

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 27 / 2021 / 2 / April

Pnevmatično
krmiljenjeFiltracija
v hidravlikiOptimiranje
polimernih zobnikovRazvoj kompleksnih
mehatronskih
sistemov

EMERSON
Process Management

BETTIS™

BIFFI

ELMatic™

FISHER
Dantorque

HYTORK
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


FESTO

POCLAIN
Hydraulics

OPL

MIEL omron
www.miel.si
ppt commerce

PODKRIŽNIK
group



SISTEMSKE REŠITVE ZA INDUSTRIJSKE STROJE

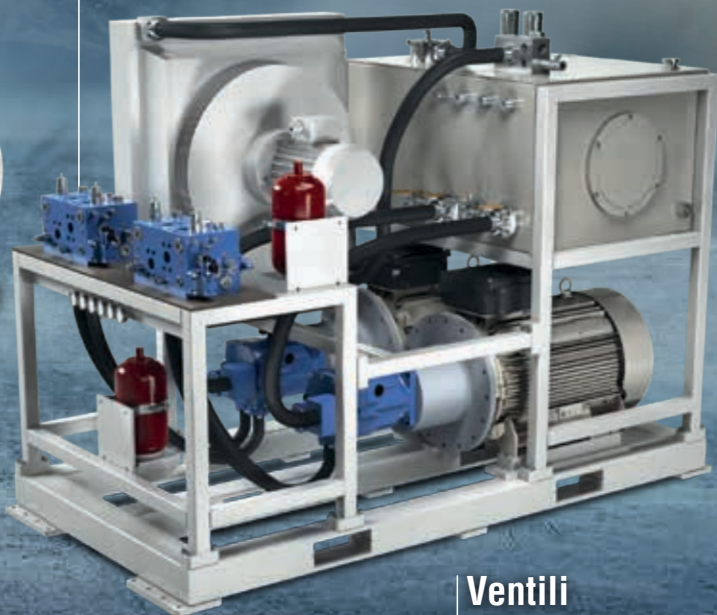
*Celoviti hidravlični transmisijski pogoni:
predelava odpada, lesna industrija, premogovništvo,
ladijski vitli, elektrarne, tekoči trakovi ...*

OD PROJEKTIRANJA DO ZAGONA

Motorji za
industrijske aplikacije



Hidravlične naprave



Pogonski
sklopi



Črpalke



Ventili



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

www.poclain-hydraulics.com



ZAVEDANJE O NARODNEM JEZIKU NA PODROČJU TEHNIKE IN POMOČ DRŽAVE PRI IZDAJI STROKOVNIH PUBLIKACIJ V SLOVENSKEM JEZIKU



Verjetno se vsi strinjamo, da je lasten jezik najpomembnejša značilnost za delovanje, razvoj in obstoj vsakega naroda. Lasten jezik mora biti ponos vsakega predstavnika naroda, ne glede na to, ali ima svojo državo ali je nima. Naši predniki so bili in številni smo še danes ponosni na slovenski jezik. Pogosto pa imam občutek, da nas je takih vedno manj. Vedno manj cenimo in spoštujemo tiste naše prednike in naše rojake, ki so v osemnajstem in devetnajstem stoletju skrbeli in razvijali naš jezik, študirali na Dunaju, prihajali nazaj v naše kraje in učili svoje rojake v slovenskem jeziku. Prav tako vedno manj spoštujemo sedanje zavedne Slovence, ki se odkrito borijo za naš jezik. Pri nas praktično ni več ljudi, ki bi skušali oblikovati nove izvirne slovenske besede. Vedno več je takih, ki uporabljajo tuje besede ali pa tuje besede popačijo ali prilagodijo naši izgovorjavi in splošni rabi.

Slovenci bi morali biti neizmerno srečni in veseli, da imamo svojo državo, svoj jezik, ki je danes tudi uradni jezik v Evropski uniji. Z njim komunicirajo naši evropski poslanci in drugi naši predstavniki, ki delujejo v Bruslju. V Evropski uniji je le 24 uradnih jezikov. V celotni Evropi pa se po nekaterih podatkih govori v 60 različnih jezikih, če se upošteva še celotna Rusija pa celo 225. Poglejmo nekoliko nazaj, kaj je slovenski jezik pomenil pred nekaj stoletji ali več. Ne prav veliko. Res je, da so nekateri predstavniki oblastnikov v avstro-ogrski monarhiji poznali nekaj slovenskih besed, ko so bili na obisku pri nas. Tudi v nekdanji Jugoslaviji je zelo malo oblastnikov govorilo slovensko. Celotno več: slovenski politiki, ki so delovali na področju bivše države, so le redko uporabljali slovenski jezik. V skoraj vseh primerih so na javnih srečanjih celo v Sloveniji govorili v tujem jeziku. Vse to govori, da smo v tem času vsi mi dolžni spoštovati in negovati naš jezik na vseh področjih.

Verjetno je res, da smo boj za slovenski jezik v znanosti pri nas izgubili. Razumem znanstvenike, ki raziskujejo, komunicirajo in sodelujejo s svojimi kolegi iz tujine, da uporabljajo angleški jezik in da v tem jeziku tudi objavljajo. Razumem tudi znanstvene ustanove,

da svoje znanstvene revije in druge publikacije izdajajo v tujem jeziku. Le na ta način je njihova revija brana in citirana, kar je pogoj za uveljavitev revije in posredno znanstvenikov za pridobitev ustreznih nazivov. Prav tako razumem vse izdajateljske ustanove, da imajo zaradi majhne naklade finančne težave z izdajanjem revij v tujem ali slovenskem jeziku.

Vse te revije, ki pri nas izhajajo v tujih jezikih, bi po naši oceni morale vsaj pretežno financirati ustanove, ki jih izdajajo, ali pa pisci člankov, ki v takih revijah objavljajo. Težje pa razumem državo, da takšne revije finančno podpira z denarjem naših davkoplačevalcev.

Skrajno sporno pa je, da država dokaj bogato financira revije, kar nekaj jih je v Sloveniji, v katerih se objavlja prek 90 odstotkov člankov tujih avtorjev, v katerih so članki napisani samo v tujem jeziku, preko 90 odstotkov tematik v teh člankih je tujih, nimajo nobene povezave s Slovenijo, njihovi bralci so po vsej verjetnosti večinoma tujci.

Med temi revijami, ki bi jih država izdatno sofinancirala, pa ni naše revije Ventil. Moram zapisati, da smo bili v preteklosti deležni sofinanciranja. V tem letu in v bodoče pa kaže, da bo to financiranje zelo skromno ali pa ga sploh ne bo. To po naši oceni ni dobro, ker revija Ventil skrbi za prenos znanja iz znanstvene v podjetniško sfero in tudi za slovenski jezik.

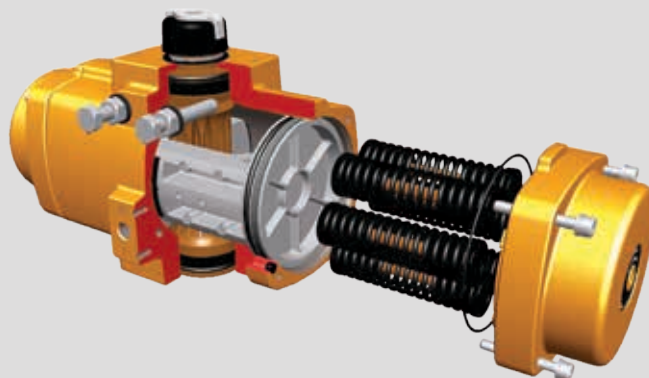
Posebno težavo pa predstavlja slovenski tehniški jezik. Praktično na tem področju nimamo novih slovenskih besed. Kako je mogoče, da so naši predniki našli besede, kot so stroj, blagajna, ventil, kladivo, in druge besede za številna orodja in praktično za vse strojne elemente. Danes pa tega ne zmoremo. Celotno več: verjetno bi vsakogar, ki bi danes predlagal neke povsem nove besede za nove proizvode, ki jih vsakodnevno uporabljamo in imajo neka tuja poimenovanja, imeli za bebca. Njegovi ideji bi se posmehovali in med ljudmi se nikakor ne bi uveljavila. Uveljavljajo pa se predvsem prilagojene slovenske besede, kot so prenosni računalnik, kemični svinčnik, splet, tiskano vezje, prenosni telefon. Nikakor pa ne najdemo povsem novih besed.

Ponosni smo, da revija Ventil izhaja v slovenskem jeziku, da je prepoznavna pri nas med znanstveniki in strokovnjaki v industriji in v tujini ter da na ta način skrbimo tudi za strokovni in tehniški slovenski jezik. Tega bi se morala zavedati tudi država in takšne revije, kot je Ventil, podpirati moralno in tudi finančno.

Janez Tušek



EL Matic™



BETTIS™



FISHER®



Dantorque

HYTORK®

Shafer®

ppt commerce

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA
PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

PPT commerce, d.o.o.

Celovška cesta 334, 1210 Ljubljana – Šentvid

tel. 01/ 514 23 54, fax 01/ 514 23 55, gsm 041 639 008

e-mail: info@ppt-commerce.si

www.ppt-commerce.si

DOGODKI • POROČILA • VESTI	74
INTERVJU	
Elesa+Ganter Austria – dve podjetji, en svet standardnih delov	82
NOVICE • ZANIMIVOSTI	84
PNEVMATIČNO KRMILJENJE	
Zvonimir Dabčević, Juraj Benić, Željko Šitum	
Web Controlled Pneumatic Press	96
FILTRACIJA V HIDRAVLIKI	
Matej Kunavar, Nejc Novak, Franc Majdič	
Analiza realnih in testnih delcev v hidravličnih filtrih	104
POLIMERNI ZOBNIKI	
Jože Tavčar, Borut Černe, Jože Duhovnik, Damijan Zorko	
Večkriterijski model za optimiranje polimernih zobnikov	110
AGILNI RAZVOJ IZDELKOV	
Damijan Zorko, Borut Černe, Jože Tavčar, Ivan Demšar	
Agilni razvoj kompleksnih mehatronskih sistemov	120
LETALSTVO	
Aleksander Čičerov	
Droni	127
AKTUALNO IZ INDUSTRIJE	
Zaščitna omara za enote za pripravo zraka (FESTO)	130
Lijak DSH za odpravo prašenja sipkih materialov (HENNLICH)	130
Nova serija pametnih kamer (MIEL)	132
NOVOSTI NA TRGU	
Pogosto menjavanje formatov? (ELESA+GANTER)	134
Elesa+Ganter uspešno s ZOLLER-jevo rumeno (ELESA+GANTER)	135
Novi frekvenčni pretvornik serije FR-E800 (INEA RBT)	136
Električni linearni aktuator – Electrak® LL (INOTEH)	137
Senzor kontrole nivoja tekočin z analognim signalom 298A (INOTEH)	138
Paralelna prijemala serije GEP2000 (INOTEH)	138
Pametni komunikacijski modul – SCM (INOTEH)	139
Nova generacija banjo vrtljivih priključkov WHK (PARKER HANNIFIN)	140
Frekvenčni pretvorniki Commander C200 in C300 (PS)	141
PODJETJA PREDSTAVLJAJO	
Stäublijeva serija robotov TX2 vam prinaša še več (DOMEL)	142
Slovensko znanje rešuje inženirske izzive evolucije avtomobilskih LCD zaslonov (INEA)	146
Nova serija robotskih menjalnikov orodij z nosilnostjo do 80 kg (STÄUBLI)	148
PROGRAMSKA OPREMA • SPLETNE STRANI	
Zanimivosti na spletnih straneh	150

POSVET INTEGRACIJA SLOVENSKEGA INOVACIJSKEGA OKOLJA

Špela Stres

Svet za razvoj pri Slovenski akademiji znanosti in umetnosti, ki mu predseduje akademik prof. dr. Igor Emri, ter Delovna skupina za integracijo inovacijskega sistema in Belo knjigo slovenskega tehnološkega potenciala, ki jo sestavljajo prof. dr. Mitjan Kalin z Univerze v Ljubljani, prof. dr. Mitja Slavinec z Univerze v Mariboru in g. Drago Babič iz podjetja Contrade, d. o. o., pod vodstvom dr. Špele Stres, MBA, LLM, z Instituta »Jožef Stefan«, so 13. 1. 2021 pripravili posvet o Integraciji slovenskega inovacijskega okolja in okroglo mizo, na kateri so slovenski odločevalci, znanost in gospodarstvo tkali in povezovali inovacijski sistem v Sloveniji.



Moderatorji posveta (na sliki od leve proti desni) in člani Delovne skupine za integracijo inovacijskega sistema in Belo knjigo slovenskega tehnološkega potenciala: Prof. dr. Mitjan Kalin, dekan Fakultete za strojništvo, Univerza v Ljubljani; Izr. prof. dr. Mitja Slavinec, dekan Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru; Dr. Špela Stres, MBA, LLM, vodja Centra za prenos tehnologij in inovacij, Institut »Jožef Stefan«

Namen posveta je bil slišati poglede različnih akterjev v inovacijskem okolju, vključno s podpornim okoljem. Posvetovanje je bilo razdeljeno na dva dela. Prvi je bil pogled od zunaj. Sodelovali so vodstveni kadri z Generalnega direktorata za notranji trg, industrijo, podjetništvo ter mala in srednja podjetja (DG GROW), Generalnega direktorata za raziskave in inovacije (DG R & I), Evropske agencije za mala in srednje velika podjetja (EASME), Univerze v Cambridgeu in ameriške agencije Advanced Rese-

arch Projects Agency - Energy (ARPA-e) ter Svetovnega ekonomskega foruma. V drugem delu so svoje poglede predstavili predstavniki Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport (MIZŠ), direktorji treh različnih slovenskih agencij za podjetništvo, internacionalizacijo in znanost (SPIRIT, SPS in

Dr. Špela Stres, LLM, MBA, Center za prenos tehnologij in inovacij, Institut »Jožef Stefan«

UDELEŽENCI prvega dela posveta: Giacomo Mattino (DG GROW), Keith Sequeira (EIC), Daniel Gassman (DG R & I), Daniel Gassman (EASME), Kirsi Haavisto (UDG R & I), Nicolas Sabatier (EIC), Cheryl Martin (World Economic Forum, ARPae)

ARRS), Službe vlade za razvoj in evropsko kohezij-sko politiko, predsednik uprave Slovenske izvozne in razvojne banke (SID banka) ter razpravljavci iz slovenskega akademskega okolja in gospodarstva.

V *prvem delu* posveta smo slišali, da je po izkušnjah agencije ARPA-e mogoče vzpostaviti integrativen pristop med finančno agencijo in prejemniki financiranja. Mogoče je ustvariti okolje, v katerem agencija raste in razvija ideje, hkrati pa ves čas izziva in preizkuša ideje nagajencev. Gre za aktivno upravljanje agencije in nenehno spreminjajoče se razmerje med agencijo in prejemnikom financiranja, da se zagotovi največji učinek projektni skupini dodeljenega denarja. Slišali smo tudi, da vsako inovacijsko okolje začne iz nič. V živahnem okolju z izkušnjami in razgibanim financiranjem tveganega kapitala se zgodi »pull«, ki vleče inovacije proti trgu. V nasprotnem primeru je to silo potrebno ustvariti, ji pomagati. Osnova so dobre akademske raziskave, vendar sposobnost za napredek izhaja tudi iz dostopa do ustreznega financiranja in podpore. Potrebujemo financiranje Proof of Concept, inovacijske podporne dejavnosti, ki zagotavljajo kakovostno upravljanje inovacij, in seveda podjetniški duh. Slišali smo tudi, da se v Združenem kraljestvu glavnina financiranja za znanost dodeli glede na kakovost raziskav. Preostanek pa se v sistemu Research Excellence Framework dodeli glede na ocene študij primerov, s katerimi morajo raziskovalci pokazati, kako koristna je bila njihova raziskava za podjetja, za širšo družbo. Omenjena vzporedna vrednotenja britanske vlade so zelo spremenila kulturo raziskovalne družbe v Združenem kraljestvu na bolje. Za prehod v družbo znanja morajo instrumenti ponujati več kot samo financiranje, vključevati morajo dodatno vrednost, ki izhaja iz storitev in strokovnega znanja podporne okolja. Administrativni pristop k financiranju preprosto ne zadostuje. Zato je ključno prizadevanje, da se politikam omogoči največji učinek s pomočjo valorizacije, aktivnega spremljanja, podpore izumom na poti na trg.

Evropska komisija (EK) je s stebrom European Innovation Council uvedla novo vlogo pri upravljanju inovacijskih projektov od TRL 2 naprej – vodja programa kot nekdo, ki resnično razume vsebino inovatorjevega dela, lahko podpira rast, ponuja poslovne storitve in pospeševalne storitve. Inovacijska podpora projektom mora prihajati tudi iz inovacijskega okolja. Kot relevantni so bili omenjeni: omrežje Enterprise Europe Network (EEN) in pisarne za prenos tehnologij (TTO) v smislu upravljanja inovacij kot tudi težavnosti poklica, ki ga lahko uspešno opravljajo le vrhunski strokovnjaki in bi ga bilo po drugi strani potrebno profesionalizirati. Za razvoj tehnologije na višjo raven TRL je potrebno več sodelovanja med industrijo in akademskim svetom. Za to je potreben program, kjer prejmejo podjetja manjše zneske za financiranje sodelovanja znanosti in podjetij za spodbujanje skupnih raziskav in razvoja ter vzpostavitev zaupanja.

Na koncu so gostje govorili o preteklem upravljanju finančnih instrumentov. Pomembno je zgraditi lijak financiranja od nepovratnih sredstev za javne raziskovalne organizacije (JRO) ter podjetja preko mešanih financ do lastniškega kapitala za podjetja – vendar lijak ni ključen zgolj pri financiranju: izjemnega pomena sta tudi kakovostna in strokovna podpora inovacijam na visoki ravni vzdolž celotne osi financiranja. Da bi dosegli poenotenje inovacijskega sistema, je potrebno preseči pro forma administrativne finančne instrumente, so sporočili tuji gostje. Za to morajo oblikovalci politik zahtevati, izvajalske agencije pa usmerjati okolje za podporo inovacijam, da postane profesionalno in kakovostno; ponuditi in zagotoviti morajo financiranje, ki sledi razvojnim potrebam, skladno s TRL, in podporne storitve z roko v roki. Na drugi strani pa morajo oblikovalci politike in agencije komunicirati in sodelovati med seboj in s podpornim okoljem. Evropska komisija ni ustanovila dodatne agencije za podporo EIC. Ustvarjanje novega telesa v inovacijskem sistemu namreč ni rešitev, temveč le orodje kot katero koli drugo. Pomembni so politika, filozofija upravljanja, razbijanje starih vzorcev.

UDELEŽENCI drugega dela posveta: Sibil Svilan, Robert Repnik, Tomaž Boh, Marko Hren, Tomaž Kostanjevec, Karin Žvokelj, Maja Tomanič Vidovič, Igor Emri, Mark Pleško, Gregor Majdič, Jernej Pintar, Boris Cizelj, Alenka Mubi Zalaznik, Muhamed Turkanović

V *drugem delu* posveta so udeleženci izpostavili, da v Sloveniji še nismo presegli zastarelega linearnega inovacijskega modela in razvili sodobne inovacijske kulture. Slovensko inovacijsko in podporne okolje sta razdrobljena. Tudi ni povsem jasno, kdo (agencija, ministrstvo) financira posamezno fazo razvoja, in predvsem, kdo strokovno spremlja potovanje ideje skozi različne faze inovacijskega procesa.

Inovacije, ki izhajajo iz raziskovalnega procesa, so širše polje/področje, na katerem se srečujeta znanost in gospodarstvo. V Sloveniji naj bi bilo sicer med resornimi ministrstvi jasno definirano, kdo pokriva znanost oziroma raziskave (Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport – MIZŠ), kdo na ravni političnega odločevalca pokriva tehnologijo (Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo – MGRT). Ker pa je narava inovacij horizontalna, ni jasnega »ministrskega lastništva« nad inovacijami, sodelovanje je pogosto prešibko in ostane zunaj lastništva ene institucije. Sodelovanje med MGRT in MIZŠ bi moralo biti bolj vsebinsko, predvsem na področju inovacij. Pogosto se zdi, da so ravni tehnološke razvitosti 1–3 v domeni MIZŠ, v domeni MGRT pa ravni 7–9, srednje ravni tehnološke razvitosti pa ne spadajo zares nikamor.

Razpravljalci so predstavili nekatere izmed obstoječih in načrtovanih mehanizmov financiranja. SID banka je pripoznala, da je potrebno ustvariti nov finančni instrument. Sklad tveganega kapitala oziroma Sklad za tehnološki transfer bo financiral raziskovalne projekte, ko so ti še v JRO-jih. Tako bo okrepil podporo (bodočim) podjetjem za preverbo trga »Proof of concept« (PoC) že v predsemenski fazi in s tem prenos razvitih tehnologij iz JRO v industrijo. Regionalni sklad za tehnološki transfer bo predvidoma oblikovan do konca leta 2021 z Evropskim investicijskim skladom s finančnimi sredstvi v višini 45 mio EUR. Od vseh projektov bo 70 % vrednosti financiranih projektov, ki jih razvijajo JRO-ji v najzgodnejših fazah tehnološke razvitosti. Sklad bo upravljal zasebni upravljavec. Predvideno je dobro sodelovanje s pisarnami za prenos tehnologij, mednarodno sodelovanje ter sodelovanje s privatnim sektorjem, ki bo financiranje plemenitil z lastnimi sredstvi. V letu 2021 bo SPIRIT s pomočjo EK oblikoval ukrepe po meri, da se okrepi inovacijski ekosistem. SPIRIT želi, da bi se vse poti podjetniških spodbud in inovacij združevale na enem mestu. Zanje so pomembne stopnje 6–9, torej komercializacija inovacij, za katere z MGRT oblikujejo ukrepe. Slovenski podjetniški sklad (SPS) bo podpiral oblikovanje celovitega inovacijskega okolja za mlada inovativna podjetja ter jim bo za inovacije ponudil v vseh fazah podjetniškega razvoja in rasti različno podporo s finančnimi ukrepi in tudi drugimi oblikami pomoči (z mentorstvom, različnimi strokovnimi storitvami).

Zagotavljanje finančnih sredstev je nedvomno zelo pomemben element inovacijskega procesa, ne pa tudi zadosten. Vsak inovacijski proces se lahko začne s TRL1, torej iz bazičnih znanj. Inovacije morajo temeljiti tudi na raziskavah, ki so slovenska srebrnina in bolj ali manj neizkoriščene. ARRS financira iz javnih sredstev bazične in aplikativne raziskave, pri katerih je potrebno spremljati učinkovitost njihovega financiranja. Dober primer je sistem Research Excellence Framework (REF) v Združenem kraljestvu za vrednotenje kakovosti raziskav na visokošolskih institucijah. Večina financiranja se razdeli na podlagi ocene kakovosti raziskav, manjšina pa na podlagi študij primerov, ki kažejo na pomembnost raziskav za gospodarstvo in družbo. To je zanimiva ideja, ki bi jo bilo treba preučiti tudi v Sloveniji. Za financiranje inovacij ARRS nudi sredstva za raziskave, ki jim mora slediti sodelovanje s podjetji srednjih in višjih TRL-stopenj. Uvedli bi lahko tudi redne instrumente, ki bi podpirali direktno sodelovanje podjetij z JRO-ji in omogočali nastajanje zaupanja med večjim številom podjetij in JRO. Institucije podpornega okolja bi ponudile finančna sredstva v obliki vavčerjev za inovacije, da lahko podjetja pridobijo neposredne storitve raziskav in razvoja od JRO-jev.

Udeleženci posveta so z besedami »inovacijski menedžment, sodelovanje, znanje, združevanje in komunikacija« podprli klic po profesionalizaciji dialoga med različnimi akterji v slovenskem inovacijskem okolju, vključno s podpornim okoljem.



4. mednarodna konferenca o tribologiji polimerov, PolyTrib 2020, ki je bila načrtovana za 28. in 29. september 2020 na Bledu, je zaradi še vedno neugodne situacije z boleznijo Covid-19 **prestavljena na leto 2022.**

Nov datum bo objavljen kmalu. Zaenkrat ga še ni mogoče napovedati, ker so bili drugi večji dogodki in konference po svetu prav tako prestavljeni in ne želimo priti v navzkrižje z njihovimi novimi termini.

Vse informacije bodo objavljene na: www.tint-polytrib.com, glede morebitnih vprašanj pa smo vam na voljo na polytrib@tint.fs.uni-lj.si.

Zahvaljujemo se za razumevanje in podporo.

Prof. dr. Mitjan Kalin
v imenu organizacijskega odbora PolyTriba 2020

POLIURETANSKA KOLESA

Vzdržljivost in vodljivost na prvem mestu!



RE.F2

Številka ena za dušenje vibracij tiho in mehko premikanje, visoka obrabna odpornost.

- idealna za neravne površine
- odlične zmogljivosti pri visokih hitrostih in strojnih pogonih
- primerne tudi za srednje in težke obremenitve
- Viskoka odporna proti obrabi

Prav tako v našem asortimentu:
Kolesa in valji iz termoplasta,
duroplasta in trdne gume



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.at

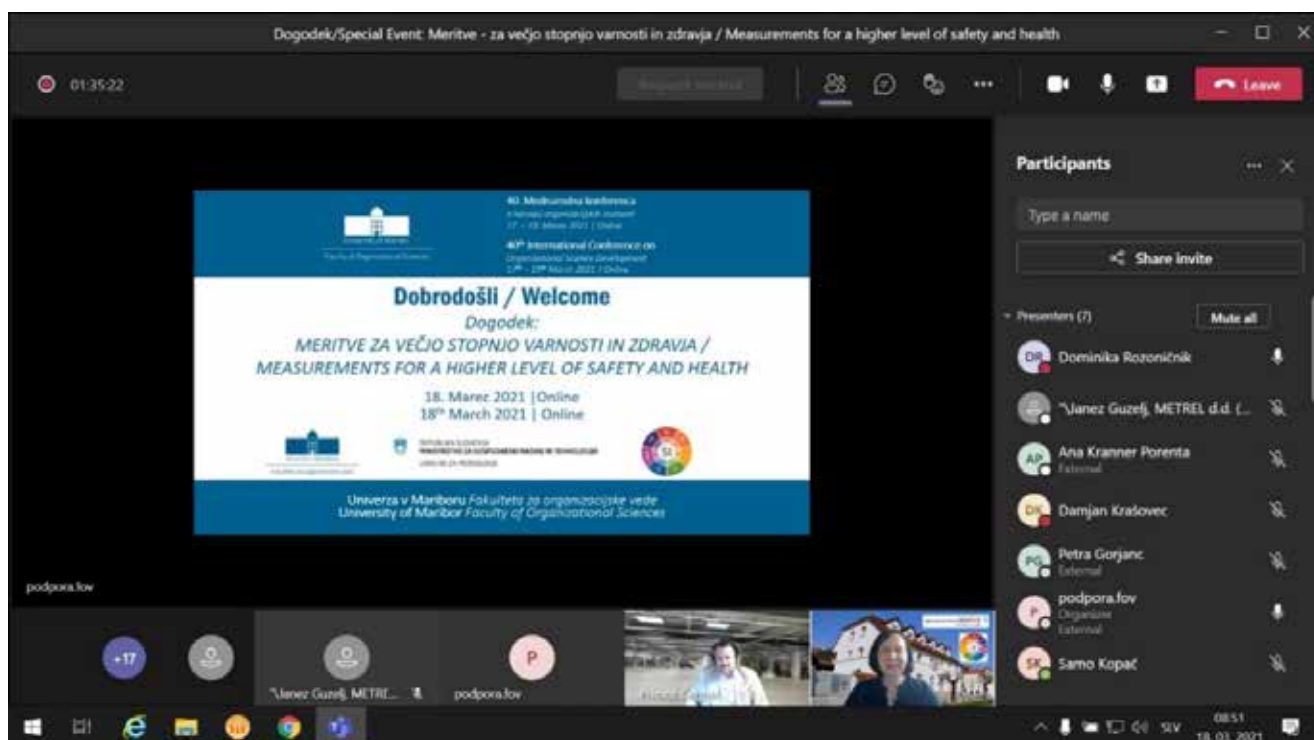


DESIGNED
FOR ENGINEERING

MERITVE ZA VEČJO STOPNJO VARNOSTI IN ZDRAVJA

Dominika Rozoničnik

V četrtek, 18. 3., je v organizaciji Urada RS za meroslovje in Fakultete za organizacijske vede Kranj v okviru jubilejne 40. mednarodne konference o razvoju organizacijskih znanosti potekal dogodek *Meritve za večjo stopnjo varnosti in zdravja*.



Slika 1 : Izvedba dogodka *Meritve za večjo stopnjo varnosti in zdravja* je potekala na daljavo

Čas in prostor sta temeljni komponenti človekovega življenja. Trenutna situacija pa vnaša negotovost med ljudi in tudi v organizacije ter postavlja v ospredje varnost in zdravje. Obe vrednoti lahko zagotavljamo s pravilnimi, točnimi in sledljivimi meritvami.

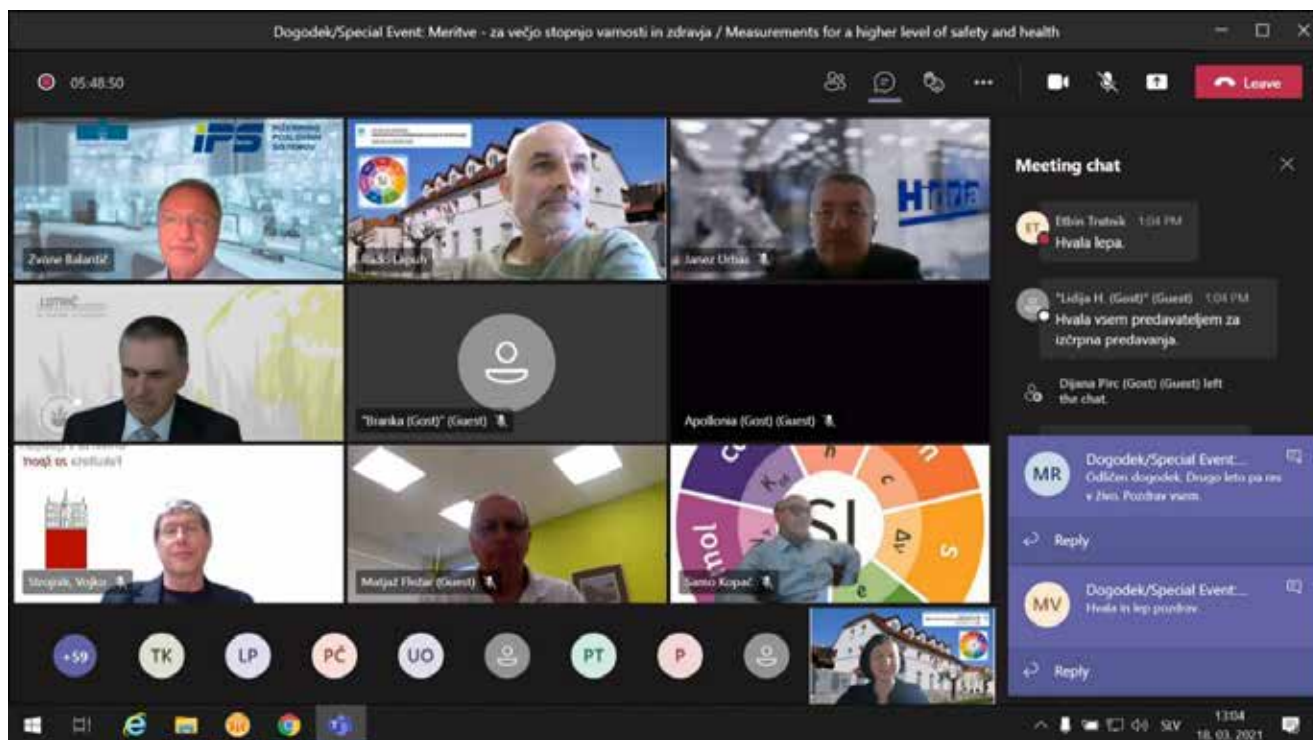
V plenarnem delu konference smo se osredotočili na pomen in izvedbo meritev za zagotavljanje varnosti in zdravja v naših delovnih procesih. Skupaj s strokovnjaki iz različnih uspešnih slovenskih organizacij in inštitucij smo odgovorili na vprašanja: kako z meritvami zagotoviti ustrezno in varno de-

lovno okolje, kakšna znanja in kompetence potrebujemo za izvajanje točnih meritev, kako zagotoviti ustrezne metode merjenja in vzorčenja, kaj vse vpliva na točne meritve v delovnem procesu, kako je to področje zakonsko urejeno, kaj je v slovenski prostor prinesel oziroma v njem spremenil COVID 19, kakšno vrednost ima zdravje zaposlenih itd.

Z nami so svoja strokovna znanja in izkušnje nesebično delili:

- ▶ Janez Guzeli, vodja aplikacijskega tehničnega svetovanja, METREL, d. d.: Zagotavljanje električne varnosti in kakovosti s prenosom odgovornosti delodajalec-delavec in proizvajalec-proizvod-uporabnik;
- ▶ dr. Primož Čermelj, direktor razvoja, Iskra Mehanizmi, d. o. o.: Verifikacijski izzivi pri razvoju

Mag. Dominika Rozoničnik, univ. dipl. inž., Urad RS za meroslovje



Slika 2 : Okrogla miza Meritve v delovnih okoljih

novih izdelkov;

- ▶ Ulrik Oblak, strokovni sodelavec s področja VZD, VO in Q/HSEQ, Polycom Škofja Loka, d. o. o.: Meritve mikroklima v podjetju Polycom Škofja Loka, d. o. o.;
- ▶ dr. Peter Trop, tehnični vodja, Inštitut za varstvo pri delu in varstvo okolja (IVD) Maribor: Meritve koncentracij kemičnih škodljivosti v delovnem okolju;
- ▶ prof. dr. Vojko Strojnik, predstojnik Katedre za naravoslovne vede v športu in vodja Laboratorija za kineziologijo, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani: Ohranjanje delovnih sposobnosti skozi zaposlitveno dobo;
- ▶ prof. dr. Matjaž Fležar, zdravnik COVID oddelka in vodja Oddelka za respiratorno funkcijsko diagnostiko, Bolnišnica Golnik in Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani: Telemetrija pri bolniku s COVID19 – kdaj in v kakšnem obsegu je varna.

Dogodek se je zaključil z vsebinsko bogato okroglo mizo na temo Meritve v delovnih okoljih, na kateri so pod moderatorstvom prof. dr. Zvoneta Balantiča, predstojnika Katedre za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov, Fakulteta za organizacijske vede, Univerza v Mariboru, sodelovali:

- ▶ Janez Urbas, vodja laboratorija, Hidria,
- ▶ prof. dr. Matjaž Fležar, zdravnik COVID oddelka in vodja Oddelka za respiratorno funkcijsko diagnostiko, Bolnišnica Golnik in Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani,
- ▶ prof. dr. Vojko Strojnik, predstojnik Katedre za

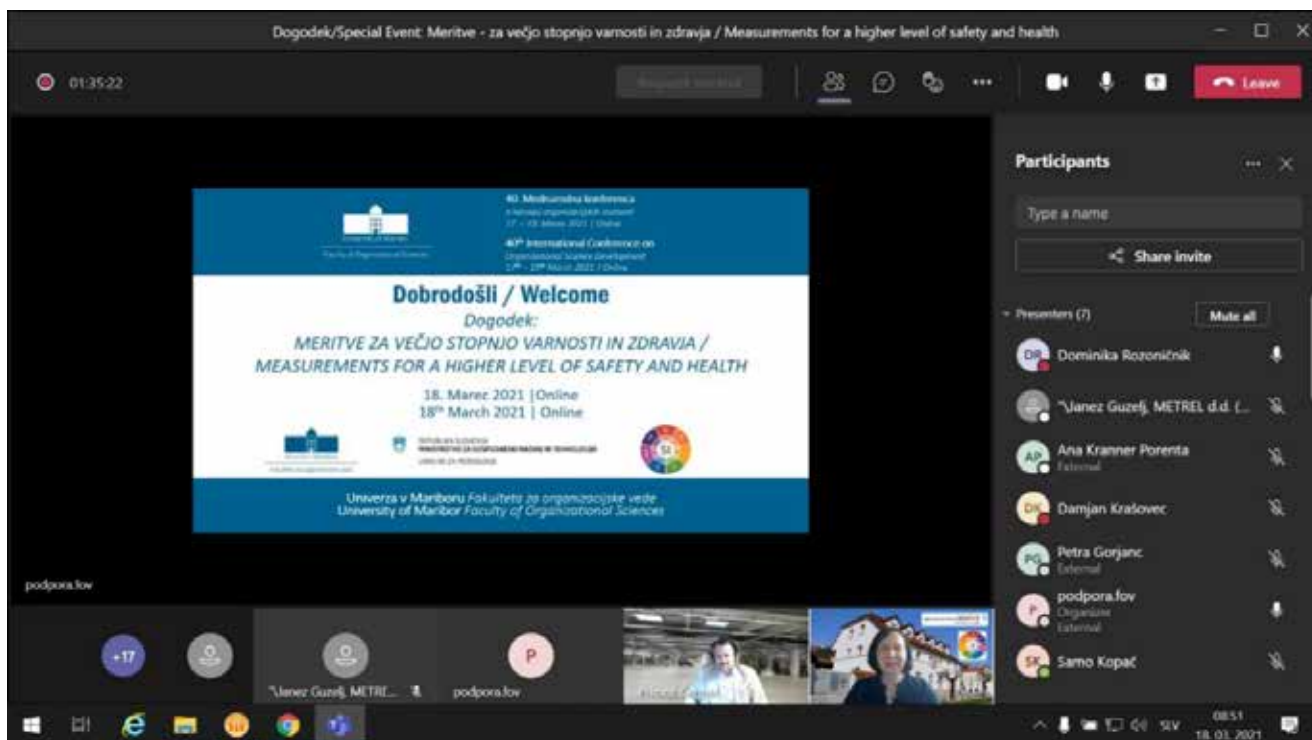
naravoslovne vede v športu in vodja Laboratorija za kineziologijo, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani,

- ▶ Marko Lotrič, direktor LOTRIČ meroslovje, d. o. o., in
- ▶ dr. Rado Lapuh, koordinator mednarodnega sodelovanja na Uradu RS za meroslovje.

Na okrogli mizi je tekla beseda o zdravju, ki z biološkimi in fiziološkimi potrebami predstavlja temeljno vrednoto človeka, ki ji sledi potreba po varnosti. V okviru pogovora so se tako vsi sodelujoči na okrogli mizi kot tudi slušatelji soočili z izzivi sodobnega časa. Slišali smo različne strokovne utemeljitve o pomembnosti meritev pri zagotavljanju omenjenih temeljnih človeških vrednot.

Med okroglo mizo se je neposredno vključevala tudi »testna pisarna« iz Lotrič Meroslovja, d. o. o., kjer so med celotnim potekom okrogle mize merili vrednost CO₂ v prostoru. Zakaj? Slabša kakovost zraka v zaprtih prostorih, kot so pisarne, učilnice, ambulanse, sejne sobe itd., se odraža v visokih vrednostih CO₂. Zato je v prostorih, ki nimajo mehanskega prezračevalnega sistema, priporočljivo izvajati sprotne meritve okoljskih parametrov – CO₂, temperature, vlage in tlaka. Z direktnimi meritvami in grafičnimi prikazi smo na okrogli mizi slikovito opozorili na pomen varnega in zdravega okolja tudi v času konference ter na to, kaj lahko za to storimo sami.

Zaradi izrednega zanimanja in pomembnosti meritev za zagotavljanje varnosti in zdravja v delovnih



Slika 2 : Meritve okoljskih parametrov – CO₂ v zaprtem prostoru, »pisarni«, v času konference

procesih bo posnetek celotnega dogodka dostopen tudi na spletni strani Urada RS za meroslovje

(<https://www.gov.si/drzavni-organi/organi-v-sestavi/urad-za-meroslovje/>)



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



Dvignite produktivnost !

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

Zanesljivost. Učinkovitost. Varnost. Stäubli.

www.quick-mould-change.com

FAST MOVING TECHNOLOGY

STÄUBLI

ELESA+GANTER AUSTRIA – DVE PODJETJI, EN SVET STANDARDNIH DELOV

Spoštovani gospod Jani Plesnik, prosimo vas, da za bralce revije Ventil odgovorite na nekaj vprašanj, da bolje spoznamo zgodovino, dejavnost in novosti, ki jih ponuja vaše podjetje



Jani Plesnik

Ventil: Gospod Plesnik, Elesa+Ganter Austria letos praznuje 25-letnico svojih matičnih podjetij – podjetij Elesa S.p.A. in Otto Ganter GmbH & Co KG. Kako je sploh prišlo do tega sodelovanja?

Jani Plesnik: Vse skupaj se je začelo že mnogo prej. Italijansko podjetje Elesa S.p.A. in nemško podjetje Otto Ganter GmbH & Co KG sta sodelovali že 20 let, preden je bila sprejeta odločitev, da celotno paleto izdelkov na trgu ponudita pod skupnim imenom Elesa+Ganter. Sčasoma je tako nastalo globalno distribucijsko podjetje, ki standardne in standardizirane dele skupaj prodaja v več kot 70 državah.

Korenine podjetja Elesa+Ganter Austria pa segajo še mnogo dlje v preteklost, v leto 1969. Takrat je podjetje Robert Ulrich GmbH prevzelo zastopstvo tovarne Ganter. Leta 1977 pa so ponudbo razširili

še s standardnimi deli Elesa. Ko se je leta 1996 družina Ulrich upokojila, sta se podjetji Elesa S.p.A. in Otto Ganter GmbH & Co KG odločili, da podjetje kupita in ga skupaj vodita pod imenom Norm Ulrich GmbH. Leta 2002 pa se je podjetje preimenovalo v Elesa+Ganter Austria in tako je tudi še danes. Zato bomo naslednje leto spet praznovali obletnico.

Od leta 2008 dalje je Elesa+Ganter Austria z lastnimi prodajnimi zastopniki dejavno tudi na območju nekdanje Jugoslavije. V podjetju sem zaposlen od leta 2016 in kot področni vodja skrbim za kupce in poslovne partnerje v Sloveniji, na Hrvaškem ter v Bosni in Hercegovini. Trudim se, da s svojimi kupci vzdržujemo odlično komunikacijo in odnos in jim ob vsakem času nudimo vso potrebno podporo. V vsem tem času smo skupaj s svojimi kupci izpeljali že veliko zanimivih projektov.

Ventil: Sklepamo, da prodaja močno raste. Kakšna je paleta izdelkov podjetja Elesa+Ganter? Ali morja obstaja klasičen standardni del, ki ga proizvaja podjetje Elesa+Ganter?

Jani Plesnik: O enem samem klasičnem standardnem delu bi težko govorili. Če smo pred 25 leti še tiskali kataloge s po 500 stranmi, šteje danes aktualni katalog na precej več kot 2000 straneh že več kot 80.000 izdelkov, razdeljenih v 20 skupin. Najaktualnejša je seveda naša spletna stran, elesa-ganter.com, saj jo tedensko osvežujemo z novimi izdelki oziroma novimi izvedbami obstoječih izdelkov.

Konstanten razvoj in širitev našega asortimenta proizvodnega programa sta pomembna dejavnika za naše kupce, katerih potrebe se prav tako spreminjajo in nadgrajujejo. Tako smo na primer na začetku leta v proizvodni program vključili gredne sklopke in blažilnike tresljajev.

Drug primer so naša kolesa in kolesa z ohišjem, ki se pogosto uporabljajo kot dodatek nivelirnim

nogam strojev, da jih je po potrebi lažje prenesti. Novost je tudi elektronski kazalnik položaja DD52R-E-RF z brezžično radijsko povezavo s kontrolno enoto, zato ni več potrebnih veliko kablov, hkrati pa so nadgradnje precej preprostejše. Sistem je primeren predvsem tam, kjer je treba pogosto spreminjati formate. S povezavo krmilnih enot UC-RF in SPS se tako zagotovi, da stroj začne delovati šele takrat, ko so vse nastavitve pravilne.

Seveda pa so del našega novega proizvodnega programa tudi vzmetni zatiči iz nerjavnega jekla GN 817.6 s senzorjem za določanje položaja, ki so na trgu že dobro uveljavljeni. Ti omogočajo elektronski nadzor stanja položaja zaskočnega zatiča. Elektronika senzorja pošlje na izhod signal, npr. v krmilnik stroja, hkrati pa to stanje prikazuje tudi s svetlečo diodo na senzorju.

Ventil: Zdi se, da je paleta izdelkov izjemno široka. Kako lahko kupci ohranijo pregled nad izdelki?

Jani Plesnik: Po eni strani imamo zelo dobro strukturirano spletno stran z vsemi najpomembnejšimi informacijami, kot so materiali, mere, masa itd., seveda pa jo tudi dnevno posodabljam. V 20 skupinah izdelkov je na voljo prav vse, od ročnih koles in vseh pogostih strojnih elementov do tečajev in magnetov. Za vsak posamičen izdelek so za prenos na voljo vsi podatki CAD v vseh običajnih formatih, kar je zelo pomembno za nemoteno delo konstrukterjev in razvojniki.

Po drugi strani pa se kupci seveda lahko kadar koli obrnejo neposredno na nas in se dogovorijo za

termin. Včasih je lažje, če si stvari ogledaš na kraju samem. Naša ponudba standardnih in standardiziranih delov je zelo obsežna, tako da je lahko pogovor oziroma osebni termin zelo koristen.

To še zlasti velja v primerih, ko ima kupec posebne zahteve oziroma posebne želje.

Ventil: Ali to pomeni, da izpolnite vse posebne želje strank?

Jani Plesnik: V prvi vrsti vsekakor izdelujemo, skladiščimo in prodajamo standardizirane izdelke v različnih izvedbah. Pri določeni minimalni velikosti naročila pa smo seveda odprti tudi za posebne želje oziroma modifikacije, kot so posebne velikosti, barve, materiali ali celo logotipi.

Če je na primer tak posebni del zanimiv za več strank, se lotimo razvoja izdelka v eni od naših central, na koncu pa ga uvrstimo v naš standardni program. V sodelovanju s strankami smo tako razvili že veliko novih izdelkov, ki so na voljo vsem našim strankam.

Ventil: Ali to pomeni, da lahko leta 2021 pričakujemo veliko novih izdelkov podjetja Eles+Ganter Austria?

Jani Plesnik: Seveda! Kot sem omenil že na začetku, je stalna širitev za naše stranke zelo pomembna, podjetje Eles+Ganter pa nima brez razloga največje ponudbe standardnih in standardiziranih delov za strojogradno industrijo.

Ventil: Gospod Plesnik, najlepša hvala za pogovor!

4. KONFERENCA

za informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, elektroniko in mehatroniko

<https://iktem.si> 17. in 18. junij 2021

Upamo, da bomo konferenco lahko izvedli v živo na Rogli. V kolikor to ne bo mogoče zaradi Covid-19 pandemije, konferenca IKTEM 2021 ne bo izvedena, bomo pa izdali Zbornik predavanj IKTEM 2021, ki ga bodo brezplačno prejeli vsi prijavljeni udeleženci, reviji Svet elektronike in Svet mehatronike pa bosta Zbornik predavanj IKTEM 2021 poslali vsaka po svoji bazi kontaktov.

konferenca **IKT
EM**

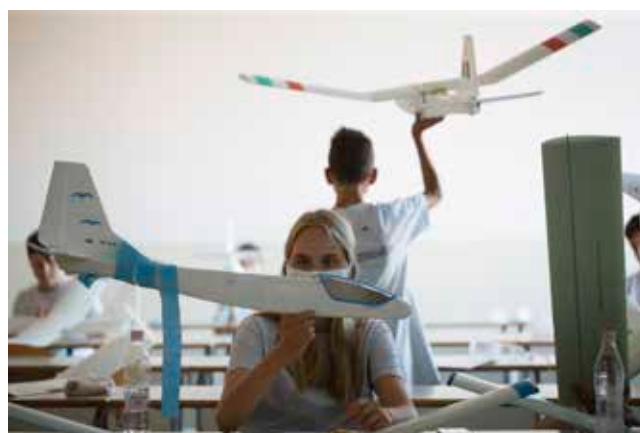
Teme IKTEM konference so:

- 3D tisk: pregled programske opreme za pripravo datotek
- Programiranje ANDROID naprav
- IoT proizvodi in rešitve
- Meritve s sodobnimi merilnimi instrumenti in metodami
- CAD-CAM orodja za področje elektronike in mehatronike
- Primeri dobre prakse iz področij IKT, elektronike in mehatronike



ODPRTE SO PRIJAVE NA POLETNO ŠOLO STROJNIŠTVA 2021

Čeprav se zdi poletje še daleč, na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani že vabimo k prijavi na Poletno šolo strojništva, ki bo v letošnjem letu potekala med 17. in 20. avgustom. Namenjena je osnovnošolcem od 7. do 9. razreda in srednješolcem od 1. do 3. letnika. Je odlična izbira za otroke in mladostnike, ki jih zanima tehnika in si želijo na zabaven in sproščen način pridobiti nova znanja. Tokrat lahko izbirajo med trinajstimi raznovrstnimi delavnicami, med katerimi je tudi nekaj takšnih, ki jih bomo letos izvedli prvič. Na njih bodo pod vodstvom priznanih strokovnjakov in študentov strojništva najprej zasnovali svoj izdelek, ga nato izdelali v laboratoriju in ga na koncu še praktično preizkusili.



Delavnice Poletne šole strojništva 2021:

- ▶ Izdelava in programiranje modelov avtonomnih električnih vozil
- ▶ Izdelava in modeliranje prenosne vremenske postaje
- ▶ Gradnja in preizkušanje modelov avtomobilov
- ▶ Solarni panel iz pločevink
- ▶ Gradnja modela letala
- ▶ Izdelava izdelkov s 3D tiskalniki
- ▶ Izdelava hidravlične roke
- ▶ USB-hlajenje pijače in zraka
- ▶ Izdelaj mini vetrno elektrarno (NOVO)
- ▶ 3D tisk modela vozila in meritve njegovih aerodinamičnih lastnosti (NOVO)
- ▶ Stirlingov motor – izziv za trajnostni razvoj (NOVO)
- ▶ Izdelava enostavnega toplotnega pogonskega

stroja (NOVO)

- ▶ HPC – High Performance Computing

Prijave na delavnice so možne do vključno 30. junija 2021 oz. do zapolnitve mest pri posamezni delavnici.

Za vse, ki se bodo prijavili tudi na naš spremljajoči večerni program, pa bomo pripravili zabavne večerne dejavnosti, ki se bodo udeležencem zagotovo vtisnile v spomin. Vljudno vabljeni k prijavi!

Več informacij najdete na https://www.fs.uni-lj.si/fakulteta_za_strojninstvo/fs_v_javnosti/poletna_sola

www.fs.uni-lj.si
Foto: Željko Stevanič



S PODPORO PODJETJA ATR.SIS ZAŽIVEL NAJZMOGLJIVEJŠI SUPERRAČUNALNIK V SLOVENIJI

V prostorih Inštituta informacijskih znanosti IZUM v Mariboru so sredi marca uradno prevzeli superračunalnik Vega, ki je daleč največji v Sloveniji in hkrati trenutno tudi eden najzmogljivejših na svetu. Širokemu razponu uporabnikov, ki potrebujejo tovrstno superračunalniško infrastrukturo, bo na voljo z aprilom.



Slika 1: Superračunalnik Vega

Investicijo, vredno več kot 17 milijonov evrov, je delno financiralo Skupno podjetje za evropsko visoko zmogljivostno računalništvo (EuroHPC JU). Slovenska partnerja konzorcija pri izvedbi projekta sta ATR.SIS iz Trzina in NTR iz Maribora.

Superračunalnik temelji na infrastrukturi ATOS BullSequana XH2000, zmora pa več kot 6,8 petaflopov na sekundo oziroma 6,8 milijona milijard izračunov na sekundo. V celoti bo pripravljen za uporabo aprila, so sporočili z Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport. Podpiral bo razvoj vodilnih aplikacij na področju znanosti, javne uprave in industrije v številnih panogah, še posebej pa na področjih strojnega učenja, umetne inteligence in visokozmogljivostne analize podatkov. Podjetji ATR.SIS iz Trzina in NTR inženiring iz Maribora sta v okviru projekta izvedli vse aktivnosti, povezane s postavitvijo systemske infrastrukture, vključno s pripravo podatkovnega centra, namestitvijo sistemov napajanja in hlajenja, postavitvijo vseh komponent superračunalnika, podpornih sistemov, mrežnih sistemov ter zagonom infrastrukture.

V okviru iniciative EuroHPC bo sistemu v Mariboru sledilo še več sistemov, in sicer štirje sistemi podobne velikosti v Luksemburgu, Bolgariji, na Češkem in Portugalskem ter trije sistemi, ki se bodo približali zmogljivosti trilion operacij na sekundo, v Španiji, na Finskem in v Italiji.

Mitja Koželj, univ. dipl. ekon., ATR.SIS, d. o. o., Trzin



Where challenges meet solutions

powered by **iCM**











GR, Ljubljana, Slovenia

5.- 7.10.2021

ecowave@icm.si
www.icm.si



Strokovni sejem za industrijsko & komercialno čiščenje

5.- 7.10.2021

GR, Ljubljana

powered by **iCM**

www.icm.si






Osni oscilacijski reduktor.

Gibanje je naša strast.





PARTNERSTVO MED PODJETJI HIWIN IN UNIVERSAL ROBOTS

Strokovnjaki za pogonsko tehnologijo HIWIN zdaj vsem kupcem Universal Robots ponujajo komplet za sedmo os kot hitro rešitev za razširitev dosega robota. Pametne kobotne je mogoče uporabiti za številne aplikacije, vendar v mnogih aplikacijah potrebujejo dodatno sedmo os, da povečajo njihov doseg.

HIWIN kot partner ponuja uporabnikom UR certificirano dodatno opremo »plug-and-produce«. Poleg mehanske osi, ki vključuje adapter za UR, kupec dobi tudi stikalno omarico, ki je že pripravljena za priključitev. Srce sistema je priložena programska oprema (UR Cap), ki se uporablja za nadzor osi preko komunikacijskega obesa za upravljanje robota.

»Z uporabo spletnega konfiguratorja na strani HIWIN lahko naše stranke hitro in enostavno sestavijo pravo os za svojo aplikacijo,« je pojasnil Stefan Kollmannsberger, Universal Robots, zakaj je izdelek res poseben.

Ideja za izdelavo sedme osi za robote je nastala v proizvodnem oddelku podjetja HIWIN. Pri HIWIN-u so z robotom želeli avtomatizirati nalaganje CNC-obdelovalnega centra. Ker pa dolžina roke robota ni bila dovolj dolga, da bi v stroj naložil kose za obdelavo in hkrati odstranil in lepo odložil končne izdelke, so sami razvili linearno mizo (slika 1).



Slika 1 : Cobot RU10e z dodano sedmo linearno osjo HIWIN HT250B

To rešitev sedaj podjetje HIWIN predstavlja svojim kupcem.

Vir:

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

Zanesljiv partner vaše proizvodnje



PODJETJE HENNLICH, d. o. o., IZ KRANJA

NEKAJ ŠOLAM PODARILO ZAŠČITNE VIZIRJE ZA OBRAZ

Kot vemo, so se izobraževalne ustanove le odprle. Nekatere bolj, druge manj, vendar skoraj povsod potekajo določeni učni procesi. Zaradi dobro znanih težav s COVID-19 se v določenih vzgojnih procesih morajo uporabljati maske, ki pa včasih niso dovolj. Zato se je podjetje HENNLICH, d. o. o., iz Kranja odločilo, da bo nekaterim ustanovam podarilo zaščitne vizirje za obraz.



Primer zaščitnega vizirja

V Osnovni šoli Dob pri Domžalah bodo lahko otroci pri pouku kemije zaradi varnosti poleg mask uporabljali še zaščitne vizirje.

Dijaki Šolskega centra Kranj bodo prav tako pri pouku kemije zaščitili svoje obraze z zaščitnimi vizirji.

Vizirje smo donirali tudi TŠC Maribor in UM – Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru.

Vizir vključuje brizgan, oblikovan enodelen plastični trak, ki ima zamenljivo plastično folijo, ki pokriva obraz. Vizirji za obraz, ki jih proizvaja podjetje Igus iz Nemčije, ne nadomeščajo zaščitnih mask, ki pokrivajo usta in nos. Vizirji za obraz zagotavljajo dodatno zaščito, zlasti za oči. Vizirji ščitijo pred naravnim instinktom, da se ljudje dotaknejo svojega obraza ali oči in tako pridejo v stik z virusom, poleg tega pa tudi pred neposrednim kapljičnim prenosom.

Vizirji za obraz so v pomoč tudi v situacijah s posebnimi potrebami, saj omogočajo učencem z



Osebe Osnovne šole Dob pri Domžalah



Pri pouku kemije v ŠC Kranj

okvaro sluha branje z ustnic. Vizirji lahko pomagajo tudi učencem, ki potrebujejo logopedsko terapijo in morajo videti, kako ustvariti določene glasove. Za nekatere študente avtizemskega spektra, ki imajo težave z zaznavanjem socialnih in čustvenih znakov, je bistveno, da vidijo izraz obraza svojih pedagogov ali terapevtov.

Z akcijo doniranja vizirjev za obraz bomo še nadaljevali.

Stojan Drobnič, HENNLICH, d. o. o., Kranj

NOVA IMENA NA SEZNAMU HIŠE SLAVNIH FLUIDNIH TEHNIKOV

Na seznam *Hiše slavnih oz. zaslužnih fluidnih tehnikov IFPS (The Fluid Power Hall of Fame)/(IFPS - International Fluid Power Society - Mednarodno združenje fluidne tehnike)* so bila v letu 2020 dodana štiri imena:

- ▶ *Peter Nachtwey* iz *Delta Computer Systems*, ki je tudi redni sodelavec revije *Hydraulics & Pneumatics*,
- ▶ *Georg Beniek* iz firme *Eaton*,
- ▶ *Henry (Bud) Haver* iz firme *Peninsular Cylinder of Roseville, Mich.*,
- ▶ *John G. Slater* iz *Milwaukee School of Engineering (MSOE)*.

Seznam slavnih oz. zaslužnih fluidnih tehnikov upošteva in priznava dolgoletni doprinos posameznih strokovnjakov, njihovih idej, prizadevanj in trdega dela k razvoju in uspehom fluidne tehnike. Ustrezno odboru IFPS predseduje Rance Herren, revijo *Hydraulics & Pneumatics* pa zastopa *Alan Hitchcox*.

Peter Nachtwey se je med drugim več kot 35 let ukvarjal s teorijo in uporabo laserja v mikroelektroniki predvsem za krmiljenje industrijskih fluidnotehničnih naprav. Diplomiral je na dveh področjih: iz elektrotehnike in računalništva. Deloval je predvsem v podjetju *Delta Computer Systems*, bil tudi njegov predsednik in velja za vodilnega strokovnjaka na področju teorije in prakse, vključno s simulacijo in preskušanjem elektrohidravličnih servosistemov.

George Beniek je bil aktiven na širokem področju fluidne tehnike več kot 60 let. Začel je v laboratoriju podjetja *Char-Lynn* pri razvoju visokonavnih počasnogibnih hidravličnih motorjev. Sočasno je deloval

v svetovno uveljavljenem podjetju *Eaton* in na *University of Minnesota*. Je nosilec štipendijskega sklada Minneapolis – St. Paul za študij fluidne tehnike.

Henry (Bud) Haver je nagrajenec sklada »Coolest Thing Made in Michigan« za leto 2019, kar je vrhunec njegovega 25-letnega sodelovanja s firmo *Peninsular Cylinder of Roseville*, ki ji je sedem let tudi predsedoval. Njegov izjemen dvizni hidravlični valj je že drugič nagrajen v okviru proizvodnega združenja »Michigan Things« kot izdelek, ki je osnova uveljavitve podjetja *Peninsular* na tržišču. Gospod Haver je sicer že 42 let uveljavljen specialist fluidne tehnike s posebnim certifikatom iz leta 1994. Je tudi avtor številnih publikacij s področja izdelave in uporabe hidravličnih valjev in tudi član odbora za standardizacijo valjev v okviru NFPA (Ameriškega združenja za fluidno tehniko).

John G. Slater je pričel kariero inženirja fluidne tehnike že v 2. svetovni vojni kot pripadnik mornarice. Akademsko izobrazbo, vključno z doktoratom znanosti, je pridobil na *University of Wisconsin*. Njegov doktorat je obravnaval probleme hidravličnega toka v cevovodih pri takrat visokem tlaku 2000 psi (140 bar). Od takrat je bil dejaven v mnogih podjetjih, kot so *H. O. Smith, Industrial Hydraulics Company, Broom Inc.* in druga, potem pa je 27 let deloval na *Milwaukee School of Engineering (MSOE)*, eni prvih ameriških visokih šol za področje fluidne tehnike.

Vir:

Hitchcox, A.: *Alan Hitchcox Among Five Inductees to IFPS Hall of Fame - Hydraulics & Pneumatics* 73 (2020) 7, str. 8.

NOVA GENERACIJA HIDRAVLIČNIH FILTROV

Pri sodobnih hidravličnih napravah se ob uporabi vse bolj občutljivih sestavin povečujejo tudi zahteve glede čistosti hidravličnih medijev. To pa lahko zagotavljajo le vedno bolj učinkoviti hidravlični filtri. Med na tem področju uveljavljenimi podjetji je firma *Eriks* z obsežnim programom filtrov, vključno z učinkovitim svetovanjem glede njihove izbire in uporabe.

Obsežno področje delovanja podjetja *Eriks* obsega visoko vredne tehnične rešitve na širokem področju filtriranja, hidravlike in pnevmatike, te-

snjenja in tehnike poli- in elastomerov, tesnilk, industrijske armature gibkih cevovodov ter pogonske in krmilne tehnike, vključno z varstvom pri delu

in svetovanjem. Multiproduktni specialist ima zato tudi vzorno organizirano službo za pomoč in svetovanje kupcem.

Med nova področja spada tudi filtriranje s pulzno zaščitenimi filtri (angl.: *pulseshield filtration*). Skupina *Eriks Deutschland Filtration Group GmbH* ponuja široko paleto takšnih filtrov. Njihova odlika so filtrirni vložki s stabilno visoko stopnjo izločanja nečistoč v fluidnotehničnih napravah skozi ves čas delovanja.

Nova generacija filtrskih vložkov, izdelanih po tehnologiji *pulseshield*, združuje več inovacij. S filtrskim vložkom iz troslojne steklovlaknaste osnove so dosegli do 30 odstotkov učinkovitejše izločanje nečistoč v primerjavi z dosedanjimi vložki. S sočasnim manjšim padcem tlaka skozi vložek je zmanjšana tudi poraba energije.

S patentom zaščiten izvedba z nakrčeno zunanjo zaščito zvezdasto zloženega vložka, ki se opira na notranjo perforirano cev, se zagotavlja enakomerno visoko izločanje nečistoče skozi vso življenjsko dobo trajanja vložka. To velja tudi za idealne filtrirne učinke tudi v primeru pulziranja tlaka v toku fluida. Spremembe β -vrednosti filtra tako sodijo v preteklost.

Tudi negativni učinki kratkotrajnih povratnih tokov se lahko z novo tehnologijo bistveno izboljšajo.

Filtrski vložki, izdelani s *pulseshield tehnologijo*, so na voljo tudi z *E-protect-tehnologijo* v primeru uporabe električno prevodnih fluidov, npr. cinkovih ali brezpepelnih olj. Poškodbe v plasteh filtra se pri tem zanesljivo preprečijo.

Pulseshield filtrirni vložki zagotavljajo:

- ▶ ekstremno visoko sposobnost izločanja nečistoče,
- ▶ pri pulziranju obstojne filtrirne vložke,
- ▶ optimalne in stabilne β -vrednosti,
- ▶ zmanjšane vrednosti porabe energije,
- ▶ možnosti individualne prilagoditve filtrov ter
- ▶ možnosti uporabe *E-protect-tehnologije*.

Uporabnost pri:

- ▶ hidravličnih napravah z močnim nihanjem tlaka,
- ▶ strojih za brizganje plastičnih mas,
- ▶ hidravliki za mobilne stroje ter
- ▶ zaščiti visokovrednih hidravličnih naprav.

Vir:

Anonim: Eine neue Generation der Reinheit – O + P Fluidtechnik 64 (2020) 10, str. 22.

53. MOS TEHNIKA

OPREMA IN ORODJA ZA PODJETJA IN DOMAČE
MOJSTRE & DO OKOLJA PRIJAZNA TEHNOLOGIJA



*Rešitve in
priložnosti za
trajnostno in zeleno
gospodarstvo*

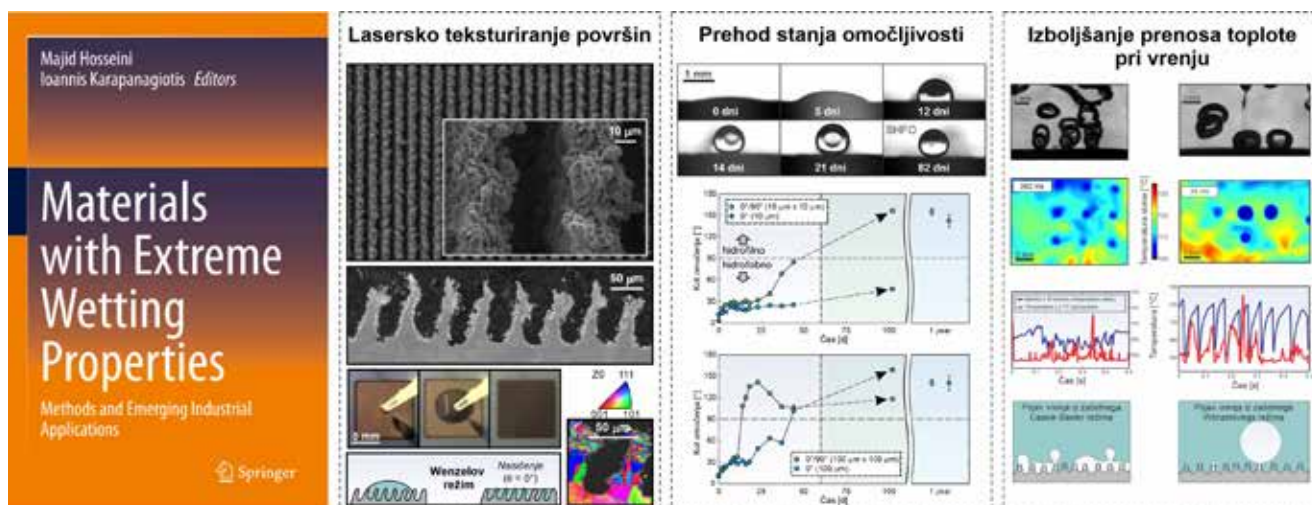


CELJSKI SEJEM, 15.-19. september 2021



LASERSKI INŽENIRING POVRŠIN ZA IZBOLJŠAN PRENOS TOPLOTE PRI MEHURČKASTEM VRENJU

Doc. dr. Matevž Zupančič iz Laboratorija za toplotno tehniko in izr. prof. dr. Peter Gregorčič iz Laboratorija za lasersko tehniko sta v poglavju knjige, ki je izšla pri vodilni in svetovno znani založbi Springer Nature, predstavila zadnje raziskovalne dosežke Fakultete za strojništvo, UL na področju inženiringa površin za prenos toplote z mehurčkastim vrenjem.



Mehurčkasto vrenje je neločljiv del našega življenja, saj ga uporabljamo pri vsakdanjih opravilih, kot je npr. kuhanje. Njegov velik pomen pa se kaže tudi v aplikacijah na različnih področjih – od ogromnih jedrskih elektrarn do miniaturne mikroelektronike. Tovrstna široka uporaba je posledica dejstva, da mehurčkasto vrenje omogoča izjemno učinkovit prenos toplote pri nizkih temperaturnih razlikah med greto površino in okoliško kapljevino.

Raziskovalca sta objavila poglavje v knjigi z naslovom *Materials with Extreme Wetting Properties: Methods and Emerging Industrial Applications*, ki opisuje, kako je prenos toplote z mehurčkastim vrenjem mogoče izboljšati na površinah različnih omočljivosti in s specifično mikro/nanotopografijo, ki jo izdelamo z uporabo neposredne, robustne in razširljive laserske obdelave. V poglavju predstavita osnove mehurčkastega vrenja in opišeta, kako na njegove značilnosti vpliva omočljivost površine; prikazeta osnove laserskega inženiringa površin in njegovo uporabo pri izdelavi površin z ekstremno (ne)omočljivostjo; na koncu pa predstavita uporabnost lasersko izdelanih po-

vršin za nadzor in izboljšanje prenosa toplote pri mehurčkastem vrenju različnih kapljevlin. Pojasnita tudi, kako laserski inženiring površin zmanjša (neželene) učinke omočljivosti na ključne parametre vrenja ter na ta način omogoči stabilnejši prenos toplote.

Rezultati dokazujejo, da lahko z laserskim inženiringom površin premagamo trenutne omejitve za nadaljnjo miniaturizacijo mikroelektronskih naprav ter izdelamo površine za povečanje zmogljivosti in varnosti v sistemih z visokimi toplotnimi tokovi. Kot vedno pri novih tehnologijah pa ostaja odprto pomembno vprašanje dolgoročne stabilnosti tovrstnih novih površin za izboljšanje prenosa toplote z vrenjem. To vprašanje je pomembno, ker se v realnih aplikacijah stabilnost površinskih lastnosti in posledično vrenja vrednoti v letih in ne v urah kot v vsakdanjih znanstvenih poskusih.

Poglavje knjige je dostopno na: http://www.doi.org/10.1007/978-3-030-59565-4_12.

www.fs.uni-lj.si

ENERGETSKI IN INDUSTRIJSKI IZZIVI DO LETA 2050



Evropska komisija si želi ustvariti vseevropski integrirani energetske sistem (vir: DNV Digitalization and the future of energy).

Živimo v času, ko je nujno potrebno, da sledimo razvoju in vizijam, ki nam zagotavljajo dolgoročne rešitve tako na področju energetske oskrbe kot energetske učinkovite industrije. Načrt Evropske komisije do leta 2050 je zelo vizionarski, saj postavlja za cilj celovito razogljičenje evropskega gospodarstva. Ta cilj se pričakuje na podlagi prejšnje evropske platforme za SG (pametna omrežja) in na podlagi strateškega načrta za energetske tehnologije SET in ETIP SNET Vision 2050. Ta bi naj bil: nizkoogljičen, varen, zanesljiv, odporen, dostopen, stroškovno učinkovit in tržno zasnovan in vseevropski integrirani energetske sistem. Oskrboval naj bi celotno gospodarstvo in utiral pot v popolnoma nevtralnemu in krožnemu gospodarstvu. Izvedba ETIP SNET Vision 2050 bo zahtevala velike naložbe za obsežno uvajanje naprav za pretvorbo in shranjevanje energije, nadgradnjo in razširitev energetskih omrežij ter uporabo celovitih digitalnih rešitev. Te stroške bo izravnavala EU s povezovanjem različnih energetskih omrežij in njihovih komponent ter z izogibanjem stroškom podnebnih sprememb v prihodnjih desetletjih ob uporabi lokalno dostopnih virov. Kot je ocenila IEA, bi lahko bili stroški neukrepanja nekajkrat višji od stroškov naložb proti podnebnim spremembam. ETIP SNET Vision 2050 bo osnova za določitev specifikacij za nadaljnje potrebe po raziskavah in inovacijah evropskega energetskega sistema prihodnosti.

Nacionalni programi in nova industrijska paradigma

Kljub enotno začrtani evropski politiki pa se oblikujejo tudi nacionalne energetske usmeritve. Lep

primer je drzen razvojni program IDA. Gre za tako imenovani program Energy Vision 2050, ki so ga razvili predstavniki Društva inženirjev in skupina raziskovalcev univerze v Aalborgu na Danskem. Ta program temelji na najsodobnejšem znanju o tem, kako lahko oblikujemo nizkocenovne energetske sisteme, hkrati pa se osredotočamo na dolgoročno učinkovitost virov. Tak model bi lahko koristno uporabile vse države EU. V sozvočju z energetskimi usmeritvami pa se oblikuje tudi nova industrijska paradigma – industrija 5.0. Ta prinaša koristi tako industriji, energetskemu sektorju in seveda delavcem ter širši družbi. Januarju letos je Evropska komisija prvič objavila usmeritve nastajajoče industrije 5.0 in izpostavila 3 prednostne naloge: gospodarstvo, ki deluje za ljudi, evropski zeleni dogovor in Evropa, primerna za digitalno dobo. Elementi, ki se nanašajo na industrijo 5.0, so danes že del glavnih političnih pobud Evropske komisije in človekocentričnega pristopa k digitalnim tehnologijam, vključno z umetno inteligenco (bela knjiga AI); nadalje izpopolnjevanje in preusposabljanje evropskih delavcev, zlasti za digitalne veščine (program spretnosti in akcijski načrt za digitalno izobraževanje); nadalje viri učinkovite in trajnostne industrije ter prehod na krožno gospodarstvo (Green Deal) ter globalno konkurenčna in vodilna svetovna industrija, ki pospešuje naložbe v raziskave in inovacije (industrijska strategija). To je le nekaj primerov, ki dokazujejo močne povezave med industrijsko tranzicijo in drugimi družbenimi razvoji.

Janez Škrlec, inženir mehatronike
(razvojno-raziskovalna dejavnost)

PRIJEMALA IN UPORABNOST SODELUJOČIH ROBOTOV

Robotika je v zadnjem času postala gonilna sila pri uvajanju avtomatizacije proizvodnje. Pri tem imajo pomembno vlogo sodelujoči oziroma kolaborativni roboti, ki skupaj s končnimi učinkovalci – prijemali in drugimi orodji, omogočajo napredne in hitre rešitve. Stroški kompleksnega programiranja, ki ga običajno zahtevajo tradicionalni roboti, se značilno znižujejo, hkrati pa se povečuje njihova prilagodljivost. Sodelovanje med proizvajalci sodelujočih robotov in proizvajalci končnih učinkoval – prijemal – omogoča večjo fleksibilnost, vsestranske rešitve in s tem večjo produktivnost, ki je dandanes zelo pomembna.

1 Zakaj sodelujoči roboti?

Sodelujoči roboti ne zahtevajo tako kompleksnega znanja za zagon kot tradicionalni industrijski roboti. Včasih so začetki uporabe sodelujočih robotov zahtevali vsaj enotedenski tečaj, zdaj pa proizvajalci omogočajo zagon in postavitve že v manj kot pol ure.

V primerjavi s standardnimi roboti so investicijski stroški sodelujočih robotov veliko manjši, manjši so tudi stroški njihove uporabe. Po nekaterih ocenah se investicija povrne v enem ali dveh letih, v nekaterih primerih pa tudi v šestih mesecih.

Sodelujoči roboti so v proizvodnih procesih vsestransko uporabni. Podjetja, ki ne delajo 24 ur vsak dan v tednu, lahko na primer vgradijo sodelujoče robote za strogo strojev, da prevzamejo delo delavca, npr. ponoči, ko je podjetje zaprto. V drugih primerih pa lahko sodelujoči roboti nadomestijo delavce pri zahtevnih, nevarnih ali dolgočasnih nalogah, s čimer se delavcem lahko omogoči, da opravljajo bolj produktivne in ustvarjalne naloge. Sodelujoči roboti so uporabni v različno velikih podjetjih in v različnih industrijskih panogah.

YASKAWA Electric Corporation
collaborative robots
MOTOMAN-HC10/HC10DT compliant



Slika 1 : Prijemala za robote Yaskava

2 Prilagodljivost sodelujočih robotov

Sodelujoče robote za razliko od tradicionalnih robotov, ki so zasnovani in vgrajeni za izvajanje samo ene naloge, odlikujeta večja fleksibilnost in enostavnejša integracija v različnih aplikacijah. Prednost sodelujočih robotov je velika stopnja mobilnosti, kar jim omogočajo majhna masa, kompaktna oblika in dimenzije ter enostavnejše reprogramiranje v primeru prestavljanja proizvodnih procesov za opravljanje drugih nalog. Sodelujoči roboti omogočajo enostavno avtomatizacijo tudi za krajše proizvodne procese in pogosto prestavljanje proizvodnih linij.

3 Varnost sodelujočih robotov

Pri deljenju skupnega delovnega prostora sodelujočega robota in človeka je v večini primerov zahtevana varnostna ograja. Ob upoštevanju standarda ISO 10218-2 in ustrezni dodatni senzoriki je možno sodelovanje sodelujočega robota in človeka brez varnostnih ograj za omejevanje delovnega območja sodelujočega robota. Christoph Ryll, strokovnjak za sodelujoče robote, ki sodeluje s SMC pri razvoju praktičnih varnostnih rešitev, pravi, da je glavni namen sodelovanja ljudi in sodelujočih robotov v doseganju večje učinkovitosti. Zaradi varnosti vgradnja 95 % sodelujočih robotov še vedno zahteva varnostno ograjo, kar onemogoča popolno sodelovanje pri skupnem opravljanju delovnih nalog.

4 Končna učinkovala

Končna učinkovala, kot so prijemala in orodja, omogočajo sodelujočemu robotu, da prijema in prenaša dele različnih oblik, velikosti in materialov ter opravlja različne naloge, kot sta na primer vijačenje ali merjenje. Značilnost sodelujočih robotov je prav velika prilagodljivost različnim primerom uporabe in hitri zamenjavi končnih učinkoval.

Sodelujoči robot, ki se uporablja za vijačenje na proizvodni liniji, je možno enostavno in hitro preurediti za prijemanje različnih izdelkov. Pri tem je pomembna komunikacija med končnim uporabnikom in proizvajalcem strojev ali integratorjem, saj ta omogoča široko uporabo sodelujočega robota in njegovo vsestransko uporabo v različnih proizvodnih procesih. Pomembna je izbira ustreznega sodelujočega robota in ustreznega končnega učinkovalca (slika 1).

5 Izbira pravilnega prijemala

Pri izbiri prijemala je treba upoštevati maso, obliko in material predmeta, ki ga bo prenašal robot. Prav tako pa je treba upoštevati, ali so izdelki enaki ali različni, kakšen je potreben čas cikla, ali je potrebna natančnost, kakšna je sila prijemanja in ali ga je potrebno prilagajati.

Podjetje SMC je razvilo pnevmatična, vakuumška, električna in magnetna prijemala, ki so namenjena za različne robote, tako tudi za sodelujoče robote:

- ▶ **Pnevmatična prijemala** so primerna v aplikacijah, kot so pick-and-place. Zagotavljajo veliko silo in hitrost prijemanja ter veliko frekvenco delovanja. Najboljša izbira so takrat, ko nobenega od teh parametrov ni treba nadzorovati.
- ▶ **Vakuumska prijemala** so v osnovi namenjena za prenos občutljivih in lažjih izdelkov. Vakuumski seski so običajno na voljo v različnih oblikah in so dobavljivi v različnih materialih, kot so silikon, NBR, poliuretan, prevodni silikon ali material, ki je namenjen za uporabo v živilski industriji po standardu FDA.
- ▶ Kadar je nujno nadzirati pozicijo, silo ali hitrost je pravilna izbira **električno prijemalo**. Ta prijemala omogočajo delno zapiranje ali odpiranje, kar je zelo pomembno v nekaterih procesih, v katerih zmanjšujemo čase delovanja sistema. Nadzor sile prijemanja in hitrosti je idealna izbira za prijemanje občutljivih izdelkov, kot so npr. različna tiskana vezja (PCB), ali kadar proces zahteva prijemanje različnih izdelkov.
- ▶ V nekaterih primerih, ko imajo izdelki magnetne lastnosti in vakuumška prijemala ali pnevmatska prijemala zaradi neravnih ali poroznih površin ne opravljajo svoje naloge, so pravilna izbira ali rešitev **magnetna prijemala**, ki omogočajo drhalno silo do 120 N.

Sklep

Podjetje SMC nudi različne prijemalne tehnologije in razvija plug-and-play prijemala in prijemalne



Slika 2 : Brezžični sistem serije EX600-W

tehnike za različne proizvajalce robotov in sodelujočih robotov. Prijemala so energetsko učinkovita in zmogljiva s poudarkom na velikosti in optimizaciji mase. Ob upoštevanju mase, vseh dimenzij in ergonomske oblike pripomorejo k čim boljšemu delovanju robotiziranih sistemov.

SMC s stalnim razvojem sledi trendom in potrebam na področju končnih učinkoval, kot so električna prijemala, ki zagotavljajo mobilnost sodelujočega robota brez komprimiranega zraka. Prav tako pa strokovnjaki SMC nudijo tehnično podporo in pomoč pri prilagoditvah rešitev za optimalno prilagodljivost končnih učinkoval v avtomatizaciji. Velik doprinos na tem področju je uporaba brezžične tehnologije, ki zagotavlja prenos digitalnih in analognih signalov ter krmiljenje pnevmatskih ventilskih otokov (slika 2). Brezžična tehnologija odpravlja zastoje proizvodnih linij, ki so nastali ob okvarah klasičnih ožičenj, s čimer odpravlja tudi finančne izgube.

Več s področja robotike in izdelkov najdete na naši spletni strani <https://www.smc.eu/sl-si/resitve/products-for-robotics>.

Vir:

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

WEB CONTROLLED PNEUMATIC PRESS

Zvonimir Dabčević, Juraj Benić, Željko Šitum

Abstract:

The article describes a web controlled pneumatic press as an example of a system designed to demonstrate the control of pneumatic devices via the Global Area Network (GAN). System implementation is divided into several phases: (1) establishment of Internet protocol-based communication, (2) web application development, (3) reaction to events, analysis, and data display on the user's web page, (4) implementation of PID algorithm for force and position control of pneumatic press, (5) design and implementation of the human voice control system using artificial neural networks.

Keywords:

pneumatic press, force and position control, web-controlled system, voice-controlled mechatronic system

1 Introduction

The viral epidemic caused the interruption of regular contact classes in many schools and higher education institutions. Consequently, teaching at faculties took place exclusively at a distance through various web tools. This form of teaching at technical faculties has mostly influenced the performance of the practical part of teaching where laboratory exercises are in most cases replaced by video materials recorded by professors or assistants. The Internet no longer includes just computers. Today, many devices we use daily can be connected to the Internet including vehicles, machines, household appliances, and even parts of the human body. This system of interconnection of different devices is known as the Internet of Things (IoT). Illustratively, the Internet of Things can be explained as a giant network that includes many devices that collect and exchange information with each other. Such devices have a new level of digital intelligence that allows them to communicate and exchange data in real time without human involvement in that communication. The full potential of this technology will be visible with the introduction of the fifth-generation mobile network (5G). A scenario in which a patient from one country undergoes a very sensitive operation by a surgical team located in another country several thousand kilometers away from the site of surgery is still unthinkable, however with a significant increase in data rates with minimal latencies brought by the 5G network artificial intelligence algorithms have the potential to significantly change our lives.

How a classic mechatronic device becomes a member of the IoT and what advantages such a system has are the topics elaborated in this article.

2 System components

Figure 1 shows a photo of the pneumatic press used for the experimental verification of the proposed study [1]. A pneumatic double acting cylinder (1) with 100 mm stroke and 50 mm bore is used as actuator to convert compressed air into mechanical power. A proportional pressure-control valve (2), SMC ITV3050, is used to control the pressing force. It has current type input signal in the range 4-20 mA for the pressure output range of 0-9 bar and gives an analog output signal in the range of 1-5 V proportional to the pressure output. The force acting on the spring (4) is directly measured by a disc load cell (5), type TAS606. Rated load of the load cell is 200 kg, while the maximum output is 7.5 mV when the sensor is connected to 5V power supply from Arduino Ethernet shield (9).

The Arduino Ethernet shield allows the Arduino microcontroller to connect to the Internet using a standard RJ-45 connection. It is based on the Wiznet W5100 Ethernet chip which supports up to 4 simultaneous socket connections (both TCP and UDP protocol) [2]. The board has a micro-SD card slot that can be used to store and send data over the network and has a reset button. The signal converter or load cell amplifier (3), type HX711, with analog to digital converter is used to amplify the load cell output signal. The position sensor (8) has a measuring range of 4 to 30 cm, which is suitable for this pneumatic press due to the height of the press and the deflection of the spring. The sensor works on a simple principle so that the infrared signal sent from the sensor hits the obstacle, and the

Zvonimir Dabčević, univ. bacc. ing., Juraj Benić, mag. ing., prof. dr. sc. Željko Šitum; all University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture

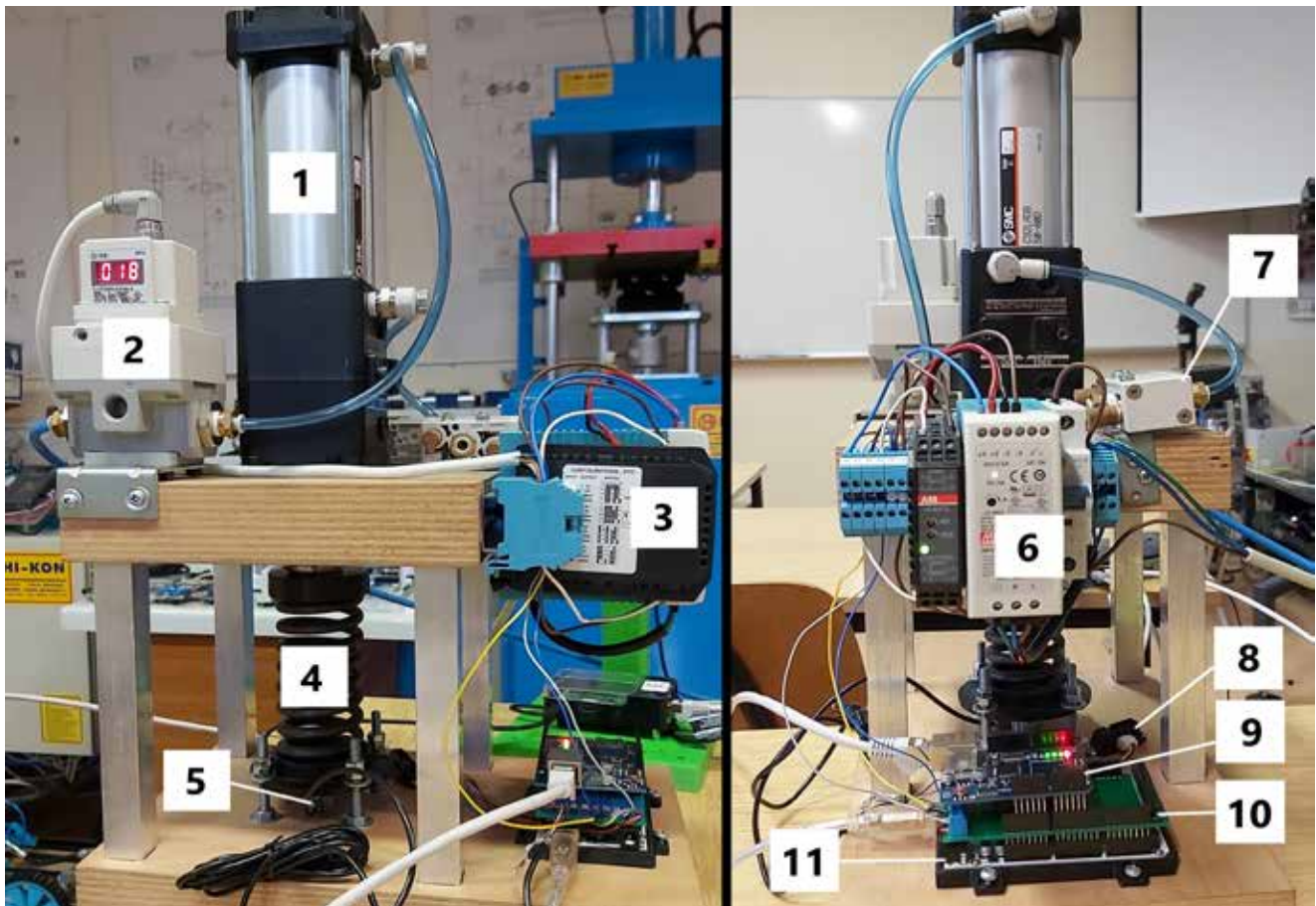


Figure 1 : Pneumatic press: 1-Pneumatic cylinder, 2- Proportional pressure-control valve, 3-Signal converter, 4-Spring, 5- Load cell, 6-Power supply, 7-Monostable valve, 8-Position sensor, 9-Arduino Ethernet shield, 10-Printed circuit board, 11-Arduino MEGA microcontroller

return analog voltage signal defines the distance of the obstacle (the closer the obstacle, the higher the voltage). The Arduino Mega 2560 microcontroller (11) is used for data acquisition and USB connection to a microcomputer Raspberry Pi. A printed circuit board (10) is placed between the Arduino microcontroller and the Arduino Ethernet board for the purpose of their communication. The Raspberry Pi microcomputer was used to implement live video streaming and to monitor the pneumatic press system during operation. The signal converter (3) is also used to convert Arduino 0-5V voltage output to 4-20 mA current input signal for the proportional pressure-control valve. Both the signal converter and the proportional pressure-control valve are powered by 24V power supply (6). The control software is encoded in C++ and Python programming languages [2].

A Logitech C170 USB camera connected to a microcomputer was used for real-time video streaming. The TP-link router AC 750 is used as a network device to transmit data packets to the local computer network and this process is performed on the network layer of the OSI model. The TP-link router used in this setup is shown in Figure 2.

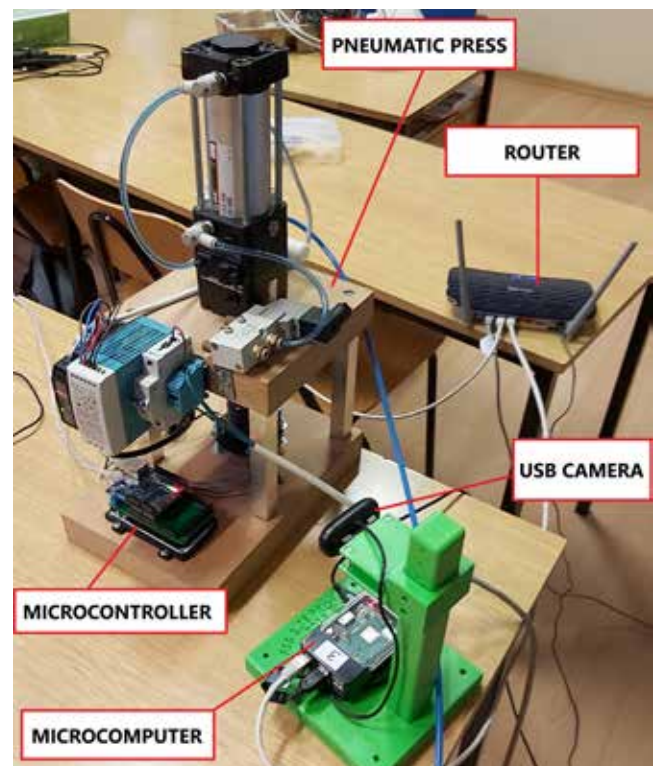


Figure 2 : Devices connected to the local area network (LAN)

3 Operational principle

The created web application contains two interfaces: for administrator and for users. The administrator determines the period of access to the web portal interface. To avoid a collision during control, only one user can control one pneumatic press in the period specified by the administrator. The options offered to the user during control are switching the pneumatic press on and off, selecting the type of control (force control or position control) and setting the force or position reference value. The user can define this option manually using the keyboard or mouse as well as using voice messages with the implemented neural network. User-defined data are sent to a web server located at the University Computing Centre (SRCE) which forwards the same data using socket communication (UDP protocol) to the external static IP address of the server located at the Faculty. From the static IP address, the data are delivered using a network cable to the router, which transmits the obtained data to the local network on the microcontroller. The microcontroller then unpacks and interprets the data, reads the type of control and the reference value defined by the user. Force and position sensors are connected to the microcontroller, which continuously measures the control values of the pneumatic press. Since the microcontroller has now information on the reference values, type of control and sensor values, then the voltage PWM signal is calculated using the implemented PID control algorithm. The calculated PWM control signal is converted by a signal converter into an input current signal for the electro-pneumatic proportional pressure valve which sets the pressure in the pneumatic cylinder. After receiving the data, the microcontroller responds to the received message, and the collected data from the position, force and pressure sensors is continuously sent in the opposite direction to

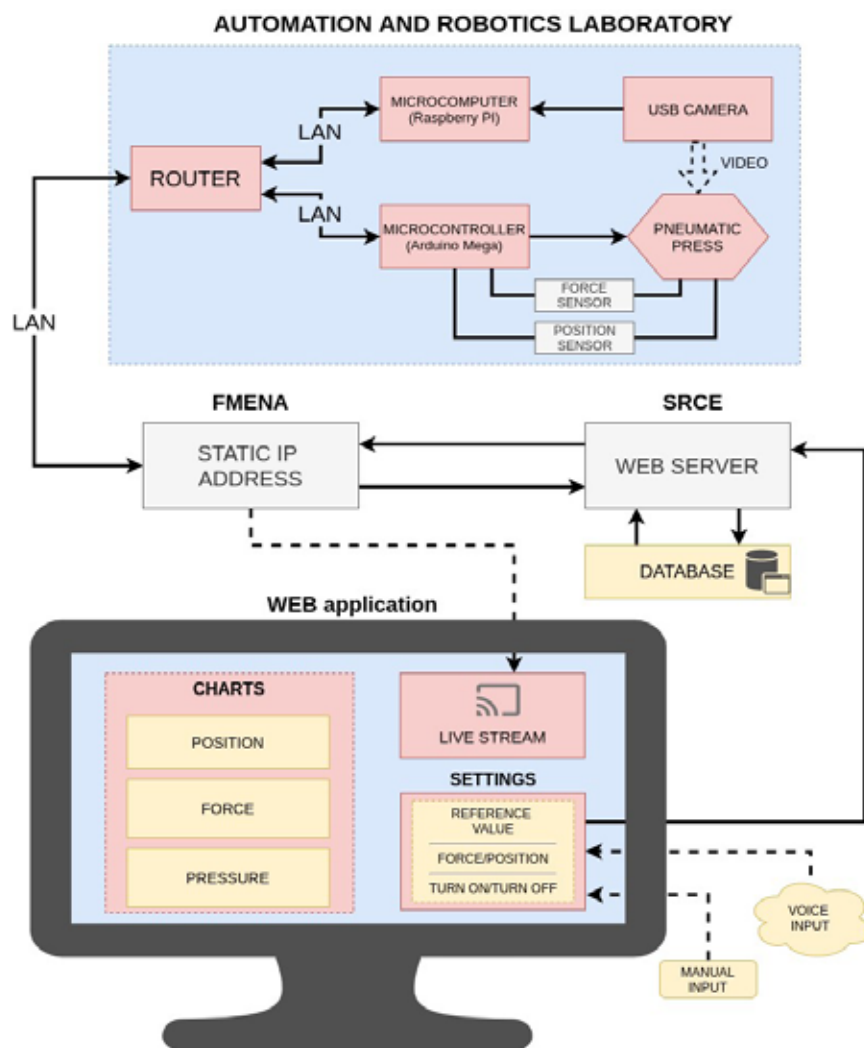


Figure 3 : Block diagram of the web-controlled system

the web server, where the data are stored in the database. Stored data from the database are constantly displayed on the web portal in the form of graphs, giving the user feedback on values from the sensors. Also, the user can continuously monitor the control process of the pneumatic press throughout the selected period with the help of a USB camera connected to the microcomputer. The microcomputer sends a video signal to the router, which forwards the received signal to the faculty server, and finally the live signal is displayed in the user's browser. The block diagram of the system is shown in Figure 3.

The microcontroller stops sending data after the user selects the option to turn off the press

on the web portal or by exiting the web browser.

4 Voice controlled automation system

Sound classification is currently a very popular research area with numerous real-world applications. Considering recent research in the classification of images using convolutional neural networks, the same approach will be applied in this paper to the problem of speech recognition. [3].

The task of the neural network will be to recognize certain words. In this example, 7 words are defined that will be classified: 'down', 'up', 'position', 'force', 'stop', 'turn off' and 'turn on'. Since it was not pos-

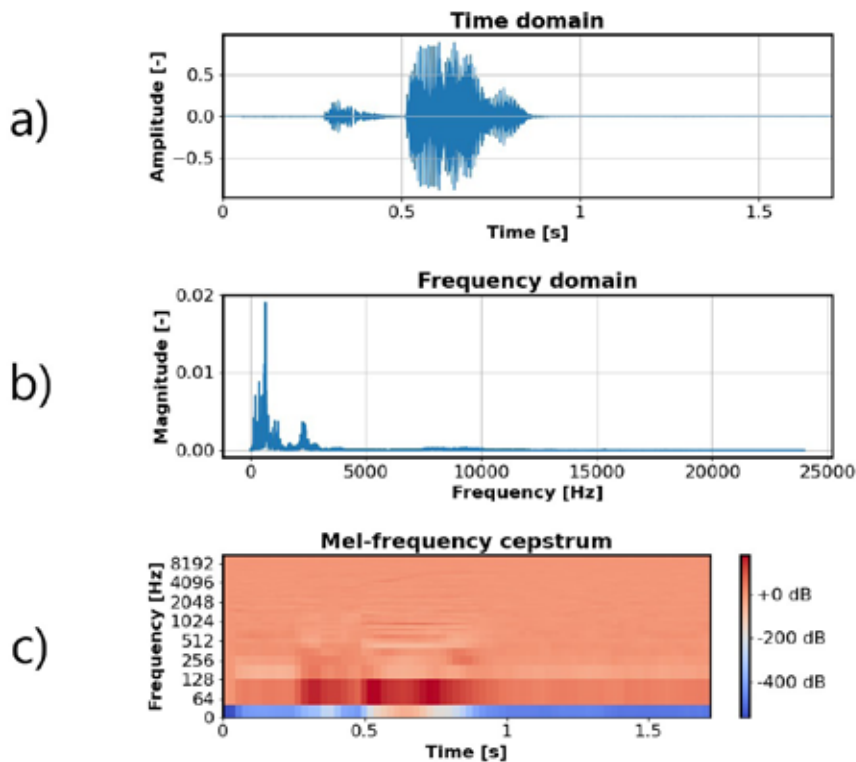


Figure 4 : Speech sequence in a) time domain, b) frequency domain, c) mel-frequency representation

sible to download a set of audio files of the listed words, the data was collected individually. For each word, 2000 sound samples

were collected, which represent the input to the neural network. Patterns of the same words should have as much similarity as possible

but should be as different as possible from other words to ensure the uniqueness of the commands.

The audio signal is first displayed in the time domain as shown in *Figure 4a*). Visualization of signals in the time domain is a good initial step for further analysis and improved representation of signals, however the amplitude-time relationship does not provide much information since we only read the amplitude of the sound signal from this graph.

Accordingly, signals from the time domain using a discrete Fourier transform are displayed in the frequency domain. Since the sound signals in this case represent human speech, it is normal to expect that these frequencies are in the range between 0 and 1 kHz, which dominate in human speech, as shown in *Figure 4b*).

However, time information is lost by displaying the signal in the frequency range. The time domain is important because it gives information of the order of the syllables, i.e., letters in a particular

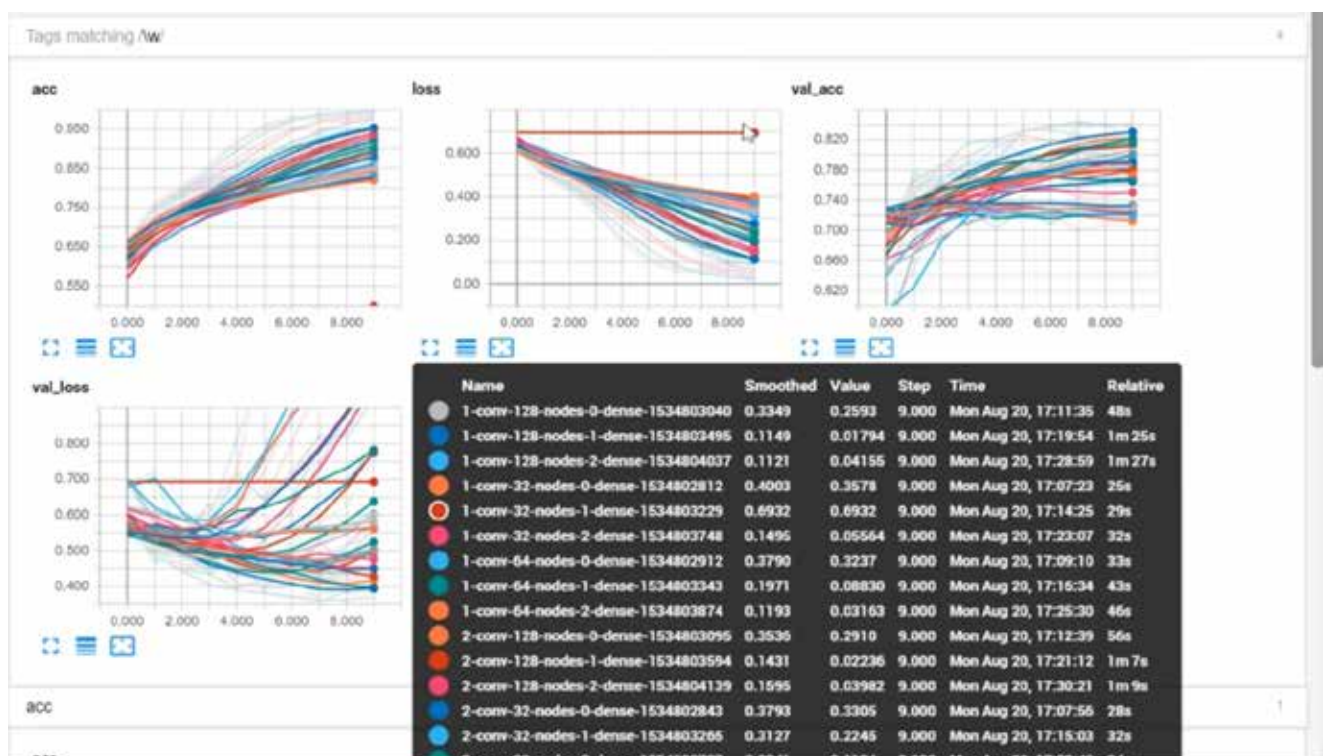


Figure 5 : Comparison of neural network structures

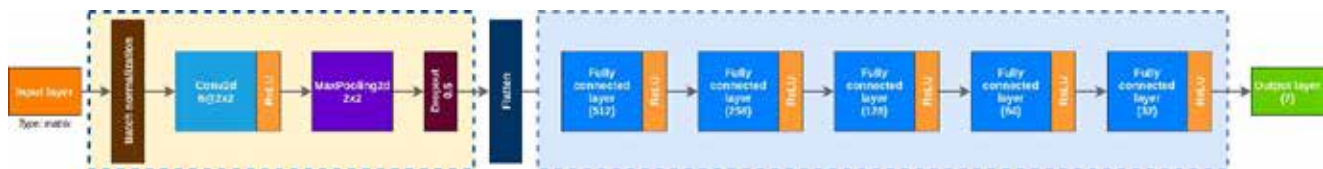


Figure 6 : Neural network final architecture

word. Therefore, signals need to be displayed not only in the frequency but also in the time domain.

The visual representation of the signal frequency as a function of time is called a spectrogram. The spectrographic representation of speech signals uses a linear frequency scale. However, in the analysis of speech signals, the term mel-frequency is often mentioned [4]. The mel-frequency uses a quasi-logarithmic scale to describe human speech more accurately. Signals in mel-frequency are given in Figure 4c), where the amplitudes of the recorded frequencies are shown in different colors. Thus, the problem of speech recognition data is translated into the classical problem of image classification, where sound data in the form of mel-frequencies are written in matrix form and represent the input to the neural network.

The neural network training process was performed for several different structures and the following parameters were changed: layer type, number of layers, number of nodes, activation functions and dropout values [5-6]. The structures of different neural networks were compared

and the architecture with the best accuracy was selected. The comparison is shown in Figure 5. The chosen architecture consists of a single input layer, batch normalization layer, one convolutional layer with six convolutional filters of size 2 x 2, one max-pooling layer of size 2 x 2, single dropout regularization layer, five fully connected layers with 512, 256, 128, 64 and 32 neurons, and the single output layer (see Figure 6). The corresponding NN architecture is implemented in Python programming language (version 3.6.0), by using the Keras module [7] with Tensorflow [8] as backend. The stride property (i.e., the number of rows and columns traversed per slide) of the considered convolutional and max-pooling layers is set to 1. To allow more effective training of the network by mapping negative values to zero, non-linear activation function (ReLU) is used. For the purpose of training the developed neural network, Adam optimization algorithm is used with its parameters set to default values [9]. This neural network achieved the classification accuracy of 92.41% on the training set and 85.75% on the test set.

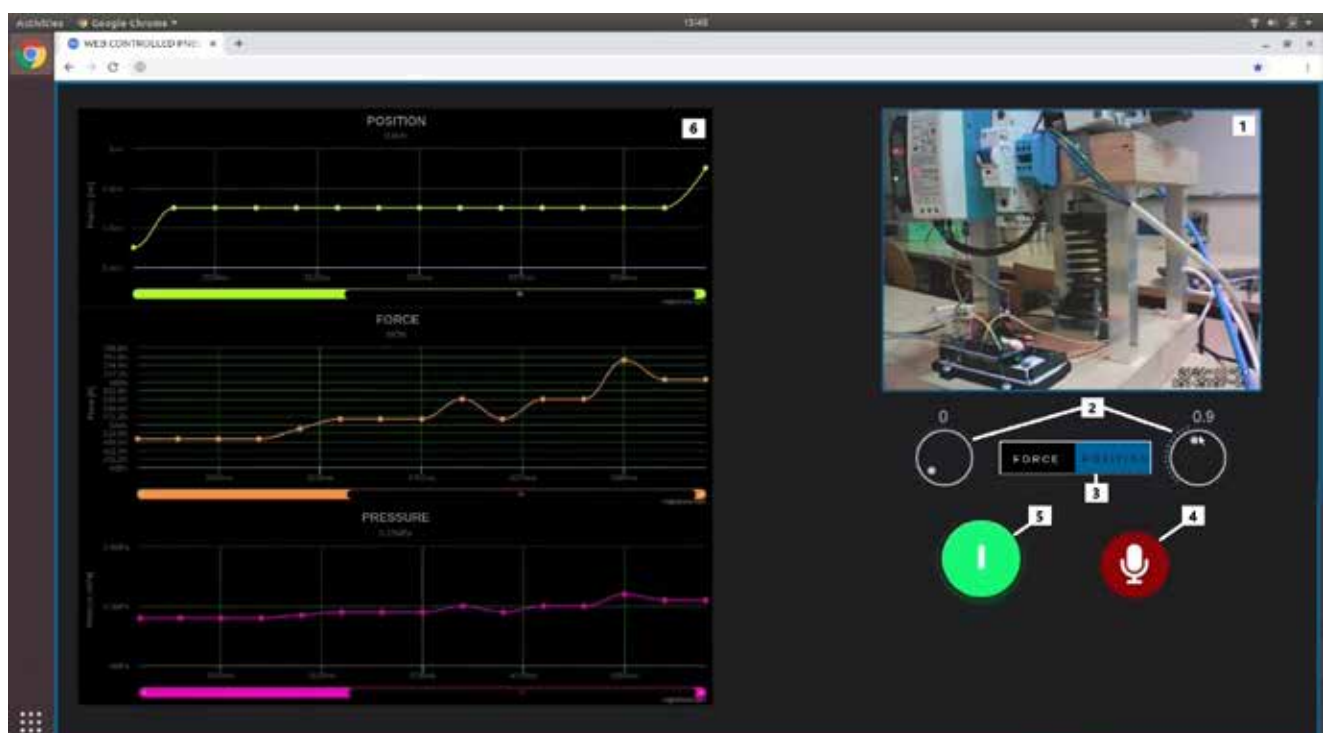


Figure 7 : Control interface

5 Web application development

In order to control the pneumatic press over the Internet, it is necessary to create a web application, in which the individual user (student) will define the desired parameters and start communication with the microcontroller. Also, it is necessary to disable the control of a single pneumatic press by multiple users, i.e., only one user can control one system in a defined period. A web calendar has also been designed to extend the application to several control systems in the laboratory, but to ensure that one user controls only one system in a defined period. Python programming language with web2py framework and SQLite database were used to create web application on the back end, while Bootstrap library (HTML + CSS) and jQuery were used on the front-end with three standard web technologies (HTML, CSS, JavaScript).

5.1 Control interface

The user can watch the live streaming video of the pneumatic press on the video window (1) in real time. The type of control is set by clicking on the desired button (3): force control or position control. Depending on the type of control, one reference value (2) is set. The maximum displacement reference value is 2.1 cm, while the maximum force reference value is 1000 N. By clicking on the button (5) it is possible to turn the pneumatic press on and off. Also, all these options can be started by voice, by pressing on the button (4) and saying one

of the following words: 'turn on', 'turn off', 'force', 'position', 'up', 'down', 'stop'. The control interface is shown in *Figure 7*.

5.2 System login

To access the user interface, an individual visitor should first log in to the application. There are two types of login: as an administrator and as a regular user. Depending on the authority, one of the graphical interfaces is launched. The application system is shown in *Figure 8*.

5.3 Administrator and user interface

The web calendar of events is realized so that the administrator (professor) sets the dates, and students can choose one of the available time frames. The administrator can generate time frames to control the pneumatic press, an overview of the current system situation, and a list of students whose time frame has passed. The simple principle of generating time frames is enabled through several options located in the title bar. The offered options are: creating a time frame (single or set), deleting the assigned period (single or set), defining the number of users in the time period, defining the limit (the number of starts of the control process and the total time in which the press will be active), overview of all users in a certain period, possibility of their additional registration, defining IP addresses (from microcontrollers and microcomputers), press status (on/off), cleaning databases, video monito-



Figure 8 : Login system



Figure 9 : Administrator interface

ring of all active systems and automatic sending of messages to users via electronic mail if there is no possibility of performing the exercise in a certain period of time. The layout of the cover page of the administrator interface is shown in *Figure 9*.

The user has the option to select one of the offered time frames defined by the administrator. After logging in, a web calendar is displayed with all available time frames that are not filled or expired. The user can access the control interface only at the reserved time. If the reserved period has expired, the user does not have access to the control interface, but if the user has booked some future free period, the time to possible access to the interface is displayed.

6 Conclusion

The coming IoT technology will cause many changes in the existing way of producing material goods, as well as changes in the social, safety, medical, environmental, and other levels of human life. IoT offers quite large opportunities for the future, and companies are increasingly using this technology in their business that allows them to integrate large amounts of devices that have built-in sensors that communicate with each other and with various applications, and applications then communicate with people. Connecting physical devices, machines, mobile objects, and other laboratory devices, which collect, share and exchange data

using Internet technologies provides completely new opportunities in the process of education at colleges where interaction (communication) is achieved in the implementation of online distance learning. In this direction, the demonstration of controlling the force and position of a pneumatic press using human speech, using advanced web technologies has been presented in this paper. A web application has been developed that includes communication between users with one typical mechatronic device, implementation of PID control algorithm, storage, and display of received data and implementation of control system using neural networks for recognition of user voice commands.

From such an example, a broad set of ideas can emerge that are even more complex and intertwined from different perspectives, with no inherent limitations to Internet applications and services, that will greatly change current paradigms in the college education process.

5 Literature

- [1] Benić, J., Rajčić, N., Šitum, Ž., Precise force control for hydraulic and pneumatic press system, International Conference Fluid Power 2017, September 14-15, 2017, Maribor, Slovenia, pp. 57-71.
- [2] Dabčević, Z., Web controlled pneumatic press (in Croatian), final year thesis, Univer-

sity of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb, 2020

- [3] Addison, W.: UNIX Network Programming Volume 1, Third Edition: The Sockets Networking API, Pearson Education, 2004.
- [4] Practical cryptography, Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC), 2020
- [5] Dasaradh, S. K., An Introduction To Mathematics Behind Neural Networks, Toward data science, 2020.
- [6] Dalbelo Bašić, B., Čupić, M., Šnajder, J., Artificial neural networks (in Croa-

tian), Faculty of Electrical Engineering and Computing, University of Zagreb, 2018.

- [7] Keras. Available online: <https://keras.io> (accessed on 3 November 2020).
- [8] Tensorflow. Available online: <https://www.tensorflow.org> (accessed on 3 November 2020).
- [9] Kingma, D.P.; Ba, J. Adam: A method for stochastic optimisation. In Proceedings of the 3rd International Conference for Learning Representations, San Diego, CA, USA, 7-9 May 2015.

Internetno krmiljena pnevmatična stiskalnica

Razširjeni povzetek

V prispevku je opisan postopek regulacije sile in položaja batnice pnevmatičnega valja stiskalnice, ki se krmili z internetom. Pnevmatična stiskalnica je povezana v internetno omrežje z mikrokrmilnikom. Tlačno zaznavalo in merilnik pomika sta povezana z mikrokrmilnikom. Tlak v komori pnevmatičnega valja stiskalnice se krmili s proporcionalnim tlačnim ventilom. Pnevmatična stiskalnica stiska kovinsko vzmet, ki služi kot sila bremena. Razvita je bila internetna aplikacija, ki omogoča več dejavnosti: a) internetno povezavo, b) izdelavo spletnega programa, c) odziv na rezultat analize delovanja stiskalnice in prikaz izmerjenih vrednosti, č) kontrolo algoritma PID-regulacije sile in/ali položaja batnice pnevmatičnega valja stiskalnice, d) realizacijo krmiljenja stiskalnice z nevronskimi mrežami s prepoznavanjem glasu upravitelja. Algoritmi regulacije in nadzora procesa se izvršujejo v realnem času. Razvita programska oprema pri tem skrbi za zajem podatkov z zaznavala tlaka in pomika, zbiranje podatkov s spletne strani, izračun krmilnih veličin in pošiljanje izmerjenih vrednosti v pretvornik signala ter pošiljanje povratnih informacij nazaj uporabniku spletne strani. V tem prispevku predstavljena pnevmatična stiskalnica se lahko uporablja za izobraževanje študentov na področju naprednih krmilnih algoritmov.

Ključne besede:

pnevmatična stiskalnica, regulacija sile in položaja, sistem, krmiljen preko interneta, glasovno-krmilni mehatronski sistem

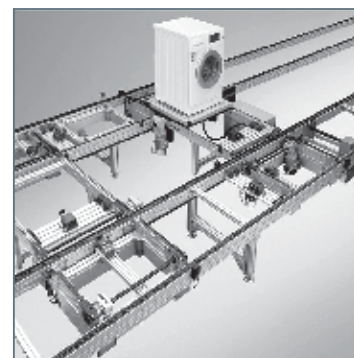
Rexroth

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

PRIMERJAVA STANDARDNIH TESTNIH DELCEV Z REALNIMI IZ HIDRAVLIČNIH FILTROV

Matej Kunavar, Nejc Novak, Franc Majdič

Izvleček:

V prvem delu prispevka smo predstavili razloge za pojav delcev znotraj hidravlične kapljevine [1]. Predstavljen je bil problem uporabe standardiziranega testnega prahu zaradi njegove abrazivnosti, ki je znatno bolj intenzivna kot pri realnih obrabnih delcih v hidravličnem sistemu [2–20]. Predstavili smo lastno metodo vzorčenja realnih delcev, ujetih v hidravličnem filtru. V drugem delu prispevka pa bomo predstavili postopek analize delcev ter primerjavo med dejanskimi delci znotraj hidravličnega sistema v primerjavi z delci standardnega testnega prahu MTD.

Ključne besede:

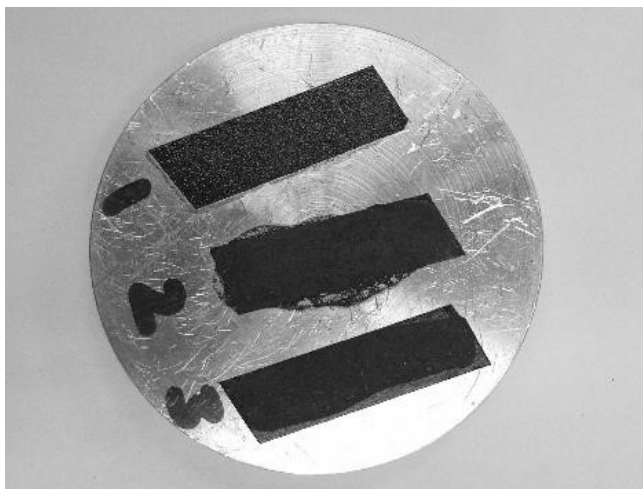
hidravlika, hidravlične kapljevine, filtracija, čistoča, delci, standardni testni prah, obraba, mikroskopiranje

1 Priprava in pregled vzorcev

Preparate za analizo smo pripravili tako, da smo najprej z acetonom in alkoholom očistili nosilno kovinsko ploščico, nato smo nanjo nalepili karbonski trak, ki je služil kot ozadje med mikroskopiranjem. Primer preparata je na *sliki 1*. Delce smo nato nanesli na karbonski trak. Pri nanašanju se je pojavil problem pri vzorcih prahu, ki so imeli pomešanih več steklenih vlaken iz filtra, saj so se ta med seboj

povezovala v grudice. Grudice so padale na lepljiv karbonski trak. Delcev na teh območjih ni mogoče opazovati. To težavo smo reševali tako, da smo prilepljene grudice s pomočjo očiščenega noža za lepenko »razmazali« po površini traku. Vzorce smo za tem spihali še s kompresorjem. Trakove z vzorci smo označili s številkami.

Tako pripravljene preparate smo postavili v posebno komoro, kjer smo jih karbonizirali. Tanka plast



Slika 1 : Preparat za opazovanje pod elektronskim mikroskopom

Matej Kunavar, dipl. inž., Kolektor ETRA, d. o. o., Ljubljana – Črnuče; **Nejc Novak**, mag. inž., **doc. dr. Franc Majdič**, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 2 : Elektronski mikroskop JSM-IT-100 proizvajalca JEOL

ogljika poveča električno prevodnost in izboljša kvaliteto slike. Delce smo opazovali po metodi analize SEM-EDS, ki kot rezultat vrne obliko delca in njegovo kemično sestavo. Uporabljena naprava je prikazana na *sliki 2* in se imenuje JSM-IT-100 proizvajalca JEOL.

Najprej smo naredili nekaj bolj splošnih pregledov celotnega vzorca pri 200-kratni in 500-kratni povečavi. Izvedli smo analizo kemične sestave vzorca po določeni površini in tako dobili predstavo o grobi elementarni sestavi določenih delcev. Nato smo se delcem tudi bolj približali pri 1000-kratni povečavi.

2 Opazovani delci

Za opazovanje z elektronskim mikroskopom smo pripravili en vzorec (*slika 3*) delcev iz industrijskega hidravličnega filtra R928017668 [21] in en vzorec (*slika 4*) standardnega testnega prahu (ISO 16889:2008), ki se uporablja predvsem za testiranje prevzemnosti hidravličnih filtrov [7-12, 19] in za določitev uporabne dobe hidravličnih komponent [22].



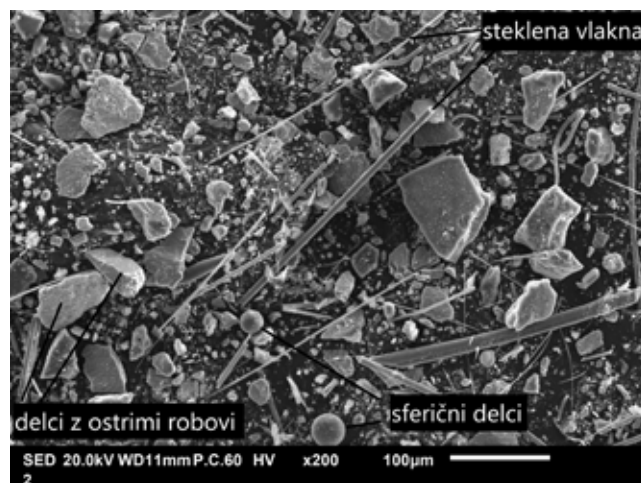
Slika 3 : Izrezki filtra za vzorec industrijskih delcev



Slika 4 : Vzorec opazovanega testnega prahu (MTD po ISO 16889)

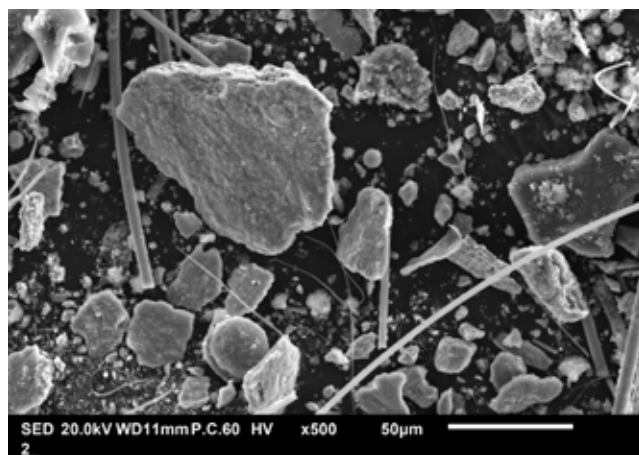
3 Vzorec industrijskih delcev

Slika 5 prikazuje industrijske delce pri 200-kratni povečavi, kjer smo poleg pričakovanih steklenih vlaken in ostalih delcev raznih nepravilnih oblik opazili delce, ki imajo skoraj popolno sferično obliko. Opazno je, da imajo delci nepravilnih oblik ostre robove. Delci so najrazličnejših velikosti. Največji imajo premere tudi do 100 μm .

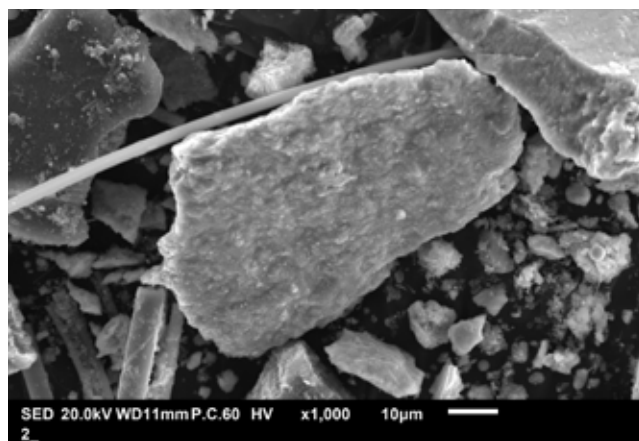


Slika 5 : Industrijski delci vzorca pod elektronskim mikroskopom pri 200-kratni povečavi

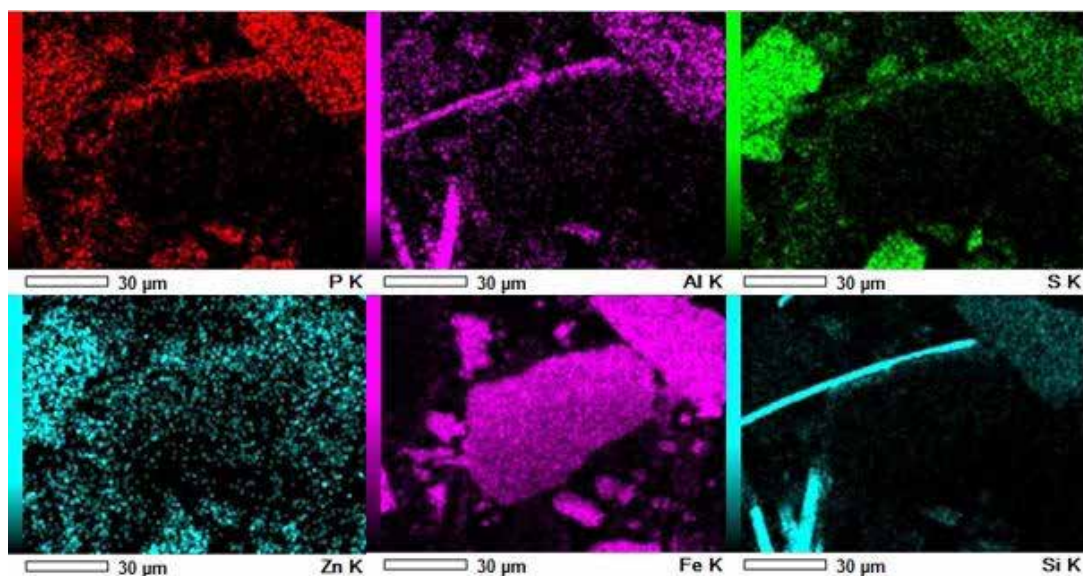
Sliki 6 in *7* prikazujeta delce istega vzorca pri 500-kratni in 1000-kratni povečavi. Pri večjih povečavah lažje odčitamo dimenzije najmanjših delcev, ki merijo okoli 1 μm in manj.



Slika 6 : Industrijski delci pod elektronskim mikroskopom pri 500-kratni povečavi



Slika 7 : Industrijski delci pod elektronskim mikroskopom pri 1000-kratni povečavi



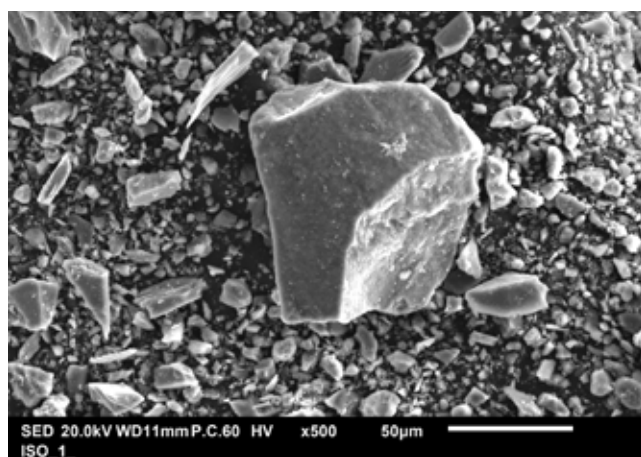
Slika 8 : Rezultati SED-analize realnih delcev iz filtra pri 1000-kratni povečavi

Na zajetem območju, ki ga prikazuje slika 7, smo izvedli tudi SED-analizo, ki nam je kot rezultat dala grobo kemijsko sestavo (ang »chemical mapping«) analiziranega območja. Slika 8 predstavlja kolaž slik, ki prikazujejo pogostost iskanega elementa na analiziranem območju. Pod vsako sliko v kolažu sta prikazana merilo in oznaka ciljnega elementa. Vidimo lahko, da vsi delci testiranega prahu, ki jih prikazuje slika 7, ne temeljijo ne železu oziroma je njihova površina do globine, ki jo še lahko analiziramo s SED-analizo, sestavljena iz drugih elementov. Poleg železa so najbolj izraziti atomi žvepla, silicija in cinka.

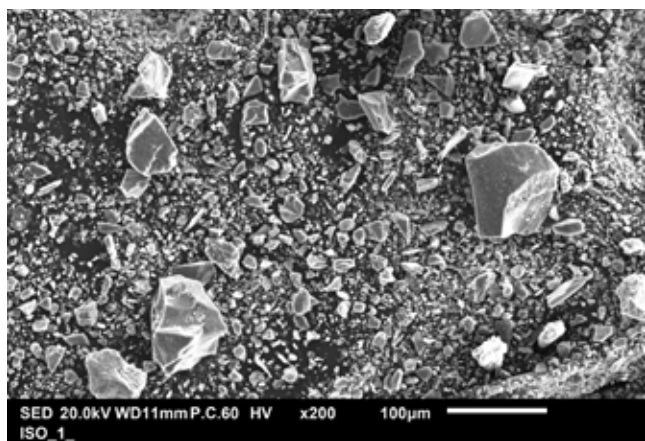
4 Vzorec testnega prahu

Delce standardnega testnega prahu MTD smo analizirali zgolj oblikovno, saj njihovo kemijsko sestavo že poznamo in nam jo poda njihov dobavitelj. Splošen pregled delcev pri 200-kratni povečavi prikazuje slika 9. Opazimo lahko, da so na preparatu delci

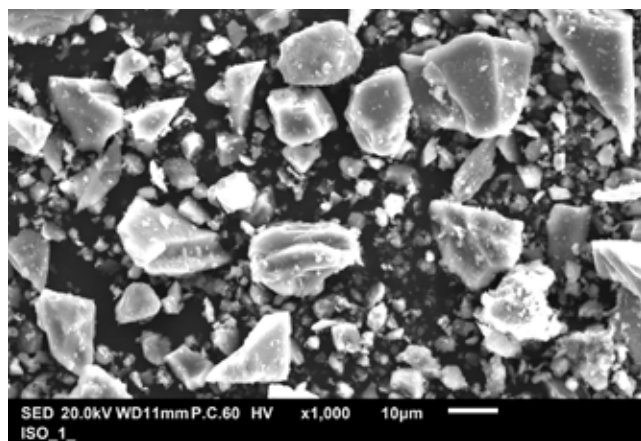
različnih velikosti. Največji imajo premer do 100 µm. Delci so različnih nepravilnih oblik z ostrimi robovi.



Slika 10 : Delci vzorca standardnega testnega prahu MTD pod elektronskim mikroskopom pri 500-kratni povečavi



Slika 9 : Delci vzorca testnega prahu MTD pod elektronskim mikroskopom pri 200-kratni povečavi



Slika 11 : Delci vzorca testnega prahu MTD pod elektronskim mikroskopom pri 1000-kratni povečavi

Na *sliki 10* opazimo zelo oster konični delec. Najmanjši delci tega preparata merijo manj kot $1\ \mu\text{m}$ (*slika 11*).

5 Zaključki

V zadnjih letih skupaj z razvojem proizvodnih tehnik in materialov hitro napredujejo tudi komponente hidravličnih sistemov, ki zagotavljajo vedno bolj precizno in pa tudi vedno hitrejšo delovanje hidravličnih naprav. Splošno naraščanje zavedanja o pomenu čistoč hidravličnih kapljev in za vedno bolj precizne hidravlične sisteme je bilo tudi motivacija za to raziskavo, s katero smo pripomogli k boljšemu razumevanju te tematike. Z raziskavo smo ugotovili sledeče:

1. Delci, pridobljeni iz industrijskih hidravličnih filtrov, vsebujejo obrabne delce iz matičnega materiala hidravličnih komponent, delce površin, nastalih zaradi aditivov v hidravlični kapljivini, delce površin, nastalih zaradi površinskega obdelovanja matičnega materiala, delce filtra in sprijete elemente aditivov v sferične oblike.
2. Realni delci in delci standardnega srednjega testnega prahu so nepravilnih volumskih oblik, pri katerih nobena od dimenzij ne odstopa pretirano. Pri realnih delcih se pojavijo tudi delci v obliki lusk, pri katerih je ena od dimenzij opazno manjša od drugih dveh, česar pri testnih delcih ni opaziti.
3. Materialne lastnosti testnih delcev se razlikujejo od lastnosti realnih delcev. Če predpostavimo, da imajo vsi realni delci enake materialne lastnosti kot konstrukcijsko jeklo, ima do 9 % delcev standardnega srednjega testnega prahu do 200 GPa višji modul elastičnosti in do 255 MPa višjo natezno trdnost. Ti delci so zato bolj abrazivni od realnih delcev.

Literatura

- [1] M. Kunavar, N. Novak, F. Majdič: Analiza realnih in testnih delcev v hidravličnih filterih – 1. del, Ventil 1, letnik 27. (2021), str. 24–33.
- [2] F. Majdič: 2. predavaje – teoretične osnove – FT_30176 dostopno na: <https://visfs.uni-lj.si/main.asp> (23. 4. 2020).
- [3] P. Shewman, G. Sundararajan. The erosion of metals. Ann. Rev. Mater. Sci. 13. (1983), str. 301–318.
- [4] A. Jafari et al. Experimental comparison of abrasive and erosive wear characteristic of four wear-resistant steels: Wear. Author's accepted manuscript. Dostopno na: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2018.09.010> (25.4.2020).
- [5] G. Stachowiak, A. Batchelor, Abrasive, Erosive and Cavitation wear: Engineering Tribology, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, 2005, str. 501–552.
- [6] F. Majdič. Kavitacija in erozija v povezavi z abrazijo – obraba znotraj sestavin pogonsko-krmilne hidravlike: 2. izpit tribologija. Ljubljana, december 04–marec 05.
- [7] N. Čegovnik, F. Majdič. Preizkušanje hidravličnih filtrov – večprehodni test po standardu ISO 16889:2008. Ventil 5, letnik 24 (2018), str. 382–389.
- [8] SIST ISO 12103-1:1997. Road vehicles – Test dust for filter evaluation – Part 1: Arizona test dust.
- [9] R. A. Fletcher, D. S. Bright: Shape factors of ISO 12103-A3 (medium test dust). Surface and microanalysis science division, november 2000, str. 49–56.
- [10] Silica-Silicon dioxide (SiO_2). Dostopno na: <https://www.azom.com/properties.aspx?ArticleID=1114>, ogled: 27. 6. 2020.
- [11] Alumina-aluminium oxide – Al_2O_3 – refractory ceramic oxide. Dostopno na: <https://www.azom.com/properties.aspx?ArticleID=52>, ogled: 27. 6. 2020.
- [12] EN 10025 Grade S235JRG2C as-rolled condition (+AR). Dostopno na: <https://matmatch.com/materials/minfm33146-din-17100-en-10025>, ogled: 28. 6. 2020.
- [13] ISO 4406:1999. Dostopno na: <https://www.filtersolutions.co.uk/understanding-iso-44061999/>, ogled: 23. 3. 2020.
- [14] J. Pezdinik, F. Majdič: Hidravlika in pnevmatika: zapiski za predavanja. Fakulteta za strojništvo. Ljubljana 2011.
- [15] M. Kalin: predavanje Tribologija. Dostopno na: <https://visfs.uni-lj.si/main.asp> (23. 4. 2020).
- [16] Zincdialkyldithiophosphate, Zincdiaryldithiophosphate (ZnDDP): Information on substances. Dostopno na: https://web.archive.org/web/20070807113518/http://apps.kemi.se:80/flodessok/floden/kemamne_eng/zinkdialkyl_eng.htm, ogled: 6. 5. 2020.
- [17] D. Johnson: The tribology and chemistry of phosphorus-containing lubricant additives. V: Advances in tribology. Intech open science open mind, str. 175–195.
- [18] A. Vrhovnik: Dimenzioniranje hidravličnih filtrov. Celjski sejum 29. 3. 2016.
- [19] ISO 16889:2008. Hydraulic fluid power – filters – multi-pass method for evaluating filtration performance of a filter element. Dostopno na: <https://www.iso.org/standard/44870.html>, ogled: 3. 5. 2020.
- [20] K. Vos, N. Vandenberghe, J. Elsen: Surface textural analysis of quartz grains by scanning electron microscopy (SEM): From sample preparation to environmental interpretation. Earth-science reviews. Volume 128, str. 93–104.
- [21] Filter elements for installation in hydac filter housings: type 9. and 10. filter elements. Rexroth bosch group: The drive and control company. RE 51457 (2013).
- [22] R. H. Frith, W. Scott: Comparison of an external gear pump wear model with test data, Wear 196 (1996), str. 64–71.

Comparison of standard test particles with real ones from hydraulic filters

Abstract:

In the first part of the paper we present the reasons for the occurrence of particles in a hydraulic fluid. The problem of using a standardized test dust due to its abrasiveness, which is much stronger than that of real wear particles in a hydraulic system, was presented. We presented our own method for sampling real particles trapped in a hydraulic filter. In this, the second part of the paper, we present the method of particle analysis and the comparison between the real particles inside the hydraulic system compared to the particles of the standardized test dust (MTD).

In recent years, with the development of manufacturing techniques and materials, the components of hydraulic systems have also advanced rapidly, enabling us to operate hydraulic equipment with ever greater precision and speed. The general growing awareness of the importance of hydraulic fluid cleanliness for increasingly precise hydraulic systems was also the motivation for this research, which enables us to contribute to development. The research revealed the following:

1. Particles obtained from industrial hydraulic filters include wear particles from the base material of hydraulic components, surface particles formed by additives to the hydraulic fluid, surface particles formed by surface treatment of the base material, filter particles and adherent additive elements in spherical form.
2. Real particles and standard medium-test dust particles are both irregularly shaped volumes in which neither dimension deviates excessively. Real particles also have flaky particles where one of the dimensions is significantly smaller than the other two, which is not observed in test particles.
3. The material properties of the test particles differ from the properties of the real particles. Assuming that all real particles have the same material properties as mild steel, up to 9% of the standard mean test dust particles have up to 200 GPa higher elastic modulus and up to 255 MPa higher tensile strength. These particles are therefore more abrasive than real particles.

Keywords:

hydraulics, hydraulic liquids, filtration, cleanliness, particles, standard test dust, wear, microscopy

Zahvala

Vodji vzdrževanja hidravlike v SIJ ACRONI Metodu Smoleju, dipl. inž. str., se avtorji zahvaljujemo za darovane testirane rabljene filtre.

Vodji katedre in laboratorija TINT prof. dr. Mitjanu Kalinu in dr. Muhammadu Shahidu Arshadu se zahvaljujemo za pomoč pri mikroskopiranju delcev.

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 hidravličnih filtrov ter izdelavo 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/>

NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

Predstavitev strokovnih prispevkov

Strokovna razstava | Aktualna okrogla miza

Podelitev priznanja TARAS



FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

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

Priznanje TARAS za

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

Portorož, 21. in 22. junij 2021

www.forum-irt.si

Glavni pokrovitelj



Razvojna partnerja



Vsebinski partner



Nacionalna pokrovitelja



Pokrovitelji



METTLER TOLEDO



VEČKRITERIJSKI MODEL ZA OPTIMIRANJE POLIMERNIH ZOBNIKOV

Jože Tavčar, Borut Černe, Jože Duhovnik, Damijan Zorko

Izvleček:

Konstruiranje polimernih zobnikov je zahteven proces zaradi množice med seboj povezanih materialnih, geometrijskih in obratovalnih parametrov, ki skupaj tvorijo zelo kompleksen sistem za analitično obravnavo. Polimerni zobniki odpovejo zaradi različnih poškodb, kot so obraba, lom zaradi utrujanja materiala, poškodbe, ki jih povzroča povišana temperatura, in poškodbe na boku zaradi jamičenja. Vrste poškodb polimernih zobnikov so odvisne od obratovalnih pogojev. Zobniški par bo pri visoki obremenitvi poškodovan zaradi prekomerne temperaturne obremenitve, pri manjši obremenitvi zaradi obrabe, v primeru mazanja bo do loma zob prišlo zaradi utrujanja materiala. Zaradi velikega razpona mehanskih lastnosti, termičnih karakteristik in triboloških pogojev je obnašanje pri odpovedi polimernih zobnikov zelo raznoliko. Glavni prispevek tega članka je večkriterijski model, ki omogoča sočasno upoštevanje različnih kriterijev, kot so: napetost v korenu in na boku zoba, temperatura zobnika v korenu, temperatura v kontaktu zoba, obraba, deformacija, stroški in prostornina. Optimizacijski model je predstavljen na testnem primeru izbranega poševnega zobja. Avtorji so večkriterijski model vgradili v računalniški program OptiTooth, namenjen preračunu in optimizaciji valjastih zobnikov. Algoritem v prvem koraku omogoča variiranje geometrije glede na različne kriterije: število zob (z_1, z_2), širino zobnika (b), kot poševnosti (β) in normalni modul (m_n). V nadaljevanju ima konstrukter pregled nad večjim številom možnih rešitev in tudi nad tem, kako konstrukcijski parametri vplivajo na ciljne kriterije in vrednost večkriterijske funkcije. V nekaj iteracijah preračunov in spreminjanja konstrukcijskih parametrov pride do optimirane geometrije zobniškega para.

Ključne besede:

polimerni zobniki, oblike poškodb, obraba, temperatura, obratovalni pogoji, večkriterijski preračun

1 Uvod

Polimerni zobniki so zaradi dobrih tehničnih lastnosti in možnosti stroškovno učinkovite izdelave z injekcijskim brizganjem zanimiva rešitev za številne aplikacije. Šibka lastnost polimernih zobnikov je njihova občutljivost na višje temperature in različne oblike poškodb, ki so odvisne od stopnje obremenitve in številnih drugih parametrov pri obratovanju zobnikov [1–3]. Testiranje zobnikov omogoča realistično napoved življenjske dobe v aplikaciji. Nemška smernica VDI 2736: 2014 [4] predlaga modele za izračun in dimenzioniranje polimernih zobnikov. Pomanjkljivost smernice je, da ponuja karakteristike le za nekatere osnovne polimerne materiale in da posamezne kriterije pri konstruiranju obravnava ločeno od ostalih kriterijev. Cilj te raziskave je podati celovit pristop pri konstruiranju in preračunu polimernih zobnikov. Predlagani postopek optimizacije temelji na algoritmu, ki hkrati upošteva vse ključne kriterije za načrtovanje [5]. Predstavljeni algori-

tem je vgrajen v računalniški program OptiTooth, ki uporabniku zagotavlja izračune napetosti v korenu zoba, bočne obremenitve, temperature zobnika, kontaktne temperature, obrabo, deformacije, stroškov in prostornine.

Postopek optimizacije temelji na variaciji geometrije zobnikov, zahtev in preverjanja kriterijev. Program ponuja večkriterijsko optimizacijo polimernih zobniških parov v skladu s smernicami VDI 2736: 2014 [4]. Glavna prispevka raziskave sta večkriterijski model in sistematičen pregled medsebojnih povezav med različnimi kriteriji. Predstavljena so konstrukcijska pravila za izboljšanje zasnove zobnikov glede na posamezne kriterije. Poleg tega je določeno, katere karakteristike polimernih materialov so potrebne za postopek optimizacije zasnove zobnikov. Razviti večkriterijski postopek optimizacije polimernih zobnikov je prikazan na študiji primera zobniškega pogona, ki je bil uporabljen v industrijski praksi. Zasnova polimernih zobnikov je zahteven iterativen postopek, ki mora upoštevati in uravnotežiti več kriterijev [2]. Konstrukter mora razumeti osnovne pristope, kako izboljšati posamezne kriterije polimernega zobniškega para [6]. Za bolj nazorno predstavitev smo raziskali vpliv konstrukcijskih parametrov na primeru polimernih zobnikov v e-pogonu za dvokolesa in pri uporabi različnih materialov (odsek 4).

Dr. Jože Tavčar, univ. dipl. inž., Univerza v Lundu, Švedska, **dr. Borut Černe**, mag. inž., **prof. dr. Jože Duhovnik**, univ. dipl. inž., **dr. Damijan Zorko**, mag. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

V prispevku, predstavljenem v predhodni številki revije Ventil, so bili podrobneje prikazani posamezni kriteriji pri konstruiranju polimernih zobnikov in vpliv konstrukcijskih parametrov na te kriterije. Tokrat je predstavljen celovit večkriterijski model, ki omogoča sočasno upoštevanje različnih kriterijev in izvedbo postopka optimizacije pri konstruiranju polimernih zobnikov.

2 Večkriterijski model (VKM) za optimiranje polimernih zobnikov

Izziv je modelirati več kriterijev za načrtovanje zobnikov z eno samo funkcijo, medtem ko sta kompleksnost in medsebojna povezanost teh kriterijev veliki. Večkriterijski model (VKM) v enačbi (1) temelji na ciljno opredeljeni največji še sprejemljivi vrednosti za vsakega od kriterijev. Ta je podana v imenovalcu v vsakem od členov enačbe. Če katerikoli kriterij preseže dopustni maksimum, se vrednost VKM povečuje s kvadratno funkcijo. Največje še sprejemljive vrednosti posameznih kriterijev so specifične za vsak zobnik iz analizirane zobniške dvojice. Predlagani model omogoča primerjavo in upoštevanje vseh kriterijev hkrati [5]. Vrednost VKM se izračuna ločeno za vsak zobnik v paru, relevantna vrednost za zobniški par je večja od vrednosti obeh zobnikov. Model upošteva princip ugotavljanja povečanja razlik po metodi kvadratne vrednosti.

Upošteevamo osem pomembnih kriterijev, ki določajo sprejemljivost: temperatura zobnika, kontaktna temperatura, korenska napetost, bočna napetost, obraba, deformacija, stroški izdelave in volumen zobniške dvojice

VKM – večkriterijski model

$$VKM = \max_{1,2} \left[\left(\frac{T_{fu1,2}}{T_{fmax}} \right)^2 + \left(\frac{T_{fl1,2}}{T_{flmax}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{F1,2}}{\sigma_{Flim}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{H1,2}}{\sigma_{Hlim}} \right)^2 + \left(\frac{W_{1,2}}{W_{max}} \right)^2 + \left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_{max}} \right)^2 + \left(\frac{C_{1,2}}{C_{max}} \right)^2 + \left(\frac{V_{1,2}}{V_{max}} \right)^2 \right] \quad (1)$$

$T_{fu1,2}$	temperatura zobnika v korenu 1, 2
$T_{fl1,2}$	kontaktna temperatura zobnika 1, 2
$\sigma_{F1,2}$	korenska napetost v zobniku 1, 2
$\sigma_{H1,2}$	bočna napetost v zobniku 1, 2
$W_{1,2}$	obraba boka zoba 1, 2
$\lambda_{1,2}$	deformacija zoba 1, 2
$C_{1,2}$	stroški zobnika 1, 2
$V_{1,2}$	volumen zobnika 1, 2
T_{fmax}	največja še sprejemljiva temperatura zobnika 1, 2
T_{flmax}	največja še sprejemljiva kontaktna temperatura 1, 2
σ_{Fmax}	največja še sprejemljiva korenska napetost 1, 2
σ_{Hmax}	največja še sprejemljiva bočna napetost 1, 2
W_{max}	največja še sprejemljiva obraba zobnika 1, 2
λ_{max}	največja še sprejemljiva deformacija zob v ubiranju 1, 2
C_{max}	največji še sprejemljivi strošek zobnika 1, 2
V_{max}	največji še sprejemljivi volumen zobnika 1, 2

VKM je mogoče uporabiti tudi z omejenim naborom izbranih kriterijev, če niso na voljo vsi specifični materialni podatki ali če imajo nekateri kriteriji manjši pomen za določeno aplikacijo. Uporaba VKM je prikazana na primeru z uporabo računalniške programske opreme OptiTooth, kot je predstavljena v naslednjem odseku. Zaradi prevladujočih zahtev za obratovanje majhnih polimernih pogonov za suhi tek je bilo izvedenih več testov predvsem za take pogoje. V primeru suhega delovanja po smernicah VDI ni treba preverjati tlaka na boku, saj se prej pojavijo druge oblike poškodb. Kriterij kontaktne temperature v modelu upošteevamo, kadar je za izračun temperature uporabljen natančnejši napovedni model [7]. Predloga izračuna po VDI 2736 ni smiselno upoštevati, saj VDI-model v določenih primerih napoveduje zelo visoke in nerealne temperature v kontaktu.

Pri vrednosti VKM želimo v splošnem doseči vrednost, manjšo od 8,0 pri osmih kriterijih (število kriterijev lahko zmanjšamo, s čimer se tudi mejna vrednost ustrezno zniža). Kot že omenjeno VKM uporablja kvadratno vrednost posameznega kriterija, tako se povečata vpliv pri odstopanjih in ločljivost pri oceni končnih vrednosti.

3 Računalniški program za variacijo geometrije in večkriterijsko optimizacijo polimernih zobnikov

Računalniški program OptiTooth omogoča avtomatsko variiranje geometrije glede na vhodne podatke in vnaprej določene robne pogoje. Uporabnik ima nazoren pregled nad razpoložljivimi geometrijskimi variantami in nad vplivnostjo konstrukcijskih parametrov na ključne kriterije pri izvedenem preračunu zobniške dvojice. Preglednost procesa preračuna je dosežena s trinivojsko zasnovo grafičnega vmesnika, kot je prikazana na *sliki 1*.

Prva faza preračuna predstavlja nabor geometrijsko izvedljivih rešitev za določene: (1) medosno razdaljo, (2) prestavno razmerje, (3) moment, (4) vrtilno hitrost, (5) material pogonskega zobnika, (6) material gnanega zobnika, (7) varnost pri korenski trdnosti in (8) varnost pri bočni trdnosti. Vrednost dopustnih napetosti je izračunana glede na predvideno dobo trajanja/število obremenitvenih ciklov in predvideno temperaturo zobnika med obratovanjem. Dopolnilni podatki so namenjeni opisu okolja obratovanja in dodatnih zahtev gonila: (D1) temperatura okolja, (D2) minimalno število zob, (D3) maksimalno število zob, (D4) minimalna širina zobnika, (D5) maksimalna širina zobnika, (D6) zahtevano število obremenitev, (D7) način mazanja zobniške dvojice in (D8) obratovanje zobniške dvojice v okolju.

Rezultati izračuna prve faze so predstavljeni v glavnem oknu v središču uporabniškega vmesnika

(označeno z rdeče črtkanim pravokotnikom) na *sliki 1*. Generator geometrije zobniških dvojic omogoča določitev geometrije zobniške dvojice z upoštevanjem vseh vhodnih podatkov od 1 do 8 in od D1 do D8. V vsaki vrstici je predstavljena ena možna varianta zobniške dvojice z osnovnimi parametri: število zob (z_1, z_2), prestavno razmerje (i), normalni modul (m_n), širina zobnika (b), kot poševnosti (β), premer zobnikov (d_1, d_2), profilni premik (x_1, x_2), varnostni faktor korenske napetosti (s_{fn1}, s_{fn2}), faktor skupnega profilnega prekritja (ε_{total}) in vrednost večkriterijskega modela (VKM), kot je definirano v odseku 2.

V predhodni številki revije Ventil so bili podrobno predstavljeni posamezni kriteriji in njihovo fizikalno ozadje. Uspešna izvedba večkriterijskega modela je pogojena z dobrim poznavanjem tehničnih karakteristik materialov, ki so uporabljeni v preračunu. Ključna vloga konstruktorja je določitev največjih še sprejemljivih vrednosti za posamezen kriterij. Pri

tem je potrebno poleg lastnosti materialov upoštevati specifične pogoje in zahteve posamezne aplikacije. V navedenem primeru na *sliki 1* so vrednosti določene glede na smernico VDI 2736 in delno glede na rezultate testov, ki so jih izvajali avtorji tega prispevka.

V drugi fazi najprej izberemo optimalno geometrijo zobniške dvojice. Označimo izbrano zobniško dvojico, nato vpišemo želeno širino zobnika (b), ki pa ne sme bistveno odstopati od izračunane. Ta možnost za nastavitev širine zobnika daje konstruktorju dodatno možnost, da preveri različne variante in občutljivost parametrov zobniškega para na kriterije konstruiranja. Rezultati druge faze so predstavljeni v spodnjem delu okna za zobnik 1 in zobnik 2 ločeno (*slika 1*, označen z modrim črtkanim pravokotnikom). V primeru, da je katerikoli od kriterijev – temperatura zobnika ali kontaktna temperatura (T_{fu}, T_{fl}), korenska napetost (σ_f), bočni tlak (σ_h), obraba (W_m) ali deformacija (λ) – zunaj dovoljenih

OptiTooth 11.0 - Multi-criteria optimization of polymer gears

Input data

Medana razdelja a [mm]: 50 Prestavno razmerje i : 4 Moment T [Nm] na: vstopu: 0,5 Izstopu: 2400 Temperatura okolice [°C]: 30 Min. število zob z : 10 Širina zobnika b [mm]: 5 Število obratov N : 10 N_1 : 10 N_2 : 10

Odprtje: ☒ Odprto ☐ Delno odprto ☐ Zaprt Mazanje: ☐ Kroleže olje ☐ Oljna meglica ☒ Mast ☒ Suho Material zobnika 1: POM Material zobnika 2: PA66 Maksimal. število zob z : 30 Širina zobnika b [mm]: 25 Nastavitev dodatnih parametrov

Start menu

Izvoz rezultatov preračuna Izvoz parametrov preračuna

Uvoz rezultatov preračuna Uvoz parametrov preračuna

Variiranje geometrije

Naslov preračuna: Pogon kolo V2.3 Preračun s podano širino zobnika

Ohlajevanje: Open Mazanje: Dry

z_1 []	z_2 []	i []	m [mm]	b [mm]	β [°]	d_1 [mm]	d_2 [mm]	x_1 []	x_2 []	s_{fn1} [mm]	s_{fn2} [mm]	ε_{total} []	Več kriterijski []
20	80	4	1	5.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	4.317
20	60	4	1	6.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	3.250
20	80	4	1	7.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	2.624
20	80	4	1	8.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	2.279
20	80	4	1	9.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	2.092
20	80	4	1	10.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	2.044
20	80	4	1	11.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	2.090
20	80	4	1	12.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	2.178
20	80	4	1	13.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	2.313
20	80	4	1	14.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	2.491
20	80	4	1	15.0	0.0	20.000	80.000	0.221	-0.221	0.608	0.819	1.64	2.695

Potrditev preračuna b : 30 s_f : 1.6 s_h : 1.25

Kriteriji za optimizacijo:

☒ Temp. zobnika ☒ Kontak. Temp. ☒ Korenska napetost ☒ Bočne napetost ☒ Obraba zoba ☒ Deformacija zoba ☒ Stroški zobnika ☒ Volumen zobnika Več kriterijski model VKM

Zobnik 1

T_{fu} : 47 T_{fl} : 103 σ_f : 15.69 σ_h : 24.59 W_m : 0.023 λ : 0.036 C : 1.608 V : 3.8013 VKM 1.95575

T : 60 T : 75 σ_{fmax} : 33 σ_{hmax} : 45 W_{max} : 0.2 λ_{max} : 0.05 C_{max} : 20 V_{max} : 5

T_{fup} : 90 σ_{fp} : 45.5 σ_{hp} : 0 $W_{0.2m}$: 0.15 λ_m : 0.07 C_{max} : (0.01 €) V_{max} : (cm³)

Zobnik 2

T_{fu} : 34 T_{fl} : 48 σ_f : 14.92 σ_h : 24.59 W_m : 0.006 λ : 0.036 C : 23.87 V : 52.8102 VKM 3.31042

T : 75 T : 90 σ_{fmax} : 24 σ_{hmax} : 50 W_{max} : 0.2 λ_{max} : 0.05 C_{max} : 20 V_{max} : 60

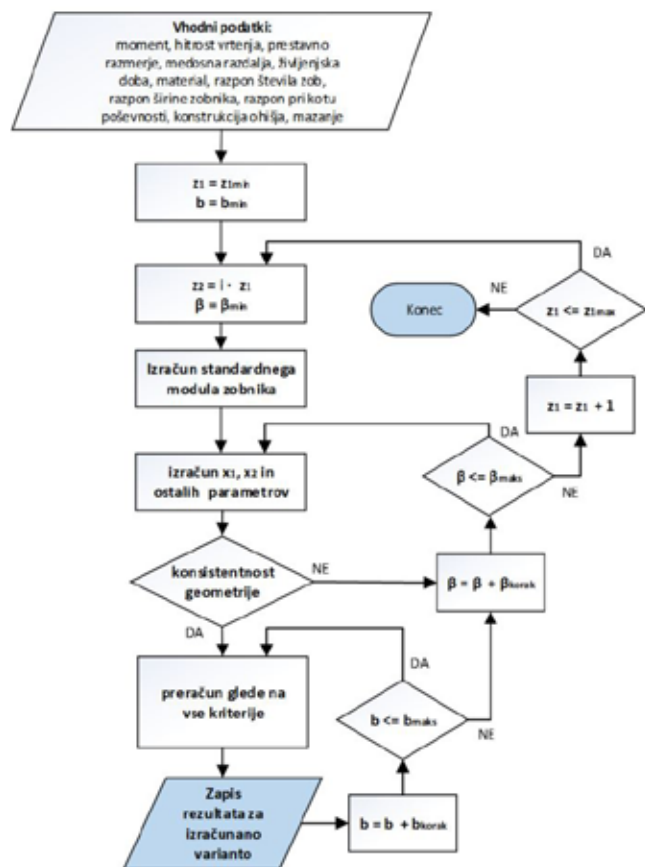
T_{fup} : 80 σ_{fp} : 39.8 σ_{hp} : 0 $W_{0.2m}$: 0.15 λ_m : 0.07 C_{max} : (0.01 €) V_{max} : (cm³)

Rezultat druge faze

Slika 1: Glavni uporabniški vmesnik za računalniški program OptiTooth. Za izbrano izvedbeno različico para zobnikov se izvede podroben preračun. Kritične vrednosti so označene z rdečo barvo. Znotraj vmesnika sta direktno izvedeni prvi dve fazi postopka, tretjo fazo pa predstavlja prilagojen izpis poročila končnih rezultatov.

meja, je podatek predstavljen in označen z rdečo barvo. Uporabnik lahko vklopi ali izklopi katerikoli kriterij. V primeru, da je izbrani kriterij vklopljen, je ta v večkriterijskem modelu upoštevan v skladu z enačbo 1. Uporabnik ima tudi možnost nastavitve največje še sprejemljive vrednosti kriterijev glede na znane podatke o materialu in posebne zahteve aplikacije (v srednji vrstici: T_{fmax} , T_{flmax} , σ_{fmax} , σ_{hmax} ... itd.).

Na koncu ima uporabnik možnost izvoza poročila za izbrano varianto polimerne zobniške dvojice. Podrobno poročilo zajema vse vhodne podatke – obratovalne parametre, geometrijske podatke in podrobnosti izračuna (PDF datoteka na treh straneh). Pri tem ima uporabnik možnost poročilo opremiti z ustreznim naslovom in dodatnimi komentarji. To predstavlja tretjo fazo preračuna. Pregled nad vplivom parametrov zobniškega para pri zasnovi zobnikov na različne konstrukcijske kriterije je glavna prednost predstavljenega računalniškega programa. Konstruktor pogona ima učinkovito orodje za optimiranje zasnove zobnikov uravnoteženo znotraj postavljenih omejitev. Pomemben predpogoj za izvedbo optimizacijskega postopka je poznavanje tehničnih karakteristik materialov, kot so: koeficient trenja, koeficient obrabe, trdnost materiala v odvisnosti od temperature in števila obremenitvenih ciklov.



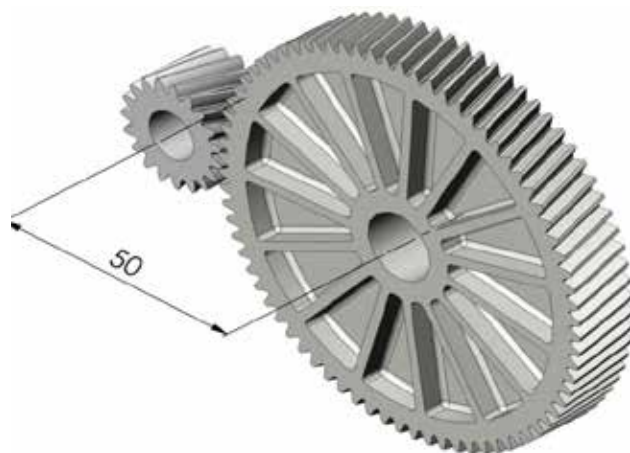
Slika 2 : Diagram poteka algoritma variacije geometrije zobniške dvojice

Na *sliki 2* je predstavljen algoritem variacije geometrije zobniške dvojice, ki je osnova za optimizacijski postopek v prvi fazi preračuna. Geometrija zobnika je izračunana s pomočjo notranjih zank glede na vhodne podatke in območje variacije (število zob, kot poševnosti, širina zobnika). Normalni modul se izračuna glede na stopnjo obremenitve, značilnosti materiala, predlagano število zob in relativno širino zobnika, kot je določeno v VDI 2736 [4]. V postopku variacije se uporabi naslednji večji standardni normalni modul. Preverjanje konsistentnosti geometrije vključuje izračun za potrditev prilaganja predlagane geometrije zahtevani medosni razdalji (*slika 2*). Glede na območje variacije se določijo število zob, širina zobnika in kot poševnosti. Rezultati izračuna posamezne variante so predstavljeni, tudi če nekateri kriteriji niso izpolnjeni. Ko se išče optimalna zasnova, mora razvijalec zobniške dvojice imeti pregled nad celotno sliko, tudi različice zasnove zobnikov, ki glede na določeno varnost delno presegajo zahteve. Z različnimi vrstami izboljšav lahko ravno take variante zobniških parov vodijo do optimalne rešitve.

4 Primer uporabe večkriterijske optimizacije

Zahteve glede zasnove aplikacije so vhodni podatki za optimizacijo zobniške dvojice. Predpostavlja se, da so robni pogoji za pogon medosna razdalja, moč, hitrosti vrtenja, prestavno razmerje in stroški zobniškega para. V postopku optimizacije je treba navesti material obeh zobnikov in podrobno geometrijo zobnikov. Postopek optimizacije je natančneje predstavljen v 3. odseku.

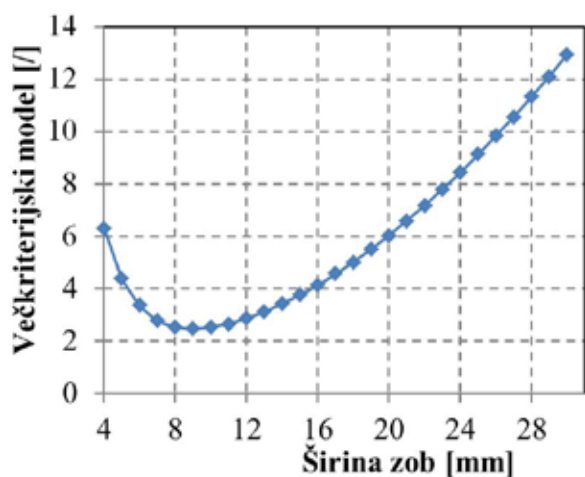
Primer geometrije in prestavnega razmerja je vzet iz pogona e-kolesa (*slika 3*). Parametri zobniškega para: medosna razdalja $\alpha = 50$ mm, vhodni moment $T_d = 0,5$ Nm, hitrost vrtenja $n = 2400$ 1/min, prestavno razmerje $i = 4$, število obremenitev $N_L = 10^7$ in stroški (0,30 €) za mali zobnik.



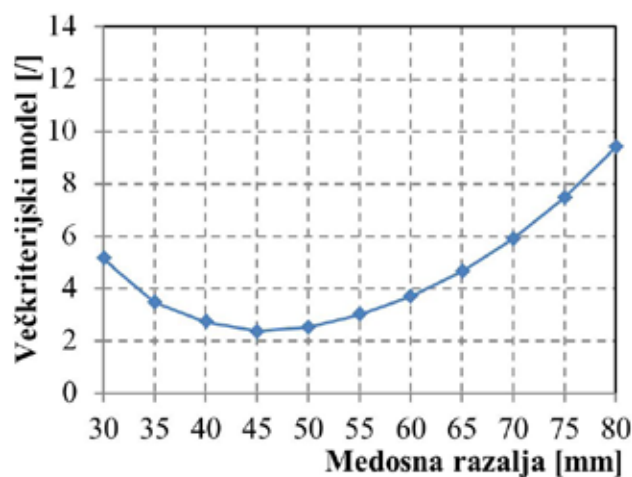
Slika 3 : Zobniški par, uporabljen kot primer za postopek optimizacije: $\alpha = 50$ mm, $i = 4$, $T_d = 0,5$ Nm, $n = 2400$ 1/min.

Optimizacijo smo začeli s tribološko kompatibilnim parom osnovnih materialov POM/PA66. Pri tem je bil pogonski zobnik izdelan iz POM, gnani iz PA 66. Označevanje materialov pogonskega in gnanega zobnika bo v celotnem prispevku navajano po ključu pogonski/gnani. V naslednjih korakih smo preverjali, ali lahko dobimo manjše dimenzije zobnikov z uporabo visoko zmogljivih polimerov in kombinacije jeklo/polimer. Po algoritmu variacije geometrije, predstavljenim na *sliki 2*, je bila širina zobnika (b) v območju med 4 in 30 mm, število zob (z_1) je bilo med 11 in 50 in kot poševnosti β je bil med 0 in 40°. Rezultat VKM glede na širino zobnika je predstavljen na *sliki 4a*. Razvidno je, da je optimalna širina zobnika med 8 in 10 mm. Velikost modula in premik zobnega profila (x_1, x_2) sta določena glede na število zob in konstrukcijske omejitve (medosna razdalja).

Iz rezultatov preračuna je lepo vidna možnost optimizacije, saj ima krivulja vrednosti VKM minimum pri širini zob 9 mm in pri medosni razdalji 45 mm. Prav ta dva parametra dokazujeta pomembnost numeričnega pristopa pri optimiranju. Rezultat numeričnega optimiranja je potrebno zaokrožiti na standardne vrednosti, ki so povzete po geometrijski vrsti ali zaokrožene na celo število (npr. modul zob). Večkriterijski model je bil dodatno preverjen glede na medosno razdaljo za parametre zobnika ($b = 10$ mm; modul $m = 1$ mm). Na *sliki 4b* je razvidno, da je optimalni večkriterijski model za par materialov POM/PA66 pri medosni razdalji $\alpha = 45$ mm. Večkriterijski model je povzetek vseh kriterijev, kot je določeno v enačbi (1). Na *sliki 5* je prikazano, kako se obraba zmanjšuje, če se širina zobnika povečuje; kritičen je pogonski zobnik (pastorek). Na drugi strani se

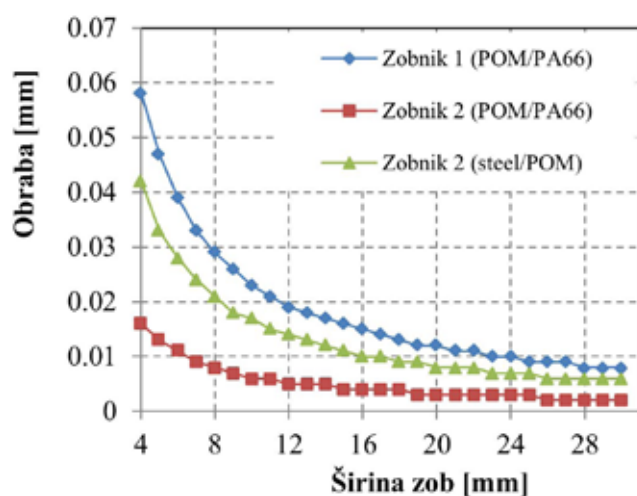


(a)

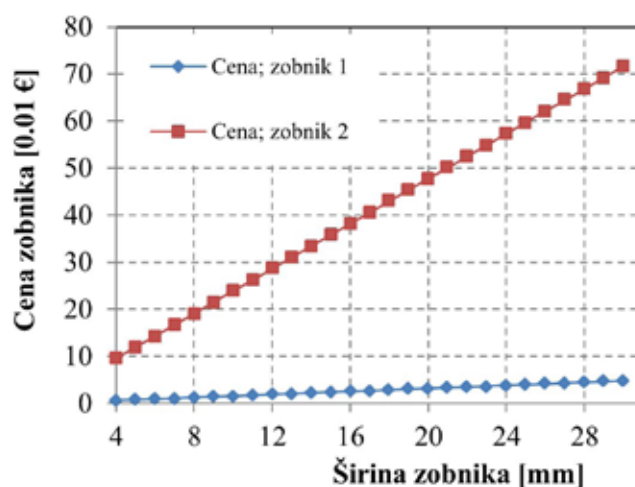


(b)

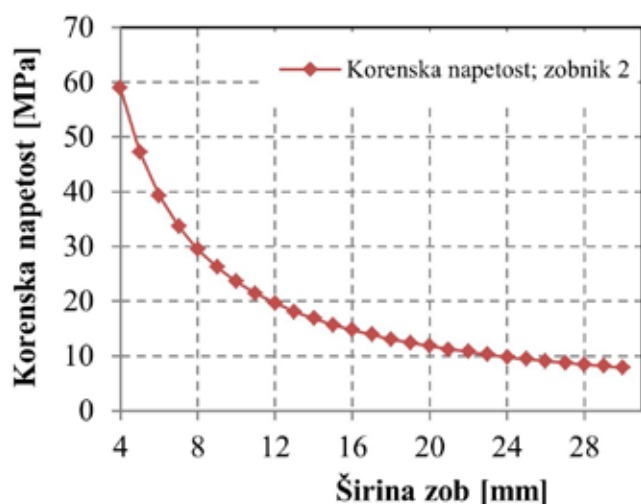
Slika 4 : Vrednosti VKM glede na (a) širino zobnika in (b) medosno razdaljo; $m = 1$ mm; $T_d = 0,5$ Nm; $n = 2400$ 1/min; $i = 4$; par POM/PA66. Podatki so izračunani v OptiTooth.



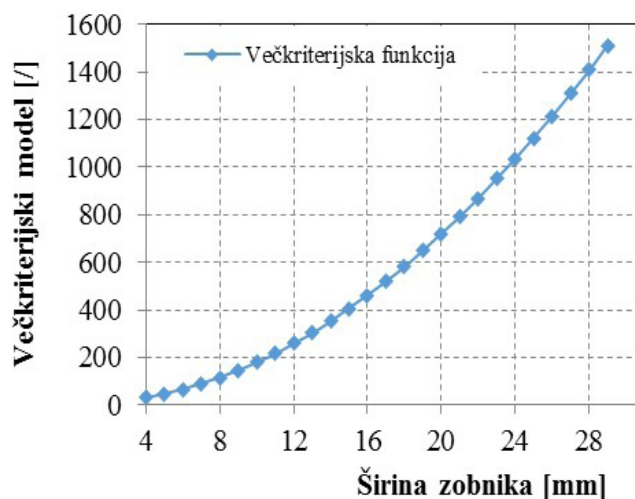
Slika 5 : Obraba glede na širino zobnika za POM/PA66 in za zobniški par materialov jeklo/POM. Parametri zobniškega para: $z_1 = 20$, $z_2 = 80$, $m = 1$ mm, $N_L = 10^7$; $T_d = 0,5$ Nm. Preračun izveden v OptiTooth.



Slika 6 : Prispevek širine zobnika k stroškom zobnika. Parametri zobnikov: $\alpha = 50$ mm; $i = 4$; $T_d = 0,5$ Nm; $n = 2400$ 1/min; par POM/PA66. Podatki so izračunani v OptiTooth.



Slika 7 : Širina zobnika glede na napetosti v korenu. Parametri zobnikov: $\alpha = 40$ mm; $i = 4$; $T_d = 0,5$ Nm; $m = 1$ mm, $N_L = 10^7$; par jeklo/POM. Podatki so izračunani v OptiTooth.



Slika 8 : Večkriterijski model glede na širino zobnika, če prevladujejo stroški. Zobniški par: $\alpha = 40$ mm; $i = 4$; $T_d = 0,5$ Nm; $m = 0,8$ mm; $C_{max} = 0,30$ €; materialni par jeklo/PEEK. Podatki so izračunani v OptiTooth.

prostornina in stroški linearno povečujejo s širino zobnika. Prevladujoč prispevek pri stroških ima tukaj gnani zobnik (slika 6). Logičen zaključek je, da se za pogonski zobnik mora uporabiti visoko zmogljiv material za uravnoteženo obremenitev obeh zobnikov.

Začetne zahteve pri zasnovi pogonskega sklopa že lahko vsebujejo zahtevo za medosno razdaljo. Drugi cilj, ki ga običajno zasledujemo pri konstruiranju, je, da je zobniški pogon čim bolj kompakten. Če je pogonski zobnik namesto iz polimera izdelan iz jekla, praviloma postane šibka točka gnani zobnik. V tem primeru lahko medosno razdaljo zmanjšamo s 50 na 40 mm, vendar je zaradi napetosti v korenu gnanega zobnika priporočljivo, da širina zobniške dvojice ostane $b = 10$ mm (slika 7). Jekleni pastorek je zaradi stroškov izdelave v takšni konfiguraciji dražji od gnanega zobnika, izdelanega iz POM s postopkom injekcijskega brizganja.

Če za gnani zobnik uporabimo visoko zmogljiv material, kot je PEEK, se lahko prostornina dodatno zmanjša; pri medosni razdalji $\alpha = 40$ mm lahko širino zobnika zmanjšamo z 10 mm na 5 mm ali celo 4 mm. Vendar nam zaradi visokih stroškov materiala PEEK večkriterijska funkcija na sliki 8 ne daje več značilnega funkcijskega minimuma, ampak se pojavi stalna progresija. Če ciljni stroški ostanejo pri $C_{max} = 0,30$ €, kot je v kombinaciji materialov POM/PA66, potem je stroškovni kriterij tako prevladujoč, da večkriterijska funkcija vedno narašča s širino zobnika (s prostornino). V takem primeru je potrebno ciljni strošek postaviti na realno vrednost ali pa vsak kriterij obravnavamo ločeno.

5 Diskusija

Tabela 1 dopolnjuje potrebne korektivne ukrepe z opisom splošnejših konstrukcijskih pravil in s smernicami za zasnovo polimernih zobnikov. Pravila temeljijo na izkušnjah avtorjev, zbranih pri večletnem testiranju polimernih zobnikov, izvajanju aplikativnih projektov in pregledu literature [2, 3, 5, 8–12].

5.1 Omejitev opravljene raziskave

Optimizacijski algoritem in izračun kriterijev temeljita na modelih, opredeljenih v VDI 2736 [4]. Ker predlagane smernice izvirajo iz modelov za kovinske zobnike, se v primeru polimernih zobnikov pojavi nekaj pomanjkljivosti. Korenska napetost, izračunana z modelom VDI 2736, je izrazito višja kot pri izračunu z metodo končnih elementov (MKE). Dejanska korenska trdnost polimernih zobnikov z večjim številom zob in nižjim modulom elastičnosti je višja, kakor je določeno po modelu z VDI 2736, ki ne upošteva deformacije zaradi obremenitve in s tem povečane stopnje prekrivanja [22]. Dodatna varnost, vgrajena v modelu po VDI 2736, zmanjšuje možnost kvalitetnega optimiranja geometrije zobnikov. Ugotavljamo, da navedene prepoznane razlike ne vplivajo na uporabnost predlaganega modela za večkriterijsko optimizacijo. Z dopolnitvami določenih računskih modelov po VDI 2736 se lahko priporočilo nadgradi. V primeru, da zasnova zobnikov temelji na karakteristikah materialov, ki so pridobljene s testnimi zobniki s podobno geometrijo in obratovalnimi parametri kot v aplikaciji, je vpliv napake v modelu VDI 2736 za preračun zobniške dvojice zmanjšan. Za grobo opredelitev geometrije in idejno zasnovu je predložena metoda po VDI 2736 primerna. Dopolnitev preračuna z uporabo

Tabela 1 : Smernice za zasnovno polimernih zobnikov

Tehnična zahteva pri zobniškem pogonu	Smernice za konstruiranje
Kompaktna oblika pogona	▶ Uporaba ojačanih/visoko zmogljivih materialov z izboljšanimi mehanskimi lastnostmi – zlasti za manjši zobnik v paru ▶ uporaba jekla (kovine) za manjši zobnik, ▶ izboljšana geometrijska kakovost zobnikov [12], prehod na drugo tehnologijo izdelave, ▶ nadzor nad konicami obremenitev in optimizacija volumna, ▶ uporaba koncepta porazdelitve moči na več zobniških dvojic (npr. uporaba planetnega gonila).
Običajna življenjska doba ($N_L < 5$ milijonov obremenitvenih ciklov)	▶ Uporaba ojačanih polimerov [9], ▶ izvedba natančnega preračuna za določanje realnih parametrov obratovanja.
Dolga življenjska doba ($N_L > 10$ milijonov obremenitvenih ciklov) zmanjšana obraba	▶ Pred uporabo ojačanih polimerov (kompozitov) preveriti dinamično trdnost materiala (osnovni polimeri so lahko boljši in cenejši od ojačanih) [9], ▶ mazanje (zagotavljanje obratovanja pri nižji temperaturi in večja obrabna obstojnost), ▶ preveriti koeficient obrabe in tribološko združljivost zobniškega para, ▶ kakovostno izdelani zobniki – geometrijska natančnost, prehod na drugo tehnologijo izdelave, ▶ mazanje z oljem namesto z mastjo.
Nižji stroški	▶ Uporaba osnovnih polimernih materialov, ki se proizvajajo masovno, ▶ optimizacija velikosti zobnikov (natančen preračun).
Pogon z nizkim nivojem hrupa	▶ Uporaba poševnih zobnikov (celotna stopnja prekrivanja > 2), ▶ v verigi zobnikov naj bodo izključno pari kovina-polimer ali polimer-polimer, ▶ izboljšati kakovost zobnikov (kakovostna stopnja Q9 ali boljša), ▶ napaka pri prenosu naj bo čim manjša [13], ▶ ustrezno določeno posnetje vrha zoba [10].
Robustno gonilo	▶ Nadzor konic pri obremenitvah in nadzor nad temperaturo zobnika, ▶ uporaba polimerov z nizkim koeficientom trenja (notranje mazivo) [9], ▶ uporaba maziv, da se zmanjša trenje, ki generira višjo temperaturo, ▶ uporaba materialov z dobrim odvajanjem toplote (steklena vlakna) ali brizganje s polimernega ozobja na kovinsko telo, ▶ uporaba polimerov, ki so odporni na višjo temperaturo, ▶ mazanje z oljem; olje zmanjšuje trenje in odvaja toploto, ▶ večja medosna razdalja in večji zobniki, ▶ polimerni zobniki, kombinirani s kovinskim zobnikom, ▶ uporaba visoko zmogljivih polimerov.
Robustno gonilo, specifični pristopi	▶ Asimetrični polimerni zobniki [14], ▶ uporaba S-profila zob [15–18], ▶ uporaba filmskih nanosov za boljše mazanje [19], ▶ zobniki z različno širino po višini zoba [20], ▶ jekleni vložki v polimernem zobniku za boljše hlajenje [21].

MKE je primerna za potrditev rezultatov preračuna za izbrano varianto.

Karakterizacija materialnih podatkov

Optimizacijski model temelji na tehničnih karakteristikah materiala. Podatki o materialu, ki jih na tehničnih listih dajejo na razpolago proizvajalci, praviloma ne omogočajo preračuna in večkriterijske optimizacije polimernih zobnikov. Tabela 2 določa parametre materialnega para, ki so potrebni pri optimiranju zobniške dvojice. Na osnovi ustaljenega postopka izvajamo pri razvoju polimernih zobniških parov po grobem izhodiščnem izračunu testiranje,

ki lahko traja več mesecev. Za zanesljivo primerjavo med različnimi polimernimi materiali je potreben konsistenten standardiziran postopek izvajanja testov.

V zadnjih desetletjih je bilo preizkušenih in analiziranih več polimernih materialov, vendar zelo pogosto na specifičen način, ki so ga raziskovalci prilagajali njihovim ciljem. Zato rezultatov ni mogoče primerjati in uporabiti v postopku optimizacije. Večina znanstvenih preizkusov trajnosti traja le do nekaj milijonov obremenitvenih ciklov in s specifičnim raziskovalnim poudarkom. Rezultatov ni mogoče uporabiti za aplikacije, kjer je potrebnih več kot 10

Tabela 2 : Zahtevane lastnosti polimerne materiala za natančno optimizacijo

Karakteristike materiala	Vrsta testa	Komentar
Modul elastičnosti $E(\vartheta)$ [MPa]	Univerzalni trgalni stroj s temperaturno komoro	Podatki za modul elastičnosti morajo določiti njegovo odvisnost od temperature oz. prehodne snovne točke.
Dinamična trdnost $\sigma_F(\vartheta, N_L)$ [MPa]	Test na preizkuševališču za zobnike v paru z jeklenim zobnikom ali poseben dinamični preizkus, ki omogoča ciklično obremenjevanje pri kontrolirani temperaturi	Dinamična trdnost v odvisnosti od števila obremenitev in temperature.
Bočna trdnost $\sigma_H(\vartheta, N_L)$ [MPa]	Test na preizkuševališču za zobnike, tek v olju	Test v olju je potreben, sicer prej nastanejo druge oblike poškodb.
Koeficient trenja* μ [/]	Test na preizkuševališču za zobnike + meritev temperature ali test z valji (Twin-disc)	Koeficient trenja ni lastnost posameznega materiala, temveč para materialov.
Koeficient obrabe* k_w [10^{-6} mm ³ / Nm]	Test na preizkuševališču za zobnike + meritev obrabe ali test z valji (Twin-disc) – druga varianta	Koeficient obrabe ni lastnost posameznega materiala, temveč para materialov.
Koeficient prevoda toplote	Test za določanje linearnega koeficienta prenosa toplote kot tudi koeficienta prenosa toplote v prostoru	Bistveno za določitev dejanske temperature v ubirni točki in samem telesu.

* Če aplikacija deluje v ekstremnih pogojih, je treba koeficienta trenja in obrabe izmeriti pri takih ekstremnih temperaturah in drugih pogojih.

milijonov obremenitvenih ciklov. Korak naprej je bil narejen v 4. delu smernice VDI 2736, kjer so določeni geometrija testnih zobnikov in preizkusni pogoji. VDI 2736 predlaga preizkuse s pogonskim jeklenim zobnikom in gnanim polimernim zobnikom. Takšni preizkusi so potrebni, ker je kombinacija manjših kovinskih zobnikov in polimernih zobnikov pogosta rešitev v aplikacijah. Po drugi strani za optimizacijo zobniških parov polimer/polimer pridobljene informacije iz takšnega testa niso dovolj. Koeficient trenja in faktor obrabe sta lastnosti para materialov in ne enega samega materiala [9]. Poleg mehanskih lastnosti iz *tabele 2* obstajajo nekatere dodatne značilnosti, potrebne za optimizacijo zobnikov, kot je koeficient prenosa toplote po temperaturnem modelu VDI 2736. Za nove materialne pare je potrebna karakterizacija parametra v VDI-enačbi na podlagi zobniških testov.

6 Zaključki

Glavni prispevek raziskave je večkriterijski model, ki omogoča izvedbo postopka optimizacije polimernih zobniških parov. Postopek numerične optimizacije zasnove zobnikov temelji na variaciji konstrukcijskih parametrov polimernih zobnikov in hkratnem upoštevanju kriterijev napetosti v korenu, na bokih, temperature zobnika, obrabe, deformacije zob, stroškov in prostornine pri posamezni izvedenki. Bistveno pri numerični optimizaciji je, da

uporabljamo standardizirane vrednosti parametrov, ki so splošno uporabljene v inženirski praksi. Avtorji so razvili računalniški program OptiTooth, ki omogoča uporabniku prijazno izvajanje optimizacijskih iteracij. Konstrukter ima sistematičen pregled nad različnimi možnostmi in občutljivostjo posameznih kriterijev na konstrukcijske parametre zobnikov. Poleg tega so bili postavljeni smernice in pravila za zasnovo polimernih zobnikov, ki znatno pospešijo izbiro pravih konstrukcijskih parametrov med postopkom optimizacije.

Model za večkriterijsko optimizacijo polimernih zobnikov je dodatno predstavljen na primeru uporabe. Demonstracija vključuje začetne konstrukcijske zahteve za zobniško dvojico in več diagramov, ki predstavljajo, kako spreminjanje konstrukcijskih parametrov vpliva na različne kriterije. Primer vsebuje tudi varianto z jeklenim pogonskim zobnikom in gnanim zobnikom iz visoko zmogljivega polimera PEEK. Nujni predpogoj za predstavljeni model optimizacije zobnikov je razpolaganje s tehničnimi karakteristikami uporabljenih materialov. Če koeficient trenja ali koeficient obrabe za določen par polimernih materialov ni na voljo, podrobne napovedi trajnosti ni mogoče izvesti. Zato so raziskovalne dejavnosti laboratorija LECAD trenutno osredotočene na sistematično preizkušanje obetavnih polimernih materialnih parov in zbiranje specifičnih materialnih karakteristik, ki so potrebne za izvedbo dimenzioniranja zobnikov in večkriterijske optimizacije.

Reference

- [1] S. Senthilvelan, R. Gnanamoorthy, Damage Mechanisms in Injection Molded Unreinforced, Glass and Carbon Reinforced Nylon 66 Spur Gears, *Appl. Compos. Mater.* 11 (2004) 377–397. <https://doi.org/10.1023/B:ACMA.0000045313.47841.4e>.
- [2] P. K. Singh, Siddhartha, A. K. Singh, An investigation on the thermal and wear behavior of polymer based spur gears, *Tribol. Int.* 118 (2018) 264–272. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.10.007>.
- [3] B. Černe, M. Petkovšek, J. Duhovnik, J. Tavčar, Thermo-mechanical modeling of polymer spur gears with experimental validation using high-speed infrared thermography, *Mech. Mach. Theory.* 146 (2020) 103734. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.103734>.
- [4] VDI 2736: Blatt 2, Thermoplastische Zahnräder, Stirngetriebe, Tragfähigkeitsberechnung. VDI Richtlinien, (2014).
- [5] J. Tavčar, B. Černe, J. Duhovnik, D. Zorko, A multicriteria function for polymer gear design optimization, *J. Comput. Des. Eng.* (2021). <https://doi.org/10.1093/jcde/qwaa097>.
- [6] J. Tavčar, J. Kos, D. Zorko, J. Duhovnik, A multi-criteria polymer gears design optimisation procedure, in: *Proc. 3rd Int. Conf. High Perform. Plast. Gears 2019*, Garching/Munich, Germany, 2019: pp. 1473–1484.
- [7] B. Černe, Napovedni model za določitev termomehanskega stanja valjastih polimernih zobnikov med obratovanjem, Doktorsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2020.
- [8] A. Pogačnik, J. Tavčar, An accelerated multilevel test and design procedure for polymer gears, *Mater. Des.* 1980–2015. 65 (2015) 961–973. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.10.016>.
- [9] J. TAVČAR, G. GRKMAN, J. DUHOVNIK, Accelerated lifetime testing of reinforced polymer gears, *J. Adv. Mech. Des. Syst. Manuf.* 12 (2018) JAMDSM0006–JAMDSM0006. <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2018jamdsm0006>.
- [10] D. Zorko, S. Kulovec, J. Duhovnik, J. Tavčar, Durability and design parameters of a Steel/PEEK gear pair, *Mech. Mach. Theory.* 140 (2019) 825–846. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.07.001>.
- [11] D. Zorko, I. Demšar, J. Tavčar, An investigation on the potential of bio-based polymers for use in polymer gear transmissions, *Polym. Test.* (2020) 106994. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106994>.
- [12] B. Cerne, D. Zorko, J. Duhovnik, J. Tavcar, R. Zavbi, Flash Temperature Analysis Method for Polymer Gears With Consideration of Deviations in Meshing Kinematics, in: *IDETC-CIE2019, Volume 10: 2019 International Power Transmission and Gearing Conference*, 2019. <https://doi.org/10.1115/DETC2019-97824>.
- [13] P. K. Meuleman, D. Walton, K. D. Dearn, D. J. Weale, I. Driessen, Minimization of transmission errors in highly loaded plastic gear trains, *Proc. Inst. Mech. Eng. Part C J. Mech. Eng. Sci.* 221 (2007) 1117–1129. <https://doi.org/10.1243/09544062JMES439>.
- [14] A. Karthik Pandian, S. S. Gautam, S. Senthilvelan, Experimental and numerical investigation of the bending fatigue performance of symmetric and asymmetric polymer gears, *Proc. Inst. Mech. Eng. Part J. Mater. Des. Appl.* 234 (2020) 819–834. <https://doi.org/10.1177/1464420720909486>.
- [15] D. Zorko, S. Kulovec, J. Tavčar, J. Duhovnik, Different teeth profile shapes of polymer gears and comparison of their performance, *J. Adv. Mech. Des. Syst. Manuf.* 11 (2017) JAMDSM0083–JAMDSM0083. <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2017jamdsm0083>.
- [16] J. Duhovnik, D. Zorko, L. Sedej, The effect of the teeth profile shape on polymer gear pair properties, *Teh. Vjesn. - Tech. Gaz.* 23 (2016). <https://doi.org/10.17559/TV-20151028072528>.
- [17] D. Zorko, B. Černe, J. Duhovnik, R. Žavbi, J. Tavčar, Conversion Model for the Design of Steel and Polymer S-Gears, in: *IDETC-CIE2019, Volume 10: 2019 International Power Transmission and Gearing Conference*, 2019. <https://doi.org/10.1115/DETC2019-97817>.
- [18] D. Zorko, Konstruiranje in preračun polimernih zobnikov z S ozobjem, Doktorsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2019.
- [19] K. D. Dearn, T. J. Hoskins, L. Andrei, D. Walton, Lubrication Regimes in High-Performance Polymer Spur Gears, *Adv. Tribol.* 2013 (2013) 1–9. <https://doi.org/10.1155/2013/987251>.
- [20] H. Düzcükoğlu, PA 66 spur gear durability improvement with tooth width modification, *Mater. Des.* 30 (2009) 1060–1067. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.06.037>.
- [21] C. H. Kim, Durability improvement method for plastic spur gears, *Tribol. Int.* 39 (2006) 1454–1461. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2006.01.020>.
- [22] C. Hasl, H. Liu, P. Oster, T. Tobie, K. Stahl, Forschungsstelle fuer Zahnraeder und Getriebbau (Gear Research Centre), Method for calculating the tooth root stress of plastic spur gears meshing with steel gears under consideration of deflection-induced load sharing, *Mech. Mach. Theory.* 111 (2017) 152–163. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2017.01.015>.

Multicriteria optimisation model for polymer gears

Abstract:

The design of polymer gears is a demanding process due to the multitude of interconnected material, geometric and operational parameters, which together form a very complex system for analytical treatment. Polymer gears fail due to various forms of damage mechanisms such as wear, breakage due to fatigue, damage caused by elevated temperature, and flank damage due to pitting. The type of damage mechanism that will occur during gear running depends on the operating conditions. At high torque loads, the gear pair will e.g. be damaged due to excessive temperature load, at lower load due to wear, in case of lubrication the tooth breakage will in general occur due to fatigue of the material. Due to the wide range of mechanical properties, thermal characteristics and tribological conditions, the failure behaviour of polymer gears is very diverse. The main contribution of this article is a multi-criteria model that allows simultaneous consideration of different criteria such as: root and flank stress, gear temperature at the root, temperature in tooth contact, wear, deformation, cost and volume. The optimization model is presented on a test case of a selected helical gear pair. The authors developed a multi-criteria model into the computer program OptiTooth intended for the calculation and optimization of cylindrical gears. In the first step, the algorithm allows to vary the geometry according to different criteria: number of teeth (z_1 , z_2), gear width (b), helix angle (β) and normal modulus (m_n). Subsequently, the engineer has an overview of a large number of possible solutions and also of the influence of various design parameters on the target criteria and the overall value of the multicriteria function. In a few computational iterations and changes in design parameters, the optimized geometry of the gear pair can be obtained.

Keywords:

polymer gears, failure type, wear, temperature, multi-criteria function

Zahvala

Raziskavo je delno financiral projekt MAPgears (projekt sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija v okviru Evropskega sklada za regionalni razvoj, pogodba št. C3330-18-952014), delno pa Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (pogodba št. 630-33 / 2019-1).

Projekt 'Razvoj centralnega pogona za e-bike' prejemnik ZLATEGA NACIONALNEGA PRIZNANJA ZA INOVACIJE GZS

Raziskovalci laboratorija LeCAD so prispevali k razvoju pogonskega sistema z ohišjem



Vodilni partner: Partnerji na projektu:

DOMEL

PODKRIŽNIK

EmsiSO

Storitve LeCADA za industrijo:

- svetovanje in ekspertna podpora pri razvoju izdelkov,
- razvoj izdelkov na ključ,
- podatkovna analitika pri razvoju izdelkov,
- napredne numerične simulacije,
- testiranje polimernih zobnikov,
- aplikacije superračunalništva.



AGILNI RAZVOJ KOMPLEKSNIH MEHATRONSKIH SISTEMOV

Damijan Zorko, Borut Černe, Jože Tavčar, Ivan Demšar

Izveček:

Današnji hitro se razvijajoči in spreminjajoči trg narekuje nenehne spremembe konstrukcijskih zahtev med razvojnim procesom nekega izdelka. Kako bo sprememba zahtev vplivala na razvojni proces, je odvisno od kompleksnosti izdelka in razvojne faze, v kateri se sprememba zahtev pojavi. Principi agilnosti in metode, ki te principe upoštevajo, pomagajo pri uspešnem uvajanju sprememb v procesu razvoja izdelka. V prispevku so podane smernice za razvoj kompleksnih mehatronskih izdelkov z upoštevanjem principov agilnosti. Smernice so bile postavljene na podlagi kritičnega pregleda razvojnega procesa pogona e-kolesa, ki je v letu 2020 prejel zlato priznanje za inovativnost Gospodarske zbornice Slovenije (GZS).

Ključne besede:

agilne metode, agilni razvoj proizvodov, konstruiranje, e-mobilnost, e-kolo

1 Uvod

Konkurenca na svetovnem trgu zahteva funkcionalne izdelke vedno večje kompleksnosti, krajši čas dobave in nižje stroške. Glavni izziv pri procesu razvoja izdelka je, kako narediti inženirske ekipe bolj učinkovite, inovativne in hkrati skrajšati čas razvoja izdelka. V zadnjih dveh desetletjih sta se pri razvoju izdelkov uspešno uporabljali metodologija sočasnega inženirstva in vitka metodologija [1, 2], kljub temu še vedno ostaja več izzivov pri optimizaciji procesa razvoja izdelkov. Agilni razvoj se je izkazal kot zelo uporabno orodje pri razvoju programske opreme [3], pri razvoju fizičnih izdelkov pa je bilo do sedaj mogoče opaziti le omejeno uporabo te metodologije.

Agilne metode so se pojavile v sredini 80. let na področju programske opreme. Leta 2001 je skupina 17 razvijalcev programske opreme formulirala t. i. Agilni manifest [4] z opisom osnovnih pristopov, manifest pa dopolnjuje 12 principov agilnosti. Pri agilnosti gre za sposobnost hitrega odzivanja na spremembe, kar je še posebno pomembno v negotovem turbulentnem okolju globalnega trga. Poznanih je več tehnik, ki upoštevajo principe agilnosti, med katerimi velja omeniti metodo Scrum, »ekstremno programiranje« in funkcijsko voden razvoj (ang. *feature-driven development*).

Najpogosteje uporabljana metoda je Scrum (Schwaber et al. [5]), ki je namenjena za reševanje zapletenih, spremenljivih razvojnih problemov. Agilne metode so bile razvite in najprej uporabljane na področju razvoja programske opreme, zato je izven tega področja potrebno posamezne prakse prilagoditi področju uporabe. Riesener et al. [6] je uvajal agilne metode v razvoj kompleksnih fizičnih sistemov in ugotovil, da obstoječe metode, temelječe na razvoju programske opreme, v izvorni obliki niso popolnoma ustrezne za tovrstne razvojne procese. Po drugi strani Sommer et al. [7] trdijo, da tipični linearni postopki razvoja izdelkov prav tako ne zagotavljajo iterativne prilagodljivosti, ki je značilna za sodobne razvojne projekte. Kot alternativo predlagajo hibridno metodo, ki združuje elemente agilnih in linearnih razvojnih pristopov. Za premagovanje težav pri prenosu agilnih metod s področja razvoja programske opreme na področje razvoja fizičnih izdelkov lahko pomaga sistematična uporaba tehnologij 3D tiska [8]. Poleg tega zgodnja uporaba CAD in numeričnih simulacijskih orodij v razvojnem procesu omogoča izdelavo virtualnih prototipov (VP), ki lahko postopek pospešijo tako, da tvorijo osnovo za hitro evalvacijo, razpravo in oblikovanje novih idej znotraj inženirske ekipe [9]. Varl et al. [10] so v skladu z agilnimi in vitkimi principi reorganizirali konstrukcijski in proizvodni proces v individualni proizvodnji.

Dr. Damijan Zorko, mag. inž., **dr. Borut Černe**, mag. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; **izr. prof. dr. Jože Tavčar**, univ. dipl. inž., Univerza v Lundu, Švedska; **dr. Ivan Demšar**, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Predstavljeni članek opisuje empirično študijo razvoja kompleksnega mehatronskega izdelka, pri katerem so avtorji sodelovali kot razvojni inženirji. Na podlagi izkušenj, pridobljenih med razvojnim procesom, je bila razvita splošna smernica, ki upošteva principe agilnosti in je primerna za razvoj kompleksnih mehatronskih sistemov.

2 Metodologija

Med raziskavo je bil kritično pregledan potek razvojno-konstrukcijskega procesa pogona za e-kolo. Trg e-koles je že več let izredno hitro se razvijajoč, zato so bile spremembe konstrukcijskih zahtev med razvojnim procesom neizbežne. Posebnost trga e-koles je, da je uvajanje novosti vezano na letno sezono, kar posledično narekuje razpon časovnega okna razvojnega cikla. Glede na zahtevano odzivnost v projektu so bile uporabljene metode agilnega razvoja, ki so bile za potrebe razvoja izdelka ustrezno prilagojene.

Na podlagi kritičnega pregleda in identifikacije ključnih problemov v razvojnem projektu so bile predlagane izboljšave procesa. Bistveni del agilnih metod je delujoč prototip, ki je testiran na koncu vsake iteracije/cikla. Pri razvoju fizičnih izdelkov to seveda ni izvedljivo zaradi finančnih in časovnih omejitev. Raziskana sta vpliv in uporabnost virtualnih prototipov in različnih fizičnih prototipov (oblikovni in funkcionalni) kot tudi uporaba delnih prototipov, ki imajo pri razvoju kompleksnejših fizičnih izdelkov velik potencial za zmanjševanje stroškov in krajšanje časa razvojnega cikla.

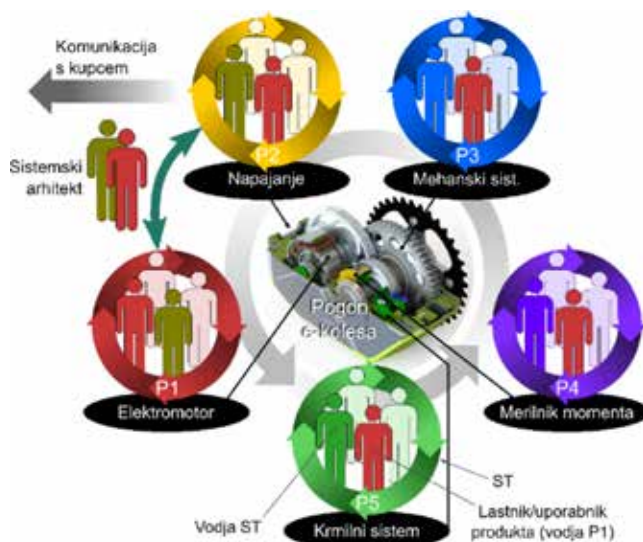
2.1 Ozadje projekta

Cilj projekta je bil razvoj novega pogona za e-kolo. Gre za kompleksen mehatronski izdelek, ki ga je bilo zaradi hitro razvijajočega se trga potrebno razviti v čim krajšem času. Kupec pogona je imel ob začetku projekta izoblikovane zahteve, ki so temeljile na obstoječih konkurenčnih izdelkih in informacijah končnih kupcev. Spremembe na trgu električnih koles in stalna interakcija z naročnikom so vodile do večkratnih sprememb zahtev. Uvajanje sprememb v razvojni proces je bilo izvedeno s kombinacijo metod agilnega in sočasnega razvoja. Poudariti je potrebno, da so bili v izhodišču postavljeni zelo kratek razvojni časovni rok in izjemno zahtevne specifikacije glede volumna in mehanske zmogljivosti pogona. V tem okviru se je oblikovala mednarodna razvojna skupina, ki je zajemala strokovnjake s specifičnimi znanji, potrebnimi za razvoj tako kompleksnega pogonskega sistema.

2.1.1 Sestava razvojne ekipe

Pri projektu je sodeloval konzorcij partnerjev, katerih naloge so bile sledeče:

- ▶ partner P1: sistemski arhitekt, vodenje projekta, razvoj elektromotorja, testiranje fizičnih prototipov;
- ▶ partner P2: razvoj baterije in priprava za vgradnjo, naročnik projekta, vodenje projekta, komunikacija s kupci;
- ▶ partner P3: razvoj mehankega dela pogona;
- ▶ partner P4: razvoj momentnega senzorja;
- ▶ partner P5: razvoj krmilnega sistema.



Slika 1: Sestava razvojne ekipe

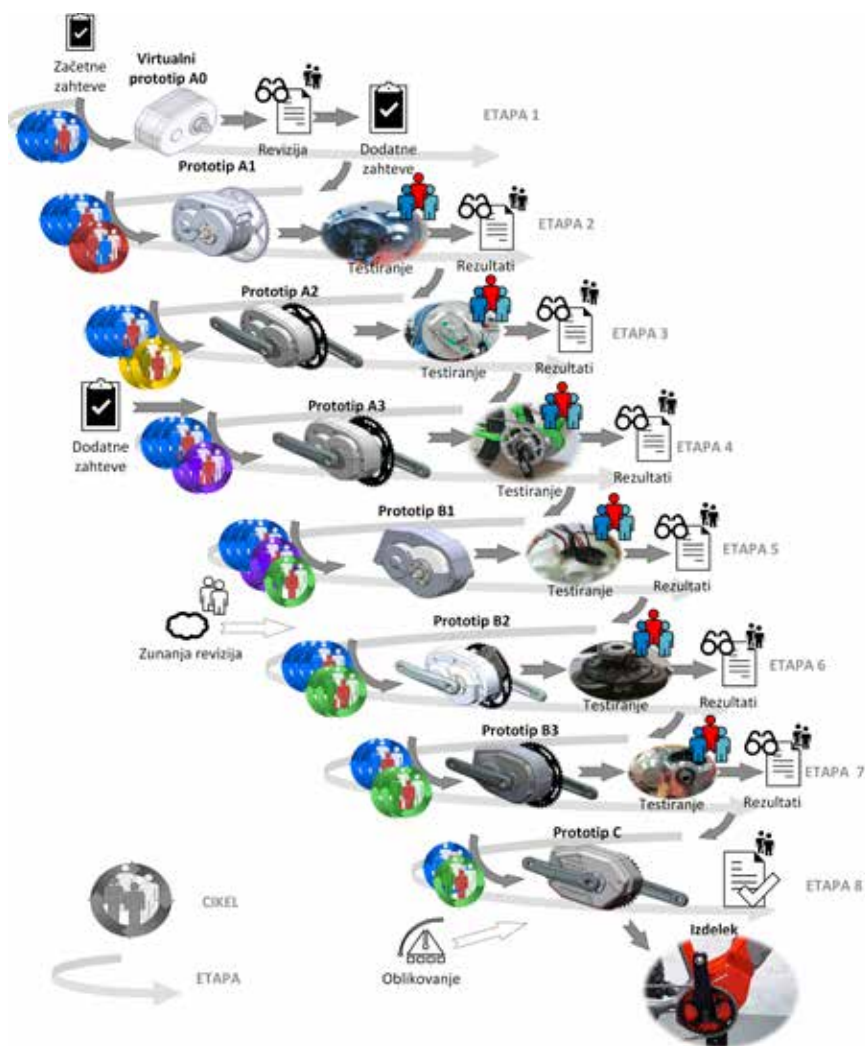
Pri tem je bil partner 2 sočasno tudi kupec pogona in tržnik celotnega sistema (pogon + napajanje + krmilni sistem) nadaljnjim kupcem, tj. kolesarskim podjetjem. Partner 1 je imel direktno pogodbeno razmerje s kupcem pogona (partnerjem 2), medtem ko so bili preostali partnerji v pogodbenem razmerju z njim.

Razvoj celotnega pogona je bil na začetku razdeljen na razvoj manjših podskeopov, ti so bili: elektromotor, mehanski prenosnik moči, močnostna in krmilna elektronika, merilnik momenta in vrtilne hitrosti ter sklop priključkov. Posamezne sklope so razvijali različni timi, pri čemer sta bila zaradi medsebojne odvisnosti med sklopi potrebna redna komunikacija in usklajevanje med njimi (slika 1).

2.1.2 Potek razvojno-konstrukcijskega procesa

Potek razvoja pogona je shematsko predstavljen na sliki 2. Razvojne ekipe (ang. *Scrum teams*; nadalje ST) so v osmih t. i. *etapah* razvile izdelek, ki je bil primeren za postavitve na trg. Rezultat vsakokratne etape je bil fizični prototip, le po prvi etapi je bil to virtualni prototip AO. Znotraj posamezne etape je bilo izvedeno večje število ciklov (*sprintov*). Rezultati ciklov so bili virtualni prototipi, ki so bili ustrezno ovrednoteni in predstavljeni kupcu pogona.

Po potrditvi začetnih zahtev in želja naročnika je bila izdelana konceptna zasnova pogona, imenovana VP AO. Razvoj je potekal tako, da so bile najprej izbrane osnovne komponente (motor, prenosniki, gredi, ležaji, ...), ki so bile v nadaljevanju preračunane po pripadajočih standardih in ustrezno dimenzionirane. Sledilo je dodajanje ostalih komponent (sklopke, senzorji, ohišje itd.). Pri vsem tem so bile upoštevane dane omejitve predvsem glede prostora.



Slika 2 : Potek razvojno-konstrukcijskega procesa pogonskega sistema

Po predstavitvi VP-ja A0, ki je izpolnjeval vse v začetku postavljene zahteve glede mehanskega dela, je sledila prva sprememba specifikacij. Na tem mestu se je za 10 % podaljšala zahtevana življenjska doba, hkrati pa so se zmanjšale dopustne zunanje dimenzije (dolžina 12 %, širina 7 %, višina 4 %) in masa (za 25 %) pogona. ST, ki je delal na sklopu mehanskega dela, je nadaljeval novo iteracijo z upoštevanjem spremenjenih specifikacij. Med več cikli in ovrednotenjem VP-jev smo pripeljali konstrukcijo pogona do faze, ki je bila primerna za izdelavo prvega funkcionalnega fizičnega prototipa, poimenovanega prototip A1. V tej fazi prototip še ni imel predvidenega prostora za priključke, vgrajenega merilnika momenta in elektronike. Prototip A1 je bil namenjen za testiranje

funkcionalnosti mehanskega dela in je bil testiran na preizkuševališču z zavoro, sicer namenjenemu testiranju elektromotorjev (slika 3). Poleg testiranja funkcionalnosti so bile na prototipu izvedene tudi meritve temperature in hrupa. Izdelovalne tehnologije so bile

prilagojene številu izdelanih kosov. Ohišje pogona – najbolj kompleksen kos v sestavi – je bilo izdelano na CNC rezkalnem stroju.

Na osnovi uspešno izdelanega prototipa A1 je sledilo nadaljevanje projekta, ko je bilo potrebno odpraviti pomanjkljivosti, opažene pri montaži in kasnejšem testiranju prototipa A1. Hkrati je bilo potrebno konstrukcijo prilagoditi za vgradnjo sklopa z električnimi priključki. Določiti je bilo potrebno tudi pritrdilna mesta merilnika momenta ter pritrditev močnostne in krmilne elektronike. Fizični prototip A2 omenjenih sklopov še ni imel vgrajenih, ohišje pa je bilo že prilagojeno njihovi vgradnji in vgradnji pogona v posebej izdelan prilagojen okvir kolesa, prikazan na sliki 4. Preverjanje ustreznosti sklopa priključkov je bilo kasneje narejeno na 3D tiskanem oblikovnem prototipu A2 (slika 4).

Po predstavitvi prototipa A2 se je pojavila druga sprememba specifikacij, ker se je za 100 % povečala največja zahtevana moč motorja. Hkrati z zahtevanim povečanjem moči se je poostрила zahteva glede dopustne temperature ohišja, ker se je ta zmanjšala za 25 %. Zaradi slabega izkoristka motorja pri danem prestavnem razmerju in obratovanju pri povečani moči je bilo potrebno konstruirati gonilo z večjim prestavnim razmerjem, ki ga je bilo potrebno vgraditi v enak volumen. Rešitev problema ni bila trivialna in je zahtevala več dodatnih komponent, potrebnih za zagotavljanje predpisane življenjske dobe pogona.



Slika 3 : Testiranje prototipa A1 na preizkuševališču z zavoro in okvara, do katere je prišlo med testiranjem



Slika 4 : Slika funkcionalnega prototipa A2, testiranega na kolesu, in 3D tiskanega oblikovnega prototipa, namenjenega za testiranje ustreznosti sklopa priključkov

Prototip A3 je imel predviden prostor za vgradnjo sklopa priključkov in vgradnjo merilnika momenta ter elektronike (močnostno in signalno vezje). Namenjen je bil za testiranje funkcionalnosti mehanskega dela ter močnostne in krmilne elektronike pri večji zahtevani moči. Na prototipu A3 so bile ponovno izvedene tudi temperaturne meritve in meritve hrupa.

Med izdelavo prototipa A3 je kupec zahteval spremenjeno vpetje pogona v okvir kolesa, ki je rezultiralo v prototip B1, ki je imel spremenjeno ohišje, preostali mehanski del pa je ostal bolj ali manj enak prototipu A3. Pri testiranju prototipov verzije A3 in B1 so se pojavljale določene napake, ki jih je bilo potrebno hitro rešiti zaradi približevanja dogovorjenih rokov. Zaradi vpetosti članov razvojnega tima v obstoječo konstrukcijo je bila opravljena zunanja revizija. Na podlagi ugotovitev zunanje revizije in po uskladitvi z razvojnim timom so bili oblikovani korektivni ukrepi, ki so rezultirali v prototip B2, ki je na testih pokazal izpolnjevanje zahtevanih funkcionalnosti. Ob prehodu na prototip B3 je bil dodan še zunanji dizajn ohišja, ki po predstavitvi fizičnega prototipa prodajalcem e-koles ni bil potrjen. Tako je naročnik zahteval implementacijo novega dizajna ohišja, ki ga je predlagal zunanji industrijski oblikovalec, kar je rezultiralo v prototip verzije C. S potrditvijo tega prototipa sta se pričeli serijska proizvodnja pogona in njegova vgradnja v e-kolesa.

učinkoviti in so dober nadomestek za fizične.

2. Razvoj izdelka na podlagi predvidevanj želja kupcev. Kupec ponavadi ugotovi, kaj si želi, šele, ko določeno zahtevo vidi realizirano oziroma je to predstavljeno na virtualnem ali na fizičnem prototipu.
3. Potreba po izdelavi in testiranju delnih prototipov za hitro testiranje posameznih delnih funkcij – npr. ločeno testiranje življenjske dobe planetnega gonila oz. dvostopenjskega gonila brez vključitve grednega sistema na osi gonilke ali pa testiranje delovanja sistema gonilke brez električnega pogona ipd.
4. Problem sočasnega razvoja celotnega mehatronskega sistema. Dokler mehanski del ni bil pretežno razvit, ni bilo mogoče testirati krmilnega sistema. Napake na mehanskem delu so onemogočale testiranje krmilnega dela.
5. Prekomerno število sestankov s celotno razvojno ekipo. Ti sestanki bi se morali izvajati mesečno ali glede na trenutne potrebe (zmerno) in zajemati samo teme, relevantne za vse ST.
6. Pomanjkljivo vodenje seznama aktivnosti (ang. *product backlog*) in izvedba revizij rezultatov po vsakem razvojnem ciklu. Kadar je razvojna ekipa sestavljena iz več podjetij, se pojavi problem, ker nimajo vsi člani dostopa do vseh informacij ali do zadnje verzije dokumentov. Dodatna težava projekta je tudi vključitev več različnih partnerjev iz različnih lokacij, kar otežuje hitro komunikacijo in ustrezen pretok informacij.

2.2 Identifikacija ključnih težav v razvojnem procesu

Po uspešno končanem projektu je bil opravljen kritičen pregled celotnega procesa s ciljem identifikacije ključnih težav v razvojnem procesu. Na podlagi tega pregleda so bile oblikovane smernice za razvoj fizičnih izdelkov z upoštevanjem principov agilnosti. Izmed opaženih pomanjkljivosti lahko kot ključne izpostavimo sledeče:

1. Fizični prototipi so nepogrešljivi pri povsem novih izdelkih, kjer je veliko število novosti in negotovosti. Za izdelavo fizičnega prototipa so potrebni določen čas in stroški, kar predstavlja dodatno oviro. Virtualni prototipi v obliki CAD-modelov ali numeričnih modelov so lahko zelo

3 Smernica za agilni pristop k razvoju kompleksnih mehatronskih sistemov

Na podlagi analize procesa razvoja pogona za e-kolo in identifikacije kritičnih točk je bila razvita prilagojena smernica za razvoj kompleksnih fizičnih izdelkov z upoštevanjem principov agilnosti. Ključne točke, ki jih predvideva smernica, so opisane v nadaljevanju:

1. Izdelek razdelimo na posamezne sklope, ki so med seboj sicer odvisni in v končni fazi sestavljajo celoten izdelek, jih je pa mogoče do neke mere razvijati posamično in sočasno.
2. Na razvoju posameznih sklopov delajo timi, ki so sestavljeni iz članov s specifičnimi znanji, potrebnimi za razvoj tega sklopa. Delo na posame-

znih sklopih naj poteka v okviru primerne agilne metode. V analiziranem primeru se Scrum izkaže kot primerna osnova.

3. Ključno je sprotno testiranje izdelka. Slednje razvrščamo v dve kategoriji:

a) Tehnično testiranje funkcionalnosti

Tehnično testiranje poteka na štirih nivojih:

- ▶ testiranje VP (izvedeno med vsakim ciklom, uporabimo lahko orodja, kot je Analiza možnih napak in njihovih posledic (FMEA) – *slika 5*, in numerične simulacije – *slika 6*),
- ▶ testiranje delnih prototipov (izvedeno po ciklih, ki so bili identificirani kot kritični),
- ▶ testiranje celovitih prototipov posameznega ST (izvedeno po vsaki etapi),
- ▶ testiranje celovitega fizičnega prototipa, v katerem so združeni rezultati dela vseh ST – prototip celotnega izdelka.

Za testiranje funkcionalnosti celotnega izdelka je celovit fizični prototip nujno potreben. Ta je rezultat združitve uspešno izvedenih etap vseh vključenih ST. Izdelava celovitega fizičnega prototipa traja določen čas in navadno zahteva visoke stroške. Posamezni sklopi izdelka so med seboj povezani, vendar ni nujno, da so potrebni

za testiranje v vseh fazah. Navadno je možno teste izvajati tudi na fizičnih prototipih, ki zajemajo le razvojno delo posameznega ST ali omejenega števila ST.

b) Testiranje sprejemanja izdelka pri potencialnih kupcih

Rezultat vsakokratnega cikla je VP. Skupek funkcionalnih VP-jev (takih, ki po analizah izpolnjujejo vse zastavljene tehnične pogoje) je mogoče združiti v celovit VP, ki ga lahko predstavimo potencialnim kupcem (to lahko olajša uporaba strojne opreme AR ali VR). S preverjanjem odziva kupcev se identificirajo potrebne spremembe, ki bodo doprinesle k večji vrednosti izdelka. Povratne informacije kupcev je potrebno v čim večji meri upoštevati v naslednji iteraciji. Spremembe si želimo predvsem v zgodnejših fazah razvoja, zato sta komunikacija s kupci in predstavitev sprotnih rezultatov v zgodnejših fazah (in s tem identifikacija želja kupcev) še posebej pomembni.

4. Identificirati je potrebno segmente, ki se lahko razvijajo naprej, med tem, ko se čaka na izdelavo in testiranje fizičnega prototipa. Stremimo k optimalnemu vzporednemu izvajanju razvojnih procesov.
5. Pri razvoju popolnoma novega kompleksnega

ANALIZA MOŽNIH NAPAK IN UČINKOV

FMEA konstrukcije

1

1-Slovensčina,
2-English,
3-German

Izdelek, proces

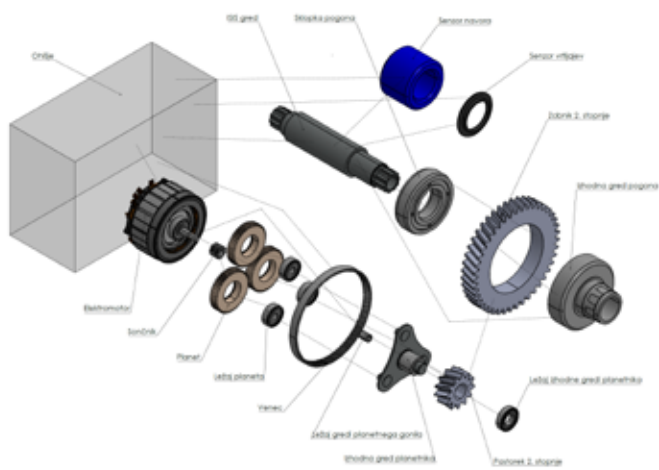
e - DRIVE

Model/Leto/Vozilo

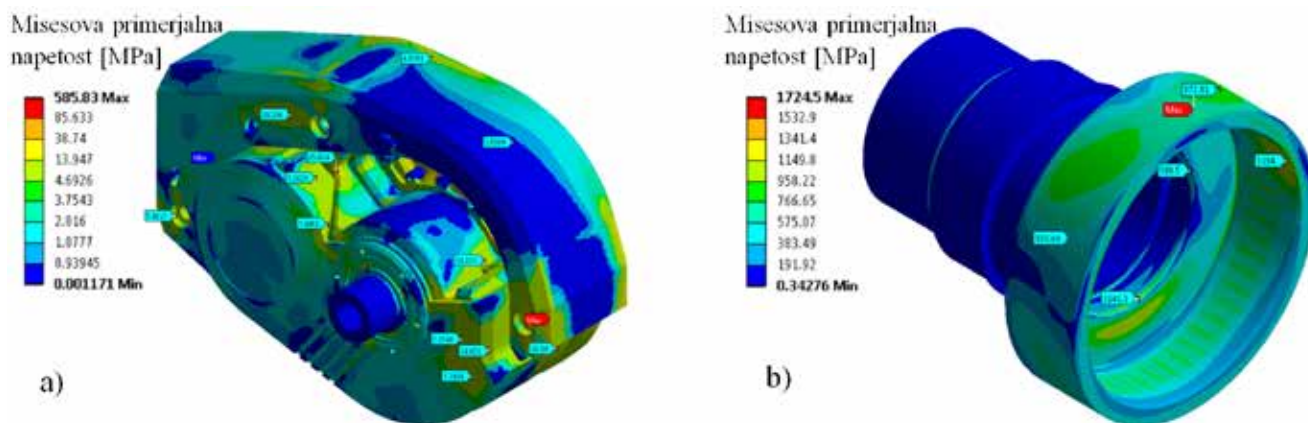
vvr. 03

FMEA št. FMEA 005

Revizija št.	Datum	Moderator	Podpis	Ključni	Delovna skupina/Opombe, Vzrok																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Nr.	Element Funkcija Zahteva	Možna napaka	Možni učinek (posledica) napake	S		Potencialni vzrok/ Mehanizem napake	O	Sistem podrtive konstrukcije	D	R	P	N	Priporočeni ukrepi	Rezultat ukrepov																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
				Odgovornost in predviden rok	Izvedeni ukrepi									S	O	D	R	P	N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	Elektromotor 	pregrevanje motorja ob preobremenitvah zdrs med gredjo in sončnikom poškodba ležaja pri montaži	odpoved motorja pri trajnejši obremenitvi ni prenosa momenta povečan hrup, predčasna odpoved pogona	8 8 7	možna toplotna vztrajnost motorja zaradi majhne mase motorja; univerzalno ohišje motorja, ki ni prilagojeno konstrukciji celoga sestava krčni nased ni ustrezno dimenzioniran prevelika obremenitev pri natisavanju sončnika	4 4 3	MKE analiza, testi s preobremenitvami preračun obremenitve, testi preračun obremenitve	4 3 4	128 96 84	namensko ohišje motorja, ki je integrirano z ohišjem pogona – zagotavljanje večje toplotne prevodnosti konstrukcija, ki omogoča montažo rekonstrukcija – gred in sončnik v enem kosu	odgovorna oseba odgovorna oseba odgovorna oseba																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	



Slika 5 : Primer FMEA-analiza konstrukcije centralnega e-pogona za kolo



Slika 6 : Testiranje virtualnega prototipa – preverjanje trdnostne ustreznosti pogona (a) in posameznih komponent (b) ob danih obremenitvenih pogojih

fizičnega izdelka bomo naleteli na več kritičnih točk. Neuspešno spopadanje s temi lahko vodi v nedoseganje zahtevanih specifikacij in zaostajanje za predvidenimi roki. Zunanja revizija izdelka, ki jo opravijo strokovnjaki, ki niso bili vpeti v razvoj izdelka, lahko ponudi kopico svežih idej, s katerimi si pomagamo premostiti kritične točke.

6. Potrebne so kratke verige pri prenosu informacij, te je potrebno prenašati čim bolj celovito in čim hitreje, brez nepotrebnih posrednikov.

4 Diskusija

Predstavljeni razvoj pogona za e-kolo je kompleksen mehatronski izdelek. Pri njegovem razvoju je sodelovalo pet partnerjev. Izdelek je bil razdeljen na več med seboj odvisnih sklopov, ki jih je bilo do neke mere možno razvijati posamično. Razvojne ekipe so bile med razvojem v stalni interakciji s kupcem pogona, ki je sicer tvoril razvojno ekipo en nivo višje, ta pa je celotni sistem (pogon/napajanje/krmilni sistem) tržil razvijalcem končnega izdelka, tj. celotnega e-kolesa. Končni kupec je uporabnik tega kolesa, celotna razvojna veriga pa mora razvijati izdelek v skladu z njegovimi željami. Želje končnega kupca je naročnik sistema prepoznaval in prenašal do ST.

V stalni sestavi ST je bilo določeno fiksno število članov, preostali so se vključevali glede na faze in potrebe projekta. Specifična znanja in večje število ljudi so lahko potrebni zgolj v posameznih fazah razvoja. Ni potrebe, da razvojno ekipo tvori fiksno število ljudi, posamezniki se lahko vključujejo v fazah, ko je potrebno njihovo specifično znanje. Rezultati vsakega cikla so pregledali vsi člani ST, bili so predstavljeni tudi kupcu pogona, ki je najbolje poznal želje končnega kupca, tj. uporabnika e-kolesa. Dolžina posameznih ciklov se je prilagajala glede na aktivnosti, ki so bile predvidene znotraj cikla.

Pred vsakim ciklom je posamezen ST imel sestanek in se uskladi, kaj je potrebno narediti znotraj prihajajočega cikla. Po končanem ciklu so bili rezultati predstavljeni kupcu. Skupaj s kupcem se je opravil pregled konstrukcije in določene so bile zahteve, ki jih je bilo potrebno rešiti znotraj naslednjega cikla. Dolžina posameznih ciklov je bila odvisna od faze projekta in rezultatov, ki smo jih dosegali v tisti fazi. Večji del projekta smo izvajali tedenske cikle. Proti koncu projekta se je dolžina ciklov podaljšala. Zaporedje več ciklov je rezultiralo v etapo, ko se je rezultat preveril še s fizičnimi prototipi, nekateri zgolj z oblikovnimi (3D tiskana ohišja in sklop priključkov), nekateri pa s funkcionalnimi prototipi. Posamezni sklopi izdelka so med seboj povezani, vendar ni nujno, da so potrebni za testiranje v vseh fazah. Na primer: prototipi verzije A so bili namenjeni testiranju mehanskega dela in so imeli zunanjo močnostno in krmilno elektroniko, merilnik momenta in sklop priključkov, v tej fazi fizični prototipi še niso bili vključeni.

5 Zaključek

Študija je bila izvedena na realnem projektu, kjer so bile z upoštevanjem kombinacije APD in sočasnega razvoja vse spremembe konstrukcijskih zahtev ustrezno implementirane. To je vodilo do odličnega končnega izdelka in zadovoljnega naročnika ter končnega kupca. Redna komunikacija s kupcem in predstavitev rezultatov v kratkih časovnih iteracijah/ciklih sta se izkazali kot ključni za čim zgodnejše uvajanje sprememb. Končni izdelek bi bil precej drugačen, če vmesnih rezultatov ne bi sproti predstavljali naročniku.

Fizični prototip je neizogiben za testiranje in potrditve funkcionalnosti mehatronskih izdelkov. V primerjavi z razvojem programske opreme zahteva fizični izdelek poleg razvoja virtualnega prototipa še alokacijo časa in finančnih sredstev za izdelavo fizičnega prototipa. ST mora prepoznati, kateri

deli izdelka se lahko razvijajo naprej že med izdelavo fizičnega prototipa, sicer se med čakanjem na prototip izgublja čas. Posebnost z razvojem fizičnih izdelkov je tudi ta, da je potrebno celotno proizvodnjo ustrezno pripraviti in planirati že veliko prej, preden imamo končni prototip.

Čeprav je bila študija izvedena na uspešno izvedenem projektu, so bile pri kritičnem pregledu identificirane nekatere pomanjkljivosti in težave med razvojem. Na podlagi podrobne analize in z upoštevanjem uspešno izvedenih korakov so bile zasnovane smernice, po katerih je možno razvijati kompleksne fizične izdelke z upoštevanjem principov agilnosti.

Viri

- [1] J. Duhovnik, J. Tavčar, Concurrent Engineering in Machinery, in: J. Stjepandić, N. Wognum, W. J.C. Verhagen (Eds.), Concurrent Engineering in the 21st Century: Foundations, Developments and Challenges, Springer International Publishing, Cham, 2015: pp. 639–670. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13776-6_22.
- [2] J. Tavčar, I. Demšar, J. Duhovnik, Engineering change management maturity assessment model with lean criteria for automotive supply chain, Journal of Engineering Design. 29 (2018) 235–257. <https://doi.org/10.1080/09544828.2018.1463513>.
- [3] K. Biesialska, X. Franch, V. Muntés-Mulero, Big Data analytics in Agile software development: A systematic mapping study, Information and Software Technology. (2020) 106448. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106448>.
- [4] K. M. Beck, M. Beedle, A. van Bennekum, A. Cockburn, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, J. Highsmith, A. Hunt, R. Jeffries, J. Kern, B. Marick, R. C. Martin, S. Mellor, K. Schwaber, J. Sutherland, D. Thomas, Manifesto for Agile Software Development, (2013).
- [5] K. Schwaber, J. Sutherland, The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game, (2017). <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf> (accessed November 19, 2020).
- [6] M. Riesener, E. Rebentisch, C. Dölle, S. Schloesser, M. Kuhn, J. Radermacher, G. Schuh, A model for dependency-oriented prototyping in the agile development of complex technical systems, Procedia CIRP. 84 (2019) 1023–1028. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.196>.
- [7] A. F. Sommer, C. Hedegaard, I. Dukovska-Popovska, K. Steger-Jensen, Improved Product Development Performance through Agile/Stage-Gate Hybrids: The Next-Generation Stage-Gate Process?, Research-Technology Management. 58 (2015) 34–45. <https://doi.org/10.5437/08956308X5801236>.
- [8] J. Reichwein, S. Vogel, S. Schork, E. Kirchner, On the Applicability of Agile Development Methods to Design for Additive Manufacturing, Procedia CIRP. 91 (2020) 653–658. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.03.112>.
- [9] S. Vinodh, S. R. Devadasan, S. Maheshkumar, M. Aravindakshan, M. Arumugam, K. Balakrishnan, Agile product development through CAD and rapid prototyping technologies: an examination in a traditional pump-manufacturing company, Int J Adv Manuf Technol. 46 (2010) 663–679. <https://doi.org/10.1007/s00170-009-2142-4>.
- [10] M. Varl, J. Duhovnik, J. Tavčar, Agile product development process transformation to support advanced one-of-a-kind manufacturing, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 33:6 (2020) 590–608. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1775301>.

Agile development of complex mechatronic systems

Abstract:

Today's fast paced and ever changing market dictates perpetual variations in product requirements already during the product's development process. If the involved design teams aren't capable of taking these variations into consideration and adapting the process accordingly, the product will face poor market acceptance. Exactly how a given requirement change will influence the development process depends on the product's complexity and the design phase at which the change has to be implemented. The Agility principles and the methods that encompass these principles enable a successful integration of various design changes during the development process. In the presnted contribution, several key guidelines are put forth that facilitate the development process of complex systems based on the Agility principles. These were set based on a critical evaluation of the development process of an e-bike central drive, which is now in full serial production and which also received a gold prize by the Chamber of commerce of Slovenia as one of the most innovative products of 2020.

Keywords:

agile methodology, agile product development, engineering design, e-mobility, e-bike

Zahvala

Avtorji se zahvaljujejo podjetju Domel, d. d., za povabilo k sodelovanju pri projektu in uspešno ter konstruktivno sodelovanje med celotnim projektom. Zahvala gre tudi podjetjema Podkrižnik, d. o. o., in Emsiso, d. o. o., za uspešno sodelovanje pri projektu.

DRONI – UREDBA O IZVAJANJU IZVEDBENE UREDBE KOMISIJE (EU) O PRAVILIH IN POSTOPKIH ZA UPRAVLJANJE BREZPILOTNIH ZRAKOPLOVOV

31. decembra 2020 je začela veljati *Uredba o izvajanju izvedbene uredbe Komisije (EU) o pravilih in postopkih za upravljanje brezpilotnih zrakoplovov*, ki jo je izdala Vlada Republike Slovenije.

Uredba je bila objavljena 23. decembra 2020 v Uradnem listu RS, št. 195/20. Letenje z »droni« postaja potreba in moda hkrati, saj je dostop do brezpilotnih zrakoplovov preprost, cenovno zanimiv, predvsem pa so ta letala zelo uporabna (primer: njihova uporaba ob potresu na Hrvaškem decembra lani). Dostopanje do oddaljenih krajev, nadzorovanje požarov, nadzor naftovodov, drsenja tal, odkrivanje ostankov starih kultur, plazov, poplav in podobno so danes bistveno olajšani prav zaradi uporabe brezpilotnih zrakoplovov. Ker pa je razvoj teh zrakoplovov zelo hiter, je prav, da se uredi njihovo letenje v zračnem prostoru Republike Slovenije, še preden se zgodi nesreča ali incident.

V prispevku želim prikazati osnovne poudarke nove uredbe, celotna vsebina pa je dosegljiva v navedenem Uradnem listu.

Uredba o sistemih brezpilotnih zrakoplovov (Ur. l. RS, št. 52/16 in 81/16 – popr.) določa splošne tehnične in operativne pogoje za varno uporabo brezpilotnih zrakoplovov, sistema brezpilotnih zrakoplovov in letalskih modelov ter pogoje, ki veljajo za osebe, ki sodelujejo pri upravljanju teh zrakoplovov in sistemov (1. čl.). Z brezpilotnim zrakoplovom razumemo (2. čl.) zrakoplov, ki je namenjen izvajanju letov brez pilota ali drugih oseb na krovu, ki je daljinsko krmiljen, programiran ali avtonomen. V tolažbo vsem, ki nosimo očala ali kontaktne leče, povejmo, da se te ne štejejo med optične pripomočke, kar nam omogoča letenje z brezpilotnimi zrakoplovi!

Z Uredbo o izvajanju izvedbene uredbe Komisije (EU) o pravilih in postopkih za upravljanje brezpilotnih zrakoplovov se določajo pristojni organi (Javna agencija za civilno letalstvo Republike Slovenije), *zahteve glede modelarskih klubov ali združenj* (4. čl.), *geografska območja sistemov brezpilotnih zrakoplovov* (5. čl.), *registracije mladoletnih operaterjev sistemov brezpilotnih zrakoplovov* (8. čl.) in *sankcije za prekrške* (10.–19. čl.).

Pristojni organ za izvajanje Uredbe je Javna agencija za civilno letalstvo Republike Slovenije. Poleg nje



Dron

pa je za izvajanje nadzora pristojna tudi Agencija za ugotavljanje prekrškov ter policija, v občinah, v katerih je ustanovljeno občinsko redarstvo, pa občinski redarji.

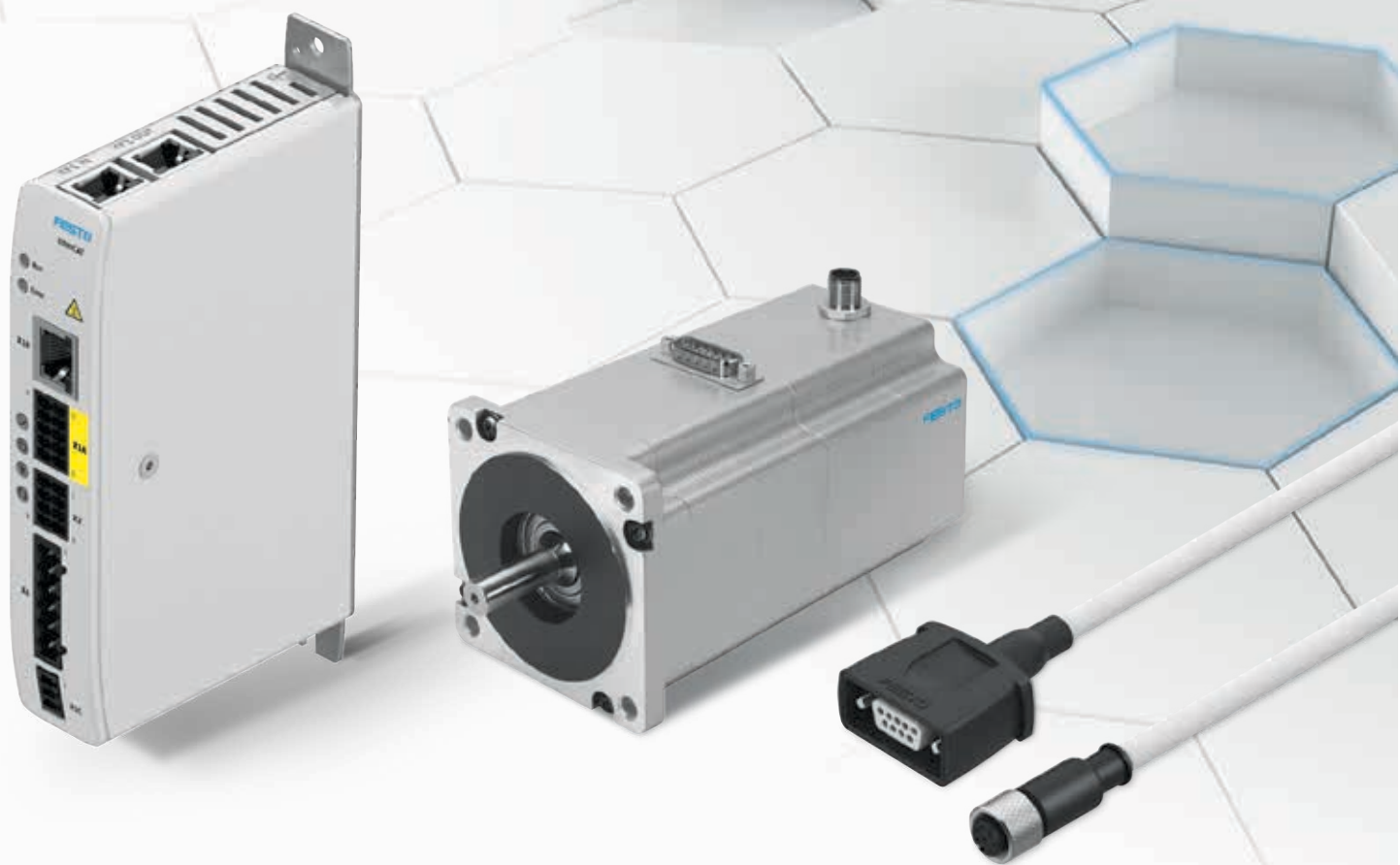
V 5. členu Uredbe so določena geografska območja, na katerih lahko lete brezpilotni zrakoplovi, in tista, kjer je prepovedana uporaba brezpilotnih zrakoplovov v odprti kategoriji zaradi zagotavljanja letalske varnosti. Največjo nevarnost za letalsko varnost predstavlja vdor brezpilotnega zrakoplova v kontrolirani zračni prostor, kjer poteka letalski promet. Določena pa so še druga območja, kjer brezpilotni zrakoplovi ne smejo leteti (zavarovana območja, ekosistemi, podzemne geološke naravne vrednote).

Uredba prinaša tudi dolžnost obveznega zavarovanja brezpilotnega zrakoplova in registracije. Področju prekrškov Uredba namenja člene od 10. do vključno 19. člena, pri čemer globe niso zanemarljive, prav nasprotno, saj segajo od 400 € do 3000 €.

Upajmo, da bo s tem tudi konec letenja brezpilotnih letal brez ustreznih dovoljenj in kukanja v spalnice bližnjih sosedov.

NOVO:
Razvojni komplet
CMMT za samo
349 €!*

FESTO



**Razvoj aplikacij
brez tveganja!**

**Prihranite do
50 %
na redno
prodajno ceno!**

FESTO

Z razvojnim kompletom CMMT je začetek enostaven!

Festo je s CMMT kompletom za razvojnike poenostavil uporabo električnih pogonov. Spoznajte vse napredne funkcionalnosti CMMT krmilnikov in jih preskusite v svojih projektih. Prepričajte se o intuitivnosti vgradnje, brezšivni povezljivosti v nadzorne sisteme preko industrijskih podatkovnih vodil ter o priročnosti programske opreme za parametriranje in zagon.



Komplet 1: za PROFINET

- LV servo motor EMMS-ST-42
- Kabel enkoderja (1.5 m)
- Kabel motorja (1.5 m)
- Krmilnik servo pogona CMMT-ST

Sedaj samo 349 €*

Naročniška številka: 8122486



Komplet 2: za EtherCAT

- LV servo motor EMMS-ST-42
- Kabel enkoderja (1.5 m)
- Kabel motorja (1.5 m)
- Krmilnik servo pogona CMMT-ST

Sedaj samo 349 €*

Naročniška številka: 8122485

EtherNet/IP



Komplet 3: za EtherNet/IP

- LV servo motor EMMS-ST-42
- Kabel enkoderja (1.5 m)
- Kabel motorja (1.5 m)
- Krmilnik servo pogona CMMT-ST

Sedaj samo 349 €*

Naročniška številka: 8135003

Vključno s preskusnim obdobjem vas bo ekipa lokalne tehnične pomoči pri Festu spremljala skozi celotni življenjski cikel izdelka. Z veseljem vam bomo svetovali pri oblikovanju zasnov vaših sistemov ter pomagali pri uporabi obsežnih naprednih funkcij.

* Omejeno na največ 3 komplete na kupca. Cena je brez DDV.

ZAŠČITNA OMARA ZA ENOTE ZA PRIPRAVO ZRAKA

Pogoji delovanja v številnih proizvodnih prostorih, kot so na primer v prehranski industriji in pralnicah, so za enoto za pripravo zraka neugodni. Čistilna sredstva in curki vode delujejo na površino, vijake in manometre ter jih sčasoma poškodujejo. Festo z zaščitno omaro iz nerjavnega jekla nudi enostavno in ceneno rešitev za zaščito komponent enote za pripravo zraka (*slika 1*).



Slika 1: Zaščitna omara

Nezaščitene komponente enote za pripravo zraka so izpostavljene umazaniji in mehanskim poškodbam. Robustna zaščitna omara pa jih optimalno zaščiti pred poškodbami, ki jih povzročijo različni zunanji vplivi v proizvodnji.

Zaščitna omara, ki je izdelana iz nerjavne pločevine, je odporna na čistilne tekočine ter varuje komponente pred neposrednimi curki vode. Nagnjena streha podpira učinkovitost čiščenja, medtem ko voda enostavno odteka.

Za razliko od običajnih krmilnih omaric zaščitna omara nima zapletenega tesnjenja in zapiralnega mehanizma. Stroški omarice so nizki, še posebno ob uporabi standardiziranih komponent enote za pripravo zraka.

Posamezne komponente so hitro dostopne z enostavnim dvigom pokrova, ki ga držita dva varovalna zatiča. Pokrov je mogoče povsem odstraniti brez posebnega orodja, kar olajša vzdrževanje.

V zaščitno omara je vgrajena standardna konfiguracija MS-komponent enote za pripravo zraka in tako vključuje vse najpomembnejše osnovne funkcije enote za pripravo stisnjenega zraka.

Enota za pripravo zraka, vgrajena v zaščitno omara, je izdelana v velikosti MS4 in MS6 in jo sestavljajo naslednje komponente:

- ▶ ventil za ročni za vklop/izklop EM1,
- ▶ regulator filtra LFR,
- ▶ razdelilni modul FRM,
- ▶ električni vklopno-izklopni ventil EE,
- ▶ ventil z mehkim zagonom DL.

Preprost povezovalni sistem omogoča hitro in enostavno zamenjavo posameznih modulov, ne da bi bilo treba razstaviti celotno vgrajeno kombinacijo.

Dimenzije omar [v mm]:

- ▶ zaščitna omara MS4 – 360 x 375 x 122 (višina z dvignjenim pokrovom 418),
- ▶ zaščitna omara MS6 – 520 x 509 x 176 (višina z dvignjenim pokrovom 596).

Vir:

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

LIJAK DSH ZA ODPRAVO PRAŠENJA SIPKIH MATERIALOV

Običajno pretovarjanje sipkega tovora povzroča prašenje, ki ne samo preprečuje dober nadzor procesa natovarjanja, pač pa je prah tudi škodljiv za zdravje zaposlenih na transportnih linijah.



Slika 1 : Prašenje ob pretovarjanju sipkega tovora brez lijaka DSH in z uporabo tega lijaka

Inovativni lijak DSH ne praši okolja pri pretovarjanju in natovarjanju sipkega, suhega ali zrnatega materiala in tako ščiti okolje pred onesnaženjem (slika 1).

Lijaki DSH omogočajo brezprašni vsip in so odlična rešitev za skladišča, zaprte rezervoarje ali natovarjanje odprtih tovornjakov, vagonov ali ladij.

Namestitev sistemov DSH za preprečevanje prašenja je enostavna, prekinitve proizvodnih procesov je minimalna. Sistemi za natovarjanje in pretovarjanje različnih tovorov so na voljo v več velikostih in izvedbah s številnimi pretoki materiala. Brez prahu je mogoče pretovarjati živila, kot so žita, sol ali sladkor, krmila, kemikalije in gnojila v prahu ali granulatih, minerale ali lesne pelete.

Lijaki DSH so večkrat nagradjeni patentirani izdelki z dokazano zmogljivostjo in vrhunsko podporo. Uporabljajo jih po vsem svetu. Omogočajo vsip preko 400 m³/uro.

Osnovni podatki:

- ▶ velikosti lijakov od premera 300 mm do 1800 mm,
- ▶ izbira glede na vrsto sipkega materiala in kapaciteto natovarjanja,
- ▶ izdelani so iz PE, Corten, Hardox, 304 in 306 nerjavnega jekla,
- ▶ vsipanje z višine do 15 m (odvisno od vrste sipkega materiala).

Značilnosti lijaka DSH za preprečevanje prahu pri vsipu materiala:

- ▶ zagotavlja boljšo kakovost zraka in boljšo vidljivost,
- ▶ ublaži nevarnost eksplozije prahu,
- ▶ zagotavlja zdravstvene in varnostne standarde za delavce,
- ▶ zmanjša ali odpravlja pritožbe o onesnaževanju okolja in prašenju okolice,
- ▶ odpravlja skrbi zaradi okolijske politike.



Slika 2 : Lijak DSH v Luki Koper

Lijak DSH za preprečevanje prahu, ki ustreza vsem okoljevarstvenim normativom:

- ▶ omogoča hitrejšo, čistejšo, neprekinjeno nakladanje na tovornjak, ladjo ali železniški vagon,
- ▶ izboljša vidljivost in možnost nadzora natovorenosti,
- ▶ znatno zmanjša izgubo količin sipkega tovora med nakladanjem,
- ▶ poveča gostoto nasutega materiala,
- ▶ zmanjša stroške vzdrževanja, odstranjevanja prahu in čiščenja,
- ▶ prepreči nastajanje prahu, tako da bo proces natovarjanja potekal brez sesanja in odlaganja prahu ali izrabljenih filtrnih vreč, kar zmanjšuje stroške.

Vir:

Interno gradivo podjetja HENNLICH in gradivo podjetja DSH Systems,

Jože Zabret, HENNLICH, d. o. o.
zabret@hennlich.si

NOVA SERIJA PAMETNIH KAMER

Pametne kamere serije F430 so najnovejši izdelek v priljubljeni seriji MicroHAWK z zmogljivim strojnim in bralnikom kode v eni sami napravi (*slika 1*). To so kompaktne in cenovno ugodne kamere, ki s svojo zmogljivostjo postavljajo visoka merila kompaktnih rešitev strojnega vida v industriji. Omogočajo dekodiranje vseh vrst kod.

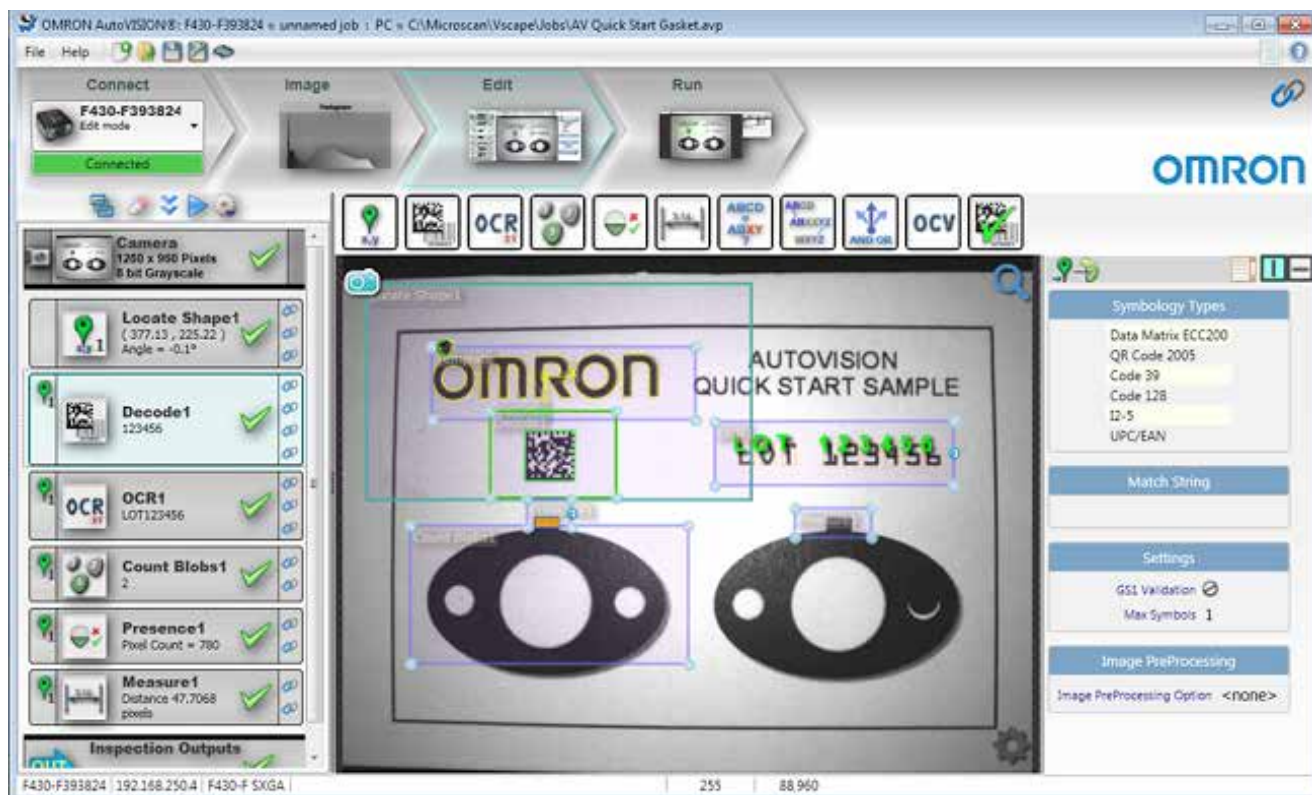


Slika 1 : Družina pametnih kamer OMRON MicroHAWK

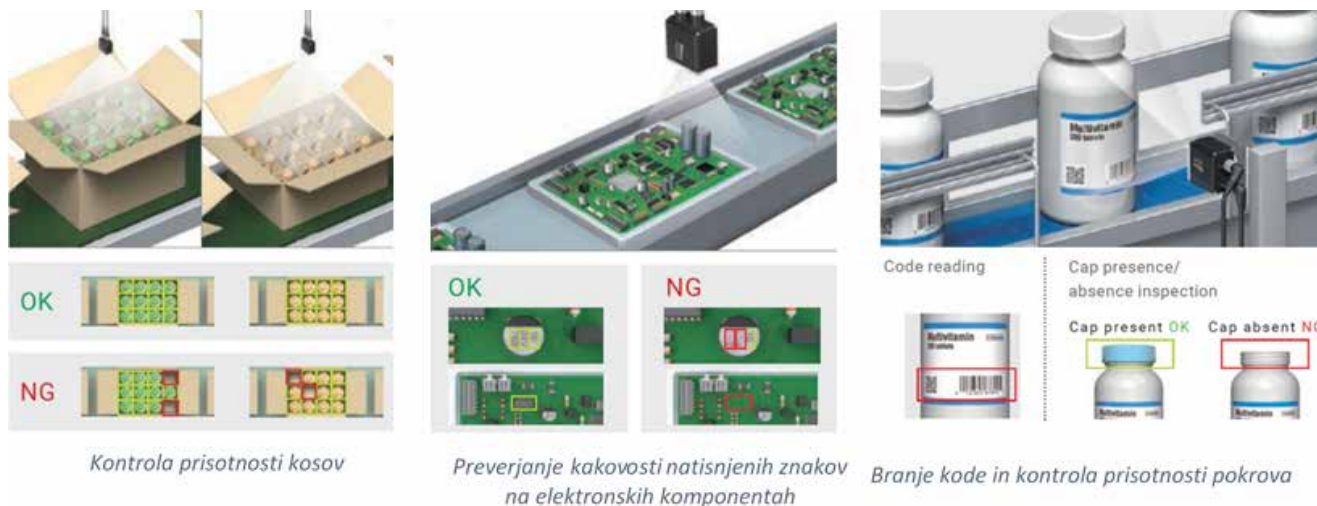
Ključne lastnosti:

- ▶ avtofokusni objektiv,
- ▶ barvni ali črno-beli senzor,
- ▶ ločljivost od 0,3 Mpix do 5 Mpix,
- ▶ integrirana osvetlitev (bela, modra, rdeča ali IR),
- ▶ stopnja zaščite IP65/IP67,
- ▶ vgrajene komunikacije EtherNet/IP, TCP/IP, Profinet in RS232,
- ▶ enostaven prenos informacij na zunanje naprave s pomočjo MS link,
- ▶ vgrajen HMI-WebLink, ki bazira na spletnem vmesniku in omogoča vizualizacijo, spremljanje in upravljanje projekta,
- ▶ nelinearna kalibracija (NLC) izboljša natančnost meritev za faktor 20 in odpravi paralakso.

Kamere OMRON MicroHAWK odlikujejo samodejno ostrenje, vgrajena osvetlitev in visoke ločljivosti senzorjev vse do 5 milijonov slikovnih točk. Zagotavljajo izjemno natančnost in skupaj z intuitivnim programskim orodjem AutoVISION nudijo širok nabor orodij strojnega vida, kot so: učenje in štetje



Slika 1 : Družina pametnih kamer OMRON MicroHAWK



Slika 3 : Možnosti uporabe kamer MicroHAWK

oblik, zaznavanje prisotnosti, algoritem odkrivanja manjših napak, izvajanje meritev, upravljanje z barvami, OCR (branje in primerjanje znakov), OCV (verifikacija znakov), dekodiranje vseh vrst kod in logične operacije (slika 2).

Serijske kamere MicroHAWK je idealna rešitev za aplikacije končne kontrole pakiranja, štetja kosov, kon-

trole embalaž, odkrivanja napak in sledljivosti proizvodnje (slika 3).

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, info@miel.si



SPLAČA SE BITI NAROČNIK



ZA SAMO 50€ DOBITE:

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (10 številke)
- strokovne vsebine na več kot 140 straneh
- vsakih 14 dni e-novice IRT3000 na osebni elektronski naslov
- možnost ugodnejšega nakupa strokovne literature
- vsak novi naročnik prejme majico in ovratni trak



ZA SAMO 20€ DOBITE:

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

Revija v
hrvaškem
jeziku

DIGITALNA NAROČNINA



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

BUTIK IRT3000



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

NAROČITE SE!



051 322 442



info@irt3000.si



www.irt3000.si/narocilo-revije

WWW.IRT3000.COM

POGOSTO MENJAVANJE FORMATOV?

ZA PODJETJE JW VERPACKUNGSTECHNIK JE DD52R-E-RF -ELEKTRONSKI KAZALNIK POLOŽAJA PRAVA IZBIRA

Majhne proizvodne serije in pogosto menjavanje formatov v sektorju embalaže, hrane in farmacije postavljajo nov trend. Podjetje Elesa+Ganter se je na to zahtevo odzvalo z razvojem novih elektronskih kazalnikov položaja DD52R-E-RF z radiofrekvenčnim brezžičnim sistemom.



Elektronski kazalniki položaja DD52R-E-RF

Nemško podjetje JW Verpackungstechnik* je specializirano za kartonske izdelke v majhnih serijah za farmacijo, kozmetiko, živila in druge branže. Za svoje stroje, ki zahtevajo pogosto menjavanje nastavitev formatov, so novi kazalniki položaja DD52R-E-RF podjetja Elesa+Ganter idealna rešitev. Elektronski kazalniki položaja preko radijske frekvence brezžično komunicirajo neposredno z nadzorno enoto UC-RF, ki je priključena na PLC strojev.

Ta sistem olajša pravilno nastavitve ciljnega ali trenutnega položaja strojnih sklopov in njihovo pre-

verjanje s PLC-jem, kar istočasno zagotavlja sistem varnosti. Če vsaj en indikator DD52R-E-RF ni nastavljen pravilno (v ciljni položaj), PLC ne dovoli, da stroj zažene proizvodni cikel, s čimer se izogne proizvodnim težavam. Na ta način se čas, potreben za nastavitve, zmanjša na minimum.

Ker brezžični sistem ne potrebuje namestitve napajalnega kabla in kableske izmenjave podatkov med indikatorji in krmilno enoto, se potrebni čas in potencialne napake, ki jih včasih povzroči zapletena kableska namestitev, zmanjšajo na minimum. Ker ni priključnih kablov, je sistem primeren tako za prvo kot naknadno vgradnjo.

Zaradi široke funkcionalnosti in možnosti programiranja parametrov se lahko isti indikator položaja uporabi za več aplikacij, ki zahtevajo različne korake pogonske gredi, smeri vrtenja in merske enote.

Lastnosti elektronskih kazalnikov položaja DD52R-E-RF:

- ▶ širok zaslon s 6 števkami omogoča odlično berljivost tudi z velike razdalje in z različnih zornih kotov;
- ▶ visoka stopnja zaščite (IP65 ali IP67) za aplikacije, ki zahtevajo pogosto pranje;
- ▶ korozijska odpornost – puše Ø 20 mm so izdelane iz nerjavečega jekla AISI 304;
- ▶ dolga življenjska doba napajalne baterije – več kot 3 leta.

Tehnične informacije vključno z modeli so na voljo na Elesa+Ganter spletni strani: elesa-ganter.com.

**Podjetje JW Verpackungstechnik, ustanovljeno leta 1989 razvija, izdeluje in prodaja inovativne kartonske škatle v majhnih serijah – tako na nacionalni kot na mednarodni ravni – za podjetja v farmacevtskem, kozmetičnem, živilskem in drugih sektorjih.*

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



Uporaba Elesa+Ganter elektronskih kazalnikov položaja DD52R-E-RF na pakirnem stroju JW Verpackungstechnik

ELESA+GANTER USPEŠNO Z ZOLLER-JEVO RUMENO

Uporaba barv in skrb za estetske detajle komponent, namenjenih strojem v industrijskih okoljih, dandanes predstavlja mednarodni trend. Trend, za katerega se je Elecolors® vedno navdihoval s filozofijo »dobro oblikovano in dobro narejeno«. Uporaba barvnih komponent kot del zasnove in estetskih lastnosti mehanskih komponent je bila v zadnjih desetletjih uvedena postopoma. Z Elecolors® podjetje Eles+Ganter zadovoljuje nove potrebe na trgu. Razširjena barvna paleta danes šteje do 7 barv. Elecolors® barve so: oranžna - RAL 2004, svetlo siva - RAL 7035, rumena - RAL 1021, pastelno modra - RAL 5024, plamenasto rdeča - RAL 3000, majsko zelena - RAL 6917 in črna - RAL 9005.



Paleta Eles+Ganter cevastih ročajev ETH

Ta zgodba se je začela s podjetjem E. ZOLLER GmbH & Co. KG, ki ga je leta 1945 kot mehanično delavnico ustanovil Alfred Zoller in se je razvilo v eno vodilnih svetovnih podjetij in sistemskih ponudnikov inovativnih strojev za prednastavljanje, merilnih strojev, rezalnih orodij in rešitev za avtomatizacijo. Nemško podjetje s sedežem v Baden-Württembergu je izbralo cevaste ročaje ETH z aluminijasto cevjo kovinsko grafitne barve, z mat površino in pokrovi za vijake v posebni rumeni barvi, ki se popolnoma ujema z barvo podjetja. Cilj je bil preprost: maksimirati kakovostno prepoznavnost njihovih strojev in izboljšati njihovo estetsko zaznavo z dodajanjem barvnega odtenka.

Elesa+Ganter cevasti ročaji ETH iz linije Ergostyle®

pred najprestižnejšimi mednarodnimi žirijami za industrijsko oblikovanje niso ostali neopaženi. Leta 2015 so jim podelili nagrado IF za dizajn in nagrado Red Dot. Izviren dizajn in ergonomija sta združena s popolno funkcionalnostjo v vedno večji paleti ponudbe, ki lahko zadovolji najrazličnejše potrebe trga v različnih panogah. Eles+Ganter cevasti ročaji se uporabljajo na najrazličnejših strojih v več različnih sektorjih.

Cevasti ročaji ETH so na voljo z nosilci ročajev iz teh-nopolimera na osnovi poliamida, ojačanega s steklenimi vlakni in posebnim sistemom za razširitev in montažo, nosilci pa so trdno pritrjena na aluminijasto cev, da preprečijo vrtenje med delovanjem. Aluminijaste cevi s prevleko iz epoksidne smole so zelo odporne na obrabo, praske in kemična sredstva in so barvane v eloksirani naravni barvi. Pred kratkim je bila dodana različica CLEAN, pri kateri so nosilci in cevi izdelani v beli barvi, podobni RAL 9002, in je namenjena za medicinske in bolnišnične namene.

Tehnične informacije vključno z modeli so na voljo na Eles+Ganter spletni strani: elesa-ganter.com.

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



ČRPALKA ZA MAZANJE

za do 30 mazalnih mest

- električna črpalka 24VDC / 12VDC
- integriran krmilnik za nastavitvev premora in čas mazanja
- za masti do NLGI 2, rezervoar 1 kg

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



HENNICH

Pokličite nas:
041 386 064



www.hennlich.si

NOVI FREKVENČNI PRETVORNIK SERIJE FR-E800



Slika 1: Frekvenčni pretvornik serije FR-E800

INEA RBT je v svoj produktni portfelj proizvajalca Mitsubishi Electric dodala nov frekvenčni pretvornik serije FR-E800 (slika 1). Je kompakten frekvenčni pretvornik z množico vgrajenih funkcij, z vgrajenim 2K step PLC-jem, z različnimi načini regulacije pogona in različnimi komunikacijskimi zmožnostmi. Namenjen je eno- in trifaznim motorjem z močjo do 22 kW (za aplikacije Light Duty celo do 30 kW). Serija E800 je v treh verzijah – kot E800 s komunikacijo RS-485, kot E800-E z Open-Network komunikacijo in kot verzija E800-SCE* Safety, ki omogoča SIL3 varnost ter Safety komunikacijske protokole.

Vsi modeli pretvornika E800 (E800, E800-E in E800-SCE*) imajo vgrajen 2K step PLC, ki nudi nove možnosti v aplikacijah in odpravlja potrebo po zunanji PLC-enoti. Glede na zahteve stroja pretvornik E800 nudi nastavljanje parametrov glede na signalne vhode in izhode pri specifičnih statusih ter monitoring izhodov.

Modeli E800 imajo različne režime krmiljenja (V/f-kontrola, napredna kontrola magnetnega pretoka, realna brezsenzorska vektorska kontrola, vektorska kontrola* in brezsenzorska vektorska regulacija PM).

Verziji FR-E800-EPA in -EPB označujeta pretvornike, ki so povezljivi z EtherNet/IP, BACnet, Modbus in CC-Link IE TSN/IE Field Basic (modeli E800-EPA) ter s protokoli PROFINET, Modbus in CC-Link IE Field Basic (E800-EPB).

Verziji E800-SCEPA* in -SCEPB* pokrivata pretvornike, ki ustrezajo varnostnemu nivoju SIL3 ter omogočajo povezljivost s Safety protokoli (PROFIsafe, CIP Safety, FSoE (Safety over EtherCAT) in CC-Link IE TSN Safety).

Ker je funkcionalna varnost čedalje pomembnejša v vseh industrijskih okoljih, bo varnostna različica pretvornika E800 omogočala varnostne funkcije STO (Safe Torque Off), SS1 (Safe stop 1, deceleration stop), SLS (Safely Limited Speed), SBC (Safe Brake Control) in SSM (Safe Speed Monitor). Tako se bo v območju pogonskih aplikacij človek lahko varno gibal.

Ethernet verziji pretvornikov E800 (E800-E in -SCE*) preko dveh Ethernet vhodov omogočata linijsko in zvezdno topologijo povezovanja več pretvornikov, za težko dostopne pogone pa je mogoč oddaljeni dostop preko modema/pristopne točke za oddaljeno diagnosticiranje in parametriranje pogona.

Pretvornik E800 je dostopen po zelo ugodnih cenah. Več informacij dobite na info@inea-rbt.si.

* v prihodu

Vir:

INEA RBT, d. o. o., Stegne 11, 1000 Ljubljana

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2021 - ASM '21

08. decembra 2021

na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

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

ELEKTRIČNI LINEARNI AKTUATOR – ELECTRAK® LL



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

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

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

Delovni cikel polne obremenitve Electraka LL je 35-odstoten in je za 10–20 % višji kot pri drugih

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

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

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

Več informacij o aktuatorjih proizvajalca **THOMSON LINEAR** dobite pri podjetju **INOTEH**.

Vir:

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



Vitka proizvodnja.

item. Your ideas are worth it.®

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

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

SENZOR KONTROLE NIVOJA TEKOČIN Z ANALOGNIM SIGNALOM 298A



Slika 1: Senzor nivoja tekočin 298A

Proizvajalec ELOBAU predstavlja nov analogni senzor nivoja 298A, ki bazira na tehnologiji REED in omogoča fleksibilno merjenje nivoja tekočin na strojih in gospodarskih vozilih.

Medtem ko senzor nivoja 298 generira uporovni izhodni signal, novi senzor 298A generira analogni tokovni signal v območju od 4 do 20 mA ali pa analo-

gni napetostni signal v območju od 0,5 do 4,5 VDC. To znatno poenostavi vključitev v električni sistem vozil, saj odpravi dodatne komponente, kot so npr. pretvorniki. Standardiziran izhodni signal omogoča enostavno povezavo z drugimi sistemi vozil, kot je na primer kazalnik nivoja v pilotski kabini.

Z novim senzorjem kontrole nivoja tekočine 298A proizvajalec ELOBAU širi svojo družino izdelkov REED za merjenje nivoja v rezervoarjih za gorivo, hladilno tekočino, olje, vodo in tudi kemikalije. Oblikovalci in razvijalci strojev, vozil in sistemov imajo koristi od kompaktne, prilagodljivo nastavljivega senzorja nivoja z analognim izhodnim signalom.

Več informacij o produktih proizvajalca ELOBAU dobite pri podjetju INOTEH.

Vir:

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

PARALELNA PRIJEMALA SERIJE GEP2000



Slika 1: Prijemalo ZIMMER GROUP GEP2000

Električno paralelno prijemalo GEP2000 proizvajalca ZIMMER GROUP odlikujeta veliko območje pri-

jemanja in kompaktno ohišje. Primerno je za aplikacije tam, kjer je potreben velik hod prijemalnih čeljusti, prostor za vgradnjo pa je omejen.

Izbirati je mogoče med verzijo, ki se krmili z I/O-porti kot ventil, in verzijo z IO-linkom. Integracija obeh variant je enostavna.

Prednosti serije GEP2000:

- ▶ 10 milijonov ciklov brez vzdrževanja,
- ▶ integrirani senzorji,
- ▶ IP40,
- ▶ samozapiralni mehanizem,
- ▶ nastavljiva sila prijemanja,
- ▶ digitalni I/O.

Več informacij o izdelkih proizvajalca ZIMMER GROUP dobite pri podjetju INOTEH.

Vir:

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

PAMETNI KOMUNIKACIJSKI MODUL – SCM

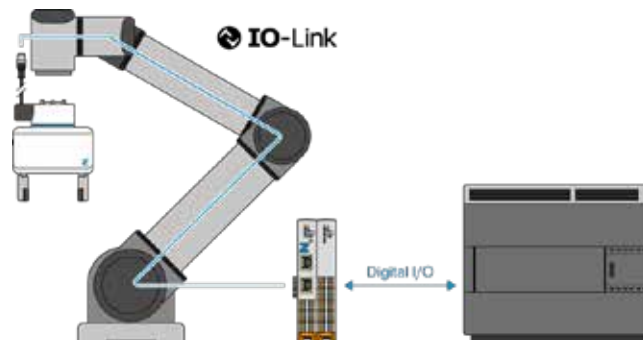
Pametni komunikacijski modul SCM (Smart Communication Module) je vmesnik, ki je kompatibilen z vsemi IO-link komponentami. Z dvema kanaloma lahko SCM krmili dve napravi in omogoča neposredno implementacijo IO-linka v digitalni I/O. Modul omogoča integracijo IO-link naprav v digitalne infrastrukture in koriščenje skoraj vse povečane funkcionalnosti IO-link naprav.



Slika 1 : Modul SCM

Prednosti modula SCM:

- Prevede podatke iz IO-link naprav v naprave s samo digitalnim I/O in obratno.
- Enostavno krmiljenje inteligentnih IO-link prijemal s 24-voltnim digitalnim I/O-signalom.



Slika 2 : Primer uporabe.

- Konfiguracija se izvrši s programsko opremo guideZ.
- Uporabi se lahko z enim ali dvema prijemaloma.
- Z enim prijemalom je mogoče prijemati do 15 različnih prijemancev.

Modul SCM je vgrajen v krmilni omari robota, kjer komunicira neposredno s krmilnim sistemom robota z uporabo digitalnega I/O-signala. Na strani prijemala je 5 pinov IO-linka, povezanih direktno na SCM (slika 2).

Več informacij o produktih proizvajalca ZIMMER GROUP dobite pri podjetju INOTEH.

Vir:

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

OGLAŠEVALCI

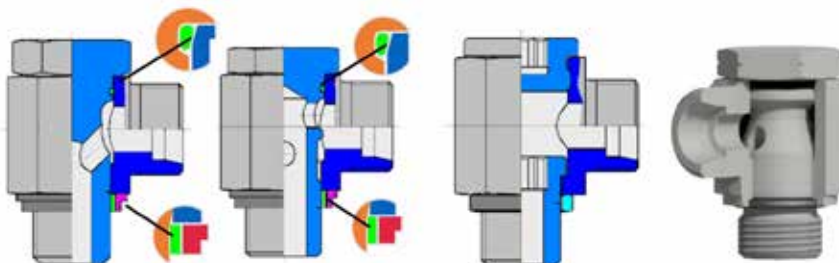
- | | |
|---|--|
| ► AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana 83 | ► OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana..... 69 |
| ► CELJSKI SEJEM, d. d., Celje..... 91 | ► OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin 69, 103 |
| ► DOMEL, d. d., Železniki 144 | ► PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto..... 69 |
| ► ELESAGANTER GmbH, Brunn am Gebirge, Austria..... 77 | ► POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri..... 69, 70 |
| ► FESTO, d. o. o., Trzin..... 69, 127, 128, 152 | ► PODKRIŽNIK, d. o. o., Ljubno ob Savinji..... 69 |
| ► HENNLICH, d. o. o., Kranj..... 135 | ► PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana 69, 72 |
| ► HIWIN GmbH, Offenburg, Nemčija 86, 87 | ► PROFIDTP, d. o. o., Škofljica..... 109, 133 |
| ► ICM, d. o. o., Vojnik 85, 151 | ► SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIJO, Ljubljana..... 150 |
| ► INEA, d. o. o., Ljubljana..... 140 | ► STÄUBLI Systems, s.r.o., Pardubice, CZ 81 |
| ► INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi 137 | ► STROJNISTVO.COM, Ljubljana 84 |
| ► JAKŠA, d. o. o., Ljubljana 80 | ► UL, Fakulteta za strojništvo 76, 108, 119, 136 |
| ► MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje 69 | |
| ► OLMA, d. o. o., Ljubljana..... 88 | |

NOVA GENERACIJA BANJO VRTLJIVIH PRIKLJUČKOV WHK



Slika 1 : Primerjava med vrtljivimi priključki serije WH, SWVE, DSVW ter nove generacije

Parker predstavlja novo generacijo visokotlačnih banjo vrtljivih priključkov WHK, ki se uporablja predvsem tam, kjer je vgradni prostor omejen (slika 1).



Slika 2 : Primerjava med vrtljivimi priključki serije WH, SWVE, DSVW ter nove generacije

Dosedanji asortiman vrtljivih priključkov vključuje serije WH (visokotlačna odpornost), SWVE (kompaktna oblika) in DSVW (optimalen pretok) (slika 2). Nova serija WHK združuje prednosti teh treh priključkov in hkrati zagotavlja tudi višjo stopnjo varnosti, saj nova oblika preprečuje odstopanje vijaka.

Vir:

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

IŠČEMO KREATIVNE MISLECE ZA RAZVOJNI PROJEKT "OPTICAL BONDING"

Razišči nove tehnologije

Uporabi svojo neomejeno ustvarjalnost in inženirsko žilico pri razvoju avtomatiziranega sistema za "optical bonding" avtomobilskih LCD-zaslonov.



Izgradi si kariero

Pridruži se ekipi raziskovalcev na leto dolgem razvojnem projektu, nato ostani z nami in postani vodilni inženir, ki inovira za najprestižnejše avtomobilске znamke.



Pridobi dragocene izkušnje

Ta razvojni projekt je izvrstna priložnost za strokovni članek, diplomsko ali magistrsko delo – seveda s konkurenčnim plačilom, fleksibilnim delovnim časom, in prvovrednim mentorstvom.



prijave odprte do
30. aprila

Soustvarjaj prihodnost

Konstruiraj delujoč prototip, ki bo služil za odskočno desko v masovno proizvodnjo. Nekega dne bodo električni avtomobili morda imeli digitalne prikazovalnike, ki bodo zgrajeni na proizvodni liniji izpod tvojih rok.



FREKVENČNI PRETVORNIKI COMMANDER C200 IN C300

Frekvenčni pretvorniki se najpogosteje uporabljajo za regulacijo vrtljajev asinhronskih elektro motorjev. Z nadzorovanjem hitrosti vrtenja elektromotorjev se prilagaja delovanje naprav in zmanjša porabo energije. Pogosto se uporabljajo za regulacijo hitrosti elektromotorjev pri ventilatorjih, črpalkah in kompresorjih oziroma povsod tam kjer je potrebna regulacija hitrosti.

Podjetje PS, d. o. o., Logatec ki zastopa in prodaja frekvenčne regulatorje Nidec / Control Techniques in Invertek drives je v svoj prodajni program uvrstilo frekvenčne regulatorje Commander C200 in Commander C300.

Commander C 200 - AC je odprto zančni univerzalni frekvenčni pretvornik s fleksibilno komunikacijo za moči 0,25 kW do 132 kW, PLC, CODESYS in je neposredna zamenjava za starejši model Commander SK in Unidrive M200.

Commander C300 - AC je odprtozančni frekvenčni regulator za moči 0,25 kW do 110 kW »heavy duty«, namenjen zahtevnejšim uporabnikom, PLC, CODESYS in z vgrajeno varnostno funkcijo.

Standardne lastnosti:

- ▶ Univerzalni frekvenčni pretvornik Control Techniques/Nidec z možnostjo razširitev (komunikacija, vhodi-izhodi, 24V napajanje..)
- ▶ Fleksibilna komunikacija: Ethernet, EtherCAT, PROFINET, PROFIBUS, CANopen in DeviceNet (SI interface port).
- ▶ PLC Codesys onboard
- ▶ Za moči od 0,25 kW do 132 kW
- ▶ Vgrajen prikazovalnik s tipkovnico, zaviralni modul in filter, 4x digitalni vhod, 1x digitalni vhod/izhod, 2x analogni vhod, 1x analogni izhod, 1x relejski izhod, termistorski vhod (PT1000, PT2000, KTY84, ptc, DIN44081)
- ▶ Modbus RTU protocol (AI-485 adapter)
- ▶ Vgrajena samostojna PID zanka, 2x analogno



Slika 1 : Frekvenčni regulatorji Commander C

- preklopno stikalo, digitalna AND funkcija
- ▶ Brezplačna programska oprema M connect.
- ▶ Stopnja zaščite IP21 (velikost okvirja od 1 do 4) in IP20 (velikost okvirja 5 in 6)
- ▶ Izbira med montažo na montažno ploščo ali DIN letev (velikost 1 in 2)
- ▶ Enostaven za uporabo, 10 najosnovnejših parametrov prikazanih na prednji strani regulatorja/ za večino aplikacij nastavite le 4 parametre in lahko začnete!
- ▶ Majhne izgube, do 98% učinkovitost
- ▶ 150% obremenitev za 60 s; 180% obremenitev za 3 s
- ▶ 5 letna garancija

Vir:

PS, d. o. o., Logatec, Kalce 30b, 1370 Logatec, tel.: 01/750-85-10, e-pošta: ps-log@ps-log.si, internet: www.ps-log.si

REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
VENTIL

strojnistvo.com
križišče strojnikov

STÄUBLIJEVA SERIJA ROBOTOV TX2 VAM PRINAŠA ŠE VEČ

Na trg prihajajo trije novi šestosni roboti Stäubli za srednje obremenitve. Z roboti TX2-140, TX2-160 in TX2-160L bo trenutna generacija robotov TX2 zajemala devet modelov. Zaradi trdne konstrukcije in pametne zasnove so idealna rešitev za številne vrste uporabe v težkih do sterilnih razmerah. Prinašajo najvišjo stopnjo varnosti in povezljivosti.



Stäubli TX2-140: Novi modeli za srednje obremenitve lahko prenašajo obremenitve do 40 kg.

Doseg robotov TX2-140 je 1510 mm, TX2-160 pa 1710 mm. Njuna nosilnost je 40 kg. Robot TX2-160L, različica robota TX2-160 z dolgo roko, ima izjemen doseg 2010 mm, njegova nosilnost pa znaša 25 kg. Stäubli je s temi novimi modeli zdaj zapolnil vrzel med kompaktnimi roboti TX2 90 in velikimi roboti TX200.

Po specifikacijah družbe Stäubli je ponovljivost pri vseh treh strojih $\pm 0,05$ mm, kar jih postavlja ob bok najnatančnejšim robotom na svetovnem trgu. Če pa upoštevamo še njihove vzorne dinamične vrednosti, npr. najvišjo hitrost $1500^\circ/\text{s}$ na 5. osi, so dosegljivi tudi najkrajši časi ciklov. Poleg tega je uporaba lastniške pogonske tehnologije družbe Stäubli, ki se zdaj uporablja tudi pri 5. osi, močno povečala togost zapestja v primerjavi s predhodnim modelom RX160.

Čisti in vitki šestosni roboti

Še ena izjemna lastnost novih strojev je njihova kompaktna zasnova, ki je bila izboljšana za združljivost s čistimi prostori. Za nove stroje je značilno tudi veliko in učinkovito delovno območje. Ni nepraktičnih zunanjih kablov ali cevi, ki bi ovirali konture; vsi vodi medijev in napajalni vodi so speljani znotraj ohišja, ki je popolnoma zatesnjeno v skladu s standardom razreda zaščite IP 65 (na izbiro je tudi razred zaščite IP 67 z nadtllačno enoto), priključki se lahko na zahtevo

skrrijejo navpično pod robotski podstavek, mrtvi prostori pa so sistematično onemogočeni. To je bistvo sodobne higienske zasnove.

Novi šestosni roboti so zaradi združljivosti s čistimi prostori primerni tako za standardne vrste uporabe kot tudi za uporabo v občutljivih proizvodnih okoljih. Kar zadeva slednje, je proizvajalec posebej osredotočen na uporabo v farmacevtski, medicinski, fotovoltaični, kovinski, avtomobilski in podobnih industrijah. Posebne izvedbe, ki so znane iz serije TX2, vključno z izvedbami HE (Humid Environment) za vlažna okolja, ESD (Electrostatic Discharge) za elektrostatične razelektritve, Cleanroom za čiste prostore in Stericlean za sterilno čistočo, so na voljo tudi za take vrste uporabe.

Poleg tega je proizvajalec zlasti ponosen na ultrakompaktno zasnovo novih robotov. V zvezi s tem je Stäubli izpolnil želje številnih integratorjev in končnih uporabnikov po šestosnem robotu, ki ga je preprosto integrirati in ima dovolj majhno stojišče za postavitev proizvodnih celic in linij na kar najmanjšem območju. Medtem ko sta pri robotu TX2-160 na voljo dve možnosti namestitve, in sicer talna ter stropna, je robota TX2-140 mogoče pritrditi tudi na navpič-



Izvedba TX2-160L z dolgo roko ima doseg 2010 mm, standardna izvedenka pa 1710 mm



Odločilna prednost modela TX2-160 glede na predhodnika RX160: zdaj se pri vseh šestosnih robotih uporablja ista pametna krmilna tehnologija CS9, zaradi česar je v digitalno omrežena proizvodna okolja lažje uvesti večrobotske rešitve.

no površino pod katerim koli kotom, kar omogoča 360-stopinjsko namestitvev.

Enotna krmilna tehnologija z revolucionarnimi varnostnimi funkcijami

Nadomestitev predhodnega modela RX160 z modelom TX2-140/160 je prinesla še eno odločilno prednost, saj se zdaj pri vseh šestosnih robotih uporablja ista krmilna tehnologija, zaradi česar je v digitalno omrežena proizvodna okolja lažje uvesti večrobotske rešitve. Z lahkim in kompaktnim krmilnikom CS9 ter naprednimi varnostnimi funkcijami je serija TX2 odprla novo poglavje na področju sodelovanja med človekom in strojem. Prvič so bili lahko pri standardnih robotih uresničeni koncepti sodelovanja med

človekom in robotom MRC (Man Robot Collaboration) brez ogrožanja produktivnosti. To zlasti velja za nove modele, namenjene srednjim obremenitvam.

Novi družinski člani serije TX2 imajo na posamezni osi tudi digitalni varnostni kodirnik in vgrajeno varnostno ploščo tiskanega vezja. Vse varnostne funkcije so certificirane in v skladu z zahtevami varnostne kategorije SIL3/PLe. To zagotavlja popolno zaščito operaterjev in opreme za obdelavo. Obsežne varnostne funkcije, združljivost z industrijo 4.0 (vključno s strežnikom OPC-UA), mehanske lastnosti in nadpovprečni vzdrževalni intervali novih robotov zagotavljajo produktivnost v klasičnih in tudi digitalno omreženih okoljih.



Trdna konstrukcija in pametna zasnova: idealna rešitev za številne vrste uporabe v težkih do sterilnih okoljih

Vir:

DOMEL, d. d., Otoki 21, 4228 Železniki, T: +386 (0) 45117456, M: +38651489005, e-mail: lojze.jemec@domel.com, internet: www.domel.si, besedilo: Ralf Högel

O družbi Stäubli

Stäubli je globalni ponudnik rešitev na področju mehatronike v segmentih konektorjev, robotike in tekstila, ki oskrbuje stranke v številnih industrijskih sektorjih, ki želijo povečati svojo produktivnost. Stäubli kot mednarodna družba trenutno deluje v 29 državah, zastopnike pa ima v 50 državah na štirih celinah. Globalno je v družbi zaposlenih 5500 ljudi, ki v sodelovanju s strankami iz skoraj vseh industrij zagotavljajo celovite rešitve in dolgoročno podporo. Družba Stäubli je bila ustanovljena leta 1892 kot majhna delavnica v kraju Horgen (kanton Zürich), danes pa ima sedež v švicarskem Pfäffikonu (kanton Schwyz). www.staubli.com

O sektorju Stäubli Robotics

Stäubli Robotics je vodilni globalni ponudnik rešitev na področju robotike, ki nenehno zagotavlja inženirske rešitve, ki so enako uspešne in zanesljive kot njihove storitve in podpora. Stäubli kot ponudnik celovitih rešitev za digitalno omreženo proizvodnjo ponuja široko paleto 4- in 6-osnih robotov, vključno z robotskimi rokami, zasnovanimi posebej za občutljiva okolja, avtonomnimi mobilnimi roboti, avtonomnimi transportnimi sistemi (AGV) ter kolaborativnimi roboti za sodelovanje med človekom in robotom. www.staubli.com/robotics

Upoštevanje človeka
je prvo pravilo robotike.



Rexroth Bosch Group

- pogonska tehnika
- sistemi za avtomatizacijo
- krmilne komponente
- varnostna tehnika

Kontakt:
brane.ozebek@domel.com
tel.: 04 51 17 358

- tirna vodila
- okrogla vodila
- kroglična vretena
- linearni sistemi
- večosni sistemi
- druge komponente

Kontakt:
lojze.jemec@domel.com
tel.: 04 51 17 456

STÄUBLI

Kontakt:
lojze.jemec@domel.com
tel.: 04 51 17 456



© Ventil 27(2021)2. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
 © Ventil 27(2021)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 27
 Year Letnica 2021
 Number Številka 2

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

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

Znanstveno-strokovni svet:

- ▶ Erih ARKO, inž., 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 KOLBČAR, 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
- ▶ prof. dr. Jože RITONJA, FERI Maribor
- ▶ prof. dr. Katarina SCHMITZ, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ izr. prof. dr. Riko ŠAFARIČ, FERI Maribor
- ▶ Janez ŠKRLEC, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Poljska
- ▶ 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: Schwarz Print, d. o. o., Ljubljana
 Marketing in distribucija: Roman Putrih

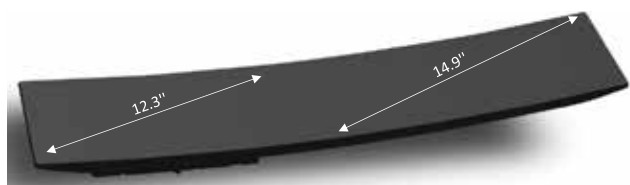
Naslov izdajatelja in uredništva: UL, Fakulteta za strojništvo – Uredništvo revije Ventil
 Aškerčeva 6, POB 394, 1000 Ljubljana
 Telefon: + (0) 1 4771-704
 Faks: + (0) 1 4771-772 in + (0) 1 2518-567

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

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.

SLOVENSKO ZNANJE REŠUJE INŽENIRSKÉ IZZIVE EVOLUCIJE AVTOMOBILSKIH LCD-ZASLONOV

Ob vse hitrejši digitalizaciji sveta smo pričakovali, da bodo tudi avtomobili kmalu zapustili svojo surovo, mehansko preteklost in postali futuristični približki samih sebe, ki so jih radi prikazovali mediji osemdesetih let. Čeprav je popolna elektrifikacija avtomobilov še nekaj desetletij stran, pa prihodnost prehitevajo digitalni prikazovalniki, ki počasi nadomeščajo vsak gumb in stikalo v novodobnih kabinah.



Slika 1 : 3D-izris dvodelnega večfunkcijskega LCD-panela (Vir: Inea, d. o. o.)

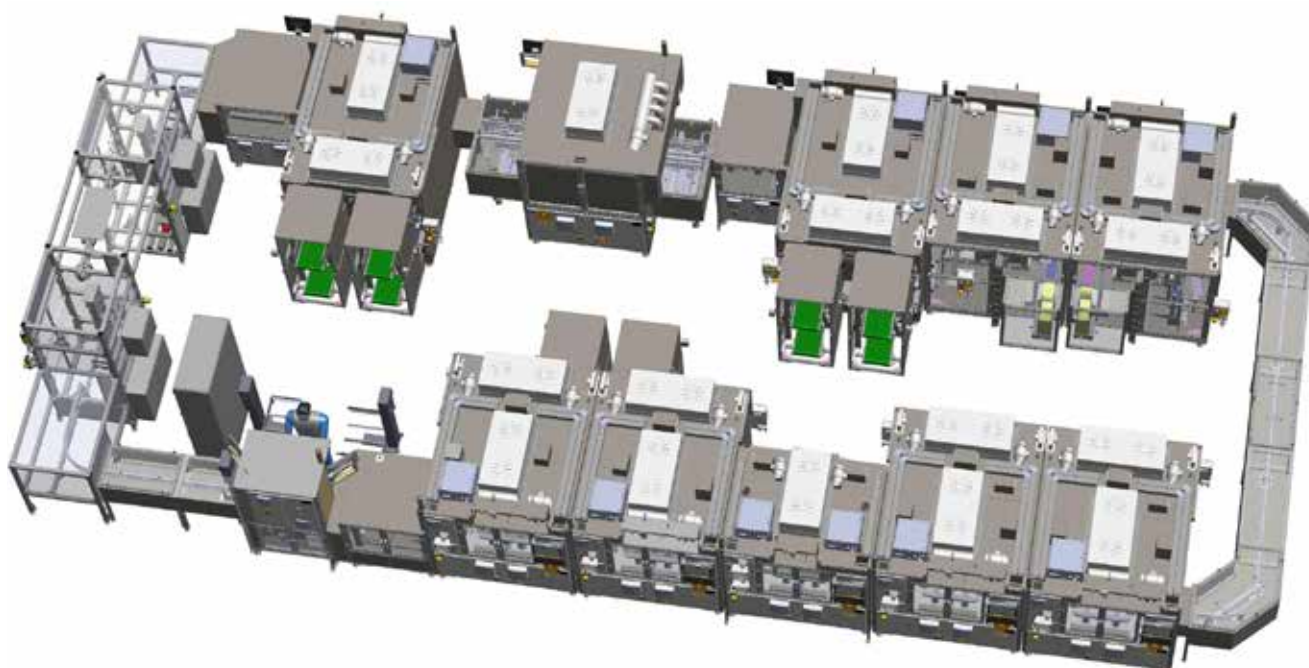
Vse večja težnja po informacijah na doseg roke je botrovala temu, da so LCD-zaslони postali stalnica v vseh sodobnih avtomobilih. Z željo po poveztivosti je rasla tudi velikost zaslonov, tako da t. i. »digitalni kokpiti« avtomobilov naslednje generacije lahko zasedajo že celo širino armaturne plošče in so torej njen glavni element. Za razliko od mehanskega odziva vrtljivih gumbov, ki so dandanes že skoraj nostal-

gični, je prednost digitalnih prikazovalnikov v njihovi popolni prilagodljivosti in možnosti prikaza točno določenih informacij, ki jih potrebuje voznik. Vseeno pa ostajata tako za kupce kot proizvajalce dve glavni oviri: strošek in kompleksnost izdelave.

LCD zaslon: enajst slojev, tri faze, en izdelek

LCD-zaslon je praviloma sestavljen iz LED-osvetlitve ozadja (ang. backlight), LCD-modula s tekočimi kristali, ki prikazuje sliko, ter zaščitnega stekla z opcijskim kapacitivnim slojem za zaznavanje dotikov. Ti trije glavni deli skupaj z ohišjem tvorijo zaslon, ki je sestavljen v treh fazah.

V prvi fazi se LED-osvetlitev združi z modulom s tekočimi kristali, ki v svojem vzbujenem stanju blokirajo različne valovne dolžine svetlobe in tako ustvarjajo



Slika 2 : Proizvodna linija za sestavo LED-osvetlitve (Vir: Inea, d. o. o.)

sliko. Naslednja faza je optična vezava (ang. optical bonding), pri kateri je s pomočjo OCA-traku (ang. optically clear adhesive) na zaslon nameščeno zaščitno steklo. Ta korak je še posebej pomemben, saj optično vezan zaslon zagotavlja manj odboja svetlobe, boljšo odzivnost na dotik in večjo odpornost na udarce, kar je v avtomobilih izrednega pomena. Zadnja faza je namestitev sestava v ohišje, ki ščiti celoten zaslon in omogoča njegovo uporabo v nadaljnji proizvodnji.

Vsaka od teh faz je sama po sebi zelo kompleksna in njena proizvodna linija prostorsko obširna. Najnovejša linija, ki jo je za potrebe ene od avtomobilskih multinacionalk razvila Inea, se razprostira na 140 kvadratnih metrih in obsega 120 tisoč komponent (slika 2). Ta linija druge faze, ki sestavlja spodnje sloje, v kontrolirani atmosferi opravi vse od merjenja, lepljenja ter končnega testiranja delovanja zaslona. Za zagotavljanje brezhibnosti in stoodstotne sledljivosti na vsakem koraku poskrbi kar 36 sistemov za vizualno kontrolo kakovosti, ki skupaj z drugo senzoriko spremljajo približno 1.500 različnih parametrov.

inSpect sistemi za industrijski vid skrbijo za vse: od usmerjanja robotov, sledenja komponentam do kakovosti končne sestave in testiranja vsakega posameznega produkta. Na tej liniji je industrijski vid prilagojen celi vrsti namenov – lahko prepozna lokacijo in orientacijo večjih kosov, torej pridobi podatke, ki jih potrebuje robotsko prijemalo, izmeri svetilnost vsakega posameznega subpiksela na končnem testiranju ali izmeri lokacijo in odstopanja delov do desetinke milimetra natančno, kar zagotovi tesna prilaganja z zelo nizkimi tolerancami, ki jih zahteva industrija. Ena glavnih nalog je tudi avtomatska kalibracija robotov, kar zagotovi vrhunsko natančnost brez posredovanja človeškega operaterja.

Pri zasnovi proizvodne linije predstavlja dodaten izziv dejstvo, da je dvodelni večfunkcijski zaslon v skupni širini 75,4 centimetra ukrivljen z radijem 2,75 metra. Robotski gibi so v tem primeru veliko bolj kompleksni, saj morajo med drugim pri manipulaciji ravnih vhodnih materialov upoštevati ukrivljenost končnega produkta. S tem namenom je bila izvedena tudi študija človeškega giba, da se lahko roboti čim bolj približajo naravnemu rokovanju s sestavnimi deli (slika 3).



Slika 3 : Odstranjevanje zaščitne folije z robotskim manipulatorjem (Vir: Inea, d. o. o.)

Inovativne rešitve, nove perspektive

Emulacijo čiste sobe ustvarjajo proizvodne celice same

Proizvodnja po navadi poteka v t. i. čisti sobi, Ineina nova linija pa je zasnovana tako, da pogoje delovanja v čisti sobi ustvarjajo posamezne proizvodne celice same. Takšno okolje so ustvarili z namestitvijo močnih sistemov za odsesavanje, s filtri zraka, dodatnim tesnjenjem posameznih spojev, zračnimi zaporami, prehodom materiala in polizdelkov v stroje skozi dvojno izmenično zaporo in zagotavljanjem nadtlaka v postajah, ki preprečuje vstop morebitnih nečistoč.

Trajnostni pristop z ekološkim poudarkom

Poleg industrijske učinkovitosti je imel pri zasnovi te linije velik vpliv tudi ekološki vidik, saj je celotna linija opremljena z različnimi optimizacijami. Ena teh je razvoj inovativnih robotskih prijemal, ki omogoča večkratno uporabo pladnjev za pripravo vhodnih materialov in tako zmanjša količino plastičnih odpadkov za kar dve tretjini. Drastično zmanjšanje porabe energije pa predstavlja tudi faza mirovanja večjih porabnikov, ki se samodejno vključi ob neaktivnosti linije.

Celostni pristop: vse tri faze pod eno streho

Ker je za proizvajalce LCD-zaslonov ključnega pomena, da so komponente izdelane hitro, učinkovito in kvalitetno, je to najlažje doseči s celostno rešitvijo za vse tri faze sestave. K temu cilju stremi tudi Inea, ki želi z lastnim razvojem postati prvi dobavitelj celostnih rešitev tega tipa v Evropi. Za dopolnitev portfelja storitev, ki na tem področju že zajema drugo fazo osvetlitve in zadnjo fazo končne sestave, manjka še prvi korak: optična vezava LCD-zaslona z zaščitnim steklom.

Razvojni projekt za iznajdljive ume

Na videz preprosta naloga postane zahtevna, ko je ekran ukrivljen, hitrost visoka in toleranca neverjetno nizka. Vezava meter dolgega ekrana z enako dolgim slojem lepila in stekla, ne da bi v notranjost prodrl še neznapen mehurček zraka, je izziv tudi za najbolj izkušene inženirje.

Prav zato Inea išče iznajdljive ume, željne znanja, razvoja in uspeha v študentskih vrstah. Izbrani kandidati bodo v leto trajajočem raziskovalnem projektu s stalno podporo industrijskih strokovnjakov iz Inee razvili prototip naprave za optično vezavo, ob tem pa imeli priložnost podrobno spoznati to področje in na to temo napisati še zaključno delo. Cilji sodelovanja so dolgoročni: zaposlitev, nadaljnji razvoj tehnologije in vzpostavitev tehnološkega primata v Evropi.

Prijave za projekt, ki ga v celoti organizira in financira Inea, so odprte do 30. aprila 2021 na bonding.inea.si.

www.inea.si

NOVA SERIJA ROBOTSKIH MENJALNIKOV ORODIJ Z NOSILNOSTJO DO 80 KG

Podjetje Stäubli Connectors predstavlja nov nabor kompaktnih sistemov robotskih menjalnikov orodij. Pet novih velikosti MPS pokriva območje nosilnosti do 80 kg, pri čemer je še posebej izstopajoča raznolikost prenosnih teh-nologij, ki se lahko uporabljajo, in zelo visoka ponovljiva natančnost $\pm 1,5 \mu\text{m}$. S predstavitvijo te nove serije, ki se lahko zelo enostavno prilagodi katerikoli aplikaciji, podjetje Stäubli sedaj ponuja robotski sistem za menjavo orodij za vse nosilnosti in vse robote.

Večja fleksibilnost in višja raven uporabe sta lastnosti avtomatiziranega sistema za menjavo orodij, ki lahko bis-tveno povečata produktivnost robota. Pri številnih proizvodnih procesih predstavlja avtomatizirana menjava oro-dij edini način za doseganje visoke ravni individualizacije, ki se danes zahteva na vseh industrijskih področjih.

Kot globalni proizvajalec robotov in konektorjev ima podjetje Stäubli desetletja izkušenj glede industrijskih zahtev za robotizirane proizvodne linije. Podjetje ve-lja za enega izmed začetnikov na področju sistemov robotskih me-njalnikov orodij in ponuja celovit nabor izdelkov za nosilnost robotov do 1.530 kg.

1 Modulna gradnja

Novi sistemi za menjavo orodij – MPS015, MPS025, MPS035, MPS055 in MPS080 – z nosilnostjo do 80 kg so modularno zasnovani in uporabnikom zagotavljajo visoko fleksibilnost, natančnost in učinkovitost (*slika 1*). Sistemi z oznako MPS COMPLETE so vnaprej konfigurirani in pripravljeni za takojšnjo uporabo ter dobavljivi v najkrajšem času. MPS MODULAR so posamično sestavljene rešitve za kupce, pripravljene za takojšnjo uporabo in dobavljive v kratkem času. Sistemi MPS CUSTOMIZED so prilagojeni posebnim zahtevam uporabnikov in njihovim aplikacijam.

Integrirane so funkcije in širok nabor modulov. Sistemi so široko uporabni pri različnih opravilih pri obdelavi in manipulaciji izdelkov kakor tudi pri kontroli kakovosti s kamero.

Pnevmatski ali vakuumske dovodi so že integrirani v zaklepne enote novih sistemov. Za prilagodljivo razširitev funkcionalnosti so na razpolago številni dodatni moduli za prenos komprimiranega zraka ali vakuuma, za prenos ali zaščito signalov in podatkov, ozemljitve, kodiranje orodij ter tudi za shranje-



Slika 1 : Robotski menjalniki orodij za nosilnosti do 80 kg (vir: Stäubli)

vanje podatkov. Raznolikost mož-nih tehnoloških kombinacij je tako skoraj neomejena.

2 Prilagodljivost in stroškovna učinkovitost

Zaradi fleksibilnosti namestitve so visoko stroškovno učinkoviti. Namestitev posameznih modulov je enostavna, mogoče jih je prilagoditi kablom robota. Z uporabo enostavne kode za naročanje se rešitve za vsako aplikacijo in vsako zahtevo učinkovito konfigurirajo.

Na strani robota je menjalnik orodij MPS opremljen z vsemi potrebnimi moduli za uporabo orodij, ki so pomembna za robota, na strani orodja pa so le prenosni moduli, potrebni za delovanje posameznih orodij. To pa omogoča uporabo do šest različno opremljenih modulov sistema na strani orodja

in enega modula na strani orodja, kar zagotavlja optimalno vračanje investicije.

»Obsežne in fleksibilne možnosti orodij omogočajo podjetju Stäubli, da konfigurira optimalne rešitve za svoje stranke,« poudarja Norbert Ermer. Raznolikost tehnologij, ki se lahko enostavno integrirajo, odpira popolnoma nove možnosti na področju produktivnosti za številne industrije od elektronike in strojništva do kovinskopredelovalne industrije in predelave plastike.

3 Idealna izkoriščenost zmogljivosti robota z maksimalno natančnostjo

Za povezavo med stranjo robota in stranjo orodja sistema MPS podjetje Stäubli združuje križno oblikovane vodilne površine s krogličnim vzmetnim zaklepnim sistemom. To sistemu omogoča doseganje maksimalne natančnosti v celotni življenjski dobi. Orodja so vedno postavljena nazaj na svoj 100-odstotno natančen položaj vstavitve, pri čemer je natančnost ponovljivosti $\pm 1,5 \mu\text{m}$.

Opcijsko razpoložljivo spremljanje statusa je vgrajeno neposredno v zaklepno enoto sistema tako, da zaseda malo prostora in se skupna višina sestavnega menjalnika ne poveča. To pa ohranja, kar se da majhen vztrajnostni moment orodja, kar omogoča optimalno izkoriščenost nosilnosti robota.

4 Enostavna integracija in takojšnja uporaba

Podobno kot pri uveljavljenih sistemih za menjavo orodij proizvajalca Stäubli z nosilnostjo robotov do 1.530 kg je tudi novi sistem za nosilnosti do 80 kg pritrjen neposredno na standardno ISO-prirobnico vsakega robota, izdelane ga kjerkoli na svetu, brez potrebe po vmesniku. Ta razporeditev izvrtni je prenesena tudi na stran orodja za sestavo.

Konfigurirani menjalniki orodij se dobavijo naročniku popolnoma sestavljeni in pripravljeni za uporabo. Modularna zasnova sistema omogoča, da se robotski menjalniki orodij MPS podjetja Stäubli lahko kadarkoli prilagodijo ali razširijo za nove aplikacije.

Podjetje Stäubli ponuja tudi stojala za orodja vseh velikosti. To so lahko samostojna stojala za orodja ali pa stojala le za zgornji del orodja, ki se lahko namesti na standardne rešitve, ki so izdelane iz profilov in se uporabljajo za shranjevanje orodij. Pripadajoči obešalni moduli so nameščeni na zaklepne enote MPS.

Vir:

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

ČUDEŽNI BIG WIPES ČISTILNI ROBČKI PRI S3C



žnih čistilnih robčkov BIG WIPES. Uporabljajo se tako v industriji (profesionalna uporaba) kot tudi doma in za čiščenje notranjosti avtomobilov. Ker vemo, da si delavci v industriji hitro umazajo roke z raznimi substancami in imajo veliko težav z njihovim odstranjevanjem, imamo zdaj rešitev za to. Čistilni robčki BIG WIPES so specializirani za odstranjevanje različnih substanc (barve, laki, pene, silikoni, tesnila, lepila, olja, masti itd.) z rok, orodij in površin.

Proizvajalec garantira, da so najboljši v svojem razredu, saj praktično ni konkurenčnega izdelka, ki bi odstranil toliko substanc tako učinkovito, kot to storijo čistilni robčki BIG WIPES. Hkrati pa preprečujejo izsušitev rok,

saj ohranjajo vlažnost ter zaščito in so dermatološko testirani. Vsi izdelki podjetja Sycamore so ekološki, razgradljivi, vsebujejo naravne sestavine, so brez toksinov in fosfatov, mogoče jih je reciklirati in niso bili nikoli testirani na živalih.

Za ponudbo čistilnih robčkov ali ostalih izdelkov s področja hidravlike, pnevmatike in industrijske armature nas kontaktirajte na info@s3c.si, 014232222 ali obiščite stran www.s3c.si. Veselelimo se sodelovanja z vami.

Vir:

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

V podjetju S3C, d. o. o., imamo v stalni ponudbi tudi izdelke podjetja Sycamore UK Ltd., ki je proizvajalec in distributer čude-

ZANIMIVOSTI NA SPLETNIH STRANEH

- [1] [IFK 2020: Digitalni dogodek - www.ifk2020.com](http://www.ifk2020.com) – (IFK 2020: Ein digitales Event) Sredi oktobra preteklega leta je zasedal Mednarodni kolokvij o fluidni tehniki (Internationale Fluidtechnische Kolloquium – IFK 2020). Dresdenski organizator ga je pripravil na spletni strani. Digitalno ni bil oblikovan samo format, ampak tudi velika večina vsebine. Vsi prispevki so vključeni pod moto: »Fluidna tehnika – tehnologija prihodnosti.« Odziv udeležencev je bil zelo pozitiven.

Prvi dan kolokvija je bil namenjen metodologiji obravnavanja področja, naslednja dva dneva pa praktičnim vsebinam prispevkov, ki sodijo v navedeni moto. 360 udeležencev je skupaj porabilo 644 dni in 15 ur za obravnavo prispevkov. Pripravljenih je bilo skupaj 108 prispevkov. Sodelovalo je 100 avtorjev z vseh petih kontinentov sveta. Predstavilo pa se je tudi 14 podjetij s svojimi dosežki in dejavnostmi. Računajo na redno zasedanje kolokvija v Aachnu leta 2022.

- [2] [Inteligentna ultrazvočna zaznavala za merjenje toka in pretoka - www.allengra.eu](http://www.allengra.eu) – Dolgo so veljali ultrazvočni senzorji za predrage in dimenzijsko prevelike za praktično uporabo. Nemško podjetje *Allengra GmbH* pa je z južnonemškimi izdelovalci čipov uspelo razviti kompakten in cenovno dostopen ultrazvočni senzor, primeren za velikoserijsko izdelavo.

Poudarjene so njegove lastnosti:

- ▶ odzivnost: 1,4 s,
- ▶ delovna temperatura: 5 ... 60 °C,
- ▶ napajanje: mogoče tudi z litijevo baterijo,
- ▶ načrti proizvodnje: v okviru industrije 4.0.

Več v prispevku: Anonim: Intelligente Ultraschall- Sensorik für Durchflussmessungen – O + P 64 (2020) 11-12, str. 38.

- [3] [Negativne gospodarske številke - www.ama-sensorik.de](http://www.ama-sensorik.de) – Nemško združenje za senzoriko in merilno tehniko AMA (AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e. V.) poroča o slabšanju gospodarske uspešnosti. Že v prvem četrtletju preteklega leta je bilo opazno zmanjšanje prodaje. V drugem četrtletju je ta padla za nadaljnjih 8 odstotkov, naročila pa celo za 13 odstotkov. S skrajševanjem delovnega časa je padec v drugem četrtletju narasel na 55 odstotkov. Vse to je v naslednjem obdobju pomembno zmanjšalo povpraševanje po senzoriki in merilni tehniki pri vseh 450 članih združenja, posebno s področij velikih porabnikov tovrstne tehnike, kot so avtomobilska in strojna industrija ter elektrotehnika.

- [4] [Tankanje vodika - www.buerkert.de](http://www.buerkert.de) – Uporaba vodika za pogon vozil predpostavlja uporabo priročnega, zanesljivega in varnega načina

shranjevanja in tankanja vodika. Mobilna postaja za tankanje vodika *WyRefueler* je zato opremljena z ustreznim pnevmatičnim ventilskim krmiljem. Več v prispevku: Bennek, W.: So tankt man Wasserstoff – O + P 64 (2020) 11-12, str. 34.

- [5] [Zaščita pred premontažo pri cevni priključki s stožčastim tesnilnim spojem - www.parker.com](http://www.parker.com) – Monterji hidravličnih naprav pri vprašanju o vzrokih neustrezne montaže hidravličnih vodov večinoma odgovarjajo, da so manjši priključki »premontirani«, veliki pa »podmontirani«. To jasno pomeni, da se pri hidravličnih napravah cevovodi največkrat montirajo po občutku. In zato mnogokrat z usodnimi posledicami.

Poudarki:

- ▶ premontaža povzroča neustrezno montažo,
- ▶ zaščita pred premontažo olajša montažo,
- ▶ nova konstrukcijska rešitev preprečuje previsoke navore pritezanja.

Več v prispevku: Kleis, U.: Übermontageschutz bei Dichtkegelverschraubungen – O + P 64 (2020) 11-12, str. 24.

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIO

SLOTRIB

2022



**POSVETOVANJE o TRIBOLOGIJ, MAZIVIH in
TEHNIČNI DIAGNOSTIKI,**

**bo potekalo junija 2022 v sklopu
forumu IRT**

Se vidimo v Portorožu!

10001100110101010101011100101011001100001001100110100110
10001100110101010101011100101011001100001001100110100110
10001100110101010101011100101011001100001001100110100110
10001100110101010101011100101011001100001001100110100110

15.-17.2.2022

GR, Ljubljana , Slovenija

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

IFM

INTRONIKA

Robotics



**Strežni sistemi in kartezični roboti
s Handling Guide Online**

FESTO



**Vsestransko
in natančno
prileganje!**

**Vi potrebujete kompletne sisteme.
Vi zahtevate zmanjšano kompleksnost.
Mi smo vaš zanesljiv partner za celotne rešitve.**

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

Natančno prilegajoči se, varčni, dinamični in prilagodljivi: ustvarite popolno rešitev z uporabo široke palete strežnih sistemov in kartezičnih robotov Festo. Zmanjšajte vaše delovne obremenitve! Online Handling Guide vam omogoča konfiguriranje in naročilo popolnega sistema za strego v samo treh korakih, kar močno zmanjša obremenitev vaših inženirjev. V rekordnem času boste prejeli v celoti sestavljen in preizkušen strežni sistem.

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