

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 29 / 2023 / 2 / April

Fakulteta za
strojništvo z novo
raziskovalno opremo

Vpliv čistoče
hidravličnega olja

Odzivnost vodne
hidravlike

Komora za
preizkušanje grelnih
teles

						
						
						
						
 Dantorque						
 Shafer						

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

ppt commerce
 HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA
 PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

Univerza v Ljubljani
 Fakulteta za strojništvo



ZAVORNE REŠITVE

Vrhunske zavorne rešitve za traktorje, off-road vozila in prikolice z dvolinijskim sistemom, zasnovane in proizvedene v Sloveniji

VSESTRANSKOST / VARNOST / ENOSTAVNOST UPORABE / ERGONOMIJA



Ventil za delavno zavoro



Ventil za parkirno zavoro



Ventil za polnjenje akumulatorja



Zavorni ventil za dvolinijski zavorni sistem – traktor



NOVO



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

www.poclain-hydraulics.com



SLOVENIJA - NAJBOLJ INDUSTRIJSKA DRŽAVA V EVROPI, MAR RES?



Težave pisanja uvodnikov, različnih spisov, esejev in podobnega so s sodobnim orodjem odpravljene. Umetna inteligenca zmore več kot človeški um. Ali je to dobro ali slabo, bo pokazala prihodnost.

Tokratni uvodnik pa bom skušal napisati sam po stari ustaljeni navadi.

V tem mesecu je v Celju potekal tradicionalni Mednarodni industrijski sejem, ki ga organizatorji priredijo vsaki dve leti. Zaradi epidemije je bil leta 2021 odpovedan in prestavljen na leto 2022. Letos pa je bil organiziran, kot bi moral biti po tradicionalnem urniku.

Organizatorji so letos s številom razstavljalcev izjemno zadovoljni in celo presenečeni. Podobno velja za število obiskovalcev sejma.

Organizatorji celo navajajo, da je sejem po številu razstavljalcev in obiskovalcev v zadnjih nekaj letih (dve leti po koroni) postal prepričljivo največji in najpomembnejši sejem s področij orodjarstva in strojogradnje, varjenja in rezanja, industrije polimerov, industrijskega vzdrževanja ter industrijske avtomatizacije, robotike in elektronike v jugovzhodni Evropi. Da gre za pomemben regionalni sejem, pričata podatka, da je med razstavljalci več kot 60 odstotkov tujih podjetij iz več kot 32 držav, med obiskovalci pa jih več kot 43 odstotkov prihaja iz 13 tujih držav.

Ta sejem je vsem, ki delujemo v teh panogah, več kot izjemna priložnost za najhitrejše in najcenejše pridobivanje kupcev iz celotne jugovzhodne Evrope, za predstavitev novosti, srečanje z obstoječimi kupci in primerjavo s konkurenti.

V Sloveniji predstavlja industrija pomemben del gospodarstva, saj je naša država ena izmed najbolj industrializiranih držav Evropske unije. Industrija ustvari 24 odstotkov slovenskega bruto domačega proizvoda.

To so zelo spodbudni podatki. Večino industrijske proizvodnje izvozimo v najbolj razvite države sveta. Pri tem pa nastopijo zelo pomembna vprašanja: ali je slovenska industrija konkurenčna drugim, kakšna je v tej panogi dodana vrednost na zaposlenega, kakšen je razvoj v naši industriji in kakšna je njena bodočnost?

Številni pokazatelji kažejo, da v marsičem, predvsem na klasičnem strojništvu, zaostajamo za drugimi državami. Prva težava je, da je pri nas delovna sila re-

lativno zelo draga. Tu gre zaradi visokih obdavčitev osebnih dohodkov kritika na državo.

S temi podatki prav gotovo ne moremo biti zadovoljni. Po številnih podatkih naša konkurenčnost pada, dodana vrednost pa raste zelo počasi. To žal še posebej velja za področje strojništva.

V zadnjem tednu se je na problem odzvala politika (vlada RS) in podpisala nek sporazum z Gospodarsko zbornico Slovenije, s Koordinacijo samostojnih raziskovalnih inštitutov Slovenije in z Rektorsko konferenco Republike Slovenije. To naj bi bil zgodovinski dogovor o strateškem sodelovanju in usklajenem naslavljanju »doline smrti« na področju tehnološkega razvoja in inovacij. Dogovor bo tako pripomogel k doseganju višje kakovosti življenja državljanek in državljanov, okoljske vzdržnosti in visoke dodane vrednosti.

Pomen tega sporazuma bomo lahko ocenjevali šele v prihodnosti.

Nadalje imamo posebno strateško skupino pri Gospodarski zbornici Slovenije: Slovenija 5.0. Njeno poslanstvo je ozavestiti različne javnosti o pomenu industrije in nujnosti njenega razvoja na podlagi razvojnih programov, ki imajo največ možnosti, da bi jih bilo moč unovčiti na trgu. Zato strateška skupina Slovenija 5.0 združuje deležnike, ki najbolje vedo, kako, kje in komu bomo lahko na trgu najuspešneje prodali nove produkte, storitve ali tehnologije, ki so tudi cilj strategije pametne specializacije. Akterji, ki sodelujejo v projektu Slovenija 5.0, imajo pred seboj pomembno vprašanje: kako do optimalnega razvoja industrije kot ključnega motorja izvoza in gospodarstva v obdobju 2020–2030, vključujoč močne povezave s povezanimi neindustrijskimi panogami.

Vse te strateške skupine, sporazumi in dogovori nam nič ne pomenijo in ne pomagajo, če ne bomo ustvarili okolja, v katerem se bodo podjetniki, obrtniki, inovatorji ter raziskovalci in znanstveniki dobro počutili. Če ne bomo ustvarili okolja, ki je boljše ali vsaj primerljivo z okoljem v tujini, nam ne more nihče pomagati.

V zadnjem mesecu je bila narejena raziskava o poslovni privlačnosti posameznih držav. Tudi tu se je Slovenija izkazala zelo slabo. Znašla se je pod povprečjem držav, ki so sodelovale v raziskavi.

Poslovna privlačnost neke države je nov pojem, ki se je pojavil pred časom in opisuje, kako je neko okolje ali neka država privlačna za tuje naložbe, zaposlene, iskanje službe oziroma kako je to okolje prijazno za poslovanje. Ocena o poslovni privlačnosti je sestavljena iz več kategorij: državna uprava in administracija, infrastruktura, davki, viri, znanost. Skratka vse, kar nekemu podjetju lahko olajša ali pa oteži poslovanje.

Če pogledamo te kategorije, vidimo, da virov nimamo, da imamo veliko administracije, da imamo visoke davke in vse to odvrča tuje naložbe in mlade od iskanja zaposlitve.

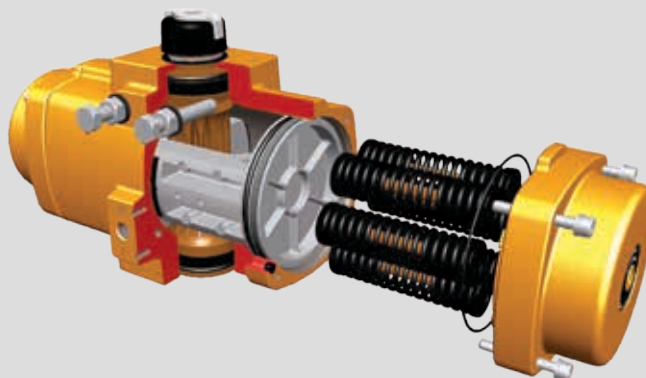
Janez Tušek




EMERSON[™]
 Process Management



EL Matic[™]



Field



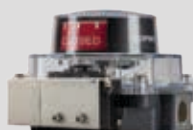
BETTIS[™]



 **BIFFI**



FISHER



Dantorque

HYTORK

Shafer

ppt commerce

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA
 PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

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

DOGODKI • POROČILA • VESTI	74
PREDSTAVITEV	
Tanja Potočnik Mesarić	
Fakulteta za strojništvo z novo raziskovalno opremo še več možnosti vrhunskih raziskav in sodelovanja z industrijo – 2. del	84
NOVICE • ZANIMIVOSTI	
Janez Škrlec	
Nastajajoče tehnologije spreminjajo industrije in svetovno gospodarstvo	94
HIDRAVLIČNI VENTILI	
Domen Barbiš, Nejc Novak, Ana Trajkovski, Franc Majdič	
Vpliv čistoče olja na trajnost delovanja hidravličnega potnega ventila	96
VODNA HIDRAVLIKA	
Anže Dolinar, Franc Majdič	
Ali lahko vodna hidravlika z manjšo težo konkurira oljni hidravliki?	106
TOPLOTNA TREHNIKA	
Anastasija Jocić, Matjaž Prek, Urška Mlakar, Uroš Stritih	
Delovanje in uporaba komore za preizkušanje grelnih teles	114
AKTUALNO IZ INDUSTRIJE	
Kolesa ELESA+GANter: Razširitev palete izdelkov za še bolj raznoliko ponudbo (ELESA+GANter)	118
Blaženje na aktuatorjih Electrak® XD (INOTEH)	119
Inteligentne in trajnostne elektrohidravlične osi (LA & Co)	120
NOVOSTI NA TRGU	
Popolno in učinkovito vpenjanje (ELESA+GANter)	121
Sesalna guma FCX50 za sadje in zelenjavo – FLIW (INOTEH)	122
Sesalna guma piGRIP® s peno – FLIW (INOTEH)	123
PODJETJA PREDSTAVLJAJO	
Črpalke za zahtevne medije (HENNLICH)	124
Nova generacija SCARA robotov serije i4L in i4H (MIEL Elektronika)	126
Kontejnerska kompresorska postaja OMEGA AIR - BOX (OMEGA AIR)	130
Sistem za upravljanje komprimiranega zraka (SMC Industrijska avtomatika)	132

INTERDISCIPLINARNOST MEROSLOVCA ŠTEJE

V četrtek, 23. 3., je v okviru 42. mednarodne konference o razvoju organizacijskih znanosti potekal dogodek *Interdisciplinarnost meroslovca šteje* v organizaciji Urada RS za meroslovje in Fakultete za organizacijske vede Kranj.

Priča smo hitremu tempu življenja, razvoja in tudi sprememb, ki temu sledijo. Delodajalci vedno bolj poudarjajo pomembnost raznolikega znanja in kompetenc, ki predstavljajo odskočno desko, ne samo za industrijo 4.0, ampak preskok v boljši jutri.

V organizacijah se srečujemo z vse večjim številom podatkov, na podlagi katerih je potrebno sprejeti ustrezne odločitve. Veliko teh podatkov izhaja iz meritev. Zato se spreminjajo tudi zahteve delodajalcev po kompetencah osebja in konec koncev tudi odločevalcev na različnih ravneh. Zahteve postajajo vse bolj interdisciplinarne. Tem zahtevam bo treba slediti tudi z izobraževalnim sistemom, če želimo zagotoviti učinkovito gospodarstvo in družbo nasploh.

Kot je v svojem pozdravnem govoru povedal predsednik Državnega sveta RS g. Marko Lotrič, da smo v času pandemije kovida-19 »v meroslovju opravili na milijone različnih testov in meritev. Še pogosteje kot običajno smo merili telesno temperaturo sebi in svojim otrokom in o tem, koliko zdravil vzeti, smo se odločali na osnovi merjenja. Zanašali smo se na meritve pri najpomembnejšem, kar imamo – zdravju.

V novi krizi, pogojeni s časom negotovosti in visokih cen energentov, kar naenkrat vsi poznamo izraze, kot so kilovatna ura in cena na kilovatno uro. V podjetjih se opaža povečanje pozornosti na kakovost materialov, ki so prav tako vedno dražji. Draginja nas je prignala celo tako daleč, da se v javnosti pojavljajo vprašanja, ali tehtnice v trgovinah kažejo točno maso sadja in zelenjave.

Naše odločitve vedno bolj temeljijo na merjenju. Seveda pa pri tem ni edini pokazatelj številka, rezultat je treba tudi pravilno interpretirati. Od meroslovca se pričakuje, da zna rezultat posredovati na način, da ga bodo odločevalci lahko uporabili pri svojem odločanju. To pa zahteva ne samo poznavanje postopka merjenja, ampak tudi poslovnega procesa in namen samega merjenja. In več, kot je podatkov, več napora in znanja zahteva obdelava.«

S konferenco in dogodkom Interdisciplinarnost šteje se je želelo poudariti pomen znanja in kompetenc v nacionalnem in mednarodnem okolju, ki omogočajo boljši in celovitejši razvoj posameznika, organizacij ter družbe. V splošnem velja, da do uspehov vodijo poti, ki so vse prej kot enostavne, zato smo ljudje tisti, ki s svojim celostnim pristopom, z ustreznimi kompetencami in znanjem v izzivih sodob-



Slika 1 : Pozdravni govor predsednika Državnega sveta RS g. Marka Lotriča na dogodku *Interdisciplinarnost meroslovca šteje* v Kongresnem centru Portus v Portorožu

nega sveta ne iščemo težav, ampak priložnosti za učinkovito doseganje ciljev.

Tako smo se na dogodku s skrbno izbranimi predavatelji z različnih področij dotaknili naslednjih tem:

- ▶ Profil meroslovca 4.0 in njegove kompetence smo prepoznali kot poklic prihodnosti, saj meroslovje igra ključno vlogo v industrijski proizvodnji in je pomembno pri zagotavljanju kakovosti ter varnosti izdelkov.
- ▶ Meroslovec preučuje merjenja in merilne sisteme ter prakticira znanstvena dognanja. Deluje lahko na področju temeljnega, uporabnega ali zakonskega meroslovja.
- ▶ Stanje kompetenc in znanj na področju meroslovja je vse bolj problematično, saj je teh znanj v izobraževalnem sistemu premalo oziroma jih sploh ni, kot tudi ne študijskih programov.
- ▶ Podatki in rezultati meritev imajo neprecenljivo vrednost in potencial, da preobrazijo podjetje ter ustvarijo nove priložnosti šele, ko iz njih izluščimo informacije, ki jih organiziramo v znanje, in to znamo uporabiti.

V dveh vsebinsko dopolnjujočih se sklopih so svoja strokovna znanja in izkušnje iz delovnega okolja strnili:



Slika 2 : Okrogla miza, *Od podatkov do odločanja* (z leve proti desni: Aleš Potočnik, mag. Lara Topol, dr. Miha Bobič, Polona Švegl dr. med., dr. Samo Kopač in dr. Marjan Rihar)

1. sklop:

1. mag. Ines Gergorič, strokovnjakinja za razvoj človeških virov, Gospodarska zbornica Slovenije: Predstavitev profila meroslovec I4.0;
2. Aleksandra Lepenik, direktorica Elpro Lepenik d. o. o.: Stanje kompetenc in znanje meroslovja v industriji;
3. dr. Dragan Kusić, vodja mehatronskega oddelka – TECOS razvojni center orodjarstva Slovenije: Meritve v industriji – prikaz praktičnega primera zajema in obdelave podatkov.

2. sklop:

1. Jan Gorše, podatkovni analitik v podjetju LOTRIČ Meroslovje: Pametna prihodnost meroslovja – strojno učenje za boljšo merilno negotovost;
2. red. prof. dr. Mirjana Kljajić Borštnar, Fakulteta za organizacijske vede, Univerza v Mariboru: Kako podatkom dati vrednost?;
3. dr. Miha Bobič, podpredsednik razvoja poslovanja in portfelja izdelkov District energy division v Danfoss Trata d. o. o. ter predsednik iniciative Inženirke in inženirji bomo!: So podatki res zlato.

Dogodek se je zaključil z vsebinsko zelo bogato interaktivno okroglo mizo na temo *Od podatkov do odločanja*, na kateri so pod moderatorstvom dr. Marjana Riharja, Zbornica elektronske in elektroindustrije GZS, sodelovali:

- ▶ mag. Lara Topol, vodilna inštruktorica osebja proizvodnje v Nuklearni elektrarni Krško in nominiranka za Inženirko leta 2022;
- ▶ Polona Švegl, dr. med., specializantka kardiologije in vaskularne medicine, KO za kardiologijo, UKC Ljubljana;
- ▶ Aleš Potočnik, direktor Tehnološkega dizajn centra, Iskraemeco d. d.;
- ▶ dr. Miha Bobič, podpredsednik razvoja poslova-

nja in portfelja izdelkov District energy division v Danfoss Trata d.o.o. ter predsednik iniciative Inženirke in inženirji bomo! in

- ▶ dr. Samo Kopač, direktor Urada RS za meroslovje, Ministrstvo za gospodarstvo, turizem in šport.

Namen okrogle mize je bil pokazati zahtevnost vzpostavitve procesa odločanja na podlagi podatkov kot predpogoja za ekonomsko učinkovitost organizacije ter pri tem odgovoriti na vprašanja:

- ▶ Kdaj pri odločanju uporabljati lastno intuicijo in izkušnje, kdaj podatke in dejstva?
- ▶ Kaj je podatkovno gnana kultura in kako jo vzpostaviti v organizaciji?
- ▶ S kakšnimi kompetencami mora biti opremljen meroslovec, da bo z merjenji zagotovil kakovostne podatke, s kakšnimi pa odločevalec, da bo sprejemal hitre in učinkovite rešitve?

Ob zaključku so se tako vsi predavatelji, udeleženci okrogle mize kot tudi številna publika v dvorani strinjali z zaključno mislijo predsednika Državnega sveta RS: »Slovenija kljub svoji majhnosti slovi kot država z bogatim strokovnim znanjem, dobro infrastrukturo ter z zelo delavnimi in inovativnimi ljudmi tudi na področju meroslovja. Zato moramo to podobo graditi še naprej in s skupnimi močmi premagovati vse prepreke.«

Dogodek je ponovno tako z diskusijami in razpravami v prvem delu kot tudi okroglo mizo v drugem delu povezal akademska dognanja s strokovnimi rešitvami gospodarstva in negospodarstva s ciljem ustvariti čim višjo dodano vrednost in večjo konkurenčnost na globalnem trgu.

Mag. Dominika Rozoničnik
Urad RS za meroslovje

DAN ODPRTIH VRAT IJS 2023 – KO SE ZNANOST PRIBLIŽA LJUDEM

V počastitev spomina na slavnega slovenskega fizika Jožefa Stefana, po katerem nosi ime največji raziskovalni inštitut v Sloveniji, so v tednu od 20. do 25. marca potekali 31. Dnevi Jožefa Stefana, ki so namenjeni popularizaciji znanosti, predvsem s področja naravoslovnih in tehniških znanosti ter znanosti o življenju.



Utrinki z Dneva odprtih vrat IJS 2023 (Foto: M. Verč)

Živahno dogajanje na Institutu »Jožef Stefan« se je sklenilo na deževno soboto z Dnevom odprtih vrat, ko se je ogledov laboratorijev in zanimivih predstavitev v prostorih Instituta na Jamovi/Teslovi ulici v Ljubljani in v Reaktorskem centru v Podgorici pri Ljubljani udeležilo preko tisoč obiskovalcev na vsaki lokaciji. Obiskale so nas družine, osnovnošolske in srednješolske skupine, študenti, upokojenci in tudi mnogi tujci. Udeleženci so si lahko od blizu ogledali delo znanstvenikov in inženirjev, ki raziskujejo procese v naravi, razvijajo nove materiale in tehnologije in iščejo rešitve za najrazličnejše izzive človeštva na področju zdravja, komunikacij, varnosti, udobja, okolja itd. V trinajstih programih se je obiskovalcem

odprlo »okno« v svet žive in nežive narave na različnih skalah opazovanja, v skrivnost delovanja celic, tekočih kristalov, magnetov, robotov, umetne inteligence, v pomen nanodelcev, plazemskih tehnologij, zaščitnih prevlek, keramike, analize podatkov, radioaktivnosti za sodoben razvoj, v vplive človekovega delovanja na okolje in še marsikaj, kar je bilo zanimivo za oči in ušesa. Velik obisk in navdušeni odzivi obiskovalcev kažejo, da ljudi zanima, kaj pomeni znanost in čemu služi.

Med obiskovalci smo srečali skupino študentov Pedagoške fakultete (UL), ki se je dogodka udeležila v okviru obveznega dela izbirnega predmeta sku-



Skupina študentov Pedagoške fakultete (UL), ki je obiskala IJS. (Foto: U. Florjančič)

»Že kot otrok sem večkrat obiskal IJS, tudi Dneve odprtih vrat, ker je bil moj oče tu zaposlen,« nam je povedal Mihael Gubenšek, ki je letos prvič pripeljal svojo družino, da bi tudi njegovi otroci doživeli zanimive predstavitve, kot se jih sam spominja. »Zanimivo je bilo videti, kako delujejo roboti, kaj znajo, za kaj so uporabni. Pri uporabi kemiji smo spremljali vpliv kisika na gorenje in opazovali lastnosti tekočega dušika (brbotanje, 'solatni čips' – zeleno solato, pomočeno v tekoči dušik, in 'fluo črva', ki je oddajal svetlobo pod UV-lučjo). Med tehnologijami znanja smo spoznali orodja za prepoznavo govora. Na odsekih za biokemijo, biotehnologijo in molekularno biologijo so nam pokazali, kako raziskujejo strupe kač za medicinske namene, zakaj s kivi jem ne moreš uporabiti želatine, kako dobiš DNK jagode ter kako za raziskovalne namene gojijo bakterije in kvasovke. Otroci so videli razliko med čistimi in umazanimi rokami ter umazanje na stranišču, telefonu, ... Pod mikroskopom so opazovali tudi mišje možgane. Nekoliko užalosteni so bili, ker se ne da več videti živih mišk, ki so bile meni kot otroku zanimive. Dogodek bi priporočil vsakomur. Želel bi si, da osnovne šole v zadnjih razredih organizirajo ogled naših raziskovalnih institucij, da bi morda več mladih pritegnili v naravoslovje in znanost. Ali zato, da bi vsaj razumeli, zakaj je znanost pomembna.«



Družina Gubenšek iz Ljubljane, foto U. Florjančič

paj z mentorji z Oddelka za fiziko in tehniko, ki so bodočim osnovnošolskim učiteljem želeli pokazati, kaj lahko ponudijo učencem, da bi v njih vzbudili zanimanje za naravoslovje in tehniko. Mladi so svoje vtise strnili v nekaj stavkov: »Zanimivo, kompleksno, veliko novega. Priložnost za širjenje vedenja o raz-

ličnih znanstvenih tematikah. Dober vpogled v to, kaj se dogaja na IJS in reaktorju. Veliko neznanih in težko razumljivih vsebin, a fascinantno, kaj zmore znanost.«

Dr. Urška Florjančič, IJS

DNEVI INDUSTRIJSKE ROBOTIKE 2023

Od torika, 28. marca, do četrтка, 30. marca, so na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani potekali tradicionalni, že 18. po vrsti, Dnevi industrijske robotike (DIR), ki jih organizira Laboratorij za robotiko. Dnevi industrijske robotike so namenjeni študentom Univerze v Ljubljani in so potekali v obliki robotskega hekatona z nagradnim skladom, na katerem so udeleženci reševali aktualen problem iz industrije.



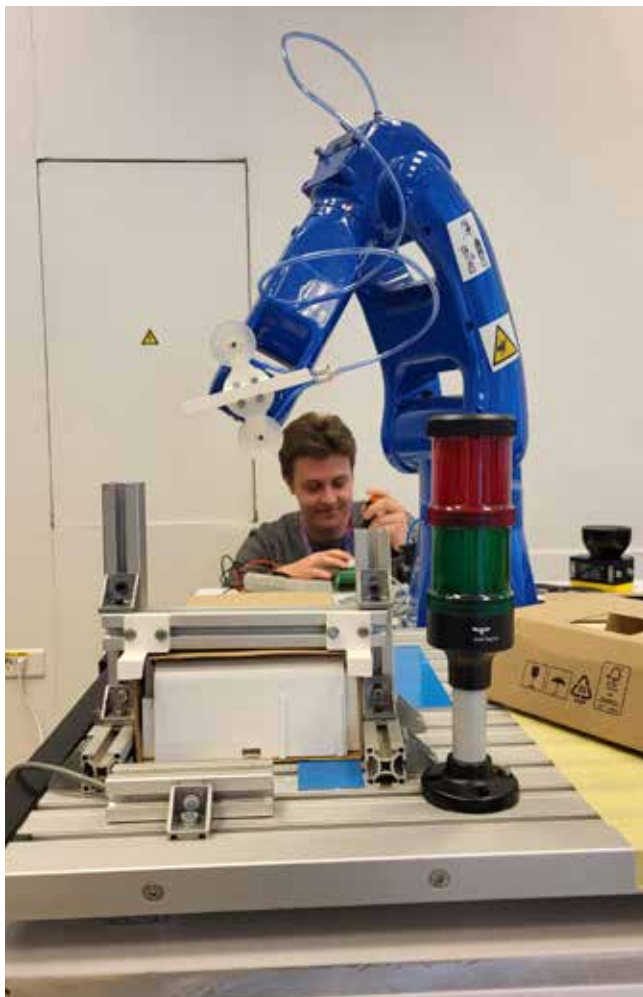
Udeleženci, organizatorji in predstavniki sponzorjev DIR 2023 (Foto: arhiv Laboratorij za robotiko)

Poleg izziva, ki so ga rešili udeleženci, je cilj dogodka povezati študente, organizatorje in industrijo. Študenti so imeli priložnost spoznati predstavnike iz industrije in obratno, partnerji so predstavili izzive, s katerimi se srečujejo pri svojem delu. Pri organizaciji dogodka so sodelovali tudi mentorji – študenti zadnjega letnika študija robotike.

DIR se je začel s pozdravnim nagovorom vodstva fakultete in z uvodnimi predavanji, ki so se začela s predavanjem o robotiki, ki je udeležencem predstavilo osnovne koncepte robotike. Sledilo je

predavanje o varnosti v robotiki, ki so ga izvedli predstavniki podjetja SICK. S predavanjem so sodelovali tudi predstavniki glavnega sponzorja Iskra Mehanizmi. Na koncu je bil prikazan problem, ki ga je pripravilo podjetje Iskraemeco: pakiranje elektronskih merilnikov v kartonsko embalažo, ki jo je treba najprej razpreti, nato pa se merilnik potisne v embalažo. Embalaža se tesno prilega merilniku, kar otežuje njegovo vstavljanje.

Na robotskem hekatonu je sodelovalo 7 ekip, skupaj 38 udeležencev: v vsaki ekipi od 5 do 6 tekmo-



Tretjevrščna ekipa med delom (Foto: arhiv Laboratorij za robotiko)

valcev. Ekipa so bile raznolike, udeleženci so bili večinoma s tehniških in naravoslovnih fakultet Univerze v Ljubljani. Sodelovala je tudi mednarodna ekipa s tekmovalci iz Makedonije, ki so študenti Fakultete za elektrotehniko. Svoj pogum so pokazali tudi študenti prvega letnika fizike, ki so sestavili svojo ekipo. Opremljeni le z znanjem programiranja v programskem jeziku Python so se morali naučiti, kako priključiti senzorje na krmilnik robota, cevi za zrak za pnevmatska prijemala in se spoprijeti s programiranjem robota. Čeprav niso zmagali, so se v treh dneh naučili, kako sestaviti delujočo robotsko aplikacijo.

Prvi dan so se udeleženci ukvarjali z oblikovanjem lastne rešitve problema. Vsaki ekipi je bil dodeljen industrijski robot, pomagali pa so jim študentski mentorji. Udeleženci so si morali zamisliti korake programa ter izbrati opremo in senzorje, ki jih bodo uporabili. Osnovni izbor opreme in senzorjev je bil za vsako ekipo pripravljen vnaprej. Kar jim je manjkalo, pa so lahko pobrali v Laboratoriju za robotiko. S pomočjo programskega okolja za načr-

tovanje mehanskih komponent so narisali ustrezne komponente za robotsko celico, nekatere ekipe pa so oblikovale lastna prijemala, ki so jih izdelale s 3D-tiskalnikom. Večino dela so opravili drugi dan, ki so ga imeli ekipe v celoti na voljo.

Ekipe so pripravile različne rešitve. Osnovne korake njihovih rešitev lahko povzamemo v naslednjih korakih. Udeleženci so zasnovali in sprogramirali svoje rešitve za prepoznavo z robotskim vidom, kje se nahaja kartonska embalaža. S prijemali na robotu so prijeli kartonsko embalažo, jo vstavili v ustrezen nosilec in jo odprli. Marsikatera ekipa je izdelala program, da je s kamero preverila, če je embalaža odprta. Nato so zopet s pomočjo robotskega vida določili mesto, kje je elektronski števec, ga prijeli in vstavili v tesno prilegajočo se embalažo. Števec v embalaži je bil nato odložen na končno odlagališče. Poleg tega so morali zagotoviti ustrezno varnost, saj so z laserskimi senzorji zaznali, če je človek vstopil v robotov delovni prostor. Aplikacija je bila zato varna tako za tekmovalce kot za opazovalce. Nekatere ekipe so svoje aplikacije nadgradile tudi z razvojem uporabniškega vmesnika za razvijalce.

Poleg samega hekatona za tekmovalce so bile postavljene tudi stojnice za sponzorje, ki so mimoidočim študentom in obiskovalcem Fakultete za elektrotehniko predstavili svoje izdelke in podjetja. Na razstavnem prostoru je bil tudi mobilni robot, ki je raznašal promocijske letake za študij. Drugi dan so študentski mentorji za vse udeležence spekli palačinke, da med delom ne bi pozabili na prigrizek.

Dogodek se je končal tretji dan. Tekmovalci so svoje rešitve predstavili ocenjevalni komisiji, ki so jo sestavljali predstavniki organizatorjev iz Laboratorija za robotiko in strokovnjaki iz podjetja Iskraemeco. Po ocenjevanju je žirija razglasila zmagovalno ekipo, ki je prejela glavno nagrado. Nagrado sta dobili tudi druga in tretja ekipa. Zmagovalna je bila ekipa Vstavi ime skupine s Fakultete za elektrotehniko, ki so jo sestavljali študenti 3. letnika 1. bolonjske stopnje univerzitetnega študija. Drugo mesto je pripadlo ekipi SoftTouch, tretje pa ekipi The Mild Bananas. Dnevi industrijske robotike so se za vse ekipe končali uspešno, saj so vse vztrajale do konca in jim je uspelo razviti osnovno rešitev za vstavljanje števca v embalažo. Udeleženci so bili s svojimi rešitvami zadovoljni, številne ekipe pa so izjavile, da imajo dovolj idej, da bi lahko tekmovalce še en dan in svoje aplikacije še bolj izpopolnile. Organizatorji in sponzorji so ocenili, da so Dnevi industrijske robotike 2023 zelo uspešni in imajo velik potencial za razširitev tekmovanja.

Janez Podobnik,
UL, Fakulteta za elektrotehniko

ROSUS 2023

V četrtek, 23. marca 2023, je na UM FERi potekala 17. strokovna konferenca Računalniška obdelava slik in njena uporaba v Sloveniji 2023 – ROSUS 2023. Namen konference je bil promovirati pomembnost ekonomske koristi računalniške obdelave slik in računalniškega vida na področju industrije, biomedicine in drugih poslovnih procesov. Po pozdravnem govoru prof. dr. Gorazda Štumbergerja, dekana UM FERi, sta konferenco odprli vabljeni predavani, ki sta predstavili integracijo strojnega vida v rešitve podjetij SICK in NAVKOM.



Utrinek iz konference ROSUS 2023

V nadaljevanju smo spoznali aplikativno uporabo segmentacije in razvrščanja slik, ki temelji na globokem učenju, in sicer na primerih spremljanja peke v pečici, tvorjenja umetnih učnih slik za industrijsko okolje in avtomatskega detektiranja puščic pri klasičnem pikadu. V tretjem vabljenem predavanju podjetja PiktID so bile predstavljene metode računalniškega vida, potrebne za zaščito informacij o identiteti osebe v slikovnem materialu. Dopol-

danska sekcija se je nadaljevala z zanimivo aplikacijo, ki je zmožna napovedati obraz otrok na osnovi videza njegovih staršev. Spoznali smo še smernice, kako vključiti znanja o umetni inteligenci in računalniškem vidu v poklicno izobraževanje. Popoldansko sekcijo je odprlo vabljeno predavanje podjetja Sinergise, ki je demonstriralo avtomatsko določanje meja kmetijskih površin z uporabo satelitskih posnetkov in naprednih računskih postopkov. V nadaljevanju sta bili prikazani še biomedicinski rešitvi, in sicer postopek računalniškega analiziranja geometrije lijakastih pasti žuželk v pesku ter zaznavanje kontrolnih točk aortne zaklopke v slikah CT. Konferenco je zaključilo predavanje o avtomatskem postopku za detektiranje neeksplozivnih ubojnih sredstev s pomočjo konvolucijskih nevronske mreže in termalnih slik. Podrobnosti o konferenci in konferenčni zbornik so dostopni na spletni strani <https://rosus.feri.um.si>. Konferenco sta podprla Javni sklad Republike Slovenije za podjetništvo in podjetje AUDAX. Revije IRT3000, Svet elektronike, Avtomatika + elektronika in Ventil so poskrbele za medijsko pokritost dogodka.

Božidar Potočnik,
UM, FERi



www.svet-me.si

TEMATIKE

AVTOMATIZACIJA PRIMERI DOBRE PRAKSE
STROJNIŠTVO ROBOTIKA





TEMATIKE



NOVICE SAMOGRADNJE
PROGRAMIRANJE

https://svet-el.si





ELEKTRONIKA ZA ZAČETNIKE



DOGODEK »DIGITALIZACIJA V PROIZVODNIH PODJETJIH« NA PRIMERU DOBRIH PRAKS

Na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani je 19. aprila potekal dogodek na temo »Digitalizacija v proizvodnih podjetjih« na primeru dobrih praks. Dogodek so organizirali Center za poslovno usposabljanje iz Ljubljane (CPU), Gospodarska zbornica Slovenije - Zbornica elektronske in elektroindustrije in Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko (LASIM) s Fakultete za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

Dogodka se je poleg predstavnikov organizatorjev in predavateljev udeležilo 17 udeležencev iz 10 podjetij.

Ob uvodu so udeležence pozdravili mag. Aleš Dremel (CPU), Mitja Virant (GZS ZEE) in prof. dr. Niko Herakovič (UL FS LASIM). Sledila so dopoldanska predavanja na tematiko digitalne preobrazbe poslovnih procesov, ugotavljanja stanja poslovnih procesov in možnosti prenove ter vitkosti in agilnosti za optimizacijo procesov v izvedbi dr. Aleša Lipnika.

V popoldanskem delu so predstavniki Fakultete za strojništvo iz laboratorija LASIM prof. dr. Niko Herakovič, doc. dr. Marko Šimic, doc. dr. Miha Pipan in dr. Hugo Zupan najprej razložili tehnologije in pristope pametne tovarne ter DEMO center pametne tovarne, ki deluje znotraj laboratorija. Sledila je demonstracija delovanja DEMO centra pametne tovarne v živo. V zaključnem delu so predavatelji obravnavali



Utrinek iz dogodka »Digitalizacija v proizvodnih podjetjih« na primeru dobrih praks

primere digitalnih spomenikov in prikazali primer dobre prakse pametne tovarne, ki uspešno deluje v slovenskem podjetju. V zaključnem delu dogodka je dr. Matevž Resman razložil možnosti za vključitev MSP-jev v

transformacijo digitalnega trajnostnega prehoda v okviru projekta STAGE.

Dr. Mihael Debevec,
UL, Fakulteta za strojništvo

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2023 - ASM '23

06. decembra 2023
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

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

PRVI EVROPSKI PROJEKT TWINNING NA FAKULTETI ZA STROJNIŠTVO V LJUBLJANI

Evropska komisija je za projekt Twinning v okviru programa Obzorje Evropa (shema Widening participation and spreading of excellence) namenila 1,5 milijonov evrov.



Udeleženci kick off sestanka v Ljubljani

Raziskovalci Fakultete za strojništvo so pridobili koordinacijo triletnega evropskega projekta SEAMAC (Strengthening the Excellence of Additive Manufacturing Capabilities - Krepitev odličnosti na področju aditivnih tehnologij), ki bo omogočil krepitev odličnosti Fakultete za strojništvo UL na področju aditivnih tehnologij, popularno imenovano tudi 3D-tiskanje. V projekt sta vključena Laboratorij za alternativne tehnologije, ki ga vodi izr. prof. dr. Joško Valentinčič, in Laboratorij za sinergetiko, ki ga vodi prof. dr. Edvard Govekar.

Cilj projekta je povečati odličnost in raziskovalno prepoznavnost fakultete in njenih zaposlenih s partnerskim sodelovanjem z dvema vodilnima partnerjema: Technische Universität Bergakademie

Freiberg in Technion - Israel Institute of Technology. Projekt se osredotoča na najsodobnejše aditivne tehnologije, zlasti na lasersko nanašanje kovin v prahu in na plazemsko elektrolitsko poliranje, inovativno tehnologijo naknadne obdelave. V raziskovalnem delu projekta bomo razvili nove mešanice materialov v prahu in proizvodne postopke za izdelke iz funkcionalno gradiranih materialov (FGM).

FGM je razred naprednih materialov, ki se jim lastnosti postopoma spreminjajo po njihovem volumnu, kar omogoča, npr. izdelavo žilavega jedra in trde površine. Z združevanjem tehnologij priprave materialov v prahu, tehnologij laserske depozicije (LMD) in plazemskega elektrolitskega poliranja (PeP) želimo v projektu

SEAMAC preseči najsodobnejše dosežke in rezultate prenesti v industrijsko okolje.

Projekt smo začeli izvajati januarja 2023 z dvodnevним srečanjem na UL, ki se ga je udeležilo 10 sodelavcev. Med srečanjem so bili izvedeni predhodni poskusi obdelave prahu z LMD, da bi se predstavile zmogljivosti opreme in kompetence članov skupine.

Projekt SEAMAC vključuje tudi več virtualnih usposabljanj, ki jim sledita dve namenski dejavnosti usposabljanja raziskovalcev in skupnih služb. Prvo usposabljanje na področju praškastih materialov, materialov za aditivne tehnologije, karakterizacijo materialov in menedžment projektov je potekalo konec februarja na Technionu v Izraelu. Poleg usposabljanj smo obiskali tudi več podjetij, ki se ukvarjajo s tovrstnimi tehnologijami, med njimi tudi Tritone, Civan Lasers in Kanfit3D.



Naslednje usposabljanje na področju plazemskega elektrolitskega poliranja in prenosa tehnologij v industrijsko okolje bo potekalo v začetku maja na TU Freiberg.

Za več informacij obiščite spletno stran www.seamac.si oz. nam sledite na strani <https://www.linkedin.com/company/seamac>.

Izr. Prof. dr. Joško Valentinčič,
UL, Fakulteta za strojništvo

VEČ KOT 400.000 IZDELKOV ZA HIDRAVLIKO, PNEVMATIKO IN INDUSTRIJO – DOBAVA IZ ZALOGE V TREH DNEH

V podjetju S3C vam nudimo vse potrebno za uspeh v industriji že od leta 2012.

V sodelovanju s partnerjem imamo na voljo več kot 400.000 artiklov, ki so na zalogi v centralnem skladišču v Nemčiji. Izkušnje na področju strojegradnje, še posebej hidravlike in pnevmatike, nam omogočajo, da se kar najbolje prilagajamo potrebam kupcev. Naše poslanstvo je zagotavljati najkrajše dobavne roke široke palete kakovostnih izdelkov s področja pnevmatike, hidravlike in industrije po konkurenčnih cenah.

Smo podjetje, ki stremi k hitremu odzivnemu času brez minimalnih stroškov naročila, kar omogočajo velike zaloge in strokovno usposobljeni komercialisti, ki skrbijo za potrebe fizičnih in pravnih oseb. Zaposleni v S3C smo v stalnem stiku z našimi strankami, ki

jim predstavljamo novosti na področju pnevmatike in hidravlike ter nudimo pomoč pri izbiri ustreznih elementov in iskanju tehničnih rešitev.

Naše podjetje se ponosno ponaša s številnimi referencami in izkušnjami pri izvedbi projektov v sodelovanju s kupci.

Naš cilj je, da postanemo vaš zanesljiv partner in ključni dobavitelj. Z veseljem se bomo prilagodili zahtevam in vam pomagali najti najboljše rešitve za vaše projekte. Če imate kakršna koli vprašanja ali želite več informacij o naših izdelkih, nas pokličite.

Informacije:

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



Več kot 400.000 izdelkov za hidravliko, pnevmatiko in industrijo direktno iz zaloge.

Obrčite spletno trgovino



www.stric.si












FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO Z NOVO RAZISKOVALNO OPREMO ŠE VEČ MOŽNOSTI VRHUNSKIH RAZISKAV IN SODELOVANJA Z INDUSTRIJO – 2. DEL

Tanja Potočnik Mesarić

Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani ni le pedagoška, ampak tudi vrhunska znanstvenoraziskovalna ustanova, ki se zaveda pomena sledenja (in snovanja!) naj-novejšim trendom na svojem področju. Zato najmodernejša oprema skupaj z mednarodno priznanimi strokovnjaki predstavlja temelje znanstvenoraziskovalne odličnosti fakultete, o čemer pričajo številni nacionalni in mednarodni projekti kot tudi mednarodno odmevne objave.

Investicije v novo raziskovalno opremo, ki jih podpira tudi Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS), so zato nujne. Z njihovo pomočjo smo kupili več kosov raziskovalne opreme (Paket 20), ki smo jih začeli predstavljati v prejšnji številki, s predstavitvami pa nadaljujemo v tej in prihodnjih številkah.

Etalonski merilnik pretoka plina s pomičnim batom

Na različnih področjih tehnike se uporabljajo različni tehnični in medicinski plini. Učinkovitost procesov in s tem povezana racionalna raba energije ter varnost in učinkovitost terapevtskih procesov v medicini so odvisne od kakovosti merjenja pretoka plinov, ki se v teh procesih uporabljajo. Merilnik pretoka s pomičnim batom sodi med primarne merilne naprave za merjenje pretoka tekočin. Fizikalno načelo merjenja pretoka temelji na merjenju časa, ki ga bat potrebuje, da prepotuje definirano dolžino v merilnem valju z znanim premerom. Pomembna lastnost tovrstnega merilnika je, da zagotavljamo nespremenjeno merilno negotovost merjenega pretoka pri različnih plinih. Uporaba referenčne merilne opreme s takimi lastnostmi je ključna za izvajanje raziskav, s katerimi proučujemo vplive vrste plina na različne metode za merjenje pretoka. Področje



Slika 1: Etalonski merilnik pretoka plina s pomičnim batom (Foto: Laboratorij za meritve v procesnem strojništvu)

merjenj pretoka se sicer uvršča med prioriteta in nišna področja za zagotavljanje meroslovne sledljivosti v Sloveniji v okviru I. 2017 sprejete Strategije meroslovja v Republiki Sloveniji do 2025.

Pozicionirno-analitični sistem za laserske nanoobdelave

Pozicionirno-analitični sistem združuje zmogljivosti za evalvacijo laserskih virov na področju nano-

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



Slika 2 : Visoko natančni 3D mikro EDM (elektro-erozijska obdelava) CNC obdelovalni stroj (Foto: IFP, d. o. o.)

obdelav tako z vidika izdelave visoko natančnih struktur na izbranih vzorcih kot analize lastnosti laserske svetlobe z vidika ustreznosti za uporabo na področju nanoobdelav. Sistem je sestavljen iz najsodobnejših vrhunskih komponent, ki jih združuje v funkcionalno celoto: kompaktni 2D-nanopozicionirnik, spektrometer za visoko natančno merjenje valovnih dolžin svetlobe v izhodnem laserskem snopu ter avtokorelator za natančno merjenje trajanja ultrakratkih laserskih pulzov. Cilj je, da z napravo zagotovimo ponovljivo lasersko obdelavo s tipično velikostjo struktur na nivoju 200 nm, kar presega zmogljivost trenutno dostopne opreme za desetkratni faktor. Z vidika varstva okolja bo dostopnost vrhunske raziskovalne opreme in raziskav v lokalnem okolju omogočila učinkovitejše ekološko in ekonomično delovanje našim industrijskim partnerjem, raziskovalcem pa pridobivanje novih znanstvenih spoznanj in veščin, izboljšanje tehnološkega procesa oz. tehnologije ter razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov.

Visoko natančni 3D mikroEDM (elektro-erozijska obdelava) CNC obdelovalni stroj - MAKINO EDAF2F

Z uveljavljanjem novih tehnologij, večjo kompleksnostjo izdelkov, težko obdelovanimi materiali in geometrijskimi zahtevami končnih izdelkov je nadaljnji razvoj možen le z novimi naprednimi in robustnimi izdelovalnimi tehnologijami, s krajšimi obdelovalnimi časi, preciznimi obdelavami, popolno

kontrolno kakovosti in stroškov, ter s tem posledično tudi dvigu konkurenčnosti podjetij. Za doseg teh ciljev smo poleg obstoječe raziskovalne opreme na Fakulteti za strojništvo pridobili novo opremo za mikro obdelave težko obdelovalnih materialov, s fokusom na karbidnih trdninah. Nova oprema dviga obstoječe raziskovalne zmožnosti na konkurenčni nivo ob bok najboljšim mednarodnim raziskovalnim skupinam. CNC obdelovalni stroj MAKINO EDAF2F predstavlja napravo z visoko natančno 3D mikro elektro-erozijske obdelave (EDM - electrical discharge machining), z nižnimi funkcionalnostmi mikrovrtanja, mikropotopne erozije z oblikovnimi elektrodami, ter mikro EDM freziranja. Oprema ima dodane komponente, specializirane za obdelavo karbidnih materialov (W-Co) in možnost 5-osne obdelave. S takimi specifikami, bo namenjena vzpostavitvi sistematičnih raziskav na področju razvoja novih komponent (izdelavi in testiranju) razvijajočih se končnih izdelkov, kot so: elektrokemijski pretvorniki energije (gorivnih celic, baterij in elektrolizerjev), farmacevtska in medicinska oprema/naprave, namenska karbidna orodja z mikro-hladilnimi kanali, itd. Ti predstavljajo eno od prioritarnih strateških področij EU pri izvajanju politik dekarbonizacije družbe, krožnega gospodarstva, čistejše industrije in sektorskega sklapljanja, krepitvi vodilne vloge pri izrabi obnovljivih virov energije ter inovacijskih rešitev v svetovnem merilu.

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



POLETNI RAZISKOVALNI TABOR ZA DIJAKE

RAZISKUJ IN POGANJAJ PRIHODNOST



3. - 7. JULIJ 2023

PRAZNUJEMO 50 LET ČRTNE KODE

17.04.2023

Teško si je predstavljati čas, ko blagajne v trgovinah niso imele skenerjev in črtnih kod, ki hitro zaznajo naše nakupe. Zato ni presenetljivo, da letos praznujejo 50 let! Prvi artikel, ki je bil poskeniran s črtno kodo, je bil zavoj žvečilnih gumijev podjetja Wrigley's v Ohio leto dni kasneje.



Slika 1: Stara črna koda

Od takrat je ta skromni izum spremenil malo prodajo in logistiko. Črtni kode se zdaj uporabljajo v številnih panogah – od zdravstva do transporta – za sledenje

in upravljanje izdelkov in zalog. Poleg tega so se razvile od tradicionalne linearne črtni kode, ki jo najdemo na potrošniškem blagu, do novejših oblik, kot so kode QR in oznake RFID, ki lahko vsebujejo več podatkov in jih je mogoče skenirati iz katere koli smeri in na daljavo.

Kakšna pa je prihodnost črtnih kod? Z vzponom interneta, mobilne tehnologije in umetne inteligence lahko z gotovostjo trdimo, da se črna koda razvija. Prihodnost črtni kode ni omejena zgolj na skeniranje izdelkov v trgovini. Spodaj je zapisanih nekaj trendov, ki bi lahko oblikovali prihodnost te tehnologije.

Eden od pomembnih trendov je uporaba tehnologije vizualnega iskanja za združevanje fizičnih in digitalnih izkušenj. V praksi se to izvede s skeniranjem črtni kode s kamero pametnega telefona in takoj pridobiš informacije o izdelku, vključno s primerjavami cen in ocenami. S to vrsto tehnologije lahko tržniki pritegnejo stranke na globlji ravni in jim zagotovijo bolj prilagojeno izkušnjo. Ta trend bo verjetno povzročil povečanje uporabe razširjene resničnosti v oglaševanju, saj si blagovne znam-



Slika 2: Prva črna koda – žvečilni gumi



Slika 3: Zebra DS9300 pultni čitalec

ke prizadevajo za boljše povezovanje s svojimi strankami.

Drugi trend je povečana uporaba kod QR, ki so po funkciji podobne črtnim kodam, vendar lahko vsebujejo več informacij. Kode QR je mogoče natisniti na vizitke, navodila za uporabo in celo izdelke, kar strankam olajša pridobivanje informacij o izdelku. Poleg tega lahko kode QR uporabite za poenostavitev spletnih blagajn, s čimer zmanjšate potrebo po dolgih obrazcih in ustvarite enostavnejšo in učinkovitejšo nakupovalno izkušnjo za stranke.

Skratka: pred skromno črtno kodo so razburljivi časi. Ker tehnologija napreduje, je verjetno, da se bo uporaba črtnih kod še naprej razvijala, kar bo vodilo do bolj poglobljene in prilagojene nakupovalne izkušnje za stranke.

Če vas zanima, katera oblika črtni kode bi bila prava za vas ali kako posodobiti obstoječe kode z novejšo tehnologijo, smo vam na voljo na naslovu leoss@leoss.si ali nas pokličete na (01) 530 90 20 in z veseljem vas seznanimo z novimi trendi.

Veselo skeniranje!

Vir:

LEOSS, d. o. o., Dunajska cesta 106, 1000 Ljubljana, T: +386 (0) 1 530 90 39, F: +386 (0) 1 530 90 40, GSM: +386 (0) 40 211 230, E: sara@leoss.si, internet: www.leoss.si



Univerza v Mariboru
Fakulteta za Strojništvo
Laboratorij za Oljno Hidravliko



MARIBOR, 20. in 21. SEPTEMBER 2023

mednarodna konferenca

Fluidna Tehnika 2023

Vabilo

Mednarodne konference "Fluidna Tehnika" so že od leta 1995 dalje osrednji bialni dogodek s področja tehnologij, kjer sta prisotni hidravlika in pnevmatika.

Vabimo vas, da kot avtor prispevka, kot razstavljalet ali kot pokrovitelj mednarodne konference Fluidna Tehnika 2023, predstavite nova spoznanja, nove proizvode, dosežke in storitve.

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

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

KONGRESNI CENTER HABAKUK

LA&CO

Sinergija premikanja. Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.



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

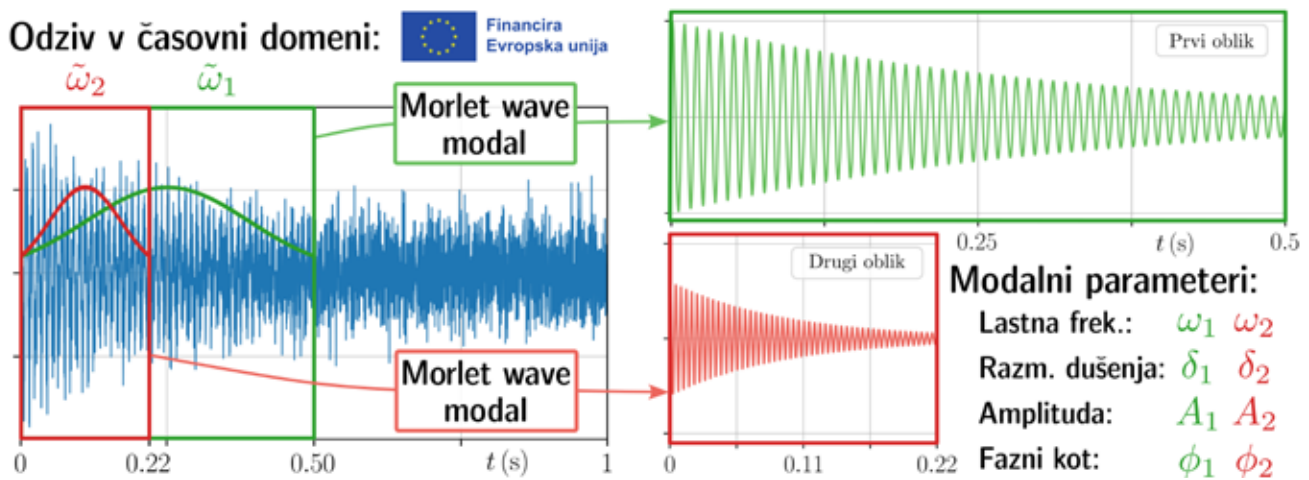
www.la-co.si
info@la-co.si
02 / 42 92 660



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

MODALNA IDENTIFIKACIJA V ČASOVNI DOMENI NA PODLAGI MORLETOVEGA INTEGRALA

Raziskovalci Laboratorija za dinamiko strojev in konstrukcij (LADISK) so razvili novo metodo identifikacije modalnih parametrov v časovni domeni pri impulznem vzbujanju na podlagi signalov z relativno majhnim dinamičnim razponom in visokim nivojem naključnega šuma. Takšne signale so pridobili iz posnetkov vibrirajoče strukture, zajetih s hitro kamero. Metoda je objavljena v reviji *Mechanical Systems and Signal Processing* (IF=8.934).



Slika 1: Modalna identifikacija na podlagi integrala z Morletovim valčkom

Za izpolnitev Zelenega dogovora EU v prometnem in energetskem sektorju, je treba razviti napredne lahke strukture, ki lahko prenesejo dolgotrajne vibracijske obremenitve brez povzročanja hrupa. Za soočanje s temi izzivi se v fazi načrtovanja uporabljajo modalni parametri za doseganje optimalnih obratovalnih lastnosti konstrukcije v smislu zmanjšanja teže, odpornosti proti utrujenosti in nadzora hrupa. V obratovalni fazi se na podlagi modalnih parametrov spremlja stanje konstrukcije, saj se ti spreminjajo s propadanjem konstrukcije. Strukture, ki so med svojim delovanjem izpostavljene velikim dinamičnim obremenitvam, so na primer vetrne turbine, letala in avtomobili.

Eksperimentalna modalna analiza je tehnika za določanje modalnih parametrov (lastne frekvence, razmernika dušenja in lastnih oblik) na podlagi meritev vibracij strukture. Dandanes se hitro razvijajo optične metode za merjenje strukturnih vibracij, ki temeljijo na hitrih kamerah. Omogočajo razmeroma hitro, brezkontaktno in gosto merjenje strukturnih nihanj, kar ni mogoče s klasičnimi merilnimi metodami (npr. pospeškomer). Merjenje vibracij z visoko prostorsko ločljivostjo omogoča

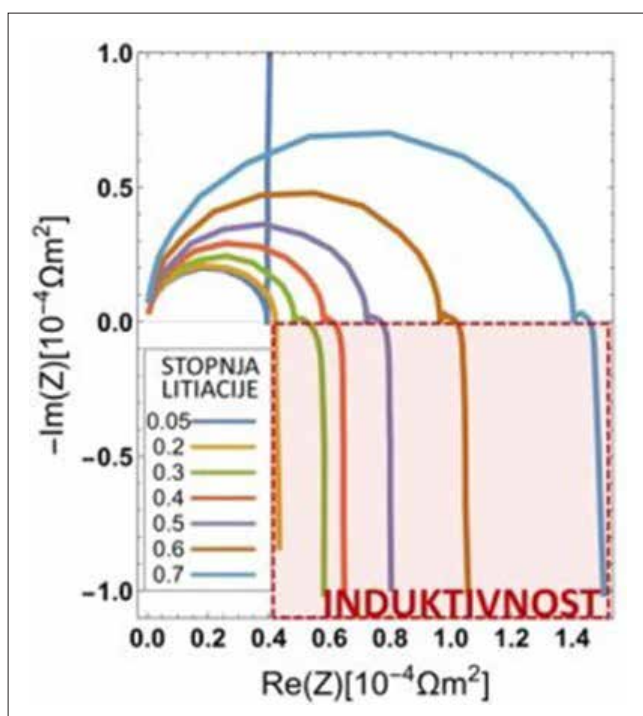
lokalizacijo šibkih točk v strukturah, pri čemer je modalna identifikacija pomemben korak. Vendar pa je prepoznavanje iz video posnetkov hitrih kamer zahtevno, saj so pomiki, identificirani na podlagi video posnetkov običajno zelo šumni in imajo nizek dinamični razpon. Objavljena metoda je bila razvita za premagovanje izzivov modalne identifikacije z uporabo hitrih kamer na podlagi pristopa najmanjših kvadratov, da bi bila identifikacija odporna na napake. Predstavljena metoda poenostavlja identifikacijski postopek in dokazuje, da je modalno identifikacijo mogoče uspešno izvesti iz relativno kratkih signalov z nizkim dinamičnim razponom v časovni domeni, z visokim nivojem naključnega šuma. Poleg tega je metoda implementirana v Python paket *MorletWaveModal*, zaradi česar je pripravljena za uporabo, izvorna koda pa je na voljo na GitHubu.

Povezava na članek: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2023.110243>

Povezava na izvorno kodo: <https://github.com/ladisk/MorletWaveModal>

ELEKTRODNI MATERIALI S FAZNO SEPARACIJO – KEMIJSKI INDUKTORJI?

Raziskovalci Fakultete za strojništvo, Laboratorija za motorje z notranjim zgorevanjem in elektromobilnost (LICEM) so v sodelovanju z dansko Tehniško univerzo (DTU) prvi izračunali celoten elektrokemijski impedančni spekter nanodelca materiala LiFePO_4 , ki je eden najpogosteje uporabljenih materialov v litij ionskih baterijah. Presenetljiv rezultat, ki kaže močno induktivno obnašanje nanodelca materiala s fazno separacijo v nizko-frekvenčnem delu spektra (slika), je objavljen v priznani reviji *Energy Storage Materials* (IF: 20,831).



Elektrokemijska impedančna spektroskopija (EIS) je zelo učinkovita neinvazivna metoda za analizo

mnogih različnih sistemov. Za pravilno interpretacijo impedančnih spektrov izmerjenih z metodo EIS je ključen natančen matematični model preučevanega sistema. Raziskovalci so matematični model za analizo impedančnih spektrov osnovali na principu faznega polja. Fizikalno-kemijsko konsistenten model je omogočil virtualni vpogled v fenomenologijo procesov, ki so značilni za tako imenovan kemijski induktor – nedavno odkrit fenomen. Rezultat mehanistično osnovanega modela materiala s fazno separacijo so raziskovalci povezali tudi z eksperimentalnimi opažanji objavljenimi v literaturi, ki do sedaj še niso bila razložena, in na ta način še podkrepili pomembnost svojega odkritja.

Objavljeni rezultati pomembno vplivajo na razumevanje elektrokemijskih procesov materialov s fazno separacijo in tudi na interpretacijo spektrov materialov s fazno separacijo izmerjenih z metodo impedančne spektroskopije. Oboje pripomore k učinkovitejšemu modelsko osnovanemu napovedovanju stanj v baterijah, ki so izdelane iz materialov s fazno separacijo.

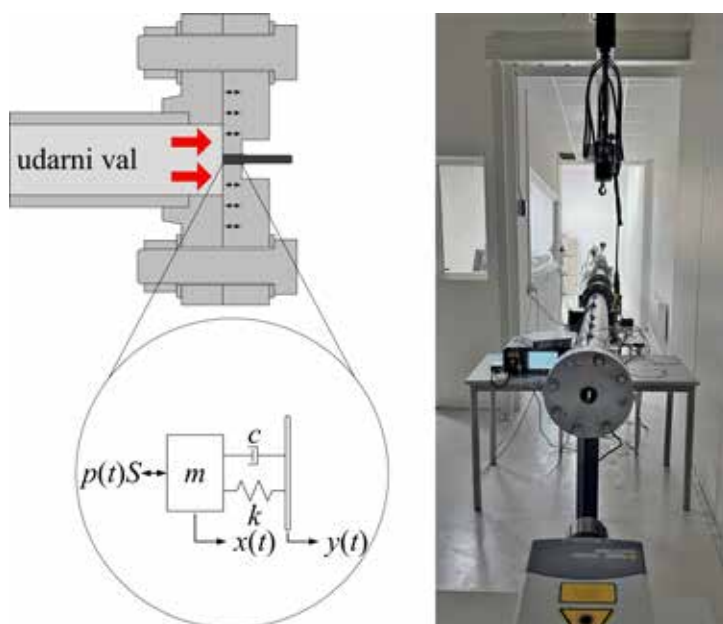
Povezava do članka: <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2023.01.008>.

www.fs.uni-lj.si



METODA KOREKCIJE VPLIVOV VISOKOFREKVENČNIH MEHANSKIH NIHANJ PRI DINAMIČNEM UMERJANJU MERILNIH SISTEMOV ZA TLAK Z UPORABO UDARNE CEVI

Raziskovalci Laboratorija za meritve v procesnem strojništvu (LMPS) so v sodelovanju z raziskovalci Nacionalnega laboratorija za tlak in vakuum na švedskem nacionalnem meroslovnem inštitutu (RISE) razvili in ovrednotili metodo korekcije pogreškov zaradi pospeškov, ki so posledica vibracijskih vplivov pri določanju frekvenčnih odzivov merilnih sistemov za tlak z udarno cevjo.



Slika 1 : Mehanski model zaznavala za tlak pod vplivom vibracij udarne cevi (levo) ter brezmembranska udarna cev na RISE (desno).

Metoda temelji na predhodno določenem frekvenčnem odzivu merilnega sistema za tlak na pospeške in sočasnih meritvah pospeškov zaznavala tlaka tekom njegovega umerjanja v udarni cevi. Rezultati potrjujejo, da razvita metoda zmanjša negotovost dobljenih občutljivostnih in faznih frekvenčnih odzivov merilnih sistemov za tlak, ki so občutljivi na vibracije, za

nekaj deset odstotkov oziroma nekaj deset stopinj. Objavljeni rezultati predstavljajo pomemben doprinos k razvoju udarne cevi kot primarnega etalona za časovno spreminjajoči tlak. Raziskava je bila objavljena v reviji Mechanical Systems and Signal Processing (IF = 8,934), eni vodilnih revij na področju obdelave signalov.

www.uni-lj.si

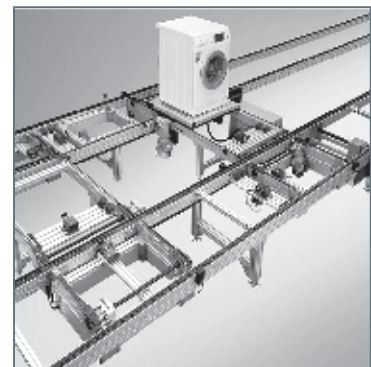
Rexroth

ORGATEX®

LEANPRODUCTS®



BOSCH



OPL

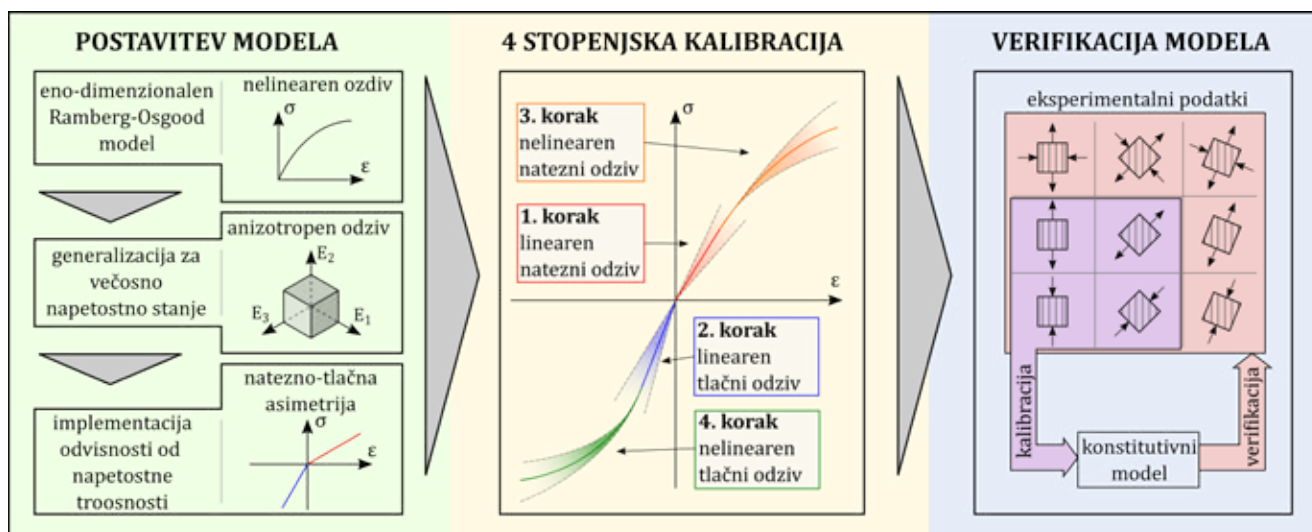
automation

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

NELINEAREN, NATEZNO-TLAČNO ASIMETRIČEN ANIZOTROPEN MODEL ZA OBRAVNAVANJE KOMPOZITOV OJAČANIH Z VLAKNI

Raziskovalci Laboratorija za numerično modeliranje in simulacijo v mehaniki (LNMS) so razvili nov konstitutivni model za obravnavanje kompozitov ojačenih z vlakni. Model omogoča opis nelinearnega, anizotropnega ter natezno-tlačno asimetričnega materialnega odziva. Model je objavljen v reviji International Journal of Engineering Science (IF=7.155).



Prečni prerez prevlek s Al_2O_3 -5 wt. % grafita (a) in Al_2O_3 -10 wt. % grafita (b)

Model izhaja iz Ramberg-Osgood-ove relacije, ki je preko energijskega potenciala generalizirana v večosno anizotropno obliko. Nato je vpeljana še odvisnost od troosnosti napetostnega stanja, s katero je implementiran asimetričen materialen odziv. Ta model zajema vse ključne lastnosti za popis elastičnih lastnosti vlaknenih kompozitov. Novost pri tem modelu je način implementacije asimetričnega odziva, ki omogoča visoko stopnjo fleksibilnosti in odpira številne možnosti pri razvoju sorodnih modelov.

Materialni odziv modela definirajo štiri tenzorji četrtega reda, ki jih lahko neodvisno določimo v štirih

kalibracijskih korakih. Prednost tega modela je enostaven postopek kalibracije, kjer zadostujejo že klasični enoosni natezni ter enoosni tlačni testi. Model so implementirali v programsko okolje ABAQUS/Explicit za obravnavo po metodi končnih elementov. Za verifikacijo modela so uporabili dva seta eksperimentalnih podatkov, kjer je pokazano, da model iz enoosnih testov odlično napove materialni odziv tudi v drugih napetostnih stanjih.

Povezava do članka: <https://doi.org/10.1016/j.ijengsci.2023.103829>.

www.fs.uni-lj.si





Celjski sejem

13.–17. SEPTEMBER 2023



MOS 55 LET

Največja poslovno-sejemska prireditev v regiji

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



Controlled by
YRC1000

NASTAJAJOČE TEHNOLOGIJE SPREMINJAJO INDUSTRIJE IN SVETOVNO GOSPODARSTVO

Janez Škrlec

Ni skrivnost, da svet obupno potrebuje pospešen tehnološki napredek in da strategiji že v bližnji prihodnosti napovedujejo revolucionarno velike spremembe. Pričakuje se, da bo že do leta 2025 dodatnih 4,3 milijarde ljudi imelo dostop do mobilne povezave. Strokovnjaki napovedujejo, da bomo kmalu videli, kako mobilne računalniške naprave prevladujejo nad internetno povezljivostjo in širše. Vmesniki, senzorji in aplikacije se bodo hitro razvijali, da bodo ustrezali tej veliki potrebi po zahtevni tehnološki prilagoditvi.

Tehnologija že danes omogoča hitrejšo spremembo in napredek in povzroča pospešitev hitrosti sprememb. Računalniška moč si je danes že utrdila svoje mesto v digitalni dobi, saj so skoraj vse naprave računalniško podprte. Strokovnjaki za podatkovno znanost so napovedali, da se bo računalniška infrastruktura, ki jo trenutno gradimo, v prihodnjih letih razvijala le še hitreje in bolje. Danes imamo že možnost uporabe 5G-omrežij (v določenih okoljih). Strategiji pa se pripravljajo na obdobje izgradnje 6G in tudi na obdobje, ki bo sledilo, imenovano postdigitalna doba. Računalniška moč danes ustvarja več tehnoloških delovnih mest v industriji, vendar bo zahtevala vedno več specializiranih kvalifikacij in specifičnih znanj zaposlenih. Od znanosti o podatkih do robotike in upravljanja z informacijsko tehnologijo bo to področje omogočilo največji odstotek zaposlovanja skoraj v vsaki državi. Bistvena veja na tem področju, ki se je lahko učimo že danes, je RPA (Robotic Process Automation), tj. avtomatizacija robotskih procesov. RPA je namenjena programski opremi za računalništvo in avtomatizacijo, ki nas lahko usposobi za visoko plačano vlogo v industriji IT. Kot najboljša delovna mesta na področju RPA se danes že omenjajo: vodje IT, podatkovni strokovnjaki, produktni vodje, strokovnjaki za testiranje zahtevnih izdelkov, inženirji avtomatizacije, IT-raziskovalci in drugi. Vse pogosteje se omenja tudi pomembnost datafikacije (Datafication), kar preprosto pomeni spremembo človeških opravil in nalog, ki temeljijo na podatkih. Datafikacija spreminja vse v našem življenju v naprave ali programske opreme, ki jo poganjajo podatki: od naših pametnih telefonov, industrijskih strojev, pametnih naprav in pisarniških aplikacij do naprav, ki jih poganja umetna in-

teligenca, in tudi bionskih sistemov in naprav, ki spreminjajo zdravstvo in sodobno medicino. Čeprav Forrester Research ocenjuje, da bo avtomatizacija RPA ogrozila preživetje mnogih, bo na drugi strani ustvarjala tudi mnoga nova delovna mesta in hkrati spreminjala obstoječa. McKinsey ugotavlja, da je manj kot 5 odstotkov poklicev mogoče popolnoma avtomatizirati, približno 60 odstotkov pa delno.

Umetna inteligenca v povezavi s konvergenčnimi tehnologijami

Umetna inteligenca (AI) je bila v zadnjem desetletju deležna velike pozornosti in je eden od novih tehnoloških trendov, saj so njeni učinki na naše življenje in delo vse bolj opazni. Umetna inteligenca je že znana po svoji superiornosti pri prepoznavanju slik in govora, navigacijskih aplikacijah, osebnih pomočnikih za pametne telefone in drugih aplikacijah. Uporablja se tudi za analizo interakcij za določitev temeljnih povezav in vpogledov v zahtevne procese, za pomoč pri napovedovanju povpraševanja po storitvah, tudi v zdravstvu, medicini in diagnostiki. Še posebej pa postaja pomembna za industrijo v povezavi s konvergenčnimi tehnologijami DARQ in NBIC. Forrester napoveduje, da bodo umetna inteligenca, strojno učenje in avtomatizacija že do leta 2025 ustvarili 9 odstotkov novih delovnih mest v ZDA, vključno s strokovnjaki za spremljanje robotov, podatkovnimi znanstveniki, strokovnjaki za avtomatizacijo in drugimi področji. Industrija virtualne in obogatene resničnosti ima trenutno trg v višini 7 milijard dolarjev. Goldman Sachs stavi, da bo že do leta 2025 znašal 80 milijard dolarjev. Tehnološka infrastruktura bo doživela velike nadgradnje, medtem ko se bo ekosistem aplikacij oblikoval predvsem za potrošnike in podjetja. AI in ML ter uporabniški vmesniki, kot so govor, prepoznavanje kretenj, glas, nevronska mre-

Janez Škrlec, inž., Uredništvo revije Ventil



Tehnologije spreminjajo industrijo in svet

ža itd., bodo med skupnim napredovanjem deležni velikega sodelovanja in konvergenčnih interakcij. To bo povečalo produktivnost in učinkovito avtomatizacijo. Napredna robotika bo revolucionarno povezana z umetno inteligenco. Z njo bodo napredovali strojni vid, računalniški vid (tudi bionski vid), pametni senzorji, krmilniki, motorji, hidravlika, materiali in tudi inteligentni eksoskeleti (robotska nosljiva oblačila). Vodili bodo k spremembam v načinu dostave izdelkov in storitev. Seveda se bo kmalu pojavil porast tehnoloških talentov za gradnjo, upravljanje in vzdrževanje naprednih robotov. Prihajajo tudi tehnologije hibrotov (hybrot). Hibrot je okrajšava za hibridni robot, kibernetski organizem v obliki robota, ki ga upravlja računalnik, sestavljen iz elektronskih in bioloških elementov. Hibrot danes imenujejo tudi nove hibridne nevronske mikrosisteme. Veliko razvojnih smeri pa je usmerjenih tudi v prihajajočo biodigitalno konvergenco. Na obzorju je tudi nekrobotika (Necrobotics), praksa uporabe biotskih materialov kot gradnikov robotskih komponent. Ta razvoj je v zgodnji fazi in se bo usmerjal tudi na področje bionike in humanoidne robotike. S hibroti danes skušajo predvsem ugotoviti, katere nevronske lastnosti so bistvene za vrste kolektivne dinamike, ki bi se lahko uporabljale v umetno inteligentnih sistemih. Danes je v internet stvari (IoT) povezanih več kot 10 milijard naprav in pričakuje se, da bo to število že v tem novem desetletju naraslo med 50 in 100 milijardami. To pa pomeni, da se bodo organizacije soočale s potrebo po spremljanju in varovanju izdelkov, sistemov, naprav in celo ljudi. Tu se seveda srečamo tudi z biometrično tehnologijo, ki se silovito širi na različna področja, še zlasti v povezavi z bioniko in biomimetiko. Nedavna raziskava varnostnih strokovnjakov je pokazala, da 72 odstotkov podjetij načrtuje opustitev tradicionalnih gesel do leta 2025. To bo pripeljalo do porasta novih avtorizacijskih storitev.

Vključevale bodo identifikacijo obraza, oči, glasu, roke, podpisa in drugo.

Prihajajo tehnologije robotskega bionskega vida

Strokovnjaki uspešno razvijajo tudi bionski prostorski kognitivni model za robote, ki bo temeljil na hipokampusnem mehanizmu. Učenje iz mehanizma hipokampusa je postalo ključna pot naprej za raziskave zaznavanja robotov, zato je ključnega pomena gradnja metode izračuna, ki bo povsem v skladu z biološkimi načeli. Prav tu se ponovno pokaže pomembna vloga bionike. Hipokampus predstavlja glavna področja za prostorsko zaznavanje. Lahko integrira poti in oblikuje zaznavanje okolja na podlagi informacij o gibanju ter reagira na pozicioniranje in navigacijo. Ta spoznanja bodo v prihodnosti povsem implementirana v robote. Bionski kognitivni model z metodo za mobilne robote lahko realizirajo z ekstremno natančno integracijo poti in kognicijo prostora. Dosedanje raziskave zagotavljajo odlično osnovo za spoznavanje okolja in avtonomno navigacijo bionskih robotov. Danes poteka tudi intenziven razvoj na področju tehnologije robotskega bionskega vida (the field of robot bionic vision technology). Tu ne govorimo več o strojnem ali računalniškem vidu, ampak o tehnologijah robotskega bionskega vida, ki odpira pomembno novo področje razvoja. Tehnološke trende smo v preteklosti zelo uspešno in učinkovito izpostavljali tudi pri nas, še zlasti v okviru tehnoloških in nanotehnoloških dnevov, ki smo jih vrsto let uspešno organizirali v okviru Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije (OZS) s podporo fakultet, univerz in inštitutov. Danes tehnološke in razvojne trende redno predstavljamo le v okviru projekta MIZŠ – Stišiče znanosti in gospodarstva.

VPLIV ČISTOČE OLJA NA TRAJNOST DELOVANJA HIDRAVLIČNEGA POTNEGA VENTILA

Domen Barbiš, Nejc Novak, Ana Trajkovski, Franc Majdič

Izvleček:

Hidravlični sistemi so zelo pogosti v industriji in ostalih tehničnih področjih. Za krmiljenje se najpogosteje uporabljajo drsniški potni ventili, ki pa na krmilnih batih nimajo tesnil. To povzroča notranje puščanje. Stabilnost puščanja je zelo odvisna od čistoče hidravlične tekočine. Raziskava obravnava vpliv čistoče hidravličnega olja na trajnost in notranje puščanje obravnavanega drsniškega potnega ventila. V okviru raziskave je bilo zasnovano in sestavljeno hidravlično preizkuševališče, na katerem smo izvedli tri trajnostne teste hidravličnega 4/3-potnega ventila. Pri posameznem testu smo v hidravlično olje dodali različno količino testnega prahu MTD, ki je priporočen za izvedbo pospešenega testiranja. Ventil smo preklapljali s frekvenco 4 Hz do doseženih 2 milijona ciklov. Na ventilu smo merili notranje puščanje voda A in B s pomočjo dveh merilnih valjev in štoparice. To je ob povečanju količine testnega praha vidno naraščalo. Po izvedenih testih smo prerezali ohišja in pogledali obrabo drsnih površin ohišij in batov testiranih ventilov.

Ključne besede:

hidravlika, preizkuševališče, čistoča olja, potni ventil, trajnostni testi, testni prah, obraba drsnih površin ventila

1 Uvod

Strojništvo je zelo razširjena tehniška veda, ki je v današnjih časih prisotna skoraj na vsakem koraku našega življenja. Pokriva veliko različnih in zelo širokih področij, kot so konstruiranje, energetika, letalstvo, mehatronika, optimizacija proizvodnih procesov. Zelo pomembno področje pa je tudi hidravlika, ki je prisotna v proizvodnih procesih, avtomobilski industriji, letalski industriji, kmetijstvu, gradbeništvu, transportnih tehnikah, ... Njen osnovni namen je prenos energije z enega na drugo mesto, opravlja pa različne naloge, kot so krmiljenje, vpenjanje obdelovancev, pomiki orodij, rezanje pločevine, sodeluje pri pogonskih sklopih strojev, prenosih moči, kontrolirano poganja različne kmetijske, gradbene, gozdarske, rudarske in druge priključke ipd.

Za delovanje hidravličnega sistema potrebujemo elektromotor ali motor z notranjim zgorevanjem, ki preko pogonske gredi poganja črpalko. S pomočjo hidravlične tekočine se energija prenaša naprej po cevovodih do hidravličnega aktuatorja, kjer se ta spet pretvori v mehansko energijo.

Domen Barbiš, dipl. inž., Nejc Novak, mag. inž., dr. Ana Trajkovski, univ. dipl. inž., doc. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

V hidravličnem sistemu je najpomembnejša sestavina hidravlična tekočina, ki skrbi za prenos energije od izvora do porabnika. To je njena primarna fizikalna naloga. Deluje tudi kot mazalno sredstvo in pripomore k manjši obrabi gibajočih se delov sistema, ščiti hidravlične sestavine pred korozijo in drugimi kemičnimi spremembami. Optimalnost delovanja sistema bo zagotovljena, če bo hidravlična tekočina ustrezno čista [1], [2].

2 Čistost hidravlične tekočine

2.1 Kontaminacija

Kontaminacija oz. onesnaženje hidravličnih tekočin je neizogibno. Kontaminanti lahko pridejo v tekočino že v procesu proizvodnje, med transportom, skladiščenjem, pri pretakanju v hidravlične naprave in na koncu tudi med uporabo. Popolna preprečitev kontaminacije je praktično nemogoča. Pomembno pa je, da lahko izmerimo stopnjo čistosti hidravlične tekočine in na ta način določimo, ali je še primerna za uporabo. Stopnjo čistosti hidravlične tekočine vzdržujemo s filtracijo. Tekočina mora imeti ustrezno filtrabilnost, filtri pa morajo biti kakovostni in skrbno izbrani [1].

Sami kontaminanti so lahko v trdnem, tekočem ali plinastem stanju, lahko so raztopljeni v tekočini, lahko so emulgirani. Poznamo organske in anor-

ganske kontaminante, glede biološkega stanja pa so lahko živi in neživi.

Izvor kontaminantov je pomemben, saj lahko na ta način določimo ustrezne preventivne ukrepe za odstranitev, omejitev ali celo izključitev kontaminantov iz hidravlične tekočine. Izvori so lahko vgrajeni delci – prah, vlakna čistilnih krp, odrezki iz obdelave, lahko pride do nastanka delcev med obratovanjem – obraba kovin in tesnil, rja, delci filtrov in gumijastih cevi, ali pridejo v hidravlično tekočino iz okolice – vstop skozi oddušnike, vstop na slabih tesnilih in drugih odprtinah med obratovanjem ali pa jih vnesemo pri dolivanju tekočine v sistem. V praksi gre največkrat za trdne delce, pogosta kontaminanta pa sta še voda in zrak [3].

2.2 Merjenje čistosti hidravlične tekočine

Za merjenje stopnje čistosti hidravlične tekočine so definirani mednarodni standardi. Na vzorcu tekočine moramo preveriti številčno prisotnost delcev v različnih velikostnih razredih, ki jih predpisuje standard. To se ugotavlja s pomočjo avtomatskih števec delcev.

Najbolj pogost je standard ISO 4406. Uveden je bil leta 1977, kasneje pa večkrat modificiran. V standardu imamo preglednico, v kateri so zapisane stopnje čistosti od razreda 0 do 28 glede na spodnje in zgornje število delcev. Med posameznimi stopnjami se tako minimalno kot maksimalno število delcev razlikujeta za faktor dva. Standard nam podaja podatke o številu delcev treh velikostnih razredov, in sicer o delcih, večjih od 4 μm , 6 μm in 14 μm v enem mililitru kapljevine. Končna oblika zapisa stopnje čistosti po ISO-standardu je npr. 19/18/15, pri čemer prvo število predstavlja delce, večje od 4 μm , drugo delce, večje od 6 μm , in tretje delce, večje od 14 μm [3], [4].

V preteklosti se je uporabljal tudi ameriški standard NAS 1638, ki pa ga je z izboljšavami nadomestil standard SAE AS 4059. Podajanje stopnje čistosti je v tem standardu drugačno. Zapis, ki nam ga poda avtomatski števec delcev, je npr. 9A/8B/8C/6D/4E/1F, pri čemer črke predstavljajo velikostne razrede delcev glede na kalibracijo, številke pa razred števila delcev [3], [5]–[7].

3 Mehanizmi obrabe znotraj hidravličnih sestavin

3.1 Abrazija

Abrazivna obraba se pojavi, ko drsno površino obremenimo z delci, ki imajo enako ali večjo trdoto od osnovnega materiala. Kot primer lahko vzamemo obrabo izkopskih žlic pri delovnih strojih. Tudi v primeru opravka z na prvi pogled mehkiimi materiali lahko pride do abrazivne obrabe, če so v njih trdi delci. Pri nadzoru abrazivne obrabe imamo obi-

čajno težave, saj izraz skoraj vedno združuje več različnih mehanizmov obrabe, ki delujejo hkrati in usklajeno, imajo pa različne lastnosti. Najbolj pogost mehanizem pri abraziji je rezanje.

Mehanizem rezanja je klasični model, kjer ostro zrno reže mehkejšo površino. Odrezani material se odstrani kot ostanek obrabe. Tako odrgnjen material je lahko krhek, npr. keramika, in lahko pride do loma obrabljene površine [8].

3.2 Erozijska

Erozivna obraba se kaže kot posledica udarca predvsem trdnih ali tudi tekočih delcev ob površino predmeta. Pojavlja se pri različnih strojih, tipičen primer pa so poškodbe lopatic plinskih turbin pri letenju letala skozi oblake prahu in pa obraba rotorjev črpalke. Pri erozijski obrabi so pomembni dejavniki material delcev, udarni kot, udarna hitrost in velikost delcev. Če so delci trdi in trdni, obstaja možnost, da pride do abrazivne obrabe. Ko imamo opravka s tekočimi delci, do abrazije ne pride, obrabni mehanizmi so takrat posledica ponavljajočih se obremenitev zaradi udarcev.

Veliki udarni koti povzročajo mehanizme obrabe, ki so značilni za erozijo, npr. lom, plastično deformacijo z nastankom kosmičev ali krhki lom. Tudi hitrost erozivnega delca močno vpliva na obrabo. Če je hitrost zelo majhna, so napetosti ob udarcu premajhne za nastanek plastične deformacije, zato nastane obraba, ki je posledica utrujenosti površine. Povečanje hitrosti, npr. 20 m/s, lahko povzroči plastično deformacijo. Do obrabe torej pride zaradi ponavljajoče se plastične deformacije [8].

3.3 Kavitacija

Kavitacija je pojav nastajanja in izginjanja parnih mehurčkov v kapljevini. Tipičen primer kavitacijske obrabe so poškodbe propelerjev in turbinskih lopatic, ki delujejo v mokri pari. Obraba napreduje z nastajanjem serije lukenj ali jam na površini, izpostavljeni kavitaciji. S takim procesom lahko postopoma pride do uničenja celotne komponente stroja. Kavitacijske poškodbe lahko privedejo tudi do močnih vibracij, npr. propelerjev, ki jim s tem omejijo delovanje.

Značilnost kavitacije je ciklično nastajanje in sedanje mehurčkov na trdni površini v stiku s kapljevino. Nastanek mehurčkov povzroči sproščanje raztopljenega plina iz kapljevine, kjer vzdržuje tlak blizu ničle ali podtlak. Ta se običajno pojavi, ko tok kapljevine vstopi v razhajajočo se geometrijo, tj. iz cevi z majhnim premerom v cev z velikim premerom. Posebej nagnjene h kavitaciji so ostre spodnje strani predmetov, ki se premikajo v tekočini, npr. ladijski propeler. Najboljša metoda za preprečevanje kavitacije je izogibanje podtlakom v bližini površin, vendar je v praksi to običajno nemogoče [8].

3.4 Korozija

Korozija je vrsta obrabe, ki privede do razpadanja/ razkrajanja površine kovin kot posledica kemičnih reakcij. Korozivna obraba je splošen izraz, ki se nanaša na katero koli obliko obrabe, ki je posledica kemijske reakcije ali korozivnega procesa, medtem ko oksidativna obraba nastane zgolj zaradi atmosferskega kisika. Do kemijske reakcije pride med obrabljenim materialom in korodirajočim medijem, ki je lahko kemijski reagent, reaktivno mazivo ali celo zrak. Tako korozivni kot oksidativni obrabi je skupno, da običajno nastajata ob zmanjšanem koeficientu trenja.

Površinske kemične reakcije so lahko koristne pri preprečevanju adhezivne obrabe, vendar lahko povzročijo znatno izgubo osnovnega materiala, če jih ne nadzorujemo. Če je kovina korodirana (na površini se ustvari film) in hkrati izpostavljena drsečemu stiku, lahko pride do nastanka trajnega mazalnega filma – zavira tako korozijo kot obrabo, šibkega mazalnega filma – zaradi rednega nastajanja in uničenja filma lahko pride do visoke stopnje obrabe ali do obrabe zaščitnih površinskih filmov [8].

3.5 Adhezivna obraba

Adhezivna obraba se najpogosteje pojavi v primeru uporabe obeh drsniških elementov (krmilni bat – ohišje ali puša) iz istega materiala. Visok tlak v skupni kontaktni točki med drsniškim batom in izvrtino lahko povzroči zlepljenje obeh elementov. Povečana aksialna sila povzroči odtrganje materiala enega ali obeh zlepljenih elementov. Tako dobimo poškodbe površine, obrabne delce in povečano notranje puščanje [10].

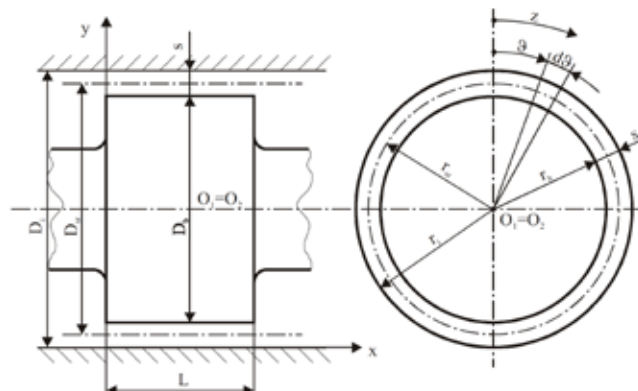
4 Notranje puščanje

Reže so prisotne v skoraj vseh hidravličnih sestavinah, razen v skupini pasivnih sestavin (rezervoarji, cevovodi, filtri ...), kjer takih rež po večini ne zasledimo [9]. V pogonsko-krmilni hidravliki (PKH) imamo z besedo reža v mislih prostor, ki se nahaja med dvema elementoma, največkrat pa imata ta elementa kovinske površine. Njena višina mora biti zelo majhna v primerjavi z njeno dolžino in širino. Elementi, med katerimi se tvori reža, imajo običajno ravne ali ločne oblike [9].

V hidravličnih sestavinah bi bilo idealno in zaželeno imeti čim manjše reže, saj njihova velikost močno vpliva na volumetrični izkoristek HS in posledično tudi na izkoristek celotne hidravlične naprave. Določene reže pa so seveda nujno potrebne in neizogibne zaradi odstopanj oblik dejanskih elementov od idealnih ter zaradi temperature razteznosti kot posledice spremembe temperature med obratovanjem.

Če vzamemo primer bata v ohišju, imamo lahko centrično lego bata (*slika 1*), kjer se reža po višini ne

spreminja, lahko pa gre za izsredno lego bata in se v tem primeru višina reže spreminja.



Slika 1 : Centrična in hkrati soosna lega bata v izvrtini [9]

V končni enačbi (1) za notranje puščanje so vključeni naslednji parametri: tlačna razlika v reži (Δp), srednji premer v reži (D_{sr}), višina reže (s), gostota tekočine (ρ), kinematična viskoznost (ν) in dolžin prekritja v reži (L). Poleg omenjenih geometrijskih in fizikalnih lastnosti je v enačbi (1) vključen tudi koeficient ekscentričnosti, ki popisuje lego bata v ohišju. V primeru centrične lege ima koeficient vrednost $f_{c/eksc}=1$, najslabši možni primer pa je vrednost koeficienta $f_{c/eksc}=2,5$, ko gre za največjo možno izsredno lego.

$$Q_L = \frac{\pi \cdot \Delta p \cdot D_{sr} \cdot s^3}{12 \cdot \rho \cdot \nu \cdot L} \cdot f_{c/eksc} \quad (1)$$

5 Pregled dosedanjih raziskav

Kitajski raziskovalci [10] so raziskovali obnašanje hkratnih učinkov adhezivne obrabe in abrazije treh teles na batnem ventilu iz ogljikovega jekla. Pred eksperimentom so nastavili matematični model in z njim ocenili pričakovane rezultate. Testirali so deset ventilov v različnih kontroliranih pogojih. Po izvedenem preizkusu so prišli do zaključka, da sta pri modelu dvojnega načina obrabe ključna dejavnika temperatura olja in tlak, saj znatno vplivata na stopnjo obrabe. Z naraščanjem temperature se povečuje stopnja obrabe, vendar zelo počasi. Veliko večji in opaznejši vpliv na obrabo ima tlak hidravlične tekočine. Z mikroskopskimi posnetki so iz začetne gladke površine bata ventila opazili preoblikovanje materiala zaradi strižnega loma adhezijskih točk. Opazili so tudi raze na površini bata, ki so bile posledica tritelesne abrazije.

Prav tako so kitajski raziskovalci [11] raziskovali vplive erozije na ostrih in zaobljenih robovih bata in ohišja ventila ter kombinacijah le-teh. Izvedli so tudi numerične simulacije pretoka skozi različne kombinacije robov. Ugotovili so, da lahko rob na odprtini

ventila zlahka povzroči nelinearno krmiljenje pretoka ventila in da so glavni vzrok za erozivne poškodbe robov ventila in ohišja neželeni delci v hidravlični tekočini. Raziskali so tudi vplive sklopljene abrazivne in adhezivne obrabe na zračno-hidravlični drsniški ventil [12].

Gregorc je v svoji doktorski disertaciji [13] ugotavljal vpliv trdno-tekočinskih zmesi na karakteristike hidravličnih strojev. Ugotovil je, da povečevanje koncentracije trdih delcev nima vpliva na obratovalne karakteristike turbin.

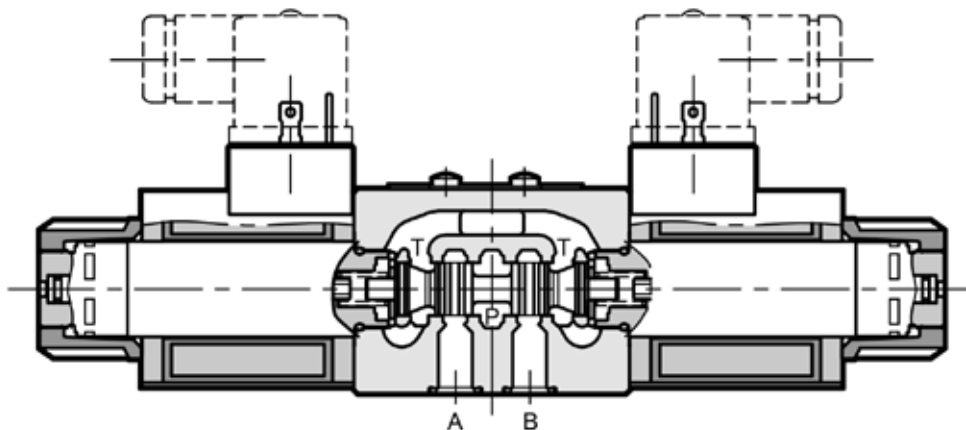
Majdič [14] je s sodelavci zasnoval vodno hidravlično preizkuševališče in testiral proporcionalni vodni ventil iz nerjavečega jekla z destilirano vodo kot hidravlično tekočino. Ugotovili so, da lahko tak ventil v industrijskih pogojih deluje več kot 10 milijonov ciklov, če je vzdrževana ustrezna čistost vode. Majdič pravi, da taki ventili iz nerjavečega jekla dobro delujejo pri blagih in običajnih pogojih delovanja, za zahtevnejše pogoje pa je raziskoval uporabno dobo vodno-hidravličnega ventila, katerega drsniške površine

so bile prevlečene z diamantu podobnim ogljikovim premazom (angl. diamond-like-carbon), ki je znan po lastnostih nizkega trenja [15]. Ugotovljene so bile precej manjše posledice obrabe na batu, notranje puščanje pa je bilo med celotnim testom skoraj konstantno, medtem ko je v primeru jeklenega bata brez protiobrabne prevleke počasi naraščalo.

6 Testirani hidravlični potni ventil in preizkuševališče

6.1 Preizkušane

Za testiranje smo uporabili Duplomaticov 4/3-potni ventil. Največji tlak, ki ga ta ventil dopušča na tlačnem vodu, je 350 bar, največji pretok pa 100 l/min. Drsniški potni ventili na krmilnih batih nimajo tesnil, kar privede do notranjega puščanja. Prez ventila je prikazan na *sliki 2*, razstavljen ventil pred začetkom testiranja pa na *sliki 3*.



Slika 2 : Prerez testiranega ventila DS3-S1/11N-D24K1 [16]



Slika 3 : Razstavljen testirani ventil DS3-S1/11N-D24K1

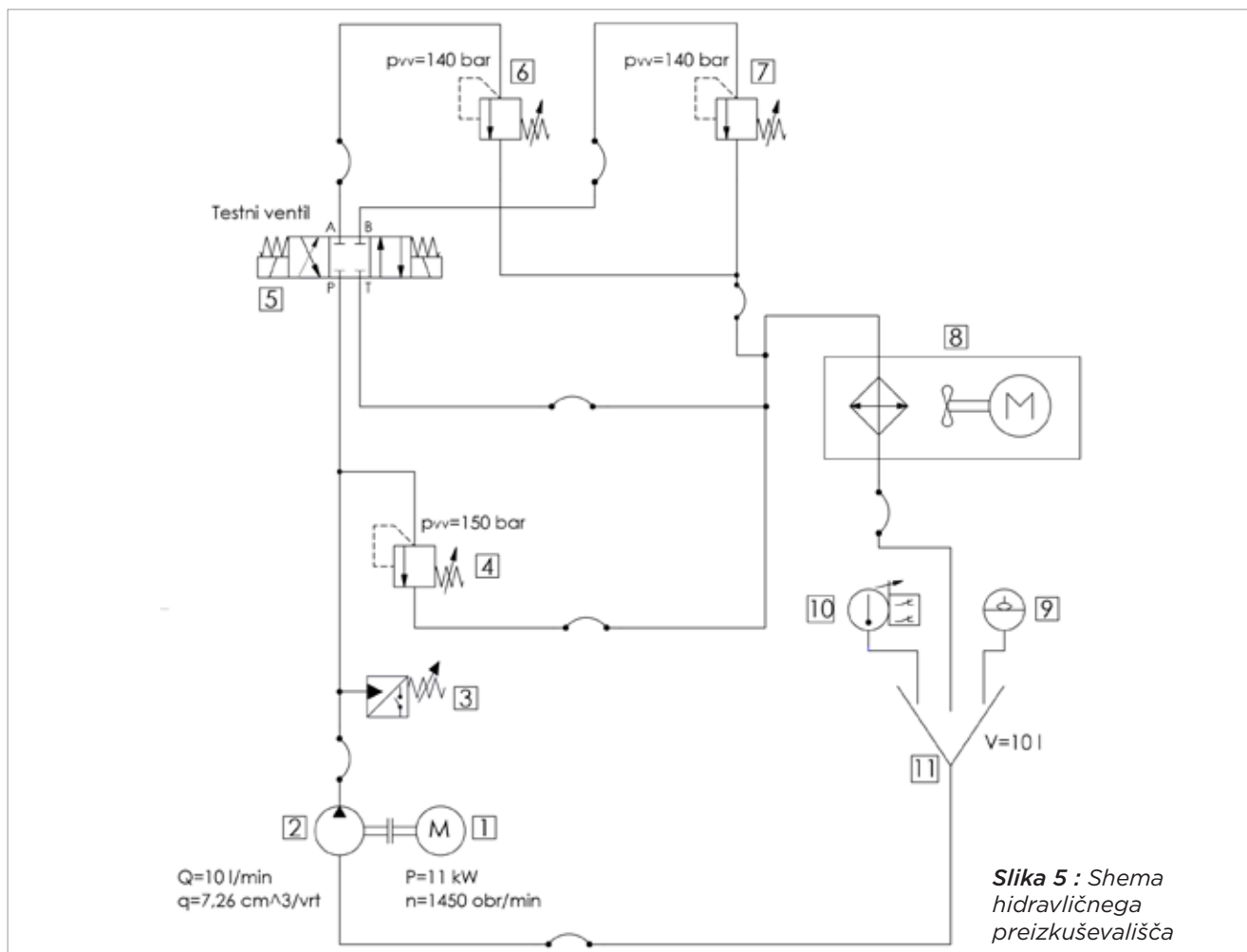
6.2 Preizkuševališče

Najprej smo zasnovali in izdelali hidravlično preizkuševališče. Uporabili smo 11-kilowatni elektromotor, ki preko zobatega jermena poganja hidravlično črpalko. Zaradi zagotavljanja čim boljšega pretoka dodanega testnega prahu v tekočino smo uporabili konični rezervoar. Preizkuševališče je prikazano na *sliki 4*, njegova hidravlična shema pa na *sliki 5*.

Delovanje hidravličnega sistema je razvidno s sheme na *sliki 5*. Elektromotor (1) preko zobatega jermena poganja batno hidravlično črpalko (2) s keramičnimi bati. Črpalka črpa hidravlično olje iz koničnega rezervoarja (11) in ga potiska po cevovodu mimo tlačnega stikala (3), ki skrbi za izklop v primeru padca tlaka in varnostnega ventila (4), v tlačni vod testnega ventila (5). Olje po cevovodih nadaljuje pot čez vod A ali B potnega ventila preko varnostnih ventilov na posameznem vodu (6 in 7), nato se združi s T-vodom potnega in varnostnega ventila (4) in na koncu vse skupaj preko hladilnika s prisilnim zračnim hlajenjem (8) steče nazaj v konični rezervoar (11). V rezervoarju sta še nivojsko stikalo (9) in temperaturno stikalo (10), ki skrbita za izklop v primeru padca gladine olja oz. previsoke temperature.



Slika 4 : Hidravlično preizkuševališče



Slika 5 : Shema hidravličnega preizkuševališča

6.3 Potek preizkušanja

Po končani sestavi preizkuševališča smo v rezervoar preko filtrirne enote natočili 10 litrov mineralnega hidravličnega olja ISO VG 46. Zanimalo nas je, kakšno stopnjo čistosti bomo dosegli po filtraciji. Iz ogretega in delujočega sistema smo najprej vzeli vzorec olja, iz katerega je treba izločiti zrak, saj naprava za merjenje čistoče zračne mehurčke prepoznava kot nečistoče v olju in meritev ni verodostojna. To smo izvedli tako, da smo vzorec olja v steklenički postavili v komoro, v kateri smo ustvarili vakuum. Na *sliki 6* sta prikazana odstranjevanje zraka in meritev čistoče vzorca hidravličnega olja.

Cilj naše raziskave je bil testirati tri 4/3-potne ventile istega tipa in velikosti. Testirali smo jih pri sistemskem tlaku 150 bar in pretoku 10 l/min. Varnostna ventila na vodu A in B testnega potnega ventila sta služila kot tlačno breme in sta bila na-



Slika 6 : Odstranjevanje zraka in meritev čistoče vzorca hidravličnega olja



Slika 7 : Toplotne razmere na hidravličnem preizkuševališču med testiranjem

stavljena na 140 bar. Temperatura olja v sistemu je bila med 70 °C in 75 °C, ventil pa smo neprestano preklapljali s frekvenco 4 Hz, dokler nismo pri vsakem dosegli 2 milijona ciklov.

Za testiranje potnih ventilov smo pri posameznem testu v olje dodali različne količine srednjega standardnega testnega prahu (MTD – Medium Test Dust). Pri testu drugega ventila je bila v olju dvakratna količina glede na test prvega ventila, pri testu tretjega ventila pa je bila dodana dvakratna količina glede na test drugega ventila in štirikratna količina glede na test prvega ventila.

Testni prah (MTD) smo v ogret delujoč sistem dodali tako, da smo preko merilnega priključka iz sistema vzeli približno 3 dl olja, vanj stresli določeno količino prahu za posamezen test, mešanico dobro pretresli, da se je tesni prah premešal, in vlili nazaj v sistem. Količina testnega prahu MTD v hidravlični kapljevini pri prvem testu je bila 0,167 g, pri drugem testu 0,333 g in pri tretjem 0,670 g.

Meritve notranjega puščanja smo izvajali za A- in B-vod ventila s pomočjo štoparice in dveh merilnih valjev. Merili smo dvakrat na dan, enkrat v dopoldanskem, drugič v popoldanskem času in pri vsakem merjenju postopek ponovili trikrat.

Med obratovanjem sistema smo toplotne razmere preverili tudi s termo kamero (*slika 7*) in ugotovili, da so temperature take, kot smo planirali.

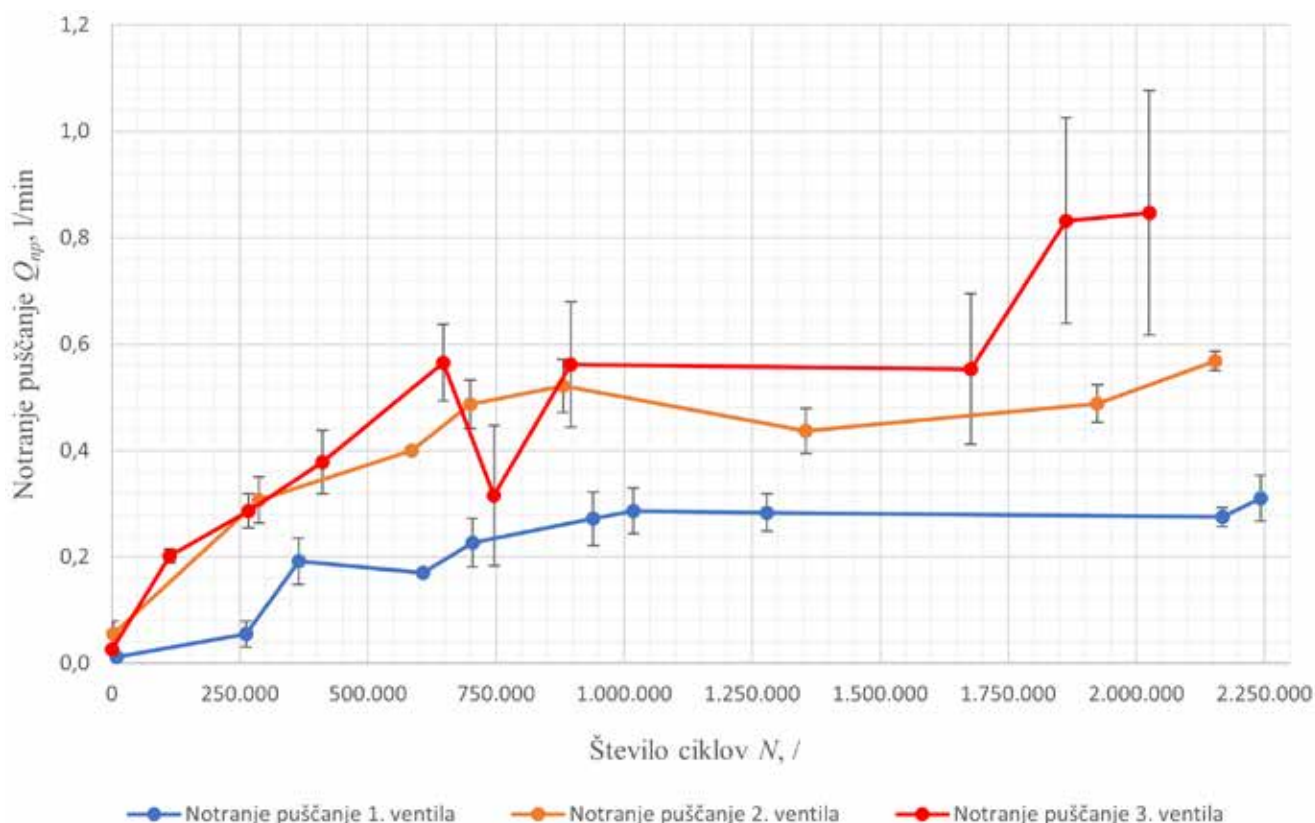
7 Rezultati testiranja

V okviru raziskave je bilo pridobljenih veliko rezultatov [17], nekaj pomembnejših je predstavljenih v nadaljevanju prispevka.

7.1 Meritve notranjega puščanja

Zanimal nas je vpliv različnih količin testnega prahu MTD na hitrost obrabe in posledično na večanje notranjega puščanja ventila. Primerjavo rezultatov meritev notranjega puščanja prikazuje *slika 8*.

Slika 8 prikazuje vsoto izmerjenega notranjega puščanja A- in B-voda za posamezni ventil. Opazi se, da je količina dodanega testnega prahu ključnega pomena pri naraščanju notranjega puščanja. To dejstvo je posebej opazno do 750.000 preklapov ventila. Med enim milijonom preklapov in zaključkom testiranja prvega in tretjega ventila lahko opazimo, da se pri prvem notranje puščanje poveča za majhno vrednost, medtem ko se pri tretjem poveča še za skoraj polovico. Končno notranje puščanje drugega ventila je v primerjavi s prvim skoraj dvakratno. Najvišje notranje puščanje na koncu testiranja tretjega ventila pa je skoraj trikratno v primerjavi s puščanjem prvega ventila.



Slika 8 : Primerjava izmerjenega notranjega puščanja vseh testiranih ventilov

Glede na to, da je količnik med količino testnega prahu MTD med tretjim in prvim testom enak 4, količnik notranjega puščanja pa malo manj kot 3, lahko trdimo, da notranje puščanje ne narašča sorazmerno glede na količino dodanega testnega prahu MTD.

Pri tretjem testu, s količino testnega prahu 0,670 g, smo se glede na meritve na opisanem preizkuševališču približali vrednosti puščanja enega litra na minuto, vendar ga še nismo dosegli. Ta vrednost še vedno ni kritična za odpoved ventila.

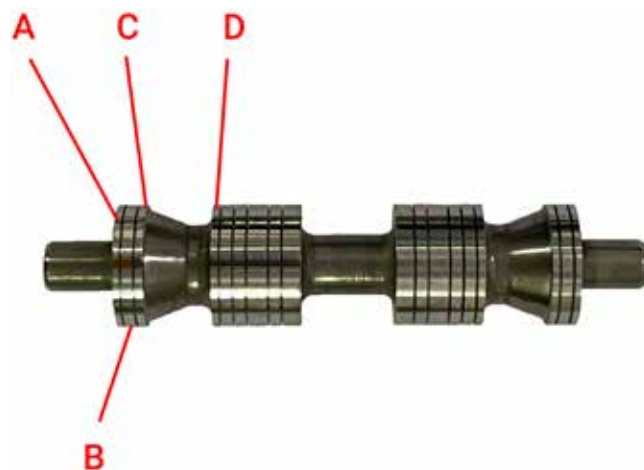
7.2 Obraba znotraj ventilov

Po končanih testih smo pod mikroskopom pogledali karakteristične površine na krmilnem batu testiranega ventila. Za lažjo predstavo so na sliki 9 prikazane označene površine bata. Slika 10 prikazuje slike površin A, B in C vseh testiranih ventilov in enega novega ventila.

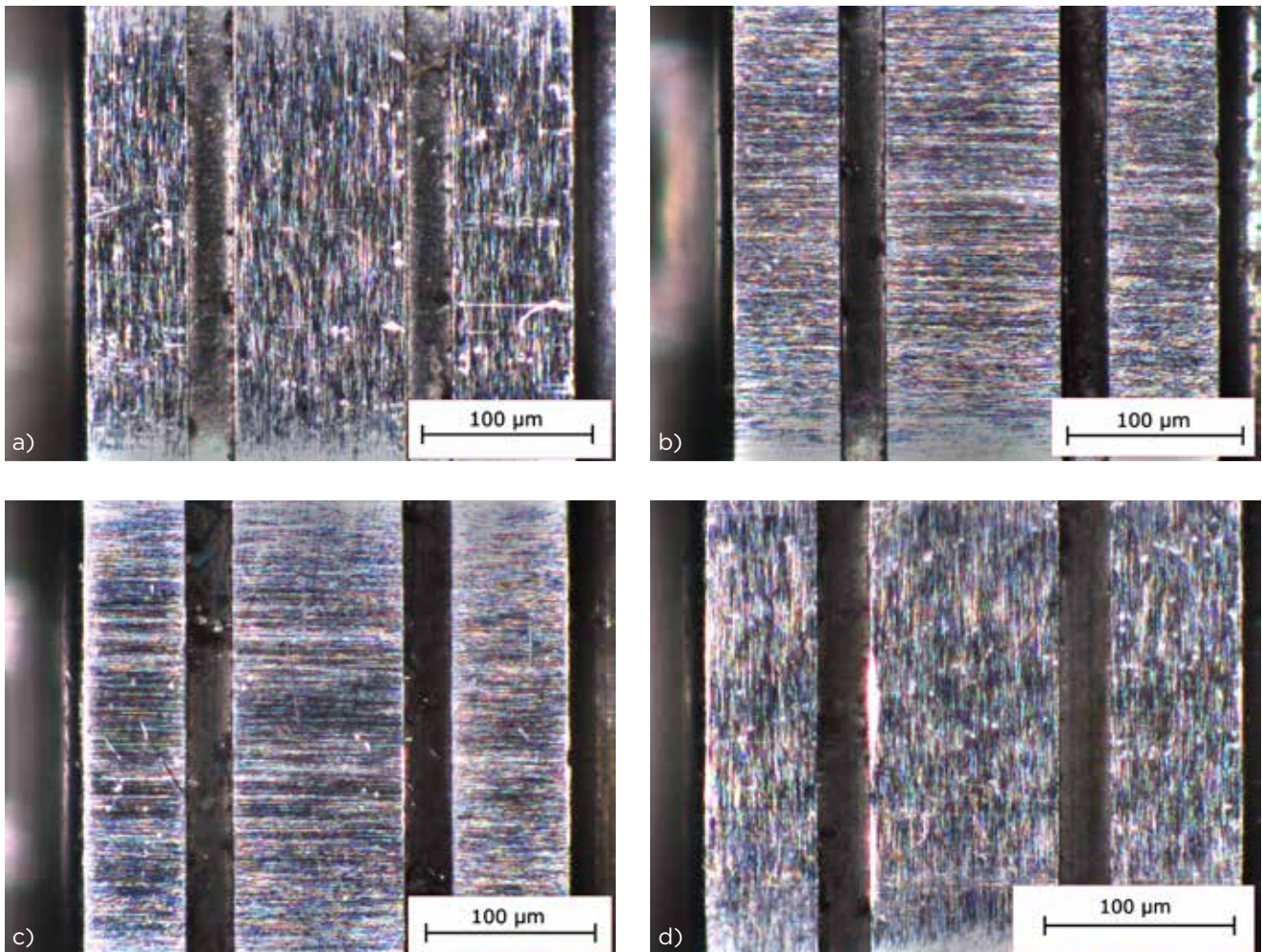
Na sliki 10a so prikazane površine prvega testiranega ventila pri dodanem testnem prahu 0,167 g in doseženih 2,25 milijona preklonov. Vidne so vertikalne raze kot posledica izdelave bata in nekaj horizontalnih raz, ki so posledica abrazije med batom in testnim prahom. Opazimo tudi nekaj luknjic v režah bata, ki so posledica erozije in/ali kavitacije.

Slika 10b prikazuje drugi bat, testiran pri 0,333 g dodanega testnega prahu v hidravličnem olju. S tem batom smo dosegli približno 2,15 milijona preklonov. Vertikalne raze, ki so posledica izdelave, niso več vidne. Opazne so goste horizontalne raze kot posledica abrazije med batom in testnim prahom MTD zaradi preklapljanja. Kot posledico erozije opazimo le nekaj luknjic na površini A.

Na sliki 10c je prikazan tretji bat z 0,670 g dodanega testnega prahu v hidravličnem olju. Enako kot pri drugem ventilu vertikalne raze, nastale zaradi



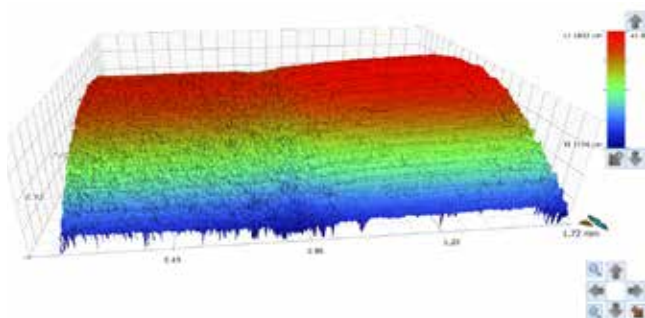
Slika 9 : Krmilni bat z označenimi opazovanimi površinami



Slika 10 : Površine testiranih batov A, B in C pri 80-kratni povečavi: a) prvega ventila, b) drugega ventila, c) tretjega ventila, d) novega ventila

izdelave, niso več vidne. Goste horizontalne raze so posledica abrazije med MTD testnim prahom in batkom. Vidno je tudi precej luknjic na vseh treh površinah, ki so najverjetneje posledica erozije. Opazimo jih tudi v režah bata.

Slika 10d prikazuje neobrabljen bat, vzet iz novega ventila. Na površinah opazimo vertikalne raze kot posledico izdelave in nekaj blagih horizontalnih raz, ki so najverjetneje nastale pri jemanju bata iz ohišja ventila.



Slika 11 : Površina D tretjega testiranega ventila – 3-prikaz

Z drugim mikroskopom in njegovim pripadajočim programom smo pogledali še površino D na batu po tretjem testu. Opazimo mejo približno na sredini, ki površino I deli še na dva dela. Leva površina je bolj obrabljena in je nižja od desne. To je dobro vidno na 3D-prikazu v programu Vision64.

8 Zaključki

Hidravlika in hidravlični sistemi se zelo pogosto uporabljajo v industrijah in ostalih tehničnih sistemih. Drsniški potni ventili so najpogosteje uporabljeni za krmiljenje. Ker na krmilnih batih ni tesnil, pride do pojava notranjega puščanja skozi reže v ventilu. Stabilnost notranjega puščanja je v veliki meri odvisna od čistoče hidravlične kapljevine, zato smo v raziskavi sestavili hidravlično preizkuševališče, pokazali, da čistoča hidravlične kapljevine ključno vpliva na količino notranjega puščanja ventila, in s pomočjo slik, zajetih pod mikroskopom, določali mehanizme obrabe karakterističnih površin bata testiranega ventila.

Največje notranje puščanje, 0,85 l/min, je bilo izmerjeno po doseženih 2,02 milijona preklopov ventila. Za ta test smo v hidravlično kapljevino dodali 0,670 g testnega prahu MTD, test pa smo izvajali pri 150 bar sistemskega tlaka. Ugotovljen je bil torej velik vpliv majhne količine testnega prahu v hidravlični tekočini na obrabo drsno tesnilnih površin testiranega ventila pri ne tako visokem tlaku. S povečanjem tlaka bi se povečala tudi obraba in notranje puščanje.

Noben izmed ventilov ni odpovedal in ni dosegel notranjega puščanja niti enega litra na minuto, kar pomeni, da količine dodanega testnega prahu še niso bile kritične. Vsi trije ventili so po končanih testih še vedno normalno delovali in se med preklapljanjem niso zatikali, največje notranje puščanje pa ni preseгло enega litra na minuto.

Literatura

- [1] V. Savič, *Uljna hidraulika 1 - Hidraulične komponente i sistemi*. Zenica: Dom štampe, 1986.
- [2] F. Majdič and J. Pezdirnik, *Pogonsko-krmilna hidraulika*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2011.
- [3] D. Lovrec and M. Kambič, *Hidravlične tekočine in njihova nega*. Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, 2007.
- [4] ISO 4406:2017. *Hydraulic fluid power—Fluids—Method for coding the level of contamination by solid particles*.
- [5] NAS 1638, *Cleanliness requirements of parts used in hydraulics*.
- [6] M. Day, J. H. Hong: *The AS4059 Hydraulic System Cleanliness Classification System: Replacement of NAS1638*. *Journal of Drive and Control*, 9 (2012) str. 39–45.
- [7] V. Savič, L. Zirojevič: *Uljna hidraulika 3 - Hidraulički fluidi, tehnika filtriranja, zaptivanje*. IKOS, Novi Sad, 2003.
- [8] G. W. Stachowiak, A. W. Batchelor: *Engineering Tribology: Fourth Edition*. University of Western Australia, Australia 2013.
- [9] J. Pezdirnik: *Tok tekočine skozi reže v hidravličnih sestavinah*. *Strojniški Vestnik* (2001) str. 175 - 191.
- [10] W. Gong, Y. Chen, M. Li, R. Kang: *Coupling fractal model for adhesive and three-body abrasive wear of AISI 1045 carbon steel spool valves*. *Wear*, 418-419 (2019), str. 75–85.
- [11] X. Liu, H. Ji, W. Min, Z. Zheng, J. Wang: *Erosion behavior and influence of solid particles in hydraulic spool valve without notches*. *Engineering Failure Analysis*, 108 (2020) str. 104262.
- [12] C. Yunxia, G. Wenjun, K. Rui: *Coupling behavior between adhesive and abrasive wear mechanism of aero-hydraulic spool valves*. *Chinese Journal of Aeronautics*, 29 (2016) str. 1119–1131.
- [13] B. Gregorc: *Vpliv trdno-kapljevitih zmesi na obratovalne karakteristike hidravličnih strojev: doktorska disertacija*. Maribor, 2011.
- [14] F. Majdič, J. Pezdirnik, M. Kalin: *Experimental validation of the lifetime performance of a proportional 4/3 hydraulic valve operating in water*. *Tribology International*, 44 (2011), str. 2013–2021.
- [15] F. Majdič, I. Velkavrh, and M. Kalin: *Improving the performance of a proportional 4/3 water-hydraulic valve by using a diamond-like-carbon coating*. *Wear*, 297 (2013) str. 1016–1024.
- [16] *Diplomatic Motion Solutions: DS3 SOLENOID OPERATED DIRECTIONAL CONTROL VALVE*. Dostopno na: https://diplomaticmotionsolutions.com/docs/2021/41150-ed-121_c84c2271fb.pdf, ogled: 31. 1. 2023.
- [17] D. Barbiš, *Vpliv čistoče olja na hidravlični 4/3 potni ventil: diplomsko delo*. Ljubljana, 2022.

Impact of oil cleanliness on sustainability of hydraulic directional control valve

Abstract:

Hydraulic systems are very common in industry and other technical fields. The most frequently used valves for control are sliding directional control valves, which do not have seals on the control pistons. This causes internal leakage. The stability of the leakage is highly dependent on the purity of the hydraulic fluid. The thesis deals with the influence of the purity of the hydraulic oil on the durability and volumetric efficiency of the sliding directional control valve under consideration. As part of the thesis, a hydraulic test rig was designed and assembled, on which three durability tests of a hydraulic 4/3 directional control valve were performed. For each test, a different amount of MTD test powder recommended for accelerated testing was added to the hydraulic oil. The valve was switched at a frequency of 4 Hz until 2 million cycles were reached. At the valve, the internal leakage of the A and B lines was measured using two measuring cylinders and a stopwatch. The leakage increased visibly with an increase in the amount of test dust. After the tests were carried out, the casings were cut open and the sliding surfaces of the casings and pistons of the tested valves were inspected for wear.

Keywords:

hydraulics, testing ground, oil cleanliness, directional control valves, sustainability tests, medium test dust, wear of valve sliding surfaces

Ročaji M.2000-SWM

z električnim stikalom funkcijo in kontrolno lučko LED



Ročaji so ergonomski in kompaktni, izdelani iz samougasljivega termoplasta po standardu UL-94-V0, ojačanega s steklenimi vlakni. Opremljeni so z monostabilnim varnostnim stikalom, ki zagotavlja pravilno prekinitev električnega tokokroga. Tako novi ročaji M.2000-SWM zagotavljajo kar najvišjo stopnjo varnosti za uporabnika.

LED-trakove RGY (rdeča, zelena, rumena – angl. red, green, yellow) je mogoče programirati tako, da vsaka barva prikazuje določen status stroja.

Ročaj v enem samem izdelku združuje funkciji signalne lučke in stikalne omarice z varnostnimi kontakti v konfiguracijah 2NC ali 1NO+NC.

Električne in mehanske lastnosti varnostnega stikala omogočajo integracijo ročaja M.2000-SWM v varnostni sistem.

elesa-ganter.si



ELESA + GANTER je internacionalno skupno podjetje, ustanovljeno z namenom ponudbe najširše palete standardnih strojnih elementov za industrijo. Izredno zanesljivi izdelki, edinstvenega dizajna predstavljajo kodeks kakovosti ELESA + GANTER.

elesa-ganter.si   



**DESIGNED
FOR ENGINEERING**

ALI LAHKO VODNA HIDRAVLIKA Z MANJŠO TEŽO KONKURIRA OLJNI HIDRAVLIKI?

Anže Dolinar, Franc Majdič

Izveček:

Industrija oljno-hidravličnih komponent je sčasoma zgradila monopol nad razvojem. V največji meri so razvili le komponente za uporabo v oljni hidravliki. Voda ima v primerjavi z oljem kot hidravlično tekočino boljši ekološki vpliv, saj ne onesnažuje okolja. Prav ekologija je pognala ponovni razvoj vodne hidravlike, ki se je uporabljala že v samih začetkih razvoja hidravlike. Razvoj vodne hidravlike napreduje, vprašanje pa je, če se lahko kosa z oljno hidravliko? Prav to se sprašujemo v tej raziskavi. Potni ventil, ki je v osnovi namenjen uporabi v oljni hidravliki, smo preizkušali v vodni hidravliki. Raziskali smo odzivnost vodne hidravlike s krmilnimi bati različnih materialov. Ti materiali so bili jeklo, aluminij in dva različna polimera. To smo ponovili še za oljno hidravliko in odzive med seboj primerjali. Za potni ventil EVC-34 smo zasnovali oljno in vodno preizkuševališče. Odzivnost krmilnih batov smo merili s hitro kamero in tlačnimi senzorji, meritve pa smo ponovili pri različnih tlakih.

Ključne besede:

vodna hidravlika, oljna hidravlika, sedežni ventil, krmilni bat, polimeri, hitra kamera, tlačni senzor

1 Uvod

Voda je povsod okrog nas. Je del narave, saj predstavlja približno 70 % zemeljskega površja. Vendar je le majhen del vode piten, zato naj bi človek namenil veliko pozornosti zaščiti vodnih virov. Potencial uporabe vode je ogromen in širok. Človek jo uporablja za pridobivanje električne energije, kot hladilno sredstvo, v zadnjih letih pa ponovno kot tekočino v vodni hidravliki. V hidravliki, katere ime je izpeljano iz grške besede *hydor*, ki pomeni voda, se večinoma uporabljajo okolju škodljive hidravlične tekočine. To so razna mineralna olja, vodno-oljne emulzije in tudi rastlinska olja. Rastlinska olja naj bi veljala za ekološki nadomestek mineralnih olj, vendar zaradi boljšega delovanja pogosto vsebujejo razne dodatke, ki so škodljivi za okolje.

Zelo močna je industrija izdelave hidravličnih komponent, kot so ventili, hidravlični valji, črpalke itd. Ti so prilagojeni za obratovanje v oljni hidravliki in proizvajalci, ki so vložili ogromno denarja v razvoj teh komponent, nimajo večjega interesa, da bi začeli proizvajati hidravlične komponente, ki bi bile prilagojene za obratovanje v vodni hidravliki. To se bo zgodilo postopoma, saj ima tako oljna kot vodna hidravlika svoje prednosti in pomanjkljivosti. Ventili

so komponente hidravličnega sistema, ki uravnava pretok kapljevine (Q) skozi sistem. Lahko kontrolirajo in regulirajo smer toka hidravlične kapljevine, tlak (p), velikost in hitrost pretoka (v) [1].

2 Pregled teorije

2.1 Prednosti in slabosti vodne hidravlike

Pri uporabi vode kot pogonske tekočine v hidravliki se pojavljajo prednosti in slabosti. Ena od glavnih prednosti je nizka viskoznost (ν) vode. Ta ji omogoča, da se ogromne količine vode pretakajo v kratkih časovnih intervalih (ustvarja velike pretoke) skozi cevi z majhnim presekom brez velikih izgub tlaka. Nizka stisljivost vode je prav tako prednost, saj je odzivnost vodno-hidravličnega sistema zato boljša. Uporaba vode pa ima še eno veliko prednost, in sicer njeno dostopnost. Voda je dostopna skoraj povsod in ima nizko ceno v primerjavi z ostalimi pogonskimi kapljevini v hidravliki. V primerjavi z olji ob puščanjih, ki jih v hidravliki ne moremo popolnoma preprečiti, ne pušča madežev in mastnih površin. Voda ne predstavlja nevarnosti požara, prav tako v primeru razlitja in nesreč ne onesnažuje narave, zato jo lahko odvržemo kjerkoli. Za proizvodnjo hidravlične pogonske tekočine potrebujemo le malo energije, saj lahko zgolj odpremo pipo in voda priteče po vodovodu. S tem se izognemo onesnaževanju, ki bi ga povzročili pri uporabi ostalih hidravličnih pogonskih tekočin [2, 3, 4].

Anže Dolinar, dipl. inž. str., doc. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž; oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Velika pomanjkljivost vode je, da povzroča korozijo v ceveh in ventilih, po katerih teče. Zaradi nizke viskoznosti (ν) pa povzroča tudi večje puščanje sistema. Čisto vodo težko dobimo, saj so v njej vedno soli in minerali. Te lahko očistimo pri filtraciji skozi 10-mikrometrski filter [5]. Sama voda je predvsem pri tradicionalno uporabljenih materialih oljne hidravlike zelo slabo mazivo, zato zmanjša uporabno dobo hidravličnim komponentam. Vodi se zato lahko dodaja od 1 % do 2 % mineralnega olja. Ta mešanica tvori oljno-vodno emulzijo, ki poskrbi za nastanek oljnega filma. Ta film zmanjša nevarnost korozije in maže premikajoče se hidravlične komponente, kot so ventili, hidravlični valji in črpalke. Voda se uparja pri 100 °C pri zračnem tlaku (p_0). Pri višjem tlaku v ceveh ta temperatura naraste, vendar ima voda v primerjavi z olji nižjo obratovalno temperaturo [3, 4].

2.2 Uporaba polimernih materialov za konstrukcijo hidravličnih komponent

Za izdelavo vodno-hidravličnih komponent se najpogosteje uporabljajo POM, PPS in PEEK. Omenjeni polimeri imajo naslednje lastnosti:

- ▶ polioksimetilen (POM) – visoka trdnost in trdota, nizka vpojnost vlage, dobre drsne lastnosti, majhno raztezanje, dobre obdelovalne lastnosti, ni odporen na visoke koncentracije kislin, težko lepljiv, nizka cena, dostopnost na trgu;
- ▶ polifenilen sulfid (PPS) – visoka trdnost in togost, visoka termostabilnost, nizko krčenje, visoka kemična in vremenska odpornost, dobre izolativne lastnosti, težka in draga pridelava, višja cena, vendar cenejši od PEEK-a;
- ▶ polietereeterketon (PEEK) – dolgotrajna uporaba pri temperaturi do +260 °C, odlična odpornost na kemikalije, dobre drsne lastnosti, dobre mehanske lastnosti pri visoki temperaturi, visoka odpornost pri energijsko močnih sevanjih, draga pridelava materiala, visoka cena [6, 7].

2.3 Sile na hidravlični bat

Sile, ki delujejo na hidravlični krmilni bat, se delijo na aksialne in radialne. Radialne sile so odvisne od oblike krožnice krmilnega bata in koničnosti krmilnega bata. Aksialne sile pa so sestavljene iz sile viskoznega trenja, sile Columbovega trenja, sile lepljenja in zagozdenja pri mirovanju, sile odpora proti pretakanju, vztrajnostne masne sile, sile vzmeti, tokovnih sil ter sile vkrmiljenja [2].

Vsi ventili se pred izdelavo numerično preračunajo – analizirajo z ustreznimi računalniškimi programi. Vse sile in tokovi tekočine, ki se pojavljajo pred odprtjem ventila, se med odprtjem ventila in pretokom skozi ventil ter zaprtjem ventila numerično preračunajo v modelu CFD (ang. Computational Fluid Dynamics). Preliminarni izračun teh sil in toka

kapljevine je izjemno pomemben za nadaljnje konstruiranje. Več o CFD-analizi so napisali španski raziskovalci [8].

3 Eksperimentalni del

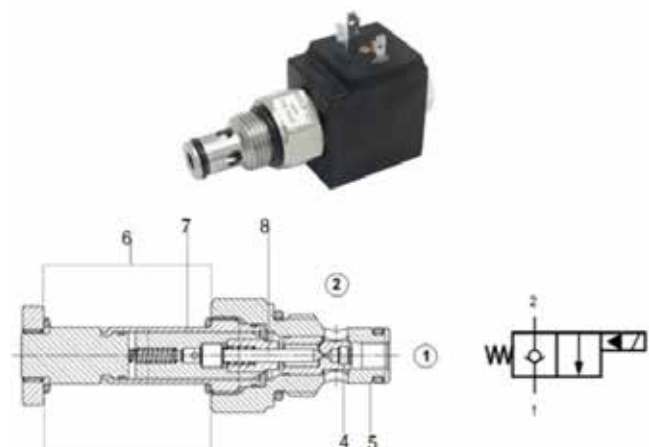
3.1 Hidravlični potni ventil

V preteklosti so za raziskave uporabljali hidravlični sedežni potni ventil s komercialno oznako EVC-34 italijanskega proizvajalca Aidro (*slika 1*). Hidravlični sedežni potni ventil 2/2 ima dva priključka in dva položaja, odprtega in zaprtega. Narejen je za obratovanje v oljnem hidravličnem sistemu. Prekrmljenje potnega ventila poteka s pomočjo tuljave oziroma elektromagneta, ki ga lahko napajamo z izmeničnim AC ali enosmernim DC električnim tokom (I). V normalnem stanju je potni ventil zaprt. Glavni kataloški podatki o hidravličnem potnem ventilu so v preglednici 1 [9].

Delovanje hidravličnega potnega ventila z vsemi njegovimi sestavnimi deli je prikazano v prečnem prerezu (*slika 1*). Hidravlični potni ventil je navadno zaprt, saj krmilni bat (4) zaradi vzmeti nalega na sedež (5). Ko se vklopi tuljava (6), se igla (8) in puša (7) premakneta. Zaradi tlačne razlike se krmilni bat odmakne in potni ventil je v odprtem stanju. Iz hidravličnega simbola vidimo, da pretok kapljevine teče iz priključka 2 na priključek 1 [9].

Preglednica 1: Kataloški podatki za potni ventil EVC-34 [9]

Parameter	Oznaka	Enota	Vrednost
Največji delovni tlak	p_{maks}	MPa (bar)	25 (250)
Normalni pretok	Q_{nor}	$l \text{ min}^{-1}$	32
Največji pretok	Q_{maks}	$l \text{ min}^{-1}$	40
Masa brez tuljave	m	kg	0,120



Slika 1: Ventil EVC-34 (fotografija, prečni prerez in simbol) [9]

3.2 Testiranje z optičnim senzorjem

Zasnovali smo preizkuševališče za sedežni potni ventil EVC-34, pri katerem naj bi pomik krmilnega bata (s) merili z optičnim senzorjem. Za ta namen smo dimenzionirali in izdelali hidravlični blok iz aluminija (slika 2 in 3). Odločili smo se za optični laserski senzor HT3CL2/4P-M8 proizvajalca Leuze. Podatki o senzorju so zapisani v preglednici 2. V okviru te raziskave smo želeli meriti pomik krmilnega bata (s) med njegovim delovanjem. Rešitev se je ponudila z uporabo optičnega stekla ameriškega proizvajalca Edmund Optics. Iz preteklih izkušenj, ki so jih dobili v laboratoriju pri prejšnjih testiranjih, smo se odločili za optično steklo $\lambda/4N-BK7$. Pred testiranjem smo imeli pomisleke, če bomo lahko sploh zaznali pomik krmilnega bata (s). Skrbelo nas je, če bomo lahko zaznali premik krmilnega bata (s) z laserskim žarkom iz omenjenega senzorja Leuze. Poleg tega bi lahko imeli težave z oljem oz. vodo.

Preglednica 2 : Kataloški podatki o uporabljenem optičnem senzorju HT3CL2/4P-M8 [10]

Tip svetlobe	Laserska dioda, rdeča svetloba
Nastavitev	ročna
Tip električne povezave	konektor M8
Širina senzorja	11,4 mm
Višina senzorja	34,2 mm
Dolžina senzorja	18,3 mm
Čas reakcije	0,16 ms
Frekvenca preklapljanja	3000 Hz
Območje delovanja	od 15 mm do 550 mm
Valovna dolžina laserja	650 nm

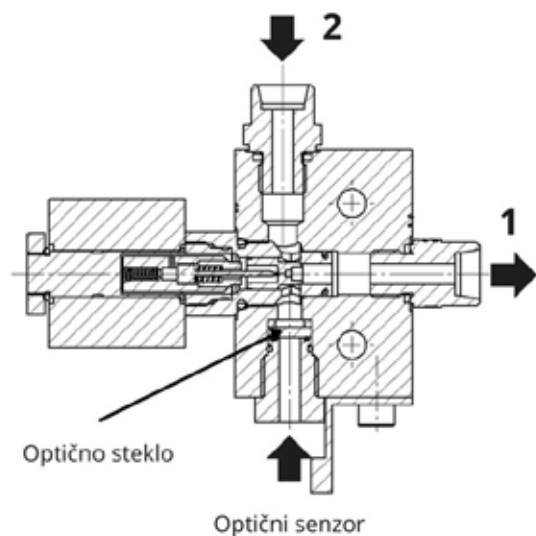


Slika 2 : Namenski aluminijasti hidravlični blok (70 mm x 50 mm x 30 mm) (levo) in optični senzor (desno) [10]

Pri hidravličnem olju in vodi bi bila težava vrtnčanje vode ob odprtju ventila in lomni količnik (n) kapljevine, ki bi lahko zmotil laser senzorja in s tem meritev pomika krmilnega bata (s). Pri optičnem steklu je obstajala manjša verjetnost, da bi ob večjem tlaku popustilo in počilo. Ko smo dobili senzor za test, smo ugotovili, da ima prevelik korak nastavljanja območja delovanja in preširok laserski žarek, da bi lahko izmeril odprtino pri premiku krmilnega bata (s). Alternativna opcija bi bila nakup/izposoja natančnejšega optičnega senzorja ali pa drugačna rešitev za merjenje pomika krmilnega bata (s). Odločili smo se za drugačno rešitev, in sicer za merjenje pomika krmilnega bata (s) s hitro kamero.

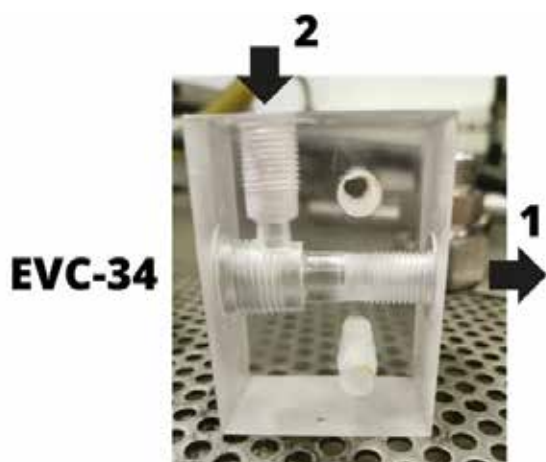
3.3 Testiranje s hitro kamero

Za namene testiranja potnega ventila EVC-34 s hitro kamero smo zasnovali namenski hidravlični blok. Namenski hidravlični blok (slika 4) je izdelan iz tehnične plastike PC (polikarbonat). Tehnični podatki so prikazani v preglednici 3. Ta material je bil izbran zaradi svoje visoke trdnosti, trdote in žilavosti. Prav tako je pripomogla njena transparentnost (prozornost), ki je zelo pomembna za snemanje s hitro kamero [8]. Testiranje je potekalo tako, da smo najprej povezali skupaj komponente hidravličnega vodnega preizkuševališča. Nato smo preverili, če vse deluje, kot mora, na hidravličnem vodnem preizkuševališču. Potem je bilo treba umeriti še zajem rezultatov testiranja, ki smo jih zajemali s hitro kamero Photron Mini UX100 mono, ki lahko zajame 4000 slik na sekundo s kvaliteto videa 1280 x 1024. Na hitri kameri je bil uporabljen objektiv proizvajalca Nikon, in sicer Micro-Nikkor 105 mm f/2,8. Nato smo hitro kamero povezali s tuljavo potnega ventila, da smo dobili točen čas sprožitve stikala. Čas zamika (t) med stikalom in časom na hitri kameri je bil (t_{zam}) 0,002 s, vendar je konstanten pri vsaki meritvi, zato



Slika 3 : Prerez hidravličnega bloka s priključki in postavitvijo optičnega senzorja [11]

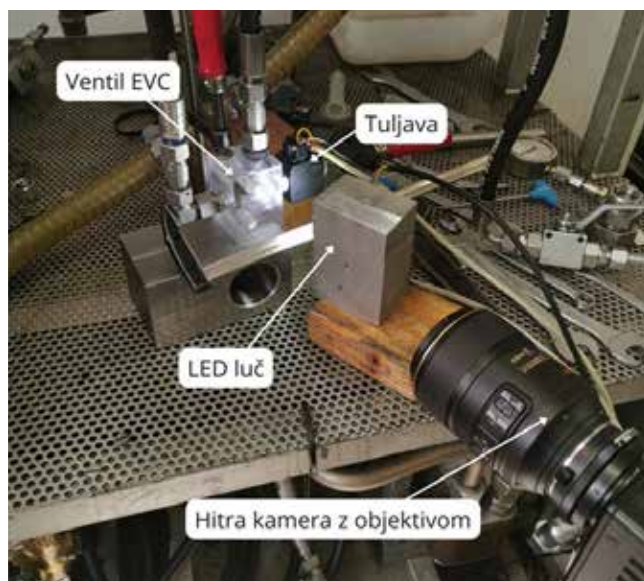
ga lahko izpustimo. Pri samem zajemu videa s hitro kamero je potrebno postaviti tudi dobro osvetlitev, ki smo jo dosegli z LED-lučjo (slika 5). Ko je bilo vse pripravljeno, smo lahko začeli s testiranjem.



Slika 4 : Izdelan namenski hidravlični blok iz polikarbonata (70 mm x 50 mm x 50 mm) [11]

Preglednica 3 : Tehnični podatki o prozornem materialu za namenski hidravlični blok [12]

Parameter	Simbol	Enota	Polikarbonat
Meja plastičnosti	R_e	MPa	69
Youngov modul	E	MPa	2200
Maksimalna delovna temperatura	T	°C	149
Koeficient linearnega raztezanja	W	cm K ⁻¹	0,00008
Koeficient absorpcije vode	A	%	0,06

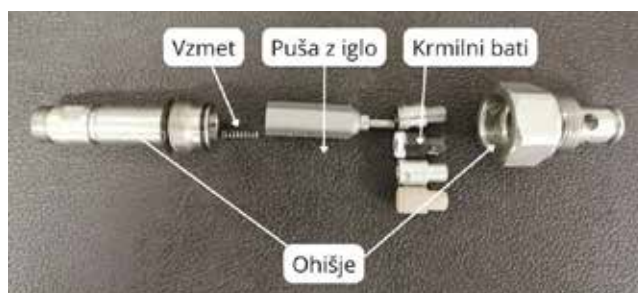


Slika 5 : Postavitev hitre kamere, LED-luč, tuljave in potnega ventila pri testiranju [11]

Testirali smo štiri različne krmilne bate (slika 6):

- ▶ jeklen originalen krmilni bat,
- ▶ aluminijast krmilni bat,
- ▶ bel plastični krmilni bat (GF30 PEEK): poliarileterketon s 30-odstotnim dodatkom steklenih vlaken in
- ▶ črn plastični krmilni bat (CA30 PEEK): polietereketon s 30-odstotnim dodatkom ogljikovih vlaken.

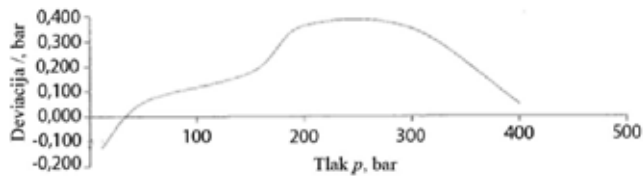
Velikosti krmilnih batov nismo posvečali velike pozornosti, pomembno je bilo, da se je krmilni bat prekrmilil. Pri jeklenem batu nismo veliko izbirali, saj je bil na voljo le originalni krmilni bat. Za bele in črne plastične krmilne bate smo testirali več verzij, ki so bile izdelane predhodno za prejšnje raziskave in so se izkazale za delujoče. Prav tako smo to naredili z aluminijastimi krmilni bati. Tu smo imeli na voljo 10 krmilnih batov. Izbrali smo 3, ki so dosegli najboljše rezultate pri prejšnjih testiranjih, in jih testirali. Odločili smo se za krmilni bat, ki je bil najbolj odziven. Ventile smo testirali pri treh različnih tlakih (p), in sicer pri 20 bar, 40 bar in 60 bar. Za vsako nastavitev smo v programu PFV4 (Photron FAST-CAM Viewer) proizvajalca hitrih kamer Photron odčitali, koliko časa je bilo potrebnega, da se ventil popolnoma odpre.



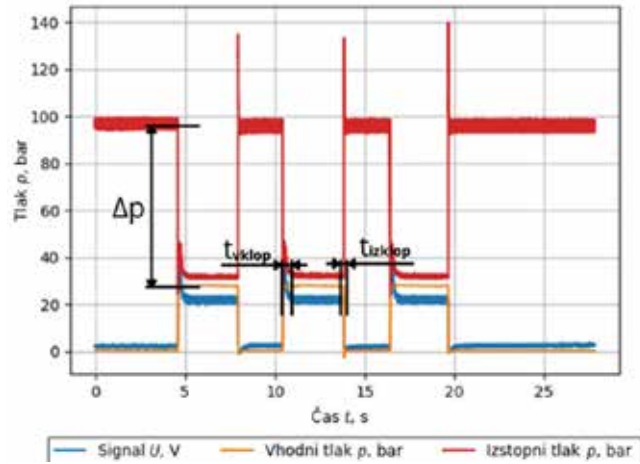
Slika 6 : Razstavljen hidravlični potni ventil EVC-34 [11]

3.4 Testiranje z merjenjem tlaka in signala

Testiranje je potekalo tako, da smo najprej postavili celotno preizkuševališče za vodo. Nato smo dodali tlačne senzore. Ti imajo pri merjenju tlaka določeno odstopanje glede na tlačno področje (slika 7). Odločili smo se za testiranje pri tlakih (p) 50 bar, 100 bar in 150 bar. S slike 7 lahko razberemo, da nam tlak pokaže pri 50 bar do 0,05 bar več, pri 100 bar do 0,1 bar več in pri 150 bar do 0,15 bar več od realne vrednosti tlaka v preizkuševališču. Nato smo povezali še električni signal (U) na tuljavo do potnega sedežnega ventila EVC-34. Vsa oprema za merjenje tlaka in istočasno merjenje signala ventila je bila od proizvajalca Parker Hannifin, serija SenzoControl. Testirali smo krmilne bate iz vseh materialov, ki so predstavljeni v točki 3.3 in prikazani



Slika 7 : Odstopanje pri merjenju tlaka [13]



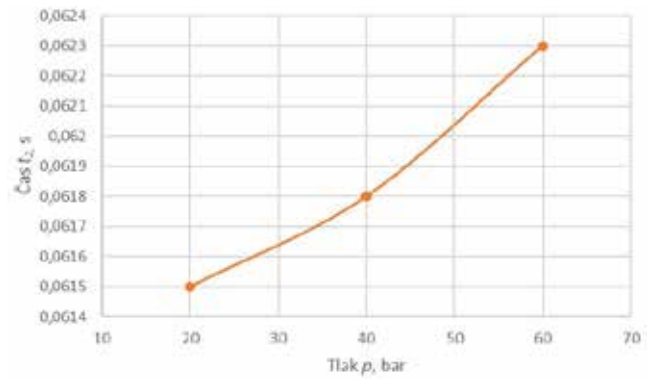
Slika 8 : Merjeni odzivi pri preklopu testiranega hidravličnega ventila [11]

na *sliki 6*. Po preizkušanju na vodnem hidravličnem preizkuševališču smo postavili še oljno hidravlično preizkuševališče in tam ponovili testiranje. Po končanem testiranju smo iz programa proizvajalca opreme izvozili podatke v datoteki formata.csv. To smo uvozili v okolje Python in tam podatke preoblikovali v grafe (primer je na *sliki 8*). Signal je na rezultatih predstavljen z modro barvo, vhodni tlak z oranžno barvo in izstopni tlak z rdečo barvo. Najbolj pomembno nam je bilo opazovanje in obnašanje izhodnega tlaka (rdeča barva).

4 Rezultati

4.1 Testiranje s hitro kamero

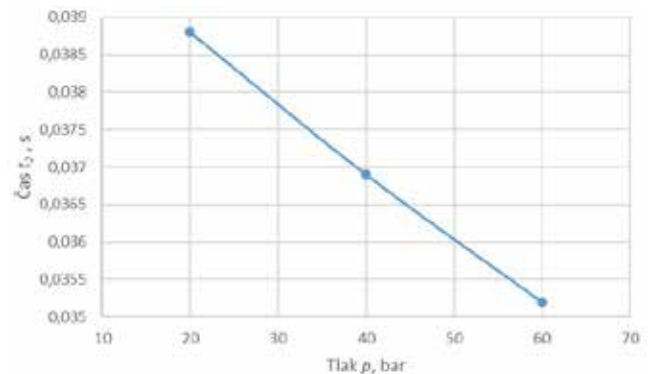
Pri testiranju jeklenega krmilnega bata je bilo opazno, da ni narejen za delovanje v vodi. S *slike 9* je razvidno, da se z večanjem tlaka (p) večja tudi odzivni čas (t) popolnoma odprtega potnega ventila. Pričakovati bi bilo, da se z večanjem tlaka (p) odzivni čas (t) popolnoma odprtega potnega ventila manjša. Z večanjem tlaka (p) pa pada čas prvega premika krmilnega bata (t_1). To je bilo pričakovano, saj z naraščanjem tlaka (p) narašča tudi sila tlaka (F_p) na krmilni bat in takoj, ko tuljava prekrmlji potni ventil, ga sila (F_p) pri večjem tlaku (p) prej prestavi v drugo pozicijo kot pa pri manjšem tlaku (p). Voda ima manjšo viskoznost (ν) kot hidravlično olje, kar vpliva na ravnovesje sil (F) v ventilu. Večja, kot je



Slika 9 : Izmerjena sprememba odzivnega časa (t_2) jeklenega krmilnega bata s povečevanjem tlaka [11]

viskoznost (ν) kapljevine, večje viskozno trenje (F_R) povzroča. To povzroči tudi daljšanje časa (t) odpiranja krmilnega bata hidravličnega potnega ventila. To je vidno tudi pri rezultatih, kjer je čas t_1 definiran kot čas prvega odpiranja ventila in čas t_2 kot čas popolnoma odprtega ventila. Na *sliki 9* je prikazan samo čas (t_2) popolnoma odprtega ventila.

Pri testiranju aluminijastih krmilnih batov je čas t_1 definiran kot čas prvega odpiranja ventila in čas t_2 kot čas popolnoma odprtega ventila. Na *sliki 10* so rezultati predstavljeni grafično, kjer se vidi, da se čas prekrmljenja ventila (t_2) krajša. Na *sliki 10* je prikazan samo čas t_2 popolnoma odprtega ventila. Pri testiranju aluminijastih krmilnih batov smo dobili najboljše rezultate, saj smo jasno videli, kdaj se je krmilni bat premaknil in kdaj je popolnoma odprl. Tako smo lahko odčitali natančen čas (t) prekrmljenja bata. Pri rezultatih pa smo dobili odstopanje pri času prvega odpiranja ventila (t_1). Čas (t_1) pri tlaku (p) 20 bar in 60 bar ustreza trendu zmanjševanja časa z naraščanjem tlaka v primerjavi s časom t_2 . Ko pa pogledamo čas t_1 pri tlaku (p) 40 bar, vidimo, da čas t_1 malo odstopa od trenda zmanjševanja časa z naraščanjem tlaka. To odstopanje ni nikakor vplivalo na čas t_2 . Predvidevamo, da je razlog za zakasnitev prvega premika bata zakasnitev pri sprožitvi na stikalu, se pravi zakasnitvena aktivacija tuljave.



Slika 10 : Izmerjena sprememba odzivnega časa (t_2) aluminijastega krmilnega bata s povečevanjem tlaka (p) [11]

Druga opcija pa je, da je v sistemu nastal zračni mehurček in je ob sprožitvi ta zračni mehurček potisnilo naprej. Ta potrebuje manjšo režo kot voda in je zato prišlo do zakasnitve časa t_1 . Temu bi se lahko izognili s ponovitvijo meritev.

4.2 Testiranje z merjenjem tlaka in signala

Na *sliki 11* so zbrani primeri rezultatov meritev pri testiranju z merjenjem tlaka in signala.

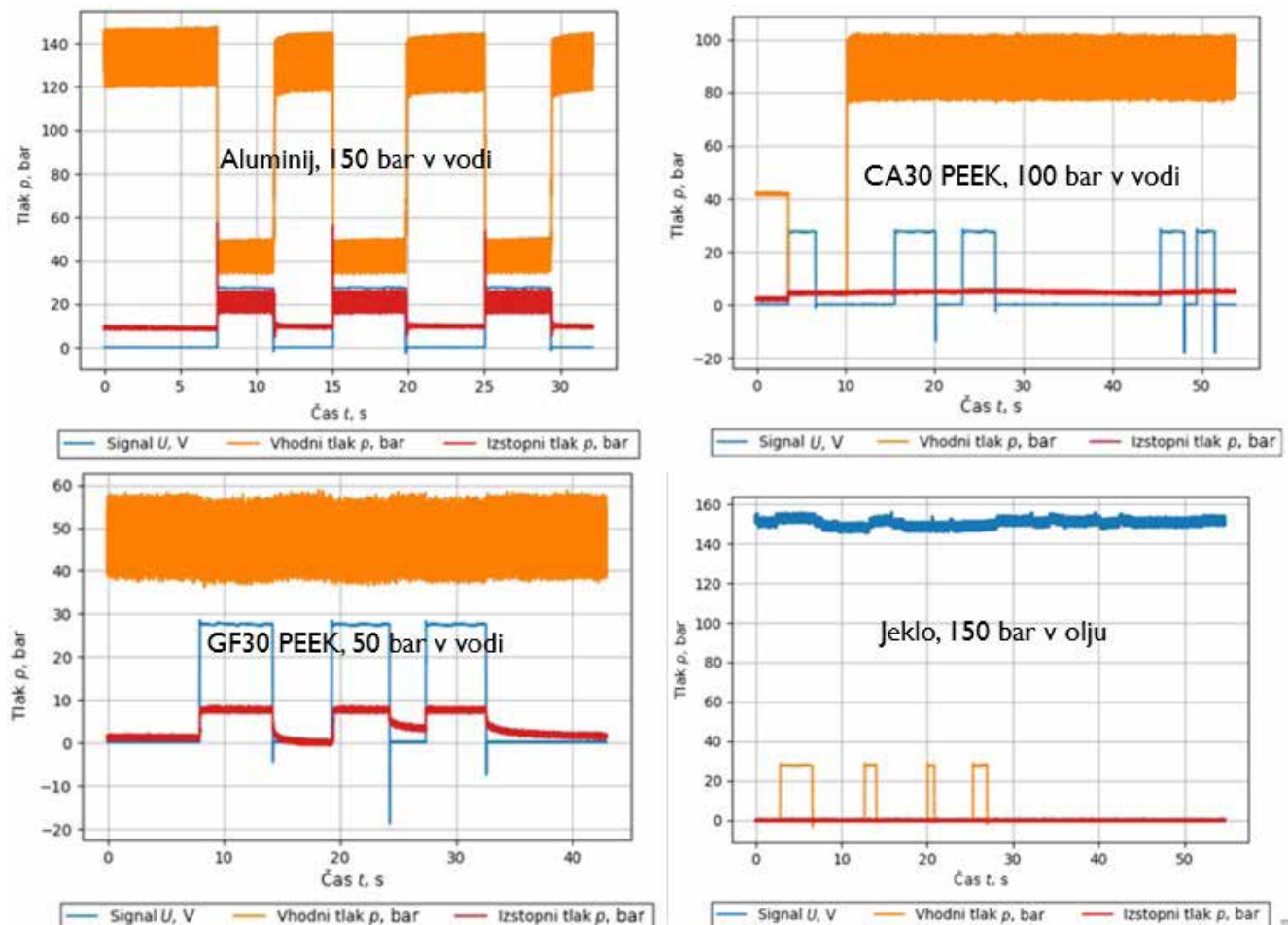
- ▶ Pri testiranju aluminijastega krmilnega bata v vodnem hidravličnem preizkuševališču pri 150 bar smo dobili zelo kratke odzivne čase. To se lepo vidi tudi na sliki, saj v grafu ni vidnih nobenih zakasnitev.
- ▶ Pri testiranju črnega plastičnega bata (CA30 PEEK) v vodnem hidravličnem preizkuševališču pri 100 bar smo prišli do zanimivega pojava, ko se nam je krmilni bat prekrmilil, vendar se kljub več poskusom ni zaprl.
- ▶ Pri testiranju belega plastičnega bata (GF30 PEEK) v vodnem hidravličnem preizkuševališču pri 50 bar smo dobili odzivno odpiranje krmilnih batov, vendar zakasnjeno zapiranje ventila.

To se vidi na rdeči krivulji.

- ▶ Pri testiranju jeklenega krmilnega bata v oljnem hidravličnem preizkuševališču pri 150 bar pa imamo primer, ko se krmilni bat ni prekrmilil.

Vsi rezultati se nahajajo v [11].

Če pogledamo čase (t) jeklenega krmilnega bata, vidimo trend, ki nam kaže večanje časov (t). Ob primerjavi časov pri tlaku (p) 50 bar in 150 bar pa vidimo, da je čas zapiranja potnega ventila (t_{izk}) pri tlaku (p) 150 bar najkrajši. Ker je originalni potni ventil izdelan za delovanje do 250 bar, bi pričakovali, da bi z večanjem tlaka časi padali. Ker ima pri 150 bar najhitrejši čas zapiranja potnega ventila (t_{izk}), predvidevamo, da je čas odpiranja potnega ventila (t_{vk}) večji, ker je hidravlična tekočina voda in ne olje, kar spremeni ravnovesje sil (F) v potnem ventilu. Pri aluminijastih krmilnih batih smo dobili podoben trend časov (t), kot je narisano na *sliki 10*. Tu so rezultati le pri višjih tlakih, zato lahko sklepamo, da bi s povečevanjem tlaka (p) še skrajšali odzivni čas (t) potnega ventila. Če pa pogledamo čase same, je čas t_{izk} veliko daljši kot čas t_{vk} . Predvidevamo, da je to zaradi manjše teže (m) bata. Pri črnih plastičnih (PEEK CA30) krmilnih batih smo uspeli uspešno odpreti potni ventil le pri tlaku (p) 50 bar. Pri tlaku



Slika 11 : Del rezultatov testiranja z merjenjem tlaka in signala [11]

(p) 100 bar se je potni ventil le odprl in se kljub več poskusom zaprtja ni zaprl. Pri belih plastičnih (PEEK GF30) krmilnih batih vidimo, da se je pri testiranju pri 50 bar in 100 bar čas zaprtja (t_{izk}) in odprtja (t_{vk}) potnega ventila povečal.

Če bi morali izbrati krmilni bat, ki se je najbolje odzival pri testiranjih v vodni hidravliki, bi se odločili za aluminijast krmilni bat. Če bi povečali tlak (p), pri katerem bi testirali potni ventil, pa bi se lahko jekleni krmilni bat zelo približal odzivnemu času (t) aluminijastih krmilnih batov, saj pri večjem tlaku (p) in posledični večji sili tlaka (F_p) na krmilni bat sama teža bata (m) ne bi toliko vplivala na čas prekrmiljenja (t).

Ko smo testirali ventil v oljni hidravliki, pri aluminijastih krmilnih batih nismo uspeli prekrmiti nobenega pri katerem koli tlaku. Jekleni krmilni bat je bil edini, ki smo ga uspeli prekrmiti pri dveh tlakih. Iz časov vidimo, da se je čas vklopa (t_{vk}) povečal, medtem pa se je čas izklopa (t_{izk}) zmanjšal. Presemetljivo pa je bilo, da se je jeklen krmilni bat prekrmilil le do 120 bar. Čeprav je narejen za delovanje v oljni hidravliki in do tlaka (p) 250 bar, je ostal pri 150 bar zaprt. Bel in črn plastični krmilni bat nam je uspelo prekrmiti le pri tlaku (p) 50 bar. Na podlagi časov vidimo, da je bel plastični krmilni bat primernejši za uporabo v olju kot črn plastični krmilni bat, saj je njegov čas t_{izk} precej manjši kot je pri črnem. Pri tlaku (p) 150 bar nam ni uspelo prekrmiti nobenega krmilnega bata.

Prave primerjave med rezultati testiranja v oljni in vodni hidravliki je težko narediti. Razlog je v premajhni količini rezultatov, dobljenih pri testiranju krmilnih batov v oljni hidravliki. Edina primerjava, ki jo lahko naredimo, je pri tlaku (p) 50 bar, vendar tudi te zaradi rezultatov z aluminijastim batom ne moremo zaključiti, saj smo pri njem dobili boljše rezultate v vodni hidravliki, ni pa nam ga uspelo prekrmiti v oljni hidravliki. Če primerjamo čase (t) jeklenega krmilnega bata med oljno in vodno hidravliko, vidimo, da so časi zapiranja ventila (t_{izk}) v oljni hidravliki hitrejši pri nižjih tlakih. Čas odpiranja ventila (t_{vk}) pa je v vodni hidravliki hitrejši za dobro sekundo. Plastične krmilne bate smo primerjali le pri tlaku (p) 50 bar, saj pri višjem tlaku (p) v oljni hidravliki niso delovali. Pri črnih plastičnih krmilnih batih vidimo, da so boljše za delovanje v vodni hidravliki, saj sta časa t_{vk} in t_{izk} najhitrejša med vsemi pri 50 bar. Problem nastane pri višjem tlaku (p). V oljni hidravliki je čas t_{izk} daljši kot pri belem plastičnem krmilnem batu. Pri belih plastičnih krmilnih batih vidimo, da je čas t_{vk} boljše v vodni hidravliki, čas t_{izk} pa boljše v oljni hidravliki. V vodni hidravliki čas t_{izk} narašča z naraščanjem tlaka p , v oljni hidravliki pa rezultata pri višjem tlaku nismo uspeli dobiti.

Glede na pridobljene rezultate smo prepričani, da bi krmilni bati iz različnih materialov delovali, vendar bi bilo treba za določitev optimalnih paramet

rov vsakega krmilnega bata smiselno narediti več verzij iz vsakega materiala ter jih najprej numerično preračunati (MKE in CFD analize). Numerične simulacije bi bilo dobro ponoviti pri več različnih tlakih, vsaj do 250 bar. Po simulacijah bi izvedli testiranje ventila v vodnem in nato še v oljno-hidravličnem preizkuševališču.

5 Zaključki

Med raziskavo smo merili odzivnost in obnašanje potnega ventila pri uporabi različnih krmilnih batov. Poudarek je bil na uspešnem testiranju polimernih krmilnih batov, saj to prej še ni bilo narejeno. Poleg dveh polimernih krmilnih batov smo testirali še aluminijast in originalen jeklen krmilni bat. Potni ventil smo po neuspešni zasnovi preizkuševališča z merjenjem odzivnosti z optičnim senzorjem testirali še na preizkuševališču s hitro kamero ter merjenjem tlaka in signala.

V okviru raziskave smo ugotovili in naredili sledeče:

1. Pregledali smo obstoječo literaturo na temo testiranja ter se seznanili s problematiko vodnih hidravličnih komponent v hidravlični industriji.
2. Pokazali smo, da na zasnovanem preizkuševališču merjenje pomika krmilnega bata s splošno uporabljanim industrijskim optičnim senzorjem ni mogoče. To bi bilo verjetno mogoče z uporabo dražjih, bolj naprednih optičnih senzorjev.
3. Zasnovali smo preizkuševališče za merjenje pomika krmilnega bata s hitro kamero za testiranje na vodnem hidravličnem preizkuševališču. Za ta namen smo uporabili namensko izdelan prozoren hidravlični blok iz polikarbonata. Testiranja smo izvedli do tlaka 60 bar in ugotovili, da je z naraščanjem tlaka odzivnost jeklenega krmilnega bata počasnejša. Pri aluminijastem krmilnem batu pa je ravno obratno: z naraščanjem tlaka je odzivnost hitrejša.
4. Zasnovali smo preizkuševališče za merjenje pomika krmilnega bata z istočasnim merjenjem tlaka in signala na vodnem in oljnem hidravličnem preizkuševališču. Za ta namen smo predelali namenski hidravlični blok iz aluminija, prvotno narejen za merjenje pomika krmilnega bata z optičnim senzorjem. Testiranja smo izvedli do tlaka 150 bar. Ugotovili smo, da je do tlaka 150 bar na vodnem hidravličnem preizkuševališču najboljši krmilni bat narejen iz aluminija, vendar se je pri jeklenem krmilnem batu krivulja časov obračala navzgor. Na oljnem hidravličnem preizkuševališču se je najbolj odzival jeklen krmilni bat, saj se je edini prekrmilil pri dveh tlakih. Pri tlaku 150 bar v olju se ni prekrmilil noben krmilni bat.
5. Dokazali smo, da je mogoče delovanje potnega ventila z vsemi materiali, iz katerih so izdelani krmilni bati, v vodi in v olju. Hibridno delovanje

(v vodi in v olju) je mogoče na podlagi odzivnosti potnega ventila. Bolje bi deloval potni ventil s krmilnimi bati, narejenimi za delovanje v olju in posebej za delovanje v vodi.

Po testiranjih smo ugotovili, da je potrebna prilagoditev posameznega krmilnega bata za optimalno delovanje v vodi ali v olju. Najpomembnejše je ravnovesje vseh sil v potnem ventilu.

Viri

- [1] D. Merkle, B. Schrader, M. Thomes: Festo Hydraulics Basic level. Nemčija, Denkendorf, 2003.
- [2] F. Majdič: Hidravlika in pnevmatika: zapiski za predavanja – PAP: Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2013.
- [3] F. Majdič: Voda kot kapljevina v pogonsko-krmilni hidravliki: doktorska disertacija. Ljubljana, 2010.
- [4] E. Trostmann: Water Hydraulics Control Technology: Technical University of Denmark, Lyngby, 1996.
- [5] A. Poljšak: Raziskava delovanja digitalnega vodnohidravličnega ventila, pregled literature, Ljubljana, 2017.
- [6] J. Stryczek, M. Banaś, J. Krawczyk, L. Marciniak, P. Stryczek: The fluid power elements and systems made of plastics. Procedia Engineering 176 (2017), str. 600–609.
- [7] Opisi materialov. Ex-mega spletna stran. Dostopno na: https://www.exmega.si/slo/opis_materialov.html, ogled 26. 9. 2022.
- [8] J. R. Valdes, M. J. Miana, J. L. Nunez: Reduced order model for estimation of fluid flow and flow forces in hydraulic proportional valves. Energy Conversion and Management 49 (2008), str. 1517–1529
- [9] Aidro Srl: Aidro Hydraulics Products catalogue. Taino, Italy, 2021, str. 278–279.
- [10] Optični senzor. Spletna trgovina Tipteh, Dostopno na: <https://b2b.tipteh.com/en/catalog/sensors/optical-sensors/diffuse-photoelectric-optical-sensor/107607/ht3cl2-4p-m8-ht-3cl2-4p-m8>, ogled 5. 12. 2022.
- [11] A. Dolinar: Vpliv materiala bata sedežnega ventila na odzivnost: diplomsko delo. Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2023.
- [12] Ex-mega: Technical data – Polycarbonate, 2022.
- [13] Parker Hannifin: serija SensoControl – Kalibracijski list. Nemčija, 2013.

Is future of hydraulics in water with lower weight of components? Can water hydraulics with lower weight compete with oil hydraulics?

Abstract:

Over time, the hydraulic component industry for oil hydraulics has gained a monopoly in development. Only components for oil hydraulics have been developed. Compared with oil, water as a hydraulic fluid has a better ecological effect, because it does not pollute the environment. Ecology has restarted the development of water hydraulics, which was used in the early days of hydraulics. The development of water hydraulics is progressing, but can it compete with oil hydraulics? That is the main question in this dissertation. We used a directional control valve, originally developed for oil hydraulics, in water hydraulics. We studied the performance of control spools made of different materials. These materials were steel, aluminium and two different polymers. We repeated the tests with oil hydraulics and compared the results. We designed an oil and water test station for seating valve EVC-34. The response of the control spool was measured with a high-speed camera and a pressure sensor. The measurements were repeated at different pressures.

Keywords:

water hydraulics, oil hydraulics, seating valve, control spool, polymers, high-speed camera, pressure sensor

LABORATORIJ ZA FLUIDNO TEHNIKO

Smo laboratorij z dolgoletno tradicijo na področju fluidne tehnike. Ukvarjamo se z oljno in tudi ekološko prijazno vodno pogonsko-krmilno hidravliko, pri tem pa uporabljamo sofisticirano in sodobno merilno in programsko opremo.

Obrnite se na nas, če potrebujete:

- razvoj in optimiranje hidravličnih komponent in naprav,
- izdelavo hidravličnih naprav,
- izboljšave in popravila hidravličnih strojev in naprav,
- izdelavo sodobnega krmilja za hidravlične stroje,
- industrijsko izobraževanje na področju fluidne tehnike,
- ekološke hidravlične naprave na pitno vodo,
- nudimo visokotlačne trajnostne teste,
- nudimo testiranje hydr. filtrov ter sodobne filtrirne naprave, ...



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo
Laboratorij za fluidno tehniko
Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana
T: 01/4771115, 01/4771411
E: lft@fs.uni-lj.si
<http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>

DELOVANJE IN UPORABA KOMORE ZA PREIZKUŠANJE GRELNIH TELES

Anastasija Jocić, Matjaž Prek, Urška Mlakar, Uroš Stritih

Cilj članka je predstaviti delovanje in sestavne dele komore, ki se nahaja v Laboratoriju za ogrevalno, sanitarno, solarno tehniko in klimatizacijo (LOSK) na FS.

V nadaljevanju članka bodo predstavljene tudi možnosti uporabe komore za izvajanje dinamičnih meritev v kontroliranih pogojih.

Radiatorsko komoro za testiranje grelnih elementov sta leta 2020 nadgradila podjetje Danfoss in Fakulteta za strojništvo – Laboratorij za ogrevalno, sanitarno, solarno tehniko in klimatizacijo. V sklopu prenove je šlo za posodobitev regulacijskega in nato še hidravličnega dela komore. Tu je bila ključna vgradnja tlačno neodvisnih krmilnih ventilov in s tem tudi aktuatorjev, ki omogočajo lažje projektiranje, montažo in hidravlično uravnoteženje samega cevne sistema. Zelo pomembna pridobitev je bila tudi centralna nadzorna enota, ki z dodatnimi zaznavali omogoča krmiljenje in analizo delovanja. Samo komoro lahko obravnavamo kot neke vrste pripomoček za določitev učinkovitosti ogreval in konvektorjev, karakteristik ventilov ter njihovih avtoritet itd.

Komora ima dva načina obratovanja oziroma režima: »poletni režim« – komora obratuje tako, da imamo tople stene – jih segrevamo, prostor – v nadaljevanju komoro, pa hladimo s konvektorjem (Fan Coil).

»Zimski režim« – komora obratuje tako, da imamo hladne stene, ki jih hladimo, komoro pa segrevamo s konvektorjem (Fan Coil).

Tako ima sam sklop 6 sestavnih enot:

Komora

Komora ima dimenzije 4,3 m x 4,1 m x 2,9 m, njena površina tako znaša 17,6 m², njena prostornina pa 51,1 m³. Na zunanji strani je izolirana z izolacijsko peno Armaflex, na notranji strani pa so nameščeni radiatorji, ki predstavljajo stene, strop in tla v realnem prostoru – z njimi tako simuliramo zunanje vplive.

Anastasija Jocić, izr. prof. dr. Matjaž Prek, univ. dipl. inž., Urška Mlakar, mag. inž., izr. prof. dr. Uroš Stritih, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 1: Zunanost komore

Konvektorska enota

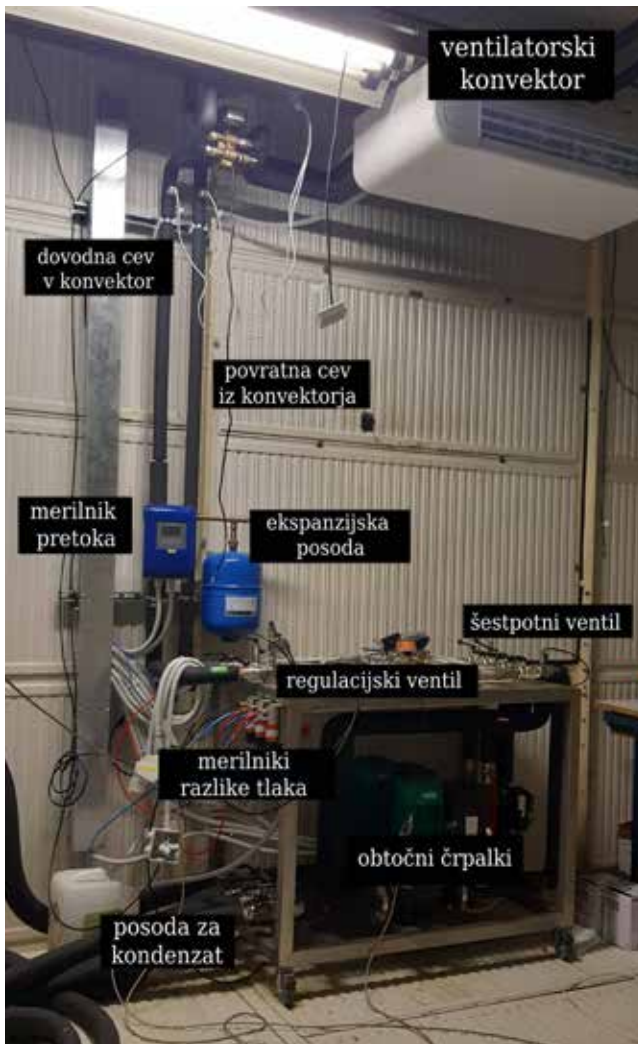
Konvektorska enota je sestavljena iz ventilatorskega konvektorja, merilnika pretoka, ekspanzijske posode, regulacijskega ventila, šestpotnega ventila, merilnika razlike tlaka, obtočne črpalke.

Tu ima glavno vlogo ventilatorski konvektor, ki deluje na principu prisilne konvekcije zraka. Ta kroži skozi prenosnik toplote s pomočjo ventilatorja. Tako imajo v večini primerov ventilatorski konvektorji boljšo učinkovitost kot radiatorji, saj zaradi prisilne konvekcije učinkovito in prijetno oddajajo toploto.

Pomembna elementa v tem sklopu pa sta tudi regulacijski ventil in njegov aktuator. Regulacijski ventil je tlačno neodvisen, saj ima možnost kontrole gibljivosti diferenčnega tlaka, ki vzdržuje konstanten padec tlaka. Aktuator, ki je primeren za uporabo s tlačno neodvisnim ventilom, pa skrbi za hidravlično uravnoteženje cevne mreže.

Režimski del

V tem delu so opisane naprave, ki ne obratujejo v obeh režimih, torej obratujejo samo v poletnem ali pa v zimskem režimu delovanja komore.



Slika 2 : Konvektorska enota in njeni sestavni deli

Naprave, ki jih imamo v tako imenovanem režimskem delu, so: pretočni hladilnik, grelec vode, kalorimeter, obtočne črpalke in toplotna črpalka. Voda, ki jo pošiljamo skozi konvektor, je hlajena s pretočnim hladilnikom – pretočni hladilnik deluje samo v »poletnem režimu«. Grelci vode so namenjeni pripravi tople vode tako v poletnem kot zimskem režimu. Kalorimeter je kompakten ultrazvočni merilnik za merjenje toplote. Poleg tega pa z njim merimo tudi temperaturo in pretok vode. Toplotna črpalka obratuje samo v zimskem režimu. Uporablja se za pripravo hladne vode, ki jo pošiljamo v radiatorske stene za hlajenje komore. Poleg toplotne črpalke imamo zalogovnik hladne vode, katerega volumen znaša 500 litrov. Potrebujemo ga, saj toplotna črpalka ne bi zmogla sproti hladiti tolikšne količine vode.

Zaznavala

V sklopu komore je nameščenih 16 temperaturnih zaznaval in dve zaznavali vlage. V celotnem merilnem sklopu se uporabljajo trije tipi zaznaval:



Slika 3 : Režimski del in njegovi sestavni deli

- ▶ naležni – kovina zunaj ohišja nalega neposredno na toplotni oziroma hladilni vir;
- ▶ hitroreakcijski – imajo boljšo odzivnost na spremembe;
- ▶ potopni – za merjenje temperature medija.

Druga oprema

Temperaturna zaščita je namenjena zaščiti pred toplotno obremenitvijo. Če zazna višjo temperaturo od 70 °C, izklopi električno energijo za vse grelce.

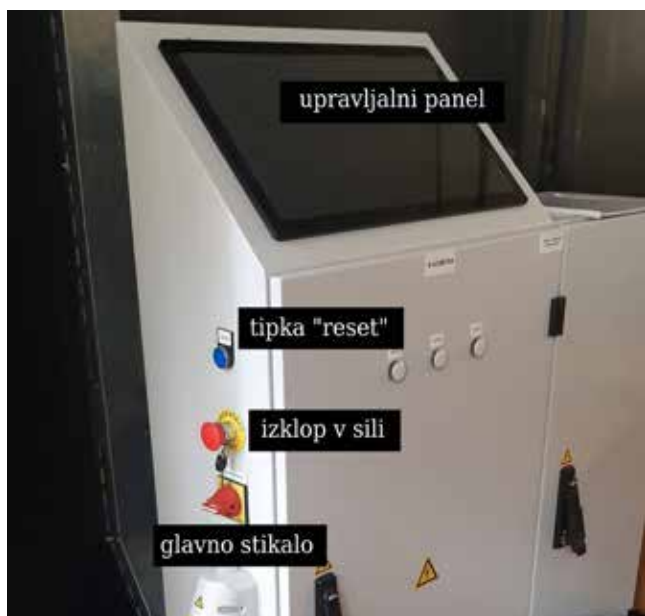
Ventilator je namenjen razpihovanju zraka po komori, njegova jakost pa se nastavlja ročno.

Sklop štirih žarnic je namenjen segrevanju komore in se obravnava kot dodaten notranji toplotni vir.

Centralna nadzorna enota

Program centralne nadzorne enote deluje na principu programa, napisanega v programskem okolju LabVIEW. Upravljalni panel je za uporabnika najbolj pomemben, saj z njim upravljamo celotno komoro. Sestavljen je iz petih glavnih zavihkov:

- ▶ zavihek **Home** je glavni oziroma osnovni zavihhek. Tu upravljamo večino naprav v sklopu ko-



Slika 4 : Centralna nadzorna enota

more: vključujemo črpalke in nastavljamo režim in jakost obratovanja. Omogoča nam tudi nastavljanje števila grelcev, nastavljanje odprtosti ventilov, temperaturo v prostoru in jakost ventilatorja;

- ▶ zavihek **Settings** (ki je razdeljen še v podzavihke);
- ▶ zavihek **Diagnostics** je namenjen vklopu in izklopu skoraj vseh naprav v sklopu komore;
- ▶ zavihek **Graphs** je namenjen prikazu grafov;
- ▶ zavihek **File Viewer** je namenjen prikazovanju datotek, ki so v obliki tabele.

Primer uporabe komore kot učnega pripomočka za dinamične meritve

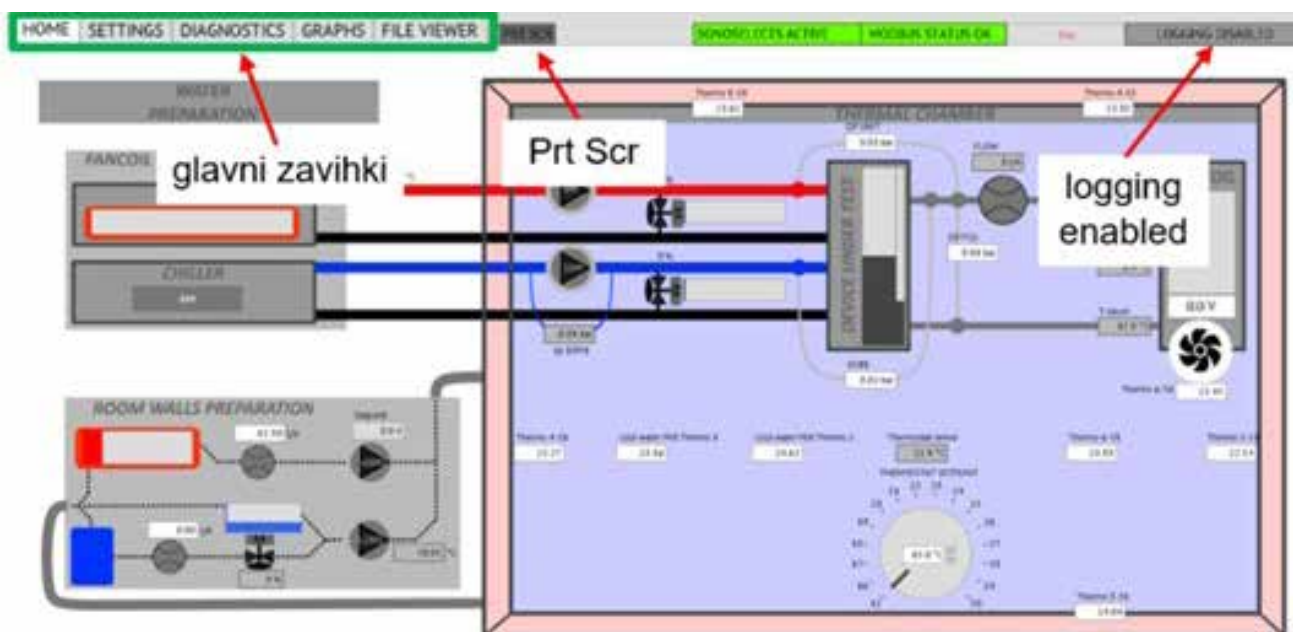
Na temo uporabe komore je bilo napisanih šest diplomskih nalog, saj ta omogoča opravljanje meritev v kontroliranem okolju. V nadaljevanju bomo prikazali primer dinamičnih meritev PID-regulacije za sistem hlajenja.

Regulacija ureja delovanje procesa tako, da ena ali več procesnih spremenljivk ostane na želeni vrednosti kljub spremenljivim vplivom okolja. Primer takšne regulacije je ohranjanje konstantne temperature v prostoru pozimi. V principu poznamo dve glavni regulaciji: ročno, pri kateri spremembe intenzivnosti izvaja človek, in avtomatsko, pri kateri spremembe izvaja tehnična naprava.

PID-krmilniki so nameščeni v številnih aplikacijah za nadzor industrijskih procesov. Kratica PID pomeni Proporcionalno-Integralno-Diferencialno. To pomeni, da na krmilniku nastavljamo tri parametre: proporcionalno ojačenje (P oziroma Kc), integracijska časovna konstanta (I oziroma Ti) in diferencialna časovna konstanta (D oziroma Td).

Značilnosti posameznih členov pri PID-regulaciji:

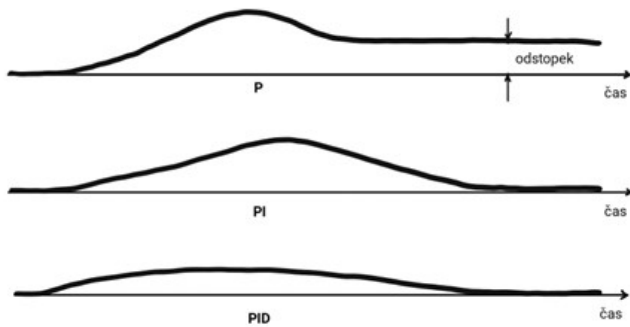
- ▶ proporcionalno ojačenje (P oziroma Kc) – odziv na trenutno stanje: večja, kot je vrednost, bolj izrazita je sprememba – večji skoki in večje stopnice;
- ▶ integracijska časovna konstanta (I oziroma Ti) – odziv na dogajanje v preteklosti: večja, kot je vrednost, počasnejši je odziv – slabo vpliva na stabilnost sistema; vedno v kombinaciji s P-členom;
- ▶ diferencialna časovna konstanta (D oziroma Td) – odziv na dogajanje v prihodnosti: večja, kot je



Slika 5 : Posnetek zaslona upravljalnega panela

sprememba napake, večji je odziv; člen D ojači nenadne spremembe; vedno v kombinaciji s P in I-členom.

Na *sliki 6* vidimo tri primere regulacije s PID. Prvi primer prikazuje uporabo samo člena P, drugi primer uporabo členov P in I, zadnji primer pa uporabo vseh treh členov, torej P, I in D. Vidimo, da je najmanjši odstopke pri uporabi vseh treh členov in največji odstopke pri uporabi samo člena P. Pri meritvah bomo upoštevali regulacijo členov P in I.



Slika 6 : Primeri regulacije s členom P, členoma P in I ter členi P, I in D

V sklopu meritev bomo z regulacijo PID uravnavali pretok, ki posledično vpliva na temperaturo na izstopu iz ventilatorskega konvektorja v komori. Meritve bomo spremljali prek hitroreakcijskega sensorja, ki je nameščen pred ventilatorskim konvektorjem.

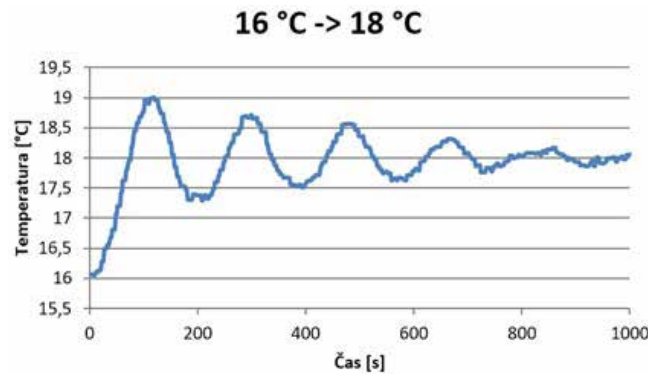
Pred meritvami je treba ogreti stene in zagnati pretočni hladilnik za hlajenje vode za ventilatorski konvektor. Na upravljalnem panelu nastavljamo tri parametre: in sicer želeno temperaturo prostora, proporcionalni (člen P) in integracijski parameter (člen I).

Meritve izvedemo tako, da sprednjo in desno steno segrevamo. Njuno temperaturo nastavimo na 29 °C, pri čemer uravnavamo temperaturo desne stene. V centralni nadzorni enoti je pomembno nastaviti tudi to, da bo privzeti senzor tisti, ki je pred ventilatorskim konvektorjem.

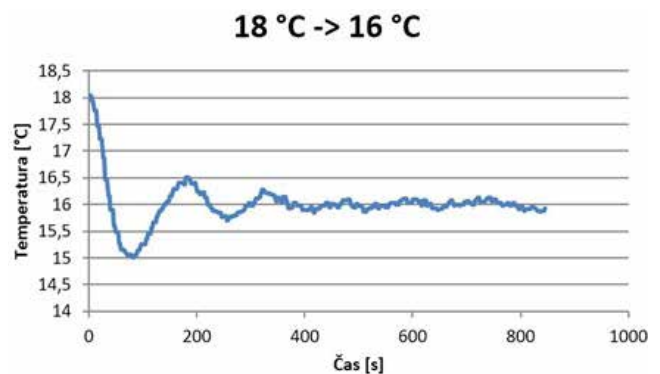
Tako sta bili izvedeni dve meritvi: sprememba želene temperature prostora s 16 °C na 18 °C in sprememba temperature prostora z 18 °C na 16 °C. Parametra, ki smo ju merili, pa sta bila: čas delovanja in temperatura, ki jo je zaznal senzor na izhodu ventilatorskega konvektorja.

Na grafu (*slika 7*) je prikazana prva meritva, in sicer sprememba temperature s 16 °C na 18 °C. Proporcionalni člen P ima vrednost 2, integracijski člen I pa je 0,1.

Na grafu (*slika 8*) je prikazana druga meritva, in sicer sprememba temperature z 18 °C na 16 °C. Proporcionalni člen P ima enako vrednost kot prej, torej 2, integracijski člen I pa smo zmanjšali za polovico, in sicer na 0,05.



Slika 7 : Graf temperature v odvisnosti od časa pri zvišanju temperature prostora s 16 °C na 18 °C



Slika 8 : Graf temperature v odvisnosti od časa pri znižanju temperature prostora z 18 °C na 16 °C

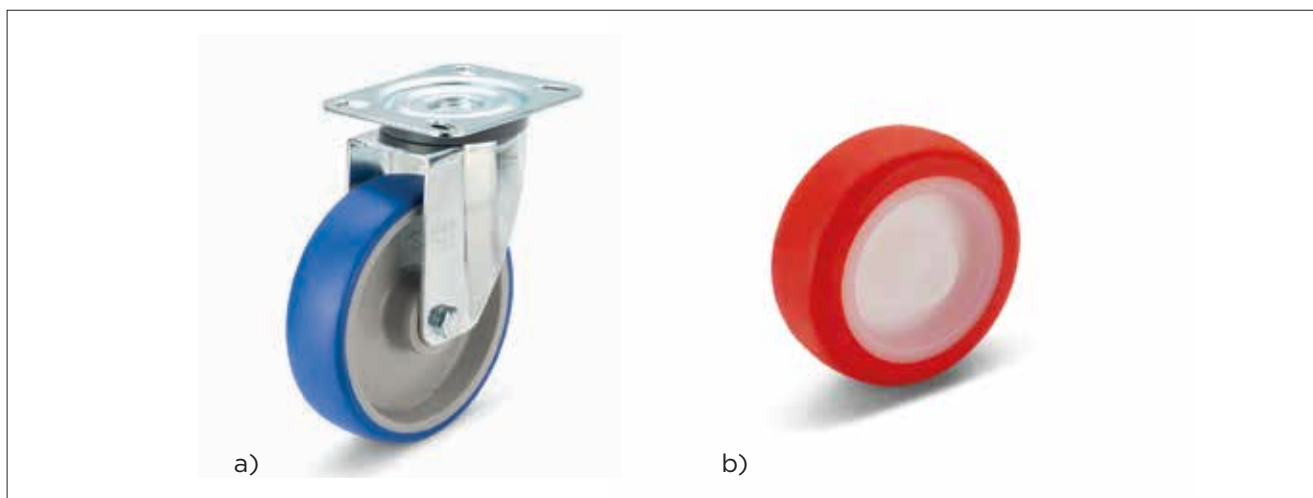
Če primerjamo zgornja grafa, vidimo, da je razlika v spremembi integracijskega člena I očitna. Pri prvi meritvi je veliko več prenehajev kot pri drugi. Prvi prenehaj je sicer pri obeh enak (odstopanje za 1 °C), a se pozneje izkaže, da se sistem zaradi manjše vrednosti I hitreje odzove na spremembe, torej se hitreje izniha.

Na koncu pa smo določili še čas, po katerem se temperatura ustali. Zaradi nenatančnosti senzorjev je bilo priporočeno, da upoštevamo, ko se temperatura ustali do 90 % natančnosti, torej da temperatura niha med 17,8 °C in 18,2 °C pri prvi meritvi, pri drugi pa med 15,8 °C in 16,2 °C. Pri prvi meritvi smo odčitali, da se temperatura ustali po 748 sekundah, pri drugi pa se ustali po 336 sekundah. Opazimo, da se z zmanjšanjem člena I občutno skrajša tudi čas ustalitve. Vidimo, da je treba pri PID-regulaciji skrbno izbrati člene P in I. S tema členoma namreč močno vplivamo na nihanje temperature in čas njene ustalitve.

Tako lahko zaključimo, da je v praksi komora za testiranje grelnih elementov kar uporaben pripomoček. Kot je bilo že omenjeno, lahko z njo opravimo praktično vse relevantne meritve v kontroliranih pogojih, ki se pojavijo pri snovanju nekega sistema za ogrevanje, hlajenje in klimatizacijo. V prihodnosti upamo, da se bo komora še nadgrajevala in pomagala pri določenih izzivih, ki se pojavljajo v praksi.

KOLESA ELESA+GANTER: RAZŠIRITEV PALETE IZDELKOV ZA ŠE BOLJ RAZNOLIKO PONUDBO

Mobilnost v industrijskem okolju je dejavnik, ki pomembno vpliva na zdravje in varnost zaposlenih na eni strani ter na učinkovitost in produktivnost podjetja na drugi. Zahteve po najvišji kakovosti materiala so prav tako bistvene kot zanesljivost, funkcionalnost in odpornost izdelkov. Vse to so bistveni predpogoji za izpolnjevanje tehničnih zahtev tržišča.



Kolesa RE. F1 iz poliuretanskega termoplasta - a in kolesa RE.C6 iz poliuretanskega termoplasta - b

Široka paleta izdelkov, ki pokrivajo najrazličnejša področja - od industrijske opreme do pohištva, od živilske industrije do medicinskega sektorja, od težkih obremenitev do okolij, ki zahtevajo zaščito pred elektrostatično razelektrivijo. Ne glede na področje uporabe se lahko naše stranke vedno zanesejo na izdelke ELESA+GANTER.

Vse to je tudi upoštevano pri nadaljnjem razvoju in razširitvi ponudbe izdelkov podjetja ELESA+GANTER.

Tekalna plast koles RE.F1 so izdelana iz modrega poliuretana, nosilni del kolesa pa iz termoplasta (poliamid PA). Na voljo so s premerom 80 mm, 100 mm ali 125 mm, z nosilnostjo od 750 N do 1800 N, kot fiksna ali vrtljiva izvedba iz pocinkane jeklene pločevine, na voljo z zavoro ali brez nje.

Manjša trdota tekalne plasti (Shore A pri novem RE.F1 v primerjavi s Shore D pri najbolje prodajanem RE.FF) zagotavlja okretnost pri premagovanju ovir, odličen kotalni upor in nizko raven hrupa ter dobro odpornost proti obrabi. Serija izdelkov

RE.F1 je odporna na vremenske vplive in primerna za uporabo v težkih okoljskih pogojih, kot so prisotnost alkoholov, glikola, šibkih organskih in mineralnih kislin, vode in pare.

Kolesa RE.C6 s poliuretansko tekalno plastjo in nosilnim delom iz termoplasta (poliamid PA) so na voljo v premerih 40 mm, 50 mm in 60 mm ter z nosilnostjo od 400 N do 700 N. V ponudbi so tudi valji z ohišjem iz pločevine za manjše obremenitve (RE.C6-C) ali kot dvojna kolesa (RE.C6-G).

Zaradi odpornosti na pogosto čiščenje so primerni tudi za okolja, v katerih je treba zagotoviti visoko raven higijene - tudi pri uporabi v vlažnih okoljih ali v povezavi s kemikalijami.

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.si

BLAŽENJE NA AKTUATORJIH ELECTRAK® XD

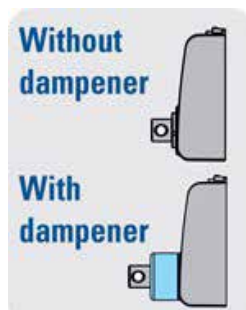
Življenjsko dobo komponent in strojev je mogoče podaljšati z blaženjem na aktuatorjih Electrak® XD proizvajalca THOMSON LINEAR.



Slika 1 : Naslednja generacija električnih aktuatorjev
(Vir: www.thomsonlinear.com)

Blaženje udarnih obremenitev, kar je bilo nekoč mogoče izvajati samo s hidravličnimi sistemi, je sedaj na voljo kot funkcija nedavno predstavljenega električnega aktuatorja Thomson Electrak® XD. Ta prelomni dosežek v inženirstvu električnih aktuatorjev omogoča uporabo Electrak® XD v aplikacijah, ki običajno zahtevajo hidravlične pogone.

Uporaba nove generacije električnih aktuatorjev je idealna rešitev za aplikacije, kot so nakladalne žlice, snežni plugi in druga vozila, ki so običajno izposta-



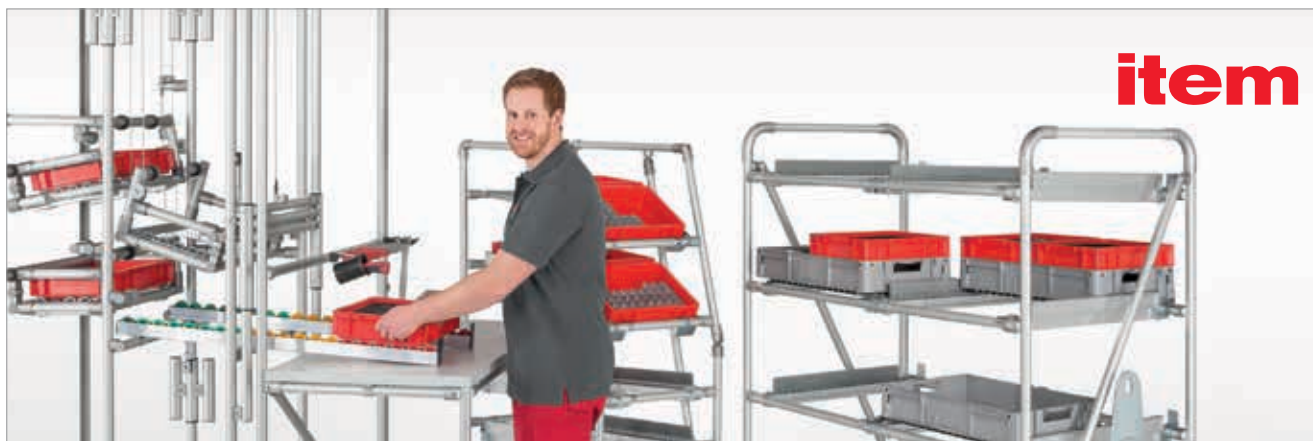
Slika 2 : Namestitve adapterja
(Vir: www.thomsonlinear.com)

vljena udarnim obremenitvam. Funkcija blaženja zmanjša obremenitev drugih komponent v samem aktuatorju, s čimer se podaljša ne le njegova življenjska doba, ampak tudi življenjska doba stroja, na katerega je aktuator vgrajen. Zasnova adapterja Electrak® XD omogoča, da aktuator zanesljivo absorbira udarne obremenitve v celotni življenjski dobi (slika 2).

Več informacij o aktuatorjih proizvajalca THOMSON LINEAR je mogoče pridobiti pri podjetju INOTEH.

Vir:

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



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

INTELIGENTNE IN TRAJNOSTNE ELEKTROHIDRAVLIČNE OSI

CytroForce M, hibridna »plug & produce« linearna os podjetja Bosch Rexroth, omogoča skrajšanje časa projektiranja in znižanje porabe energije.

Z uporabo hibridnega pogona CytroForce M podjetja Bosch Rexroth se poenostavlja konstrukcija stroja in skrajša čas, potreben za puščanje sistema v pogon. Elektrohidravlične osi ne potrebujejo hidravličnega agregata, a vendar vključujejo vse prednosti konvencionalnega hidravličnega sistema. Pri načrtovanju ter zagonu ni potrebno znanje s področja hidravlike. V primerjavi s klasičnimi konstantno gnanimi črpalkami je sistem za 80 % energetsko učinkovitejši in za svoje obratovanje potrebuje manj kot 10 % olja v primerjavi s klasičnim sistemom. Vgrajen je popolnoma digitaliziran krmilnik, ki omogoča povezavo z drugimi enotami pri večosnih aplikacijah in omogoča precizno regulacijo pomika osi.

Ko je CytroForce vgrajen v stroj, se enostavno poveže z napajanjem in komunikacijskim vmesnikom (Multi-Ethernet interface) in že je v manj kot 20 minutah pripravljen za uporabo – zagon. Prav tako omogoča virtualno puščanje v pogon – »virtual commissioning« – parametri sistema se optimizirajo na digitalnem dvojčku in preprosto kopirajo v sistem.

Modularna elektrohidravlična os CytroForce M bazira na variabilnem pogonu Sytronix, to je preizkušen pogon, ki je posebej optimiziran za hidravlične črpalke. Os sestavljajo servopogon s fiksno ali variabilno hidravlično črpalko in integrirani krmilni blok. Prav tako vključuje aktuator – hidravlični valj v diferencialni ali tandem izvedbi. Celoten sklop ima zaščito IP65. Z njim je pokrito področje sil do 1200 kN in hitrosti do 800 mm/s. Natančnost pozicioniranja znaša 10 µm s ponovljivostjo 5 µm.



Elektrohidravlična os CytroForce M

Elektrohidravlični cilindri podjetja Bosch Rexroth so izdelani kot komponente, ki potrebujejo minimalne vzdrževalne posege, so neobčutljivi na vibracije in preobremenitve, kar zagotavlja dolgo življenjsko dobo.

Uporabniku omogoča tudi monitoring vseh relevantnih podatkov. Vgrajeni software omogoča priklop na OdIN (Online Diagnostics Network), s katerim sta zagotovljeni visoka operativnost sistema in minimizacija nenačrtovanih zastojev. Gre za prediktivno analitično orodje, ki deluje na umetni inteligenci strojnega učenja.

Vir:

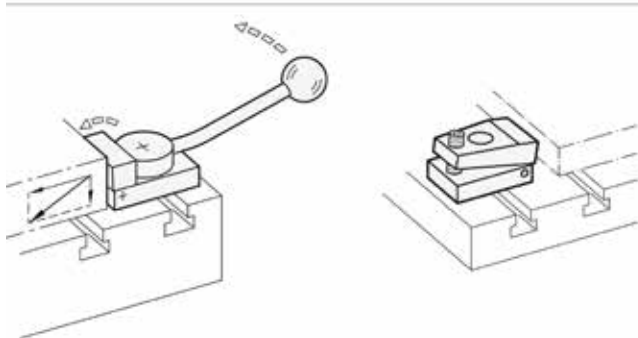
LA & CO. d. o. o., Limbuška cesta 2 2341 Limbuš, Tel.: 02 42 92 660, e pošta: info@la-co.si, splet: www.la-co.si

OGLAŠEVALCI

- ▶ AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana80
- ▶ CELJSKI Sejem, d. d., Celje 93
- ▶ ELESAGANTER GmbH, Brunn am Gebirge, Austria..... 105
- ▶ FESTO, d. o. o., Trzin 69, 136
- ▶ HENNLICH, d. o. o., Kranj.....125
- ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi.....119
- ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana123
- ▶ La & Co., d. o. o., Limbuš.....69, 88
- ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje125
- ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana.....122
- ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana..... 69, 131
- ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin69, 91
- ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto..... 69
- ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri.....69, 70
- ▶ PODKRIŽNIK, d. o. o., Ljubno ob Savinji135
- ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana 69, 72
- ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica.....133, 134
- ▶ S3C, d. o. o., Ljubljana 83
- ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana 92
- ▶ UL, Fakulteta za strojništvo 81, 86, 113
- ▶ UM, Fakulteta za strojništvo 88
- ▶ YASKAWA, d. o. o., Ribnica 93

POPOLNO IN UČINKOVITO VPENJANJE

Specialist za standardne elemente podjetje Elesa+Ganter razširja svojo obstoječo ponudbo stranskih vpenjal, ki se zaradi univerzalne in specifične uporabnosti uporabljajo v vpenjalnih pripomočkih in orodjih ter v maloserijski proizvodnji. Standardni deli so strankam na voljo v različnih izvedbah z vpenjalnimi vijaki, vpenjalnimi ročicami ali ekscentri ter z ustreznimi dodatki.



Za lažjo obdelavo obdelovancev je mogoče nova stranska vpenjala z vpenjalnim navojem GN 9190.1 pritrčiti na obdelovalno mizo ali pritrčilo s pomočjo T-utorov. Sila vpenjanja vrtljivih vpenjalnih čeljusti deluje na obdelovanec bočno in od zgoraj z učinkom vleka navzdol ter ga vpenja proti fiksnim omejevalnikom in naležni površini. Zaradi nizke

vpenjalne višine stranskih vpenjal je mogoča obdelava celotne površine obdelovanca. Odvisno od uporabe so za ta namen na voljo žlebljene ali prizmatične vpenjalne čeljusti ali stranska vpenjala z integrirano naležno površino ali brez nje.

Stranska vpenjala so dodatno na voljo s krogelnim vpenjalnim vijakom ali z nastavljivo vpenjalno ročico z vgrajenim krogelnim vijakom. Slednje omogoča upravljanje vpenjalnega elementa brez uporabe orodja. Ko sprostite vpenjalni vijak, se čeljust zaradi sile vzmeti samodejno vrne v začetni položaj in obdelovanec se sprosti.

Za zelo pogosto in hitro vpenjanje vam Elesa+Ganter ponuja tudi stransko vpenjalo GN 9190 z ekscentrično vpenjalno ročico. Vpenjalno silo tu ustvarja ekscenter, ki je samozaporen in vedno zagotavlja konstantno silo.

Stranska vpenjala podjetja Elesa+Ganter so izdelana iz utrjenega kaljenega jekla, zato so zelo kakovostna in odporna. Elesa+Ganter v svoji ponudbi ponuja podporne bloke z utori GN 9190.3 kot ustrezno dodatno opremo. Z njimi lahko pritrčite stranska vpenjala na obdelovalne mize v katerem koli položaju, tudi pravokotno na T-utor.

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

REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
VENTIL



SESALNA GUMA FCX50 ZA SADJE IN ZELENJAVO

Nežno prijetanje razliĝnega sadja ali zelenjave, npr. avokada, ananasa in buĝk, z novo sesalno gumo za vakuumska prijemala FCX50 proizvajalca PIAB.



Sesalne gume FCX50

Pri rokovanju s sadjem in zelenjavo sta ključni prilagodljivost in zanesljivost prijetanja kosov z zahtevno površino in kosov z različnimi oblikami. Te zahteve odlično izpolnjuje nova sesalna guma FCX50 za sadje proizvajalca PIAB (*slika*). Tako vakuumsko prijemalo ima prilagodljiv meh za prijetanje izven osi ter obliko z več ustnicami za zagotavljanje dobrega tesnjenja.

S svojo inovativno zasnovo z več ustnicami je sesalna guma FCX50 idealna za prijetanje predmetov z zahtevnimi in prepustnimi površinami ter različnimi oblikami. Ker njene izredne zmožnosti tesnjenja na zahtevnih predmetih vodijo do manjšega puščanja, nova sesalna guma za sadje omogoĝa uporabo manjše vakuumske ĝrpalke, kar prihrani ener-

gijo. Zaradi zaznavanja vrste predmetov se med proizvodnjo silikonskemu materialu za živila doda majhna koliĝina kovinskega prahu.

Zahvaljujoĝ nizkemu nivoju vakuuma sesalna guma FCX50 trdno in nežno prime sadje, kar zagotavlja dostavo nedotaknjene sadja strankam. Poleg tega lahko ta sesalna guma prijetja sadeže zelo različnih velikosti. Enako dobro zna pobrati tako ozek kot širok sadež. Prilagodljiv meh omogoĝa, da se ustnice prilagodijo, poravnajo in tesno zaprejo. Sesalna guma FCX50 je skladna s predpisi FDA 21 CFR 177.2600, EU 1935/2004 in EU 2023/2006.

Glavne prednosti:

- ▶ več ustnic za prijetanje sadja in zelenjave različnih velikosti,
- ▶ ker deluje vakuumsko prijemalo zanesljivo tudi pri manjšem podtlaku, ostajata sadje in zelenjava nepoškodovana,
- ▶ varno je tudi prijetanje predmetov z grobo površino in različnih oblik.

Vir:

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

Industrijska olja in maziva



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



OLMA
www.olma.si

SESALNA GUMA piGRIP® S PENO – FLIW

Sesalne gume piGRIP® FLIW (Foam Lip Wide) so najnovejši prispevek k seriji piGRIP®. Gume so popolnoma nastavljive z množico kombinacij in popolne za pobiranje predmetov z nepravilno ali močno strukturirano površino.

Sesalne gume so izdelane v štirih velikostih: Ø 40, Ø 60, Ø 80 in Ø 120 mm. Ne glede na širino so vse ustnice izdelane iz mehke pene EPDM in različnih višin z mehkom piGRIP®. FLIW je pritrjen s posebnim zaklepnim obročem, ki zagotavlja dodatno varnost in ohranja ustnico na mestu.

Glavne prednosti:

- ▶ optimalna izbira za pobiranje predmetov z nepravilno ali močno strukturirano površino,
- ▶ različne velikosti in višine za izpolnjevanje najzahtevnejših potreb,
- ▶ dodatna varnost s posebnim zaklepnim obročem.

Izberite vrsto ustnice, meh, podporo in zeleni priključek ter poiščite pravo ujemanje za vsako specifično potrebo.



Sesalne gume piGRIP® FLIW

Vir:

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

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

ČRPALKE ZA ZAHTEVNE MEDIJE

Mojca Gros

V industriji imajo črpalke odločujočo vlogo za zanesljivo delovanje kompleksnih proizvodnih sistemov in usklajeno ter varno delovanje vseh njihovih komponent. To še posebej velja v zahtevnih delovnih okoljih.



Slika 1: Nabor črpalk podjetja Schmitt, ki že več kot 60 let izdeluje učinkovite in zanesljive rešitve za različne pogoje v industriji.

Agresivni mediji, visoke temperature in tlaki zahtevajo sisteme, ki so natančno prilagojeni delovnim razmeram. K temu so pogosto dodane še visoke varnostne zahteve pri črpanju kritičnih, okolju nevarnih, strupenih, jedkih ali vnetljivih tekočin, mešanic ter drugih tekočin z nizko viskoznostjo. Hkrati pa se želi, da so črpalke visoko učinkovite ob nizki porabi energije.

Podjetje Schmitt Centrifugal Pumps GmbH & Co. KG Nemčija, ki ga v Sloveniji zastopa podjetje HENNLICH iz Kranja, ima v svojem proizvodnem programu široko paleto centrifugalnih črpalk prav za težke aplikacije v vseh industrijah (*slika 1*). Izdelane so iz različnih materialov (kovinske ali nekovinske) in različnih konstrukcij – vodoravne izvedbe ali navpične s potopnim delom.

Črpalke, ki ji proizvajalec predstavlja v tem prispevku:

- ▶ črpalke za samosesalno delovanje,
- ▶ črpalke za visoke tlake,

Mojca Gros, HENNLICH, d. o. o., Kranj

- ▶ široko uporabne črpalke,
- ▶ najnovejše črpalke SCHMITT NHM NEOLUTION.

Samosesalna centrifugalna črpalka SCHMITT serije SMP



Posebnost črpalk serije SMP je, da se uporabljajo, ko zahtevajo procesi suho samosesalno črpalko, ki je zasnovana za sesanje medijev iz nižje ležeče posode. To je potrebno, kadar centrifugalne črpalke ni mogoče postaviti poleg ali pod rezervoar in zato nima avtomatskega dovoda črpanega medija. Zaradi magnetne sklopke popolnoma tesni in ne povzroča dodatnega izluževanja materiala v medij.

Periferna črpalka SCHMITT P140



Periferne črpalke serije P se pogosto uporabljajo za dovajanje medija na višje ležeče točke, in to brez pulzacije. Zaradi oblike rotorja lahko dosegamo večje pretoke in višje tlake. Ta črpalka je posebej primerna za črpanje tekočin z nizkim vreliščem. Primerna je tudi za medije z zračnimi mehurčki in ne zahteva, da je povsem zalita z medijem. Serijo P odlikuje brezkontaktni magnetni pogonski sistem, ki deluje praktično brez obrabe, za tesnjenje črpalke pa ni potrebno mehansko tesnjenje.

Črpalke serije MNP



Plastična magnetna črpalka SCHMITT serije MPN za ATEX je ena najpogostejše uporabljenih plastičnih magnetnih centrifugalnih črpalk SCHMITT na trgu. Moč motorja se prenaša brezkontaktno in brez obrabe preko magnetne sklopke in zagotavlja gladko

delovanje brez puščanja. To serijo črpalk je mogoče uporabiti za večino črpalnih procesov.

Nova črpalka SCHMITT NHM NEOLUTION

Nova črpalka NHM NEOLUTION je visoko energijsko učinkovita in postavlja standarde v svojem razredu. Visoko učinkovit rotor in optimizirano spiralno ohišje omogočata do 76 % večjo učinkovitost. Izdelana je iz izbranih kemično odpornih in visokozmogljivih materialov. Modularna oblika magneta in rotorja omogoča enostavno menjavo.



Podjetje HENNLICH ima v svoji ponudbi tudi potopne črpalke Schmitt serije T in različice z mehanskim tesnjenjem serije U iz sintetičnih materialov ter UP in UP-DO iz nerjavnih kovinskih materialov.

Centrifugalne črpalke se uporabljajo na zelo širokem področju: na primer na področju galvanizacije, v pralnikih izpušnih plinov ali kot obtočne črpalke za lužilne kopeli, tudi kot dovodne črpalke za kisline in alkalije, pa tudi vročo vodo in odpadno vodo (z delci do 3 mm) ter pri črpanju odpadnih voda v industrijskih obratih, ki so pogosto bolj agresivne kot v komunalnih obratih.

Pri izbiri črpalk kupcem pri njihovih aplikacijah z nasveti pomaga produktni vodja podjetja HENNLICH.



ROTORSKA ČRPALKA

- » Za abrazivne medije
- » Sesalna višina do 7 m
- » Viskoznost do 20.000 mPas
- » Brez pulzacij
- » Temperatura do 90°C
- » Pretok od 3 do 730 l/min



www.hennlich.si

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj / Pokličite nas: 041 386 003

MIEL

Za višjo produktivnost.

OMRON

Natančna sledljivost
in končna kontrola v
avtomatizaciji proizvodnje
ter v OEM rešitvah

Omron V440-F



MIEL, d.o.o. • Efenkova cesta 61 • SI-3320 Velenje • T +386 (0)3 77 77 000 • F +386 (0)3 77 77 001 • E info@miel.si • S www.miel.si

NOVA GENERACIJA SCARA ROBOTOV SERIJE I4L IN I4H

Podjetje OMRON predstavlja nove SCARA robote serije i4L in i4H in postavlja visoko merilo na trgu SCARA robotov z visokimi zmogljivostmi po konkurenčni ceni. Odlikujeta jih vgrajen robotski krmilnik in ojačevalnik, ki skupaj z naprednim in robustnim dizajnom zagotavlja leta brezskrbnega delovanja.

Zmogljivi servomotorji serije i4L z lahkoto prenašajo bremena mase do 5 kg (Payload) in serije i4H mase do 15 kg. Hkrati pa omogočajo kratke delovne cikle (Robot Duty Cycle). Obe seriji pa odlikuje tudi visoka stopnja ponovljivosti.

SCARA robote obeh serij je mogoče pritrditi na mizo, tla, steno ali inverzno, hkrati pa nudijo popol-

no fleksibilnost pri zasnovi aplikacij, ki vključujejo dosege do 850 mm in vertikalnih pomikov do 410 mm. Primerni so v aplikacijah sestavljanja, razvrščanja, stregi strojev, pakiranja, prilagodljivega sortiranja (Anyfeeder) in splošnih t. i. Pick & Place aplikacijah na različnih industrijskih področjih, kot so proizvodnja hrane in pijače, v avtomobilski in elektronski proizvodnji, farmaciji itd.

SCARA robot serije i4L

Značilnice:

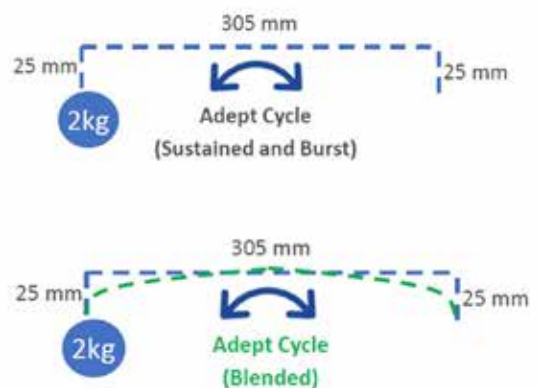
- ▶ nosilnost do 5 kg,
- ▶ vgrajen robotski krmilnik,
- ▶ komunikacije: EtherNet, Ethernet/IP, EtherCAT (december 2021),
- ▶ doseg 350 mm, 450 mm in 550 mm,
- ▶ možnost montaže: miza ali stena,
- ▶ ponovljivost: $\pm 0,01$ mm,
- ▶ zmogljivi servomotorji za enostavno upravljanje z bremenom,
- ▶ alarmiranje in signalizacija z RGB-osvetlitvijo,
- ▶ hitra integracija in montaža,
- ▶ kratki ciklični časi.



Product		I4-350L	I4-450L	I4-550L	
Reach		350mm	450mm	550mm	
Maximum Payload		5kg			
Quill Length		180mm	180mm	180mm	350mm
Repeatability	XY (mm)	± 0.01	± 0.01	± 0.01	± 0.01
	Z (mm)	± 0.01	± 0.01	± 0.01	± 0.01
	Theta (deg)	± 0.01	± 0.01	± 0.01	± 0.01
Cycle Times*	Burst (s)	0.54	0.48		
	Sustained (s)	0.57	0.57	0.54	
	Blended Burst (s)**	0.45	0.42	0.38	

*Adept cycle, in mm 25/305/25 (seconds, at 20C ambient) with 2.0kg payload

**Fast cycle, in mm (25/305/25) (seconds, at 20C ambient) with 2.0kg payload but with arc motion



Slika 1 : Omron i4L - specifikacije

SCARA robot serije i4H

Značilnice:

- ▶ nosilnost do 15 kg,
- ▶ vgrajen robotski krmilnik,
- ▶ komunikacije: EtherNet, Ethernet/IP, EtherCAT (december 2021),
- ▶ doseg 650 mm, 750 mm in 850 mm,
- ▶ možnost montaže: miza, stena ali inverzno,
- ▶ ponovljivost: $\pm 0,015$ mm,
- ▶ zmogljivi servomotorji za enostavno upravljanje z bremenami,
- ▶ alarmiranje in signalizacija z RGB-osvetlitvijo,
- ▶ hitra integracija in montaža,
- ▶ kratki ciklični časi.



Product	I4-650H		I4-750H		I4-850H	
Reach	650mm		750mm		850mm	
Maximum Payload	15kg					
Quill Length	210mm	410mm	210mm	410mm	210mm	410mm
Repeatability	XY (mm)	± 0.015	± 0.025		± 0.025	
	Z (mm)	± 0.01	± 0.01		± 0.01	
	Theta (deg)	± 0.005	± 0.005		± 0.005	
Cycle Times*	Burst (s)	0.44	0.44		0.44	
	Sustained (s)	0.48	0.54		0.54	
	Blended Burst (s)**	0.37	0.37		0.37	

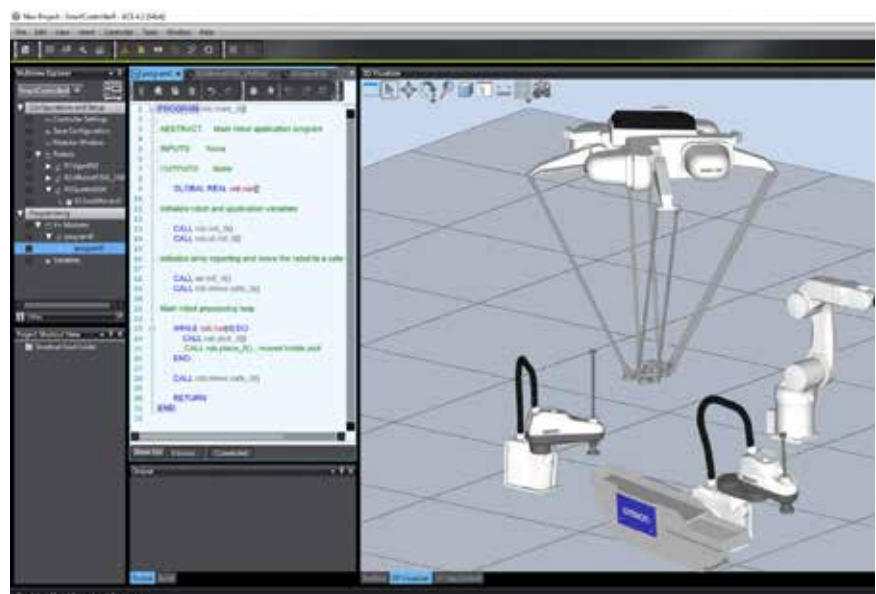
*Adept cycle, in mm 25/30/25 (seconds), at 200° and 40° with 2.0kg payload
 **Fast cycle, in mm 25/30/25 (seconds), at 200° and 40° with 2.0kg payload but with arc motion



Slika 2 : Omron i4H – specifikacije

Programski paket Omron ACE

Programiranje robota poteka v programskem paketu Omron ACE 4.2 (Automated Control Environment). Slednji omogoča arhitekturo programiranja v eV+ (strukturni tekst) in C#. Za hitro zasnovo programa pa je na voljo čarovnik, ki vodi skozi nastavitve aplikacije po meniju robota, kamere, podajalnikov in poenostavi začetno fazo programiranja. Uporabnik lahko pripravi program in opravi simulacijo, ki poda ciklični čas aplikacije. ACE predstavlja celovito rešitev, saj z uporabo t. i. Application Manager enote (IPC) združuje robote, strojni vid in podajalnike vse v eno programsko okolje, s tem pa poenostavi celotno načrtovanje, čas zagona in menjavo robotske aplikacije.



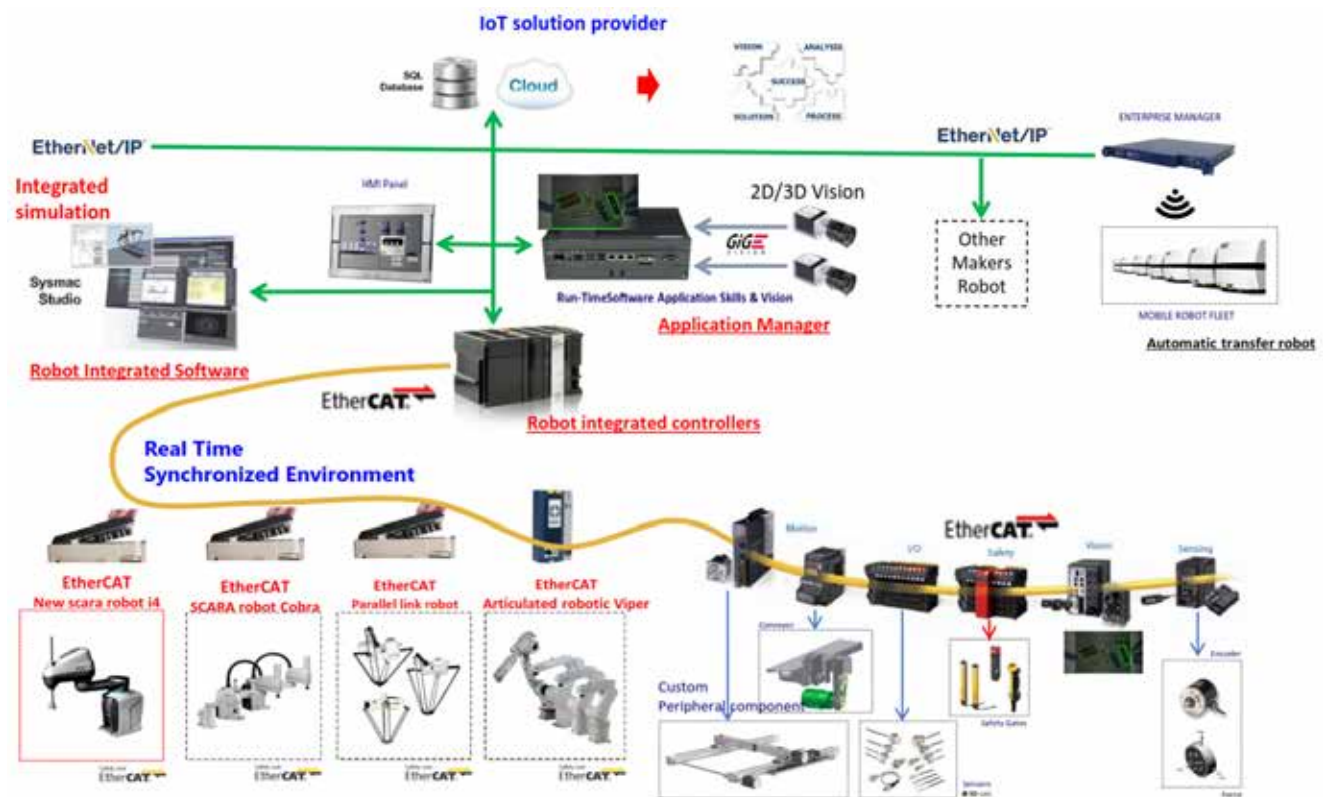
Slika 3 : Programsko orodje ACE 4.2

Sysmac robotski krmilnik NJ5-R

SCARA robote serije i4 lahko programiramo v razvojnem programskem orodju v platformi Omron Sysmac, ki skupaj s samostojnim robotskim krmilnikom serije NJ5-R ponuja celovito rešitev za robotske in avtomatizirane procese. Preko komunikacije EtherCAT lahko upravljamo do 8 robotov, od 16 do 64 samostojnih servoos, hkrati pa uporabljamo vse funkcionalnosti programiranja PLK. Z uvozom 3D CAD-modelov platforma omogoča simulacijo stroja, robotov in strojnega vida. Arhitektura programiranja robotov je možna tudi s funkcijskimi bloki in s programskim jezikom ST. Sistem je zasnovan



Slika 4 : Sysmac robotski krmilnik NJ5-R



Slika 5 : Povezljivost Omronovih komponent v celovitih industrijskih rešitvah

tako, da združuje vse segmente avtomatiziranega okolja v eno skupno okolje, kjer lahko upravljamo vse – od simulacije, integracije do zagona. Nova Sysmac platforma drastično skrajša čas programiranja, omogoča hitrejšo sinhronizacijo med roboti, poenostavi konfiguracijo sistema in omogoča neposredno povezljivost s podatkovnimi bazami, kot

so: Microsoft SQL, Oracle, IBM DB2, MySQL, PostgreSQL in Firebird.

Vir:

MIEL Elektronika, d. o. o., Efenkova cesta 61, 3320 Velenje, tel.: +386 3 777 70 00, fax: +386 3 777 70 01, internet: www.miel.si, e-pošta: info@miel.si.

© Ventil 29(2023)2. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
 © Ventil 29(2023)2. Printed in Slovenia. All rights reserved.

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

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

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

Volume Letnik 29
 Year Letnica 2023
 Number Številka 2

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

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

Znanstveno-strokovni svet:

- ▶ Erih ARKO, YASKAWA, Ribnica
- ▶ prof. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
- ▶ 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, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
- ▶ dr. Robert IVANČIČ, INTECH-LES, Rakek
- ▶ dr. Milan KAMBIČ, OLMA, Ljubljana
- ▶ prof. dr. Mitjan KALIN, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Damjan KLOBČAR, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Darko LOVREC, FS Maribor
- ▶ doc. dr. Franc MAJDIČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hubertus MURRENHOF, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
- ▶ Bogdan OPAŠKAR, FESTO, Ljubljana
- ▶ dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Jože RITONJA, FERI Maribor
- ▶ prof. dr. Katarina SCHMITZ, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ mag. Anton STUŠEK, Uredništvo revije Ventil
- ▶ prof. dr. Riko ŠAFARIČ, FERI Maribor
- ▶ Janez ŠKRLEC, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Poljskava
- ▶ doc. dr. Marko ŠIMIC, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Željko ŠITUM, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Hrvaška
- ▶ prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

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

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

Naklada: 1.000 izvodov
 Cena: 5,00 EUR – letna naročnina 30,00 EUR

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

KONTEJNERSKA KOMPRESORSKA POSTAJA OMEGA AIR - BOX

Popolna rešitev za načrtovane in predvsem nenačrtovane omejitve potreb stisnjenega zraka

V podjetjih se vsakodnevno srečujejo z zahtevami za povečanje proizvodnje, kar je povezano tudi z zmogljivostmi sistema za pripravo stisnjenega zraka. Tudi vgradnja novih strojev zahteva reševanje ustrezne kapacitete in nivoja kakovosti stisnjenega zraka skladno z ISO 8573-1 (trdni delci-oljni delci-kondenzat).

Najpogosteje se podjetja za zagotavljanje ustrezne količine stisnjenega zraka odločajo za dodajanje novih naprav za povečanje sistema stisnjenega zraka. Pri tem pa so pogosto omejeni s prostorom v kompresorski postaji.

Razvojni oddelek v družbi OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana si v zadnjem obdobju prizadeva, da bi zadoštil naraščajočemu povpraševanju po kompresorskih postajah v različnih aplikacijah. Z modularno kontejnersko izvedbo OMEGA AIR - BOX dosegajo (slika 1 in slika 2):

Prilagodljivost:

- ▶ naprave kompresorske postaje imajo prilagodljivo konfiguracijo (moč, sušenje, filtracija, hlajenje/ogrevanje),
- ▶ modularna kontejnerska izvedba ima širok spekter zmogljivosti in zadošča številnim zahtevam.

»Plug & Play«:

- ▶ preprosta priključitev na električno omrežje in razvod stisnjenega zraka.

Možnost kombiniranja in nadgradnje:

- ▶ povezljivost delovanja z obstoječim sistemom v tovarni,
- ▶ nadgradnja proizvodnje ostalih plinov N_2 in O_2 .

Kompaktne kontejnerske kompresorske postaje OMEGA AIR - BOX je mogoče uporabiti za dolgoročno ali začasno oskrbo s kakovostnim stisnjenim zrakom, prilagojeno zahtevam uporabnika za vse proizvodne panoge.

Izvedbe kontejnerskih kompresorskih postaj

Oddelek Industrijski inženiring izdelava projektno zasnovane v kontejnerjih velikosti 10 ft, 20 ft, 40 ft



Slika 1: Osnovna zgradba kontejnerske kompresorske postaje OMEGA AIR - BOX

ali v modularni razširjeni izvedbi v primeru večjih sistemov. Kontejnerska kompresorska postaja je certificirana skladno s CE kot celota, vključno z vgrajenimi napravami in električnimi ter strojnimi inštalacijami. Tovrsten modularni princip zagotavlja veliko prilagodljivost tako glede kapacitete in kakovosti stisnjenega zraka kot tudi glede na samo arhitekturo proizvodnega obrata.

Kontejnersko kompresorsko postajo OMEGA AIR - BOX je mogoče opremiti z enim ali večjim številom vijačnih kompresorjev z možnostjo izbire za energetsko učinkovitost sistema (kompresorji s fiksno hitrostjo SD 7,5-250 kW ali frekvenčno krmiljeni kompresorji SD 7,5-250 VS).

S pomočjo selekcijskega programa AIRSYS se določi obseg naprav za pripravo stisnjenega zraka, natančno določeno uporabnikovim zahtevam skladno z ISO 8573-1. Izbira se med različnimi OMEGA AIR sušilniki, mikrofiltri, tlačnimi posodami, odvajalci kondenzata, separatorji olje/voda in ostalo dodatno opremo.

Nadzor delovanja in vizualizacijo kontejnerske kompresorske postaje OMEGA AIR - BOX spremljajo z vgrajenimi merilniki stisnjenega zraka serije OS s



Slika 2 : Razširjena izvedba kompresorske postaje OMEGA AIR - BOX

spremljanjem in zajemanjem posameznih parametrov: pretok, tlak, točka rosišča in poraba energije z uporabo merilnikov moči na kompresorjih. Poleg tega lahko z vgradnjo centralnega krmilnika uporabnik dostopa z oddaljenega mesta, nadzoruje in vpliva na delovanje kontejnerske kompresorske postaje OMEGA AIR - BOX.

V kontejnerskih kompresorskih postajah OMEGA AIR - BOX je vgrajena preizkušena in kakovostna oprema iz proizvodnega programa OMEGA AIR z ustreznimi certifikati za različne trge.

Osnovni kontejnerji 10 ft, 20 ft in 40 ft so zasnovani za vse vremenske pogoje, opremljeni s funkcijskim prezračevalnim sistemom, ogrevanjem in razsvetljavo. Konstrukcijsko so zasnovani za modularno nadgradnjo.

OMEGA AIR - BOX je združljiv tudi s številnimi možnostmi opreme:

- ▶ različni plini O₂ in N₂ (OMEGA AIR GAS BOX),



Slika 3 : Notranjost kontejnerske kompresorske postaje

- ▶ različna procesna filtracija,
- ▶ prilagojeno krmiljenje in nadzorni sistem,
- ▶ posebna izolacija in prezračevalni sistem za delovanje v ekstremnih pogojih do -40 °C,
- ▶ požarni alarm,
- ▶ nerjaveči cevovodi,
- ▶ različne protikorozijske zaščite in RAL.

Pri izbiri popolne kontejnerske kompresorske postaje OMEGA AIR - BOX bodo na osnovi naročnikovega obstoječega sistema in zahtev za povečanje sistema stisnjene zrak pomagali strokovnjaki OMEGA AIR s svetovanjem in konfigurirali kompresorsko postajo »Plug & Play« s kakovostnimi in preizkušenimi napravami.

www.omega-air.si

 <p>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</p>	 <p>N₂</p>	 <p>O₂</p>	<p>RAZPON TLAKOV</p> <p>1000 mbar 16 bar, 50 bar 100 bar, 250 bar 420 bar</p>
	 <p>H₂</p>	 <p>CO₂</p>	<p>MEDIJI</p> <p>stisnjen zrak vakuuum N₂, O₂, CNG, dihalni zrak CO₂, H₂, He</p>
	 <p>Air</p>	 <p>He</p>	 <p>CNG</p>

SISTEM ZA UPRAVLJANJE KOMPRIMIRANEGA ZRAKA (AIR MANAGEMENT SYSTEM – AMS)

Trajnost, vzdrževanje na podlagi stanja, digitalizacija

Podjetje SMC se kot vodilno za industrijsko avtomatizacijo in internetno povezovanje senzorjev, avtonomnih enot, instrumentov za industrijske aplikacije (The Industrial Internet of Things – IIoT) s sistemom za upravljanje komprimiranega zraka (Air Management System – AMS) serije AMS20/30/40/60 (slika), svojo najnovejšo inovacijo, odziva na potrebo po zmanjšanju emisij CO2 in porabe energije.

Z uvedbo te revolucionarne nove enote za upravljanje komprimiranega zraka, ki se uporablja v proizvodnih procesih, lahko vsako podjetje zmanjša porabo zraka za 62 odstotkov. Zmanjšanje porabe komprimiranega zraka pa vpliva na okolje in zmanjšanje stroškov.

Sistem AMS sestavljajo:

- ▶ regulator tlaka, ki preklaplja tlak med mirovanjem in delovanjem porabnikov,
- ▶ odzračevalni ventil;
- ▶ vozlišče za upravljanje zraka, ki spremlja pretok zraka, tlak in temperaturo – ima komunikacijsko funkcijo;
- ▶ brezžični adapter sprejema informacije od posameznih avtonomnih enot.

Prednosti uporabe AMS

Uporaba AMS omogoča časovni nadzor uporabe komprimiranega zraka, ugotavlja puščanje in odkriva procese, ki niso optimizirani za čas pripravljenosti in zaustavitve.

Poleg spremljanja porabe zraka, ki lahko pomaga prepoznati prekomerno porabo in nepravilnosti, lahko uporabniki novega sistema za upravljanje komprimiranega zraka spremljajo tudi tlak in temperaturo tlačnih vodov ter tako določijo osnovne parametre za svoje stroje in obrate.

Analiza podatkov visoke ločljivosti, ki jih zbira naprava AMS20/30/40/60, je lahko podlaga za opredelitev preventivnih ukrepov in nalog vzdrževanja. To je pomembno, saj ekipe za vzdrževanje pogosto težko zbirajo specifične podatke o tlačnih vodih, kar vodi do nezadostnih vzdrževalnih ukrepov in nepričakovanih okvar ali prekomerne porabe energije.



Sistem za upravljanje komprimiranega zraka podjetja SMC

Uporaba sistema AMS20/30/40/60 lahko koristi tako strategiji predvidljivega vzdrževanja kot strategiji spremljanja stanja, saj zbiranje podatkov pomaga pri odkrivanju puščanja in zagotavlja digitalni prstni odtis zelenih pogojev delovanja. Sistem spremlja tudi stanje opreme, kar omogoča analiziranje odstopanj in posledično zmanjšanje zastojev, odpadkov in potrebe po korektivnih ukrepih.

Večja učinkovitost, manj CO₂

Sistem AMS20/30/40/60 s programirljivim samodejnim zmanjšanjem tlaka in časom izklopa omogoča zmanjšanje porabe komprimiranega zraka in energije, kar izboljša učinkovitost procesa in zmanjša emisije CO₂, ki nastanejo pri proizvodnji komprimiranega zraka. Poleg izboljšanih možnosti vzdrževanja imajo uporabniki koristi tudi od digitalizacije, ki omogoča višjo raven nadzora. Ta zmogljivost izkorišča prednosti inovativne brezžične tehnologije, ki jo je enostavno integrirati in ne potrebuje komunikacijskih kablov.

Brezžična zmogljivost je zelo koristna, saj odpravlja potrebo po električno zapletenih rešitvah z mnogo ožičenja in možnostjo napak pri povezovanju kablov. Žični sistemi prav tako povečajo zapletenost nalog konfiguracije naprav in zahtevajo PLC ali dodaten strežnik, komunikacija na dolge razdalje pa je lahko počasnejša.

Uporaba sistema AMS20/30/40/60 spodbuja prihranek časa in stroškov z enostavnejšo montažo in zagonom, manj ožičenja ter manjšim številom priključkov in vrtljivih spojev. Decentralizirani sistem je združljiv z OPC UA za neposredno podatkovno komunikacijsko povezavo brez potrebe po PLC ter z napravami Ethernet I/P, Profinet in IO-Link. Z enim

samim vozliščem AMS lahko stranke povežejo do 10 oddaljenih enot z največjo komunikacijsko razdaljo s polmerom 100 m.

Trajnostna rešitev

Serija AMS20/30/40/60 je globalna trajnostna rešitev, ki bo koristila vsem uporabnikom komprimiranega zraka ne glede na to, ali gre za splošno proizvodnjo, avtomobilsko industrijo, obdelovalne stroje, elektroniko, pakiranje, tekstil, živila, gozdarstvo/papir ali drugo industrijo.

Tehnične značilnosti AMS20/30/40/60:

- ▶ združljiv z Ethernet in Profinet,
- ▶ združljiv z IO-linkom,
- ▶ visoka varnost z uporabo šifriranja,
- ▶ pretok do 4000 l/min pri 0,7 MPa,
- ▶ vhodne dimenzije v inčih: 1/8, 1/4, 3/8, 1/2, 3/4, 1,
- ▶ modularna povezava,
- ▶ stopnja zaščite pred vplivi okolja IP65 ali IP67.

Vir:

SMC Industrijska Avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7, 8210 Trebnje, tel.: + 386 073 885 443, faks: +386 7 3885 415, internet: www.smc.si, e-pošta: n.calasan@smc.si g. Niko Čalasan



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

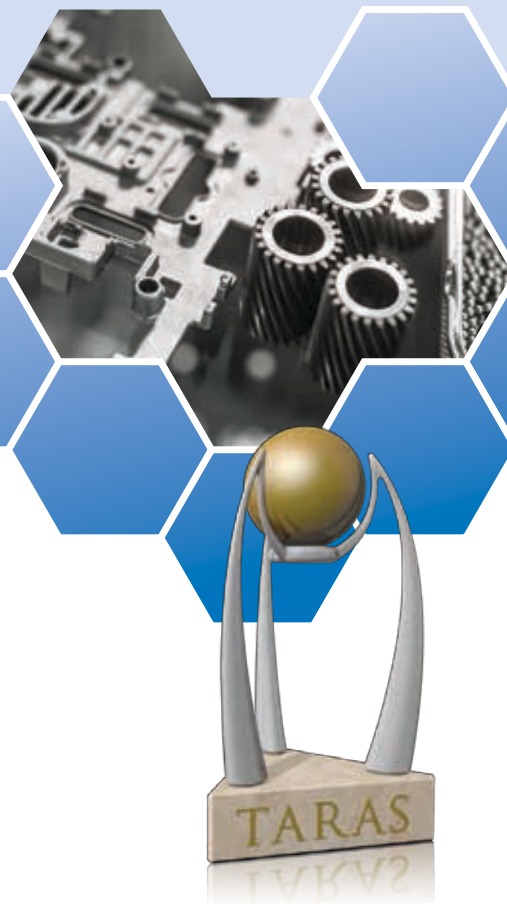
WWW.IRT3000.COM

NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

Predstavitev strokovnih prispevkov
Strokovna razstava | Aktualna okrogla miza
Podelitev priznanja TARAS

FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

Dogodek je namenjen vsem, ki delujejo v industrijskem okolju ali za industrijo. Na forumu predstavljamo dosežke in novosti, inovativne rešitve, primere prenosa znanja in izkušenj ter njihove uporabe v industrijskem okolju, pri čemer je pozornost usmerjena tako na nove zamisli, zasnove in metode, kot tudi na tehnologije in orodja. Forum je tudi prostor, kjer osvetlimo resnično stanje v industriji, njene zahteve in potrebe. Posebna pozornost je namenjena uspešnim aplikativnim projektom raziskovalnih organizacij, inštitutov in univerz, izvedenih v industrijskem okolju, ter prenosu uporabnega znanja iz znanstveno-raziskovalnega okolja v industrijo.



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



Portorož, 12. in 13. junij 2023

www.forum-irt.si

Glavni pokrovitelji



Razvojna partnerja



Vsebinski partner



Nacionalna pokrovitelja



Pokrovitelji



MARSi group

METTLER TOLEDO



YASKAWA

Celjski sejem

13.–17. SEPTEMBER 2023



MOS **55 LET**

MOS DOM, MOS TURIZEM, MOS B2B,
MOS TEHNIKA ENERGETIKA, MOS PLUS



FESTO

Preprosto: del rešitve

Festo ★ osnovni program

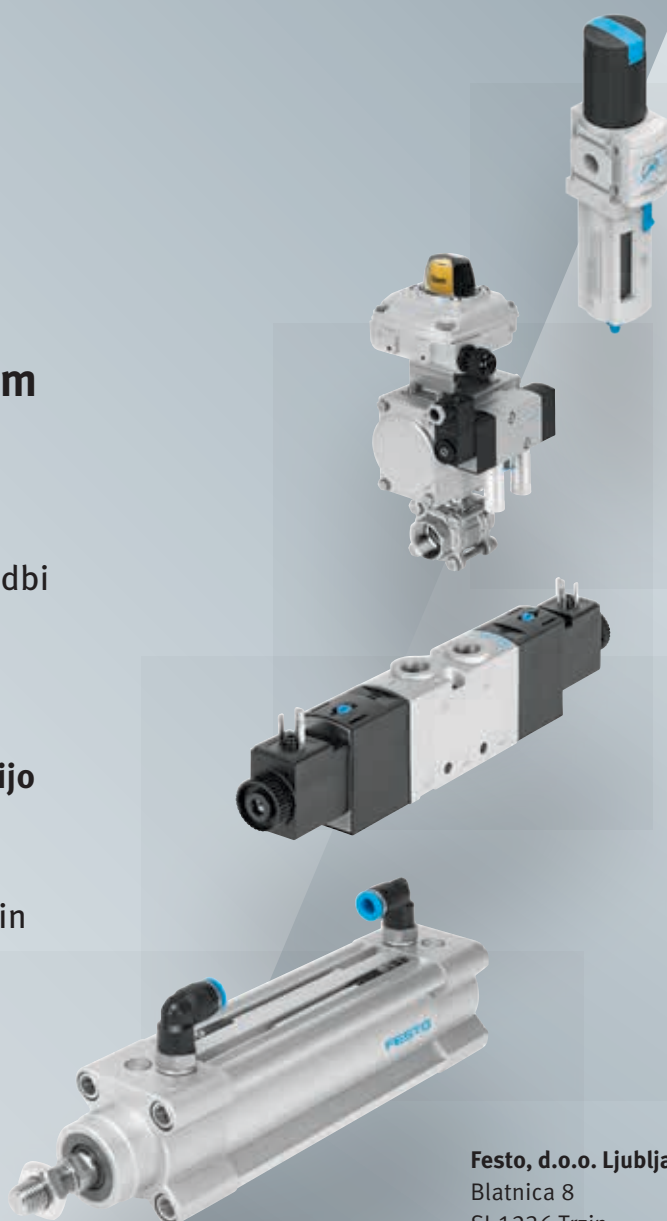
Prednosti na prvi pogled:

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

Osnovni program za avtomatizacijo

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

Poenostavite svojo nabavo -
Samo poiščite modro zvezdo!



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