.festo.com