



OPL

- Predstavitev
- Ventil na obisku
- Termodinamska analiza procesa
- Robotski krmilnik za hidravlično dvigalo
- Načrtovanje programske kode
- Adaptivna industrijska diagnostika
- Iz prakse za prakso
- Podjetja predstavljajo

FESTO

Merimo
LOTRIČ
za prihodnost

HYDAC

Parker

NORGREN

SICK

Sensor Intelligence.

MIEL OMRON

www.miel.si

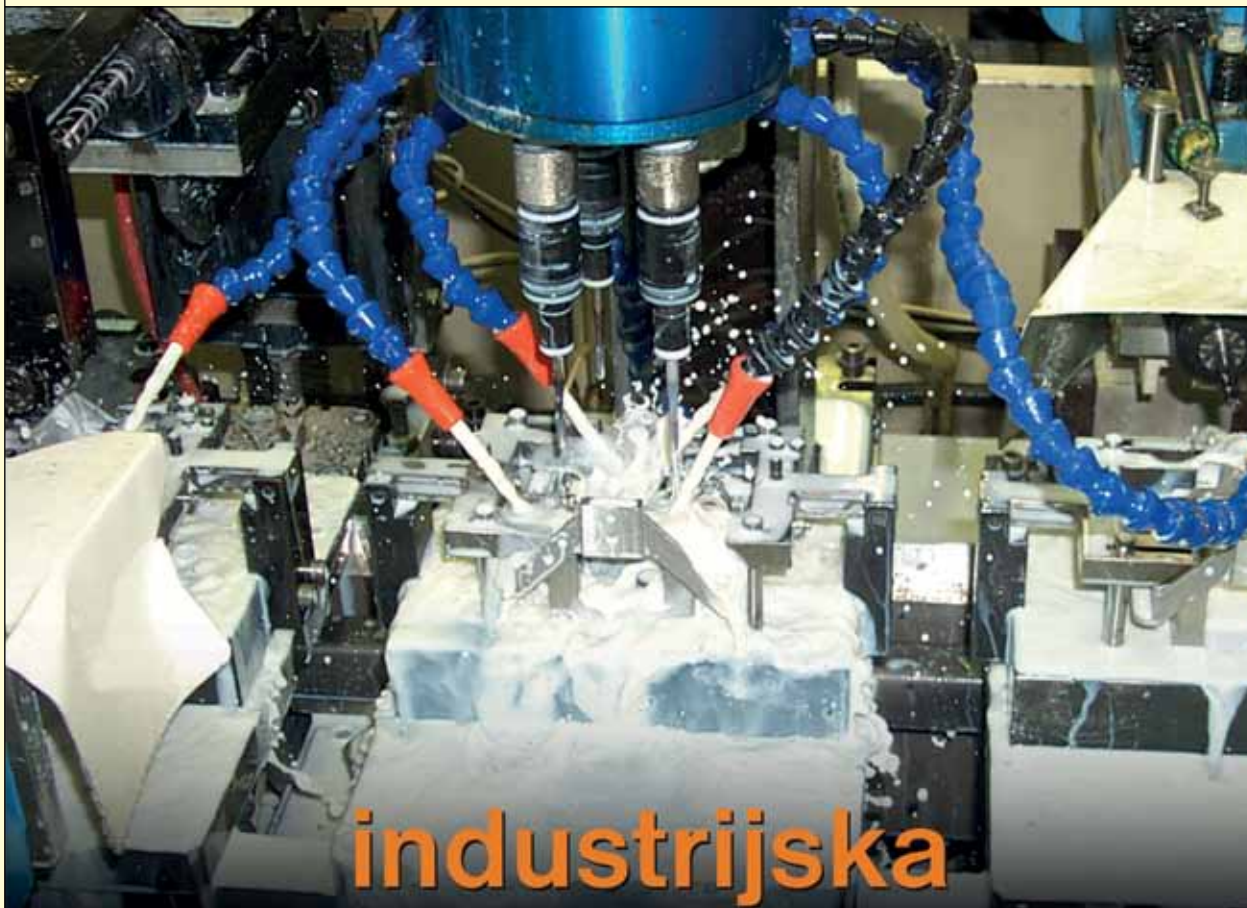
Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo

SPIRING

www.spiring.si

MARPO

HYDRAULIC MOVEMENT



industrijska

olja in maziva



OLMA

www.olma.si

SINCE 1947

Vsebina	189	■ PREDSTAVITEV	
Impresum	191	Katedra za menedžment obdelovalnih tehnologij	192
Beseda uredništva	191		
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	198	■ VENTIL NA OBISKU	
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	218	HPE – podjetje za inženiring na področju priprave stisnjene zraka in prodajo kompresorjev	222
■ ALI STE VEDELI	262	■ TERMODINAMIKA – PROCESNA TEHNIKA	
Seznam oglaševalcev	272	Andrej BOMBAČ, Zlatko ŠELIH: Termodinamska analiza procesa na absorpcijskem stolpu pri proizvodnji žveplove kisline	226
Znanstvene in strokovne prireditve	232	■ AVTOMATIZACIJA V GRADBENIŠTVU	

Naslovna stran:

OLMA, d. d., Ljubljana
Poljska pot 2, 1000
Ljubljana
Tel.: + (0)1 58 73 600
Fax: + (0)1 54 63 200
e-mail: komerciala@olma.si

OPL Avtomatizacija, d. o. o.
BOSCH Automation
Koncesionar za Slovenijo
IOC Trzin, Dobrave 2
SI-1236 Trzin
Tel.: + (0)1 560 22 40
Fax: + (0)1 562 12 50

FESTO, d. o. o.
IOC Trzin, Blatnica 8
SI-1236 Trzin
Tel.: + (0)1 530 21 10
Fax: + (0)1 530 21 25

LOTRIČ, d. o. o.
Selca 163, 4227 Selca
Tel.: + (0)4 517 07 00
Fax: + (0)4 517 07 07
internet: www.lotric.si

HYDAC, d. o. o.
Zagrebska c. 20
2000 Maribor
Tel.: + (0)2 460 15 20
Fax: + (0)2 460 15 22

PARKER HANNIFIN
Corporation
Podružnica v Novem mestu
Velika Bučna vas 7
8000 Novo mesto
Tel.: + (0)7 337 66 50
Fax: + (0)7 337 66 51

IMI INTERNATIONAL,
d. o. o.
(P.E.) NORGREN HERION
Alpska cesta 37B
4248 Lesce
Tel.: + (0)4 531 75 50
Fax: + (0)4 531 75 55

SICK, d. o. o.
Cesta dveh cesarjev 403
0000 Maribor
Tel.: + (0)1 47 69 990
Fax: + (0)1 47 69 946
e-mail: office@sick.si
http://www.sick.si

MIEL Elektronika, d. o. o.
Efenkova cesta 61,
3320 Velenje
Tel.: +386 3 898 57 50
Fax: +386 3 898 57 60
www.miel.si
www.omron-automation.com

Pirnar & Savšek,
Inženirski biro, d. o. o.
C. 9. avgusta 48
1410 Zagorje ob Savi
Tel.: 03 56 60 400
Faks: 03 56 60 401
www.pirnar-savsek.si

MAPRO d.o.o.
Industrijska ulica 12,
4226 Žiri
Tel.: 04 510 50 90
Faks: 04 510 50 91
www.mapro.si

Justin ČINKELJ, Roman KAMNIK, Peter ČEPON, Matjaž MIHELJ, Marko MUNIH:
Robotski krmilnik za hidravlično teleskopsko dvigalo
 234 |

■ KRMILNA TEHNIKA

Franc HANŽIČ, Karel JEZERNIK, Slavko CEHNER: Načrtovanje programske kode s končnim avtomatom za avtomatska drsna vrata
 240 |

■ INDUSTRIJSKA DIAGNOSTIKA

Primož POTOČNIK, Peter MUŽIČ, Vid DRAGOŠ, Edvard GOVEKAR:
Adaptivna industrijska diagnostika proizvodnje kompresorjev
 250 |

■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

Srečko KLEMENC: Montažna linija za tube
 256 |

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Godexovi tiskalniki nalepk po dostopni ceni (LEOSS)
 266 |

■ NOVOSTI NA TRGU

Zasučni modul DSM-B (FESTO)
 267 |

Nov filter HYDAC PLF1 za procesno tehniki (HYDAC)
 267 |

Novosti s področja povezav različnih industrijskih omrežij (INEA)
 268 |

Brezkontaktno merjenje pretoka (SICK)
 269 |

National Instruments predstavlja najzmogljivejše digitalizatorje na vodilo PXI (NATIONAL INSTRUMENTS)
 269 |

■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Laserski varnostni skener Omron OS23C (MIEL Elektronika)
 270 |

■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Zanimivosti na spletnih straneh
 272 |





MH5 | MH5L

MH5 | MH5L

MONTAŽA IN STREGA

MOTOMAN MH5 | MH5L

- Vitek, močan in ekonomičen
- Minimalne vgradne mere
- Nosilnost 5 kg
- Maksimalna zmogljivost s kompaktno verzijo robotskega krmilnika NXC100-DX
- Izjemna produktivnost ob minimalni investiciji

© Ventil 17(2011)3. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
© Ventil 17(2011)3. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Impresum

Internet:
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

Letnik	17	Volume
Letnica	2011	Year
Številka	3	Number

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:
izr. prof. dr. Maja ATANASJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
izr. prof. dr. Ivan BAJSIČ, FS Ljubljana
doc. dr. Andrej BOMBAC, FS Ljubljana
izr. prof. dr. Peter BUTALA, FS Ljubljana
prof. dr. Alexander CZINKI, Fachhochschule Aschaffenburg, ZR Nemčija
doc. dr. Edvard DETIČEK, FS Maribor
prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana
prof. dr. Jože DUHOVNIK, FS Ljubljana
izr. prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
mag. Franc JEROMEN, GZS – ZKI-FT
izr. prof. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana
prof. dr. Peter KOPACEK, TU Dunaj, Avstrija
mag. Milan KOPAC, KLADIVAR Ziri
doc. dr. Darko LOVREC, FS Maribor
izr. prof. dr. Santiago T. PUENTE MÉNDEZ, University of Alicante, Španija
prof. dr. Hubertus MURRENHOFF, RWTH Aachen, ZR Nemčija
prof. dr. Takayoshi MUTO, Gifu University, Japonska
prof. dr. Gojko NIKOLIC, Univerza v Zagrebu, Hrvaška
izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
doc. dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
Martin PIVK, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo, Škofja Loka
prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana
prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:
Narobe Studio

Lektoriranje:
Marjeta HUMAR, prof., Paul McGuiness

Računalniška obdelava in grafična priprava za tisk:
LITTERA PICTA, d.o.o., Ljubljana

Tisk:
LITTERA PICTA, 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 2518-567 in
+ (0) 1 4771-772

Naklada:
2 000 izvodov

Cena:
4,00 EUR – letna naročnina 24,00 EUR

Revija sofinancira Javna agencija za knjigo Republike Slovenije (JAKRS).

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 8,5-odstotni davek na dodano vrednost.

Bela knjiga o vzgoji in izobraževanju



1. 4. 2009 je minister za šolstvo in šport izdal sklep o imenovanju Nacionalne strokovne skupine za pripravo Bele knjige o vzgoji in izobraževanju v Republiki Sloveniji z nalogo, da pripravi strokovne podlage za sistematično in strokovno utemeljeno preoblikovanje in dograjevanje sistema vzgoje in izobraževanja v naši državi.

Bela knjiga je nastajala dve leti in po 16 letih na novo določa smernice razvoja našega šolstva, pri tem je neposredno sodelovalo 130 strokovnjakov, ki so bili razdeljeni na 12 področnih skupin – od vrtca, osnovne šole pa vse do izobraževanja odraslih. Prvo leto so porabili predvsem za

analize mednarodnih primerjav, izvedli so tudi 15 empiričnih raziskav. Projekt je bil ovrednoten na 650.000 evrov in je podprt z denarjem iz evropskega socialnega sklada.

31. 03. 2011 je vodja Nacionalne strokovne skupine za pripravo Bele knjige o vzgoji in izobraževanju dr. Janez Krek ministru za šolstvo in šport Igorju Lukšiču predal osnutek nove Bele knjige v vzgoji in izobraževanju. Besedilo, ki zajema pregled stanja in predloge rešitev za področja od vrtca do izobraževanja odraslih, je od tega dne objavljeno na spletni strani <http://www.belaknjiga2011.si/> in je v celoviti obliki prvič pred javnostjo.

V aprilu je bila javna razprava. Z upoštevanjem tehničnih pripomb, kot pravijo, bodo Belo knjigo v naslednjih mesecih poslali v parlament.

Bela knjiga naj bi na vseh izobraževalnih področjih podpirala doseganje odličnosti in znanju. »Ta cilj bi si morali v državi zelo jasno postaviti. Sposobnejšim moramo omogočiti, da se dokažejo in pridobijo znanja. Za to so nujna zadostna vlaganja, zato bi bilo treba obrniti trend padanja deleža BDP za izobraževanje, ki ga zaznavamo od leta 2005,« je ob predaji dokumenta opozoril vodja Nacionalne strokovne skupine in dekan pedagoške fakultete dr. Janez Krek.

Pa bo res tako, se mnogi sprašujemo?

Kaj prinaša Bela knjiga dobrega za tehniko in naravoslovje? Mislim, da nič posebno novega in koristnega, kar bi pri mladih ljudeh spodbudilo veselje in povečalo voljo do tehnike, do naravoslovja in povečalo željo po izobraževanju na področju tehnike.

Mnogokrat slišimo, da strojniki in tehniki nismo aktivni v političnem in splošnem družbenem življenju, da se ne znamo sami postaviti za svojo stroko in svoje področje. To do neke mere prav gotovo drži. Toda kaj se da narediti na področju tehničnega izobraževanja, če nas pri odločanju ni nikjer zraven? Pa pogledimo samo sestavo Nacionalne strokovne skupine, ki je dve leti pripravljala Belo knjigo. V dvajsetčlanski skupini so bili štirje predstavniki Filozofske fakultete iz Ljubljane, pet predstavnikov Pedagoške fakultete iz Ljubljane, eden s Pedagoške fakultete iz Maribora in eden s Pedagoške fakultete Primorske univerze, dva predstavnika Pedagoškega inštituta iz Ljubljane in po en predstavnik Andragoškega centra iz Ljubljane, Zavoda RS za šolstvo, Urada za razvoj šolstva pri Ministrstvu za šolstvo in šport, en predstavnik iz Strokovnega sveta RS za splošno izobraževanje, en predstavnik sindikata in samo en predstavnik delodajalcev, to je iz gospodarstva. Če bi navedli osnovno izobrazbo vseh teh predstavnikov v tej skupini, bi ugotovili, da med njimi ni niti enega, ki bi se v splošnem ukvarjal s tehniko ali praktičnim naravoslovjem. Ko pogledamo osnovno izobrazbo in dejavnost članov Nacionalne strokovne skupine, lahko zelo hitro ugotovimo, da praktično vsi prihajajo iz družboslovja, da so vsi bolj ali manj izobraženi pedagogi. Ali res moraš biti za člana take skupine pedagog ali je mogoče celo koristneje, da nisi in da prihajaš z nekega drugega področja, ko šolski sistem opazuješ od zunaj in ga spremljaš kot uporabnik njegovih produktov, to je kot uporabnih izšolanega kadra.

Ali smo res tako naivni, da od takšne skupine pričakujemo, da bo npr. sprejela sklep, da se v gimnazije uvede obvezni splošni predmet tehnike?

Pri tem mi pogosto pridejo na misel pripombe, ki jih pogosto slišimo od tujih predstavnikov raznih organizacij, ki nam očitajo, da na naše šolske programe nimajo nobenega vpliva starši in pa gospodarstvo.

Zanimivo je vprašanje, ali naša gospodarska in obrtna ali inženirska zbornica res ne bi mogli nič pripomoči h kakovostnejšemu izobraževalnemu sistemu?

Janez Tušek

Katedra za menedžment obdelovalnih tehnologij

Katedra za menedžment obdelovalnih tehnologij je bila ustanovljena leta 2000. Razvojnoraziskovalno in pedagoško delo teče neprekinjeno že več kot 30 let v okviru Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani pod okriljem Laboratorija za odrezavanje in odrezovalne stroje. V raziskovalno skupino Laboratorija za odrezavanje (LABOD) je poleg vodje prof. dr. Janeza Kopača vključenih še 12 raziskovalcev, od tega 5 doktorjev znanosti. Skupino zaokrožuje 6 mladih raziskovalcev, od tega trije iz proizvodnje. LABOD poleg laboratorijske delavnice s stroji in merilno opremo vsebuje še oddelek za vzratno inženirstvo z opremo za dotično in optično skeniranje objektov.



Slika 1. Člani Katedre za menedžment obdelovalnih tehnologij

Poslanstvo in področja dela

Področja, na katerih pedagoško in razvojnoraziskovalno deluje Katedra za menedžment obdelovalnih tehnologij, so: obdelava z velikimi hitrostmi, načrtovanje tehnologij in izdelkov, zagotavljanje kakovosti in menedžment kakovosti, konstruiranje modulov za odrezovalne stroje, raziskave natančnosti obdelovalnih strojev, uvajanje sensorike za nadzor odrezovalnih procesov (spremljanje in nadzor procesov, raziskave rezalne cone, analiza dinamike procesov s frekvenčnim analizatorjem),

obdelava lesa z odrezavanjem, menedžment proizvodnje in operacij (TQM – Total Quality Management), menedžment tehnologij in inovacij, vzratno inženirstvo (RE – Reverse Engineering) in hitra izdelava prototipov (RP – Rapid Prototyping), vse s poudarkom na trajnostnem razvoju obdelovalnih postopkov. S temi smernicami sta bili v zadnjih dveh letih razviti dve sodobni hibridni tehnologiji: visokotlačno in kriogeno odrezavanje.

Raziskovalna skupina pri svojem delu in raziskavah upošteva smer-

nice na področju hitre proizvodnje (RM – Rapid Manufacturing) in menedžmenta izdelovalnih tehnologij s stališči trajnostnega razvoja obdelovalnih postopkov. Te so sposobnost oblikovanja novih izdelkov, pridobivanje novih idej, inovativnost in kreativnost. Disciplino, ki povezuje tako tehnološko napovedovanje, posredovanje, prenos tehnologij ter analizo sposobnosti sprejemanja inovativnih tehnologij, imenujemo menedžment tehnologij in je temeljna ideja raziskovalne skupine.

Pedagoško delo

Predmeti, ki jih vodijo ali pri njih sodelujejo člani katedre oz. laboratorija LABOD na dodiplomskem študiju oz. I. stopnji študija strojništva, so Proizvodno inženirstvo, Tehnologija odrezavanja, Obdelovalni stroji, Izdelovalne tehnologije, Načrtovanje tehnologij in izdelkov, Računalniško integrirana proizvodnja ter Zagotavljanje kakovosti. Na podiplomskem študiju na II. stopnji člani katedre vodijo naslednje predmete: Odrezavanje, Odrezovalni stroji in naprave, CAM, Optimalna izbira strojev in opreme, Optimiranje izdelovalnih procesov ter Načrtovanje in obvla-



**KATEDRA ZA
MENEDŽMENT
OBDELOVALNIH
TEHNOLOGIJ**



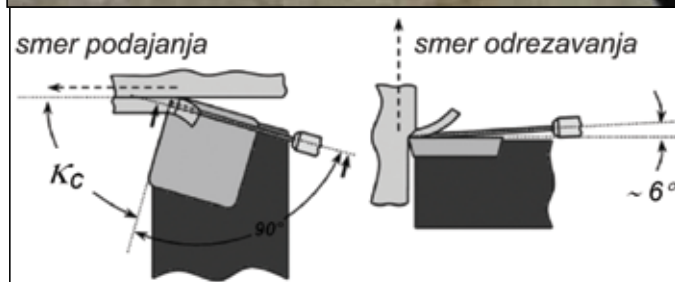
Slika 2. Laboratorij za odrezavanje (LABOD) katedre za menedžment obdelovalnih tehnologij

dovanje kakovosti. Na doktorskem študiju oz. III. stopnji pa vodijo oz. sodelujejo pri naslednjih predmetih: Procesi odrezavanja, Obdelovalni stroji, Optimiranje obdelovalnih tehnologij, Sočasno inženirstvo ter Intelligentni strežni in montažni sistemi. Prof. dr. Janez Kopač in prof. dr. Mirko Soković sta razen pri diplomah tudi mentorja magistrskih in doktorskih del.

Raziskovalno delo

Za prehod k družbi, ki temelji na trajnostnemu razvoju, se zahtevata postavitev in razvoj novih oblik proizvodnje in porabništva. Koncept hitre proizvodnje s stališči trajnostnega razvoja obdelovalnih postopkov je trenutno oblikovan kot ključno raziskovalno področje, saj je od razvoja postopkov RM in njihove praktične uporabe odvisna bodoča

konkurenčna prednost proizvodnih podjetij. To je vsekakor eden od najbolj ambicioznih pristopov za prihodnost, ki bo odjemalcem neposredno omogočal, da bodo oblikovali in kupovali kompleksne izdelke po svoji meri z upoštevanjem evropskih in slovenskih standardov za

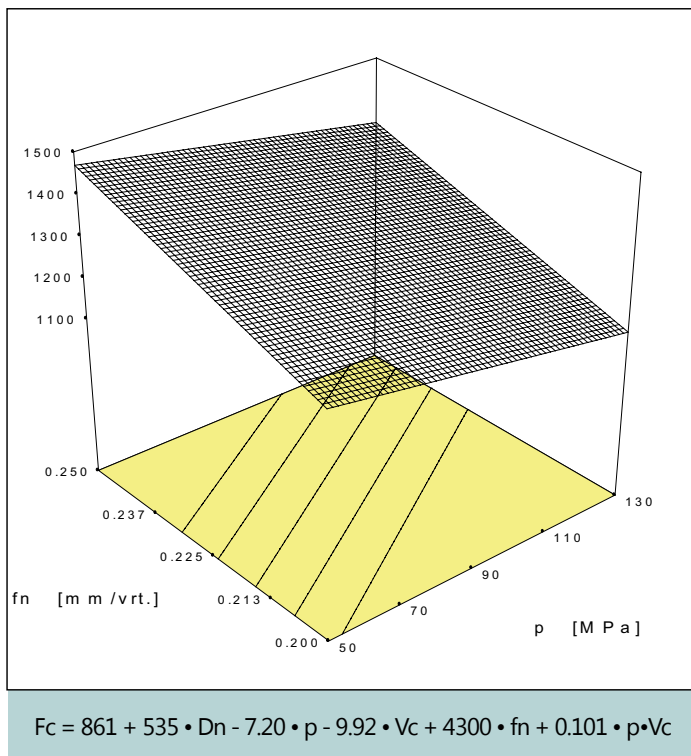


Slika 3. Princip visokotlačnega struženja (tlaki do 150 MPa)

varovanje zdravja in okolja ter doseganja kakovosti.

Tako je raziskovalna skupina Katedre za menedžment obdelovalnih tehnologij vključena v raziskovalni program Menedžment izdelovalnih tehnologij za trajnostni razvoj. Cilj raziskovalnega programa je v podpori raziskav in razvoja dopolnjujočih se tehnologij in metodologij za hitro proizvodnjo izdelkov in njihovih podpornih storitev. Pri tem so potrebne inovacije na področju že obstoječih procesov hitre proizvodnje, materialov, novih procesov, inteligentnih senzorjev za kontrolo procesov, oblikovanja za proizvodnjo, logistike in standardizacije procesov za implementacijo v industriji. Raziskovalni program je usmerjen v tehnologije, inženirske metodologije, nova orodja, metode in delovno okolje, ki podpira sodelovanje, kreativnost ter učinkovito uporabo virov za proizvodnjo izdelkov. Raziskave se nanašajo na dodajanje vrednosti izdelkom od njihovega oblikovanja s poudarkom na izdelavi. Glavne smernice raziskovalnega programa so nadgradnje obstoječih in razvoj novih modernih obdelovalnih procesov in tehnologij, njihova industrijska aplikacija ter na podlagi analitičnega in empiričnega prediktivnega modeliranja izboljšanje: a) vpliva na okolje, b) izrabe energije, c) varnosti osebja, č) zdravja osebja ter zmanjšanje: a) potratnosti in b) proizvodnih stroškov preko principov trajnostnega razvoja.

Raziskave in razvoj na področju interakcij stroj-orodje-obdelovanec med obdelovalnimi procesi so pripeljali do inovacij, ki so močno povečale tako produktivnost kakor tudi kakovost obdelanih površin obdelovancev. Trenutni trend visoke produktivnosti in obdelovanja z visokimi hitrostmi neizogibno prinaša prisotnost visokih temperatur v obdelovalnih conah, tako v orodju kakor v obdelovancu, in s tem negativno vpliva na mehčanje orodja in posledično na njegovo obstojnost. V industrijskih aplikacijah se za zmanjšanje ekstremnih toplotnih vplivov široko uporabljajo konvencionalne emulzije, ki bazirajo na oljnih osnovah.



Slika 4. Empirično modeliranje za primer rezalne sile v odvisnosti od procesnih parametrov

Vendar pa zavestno širjenje ideje trajnostnega razvoja v obdelovalnih procesih, ki postavlja konvencionalna hladilno-mazalna sredstva na mesto najbolj netrajnostnih elementov procesa, postavlja v ospredje iskanje novih alternativnih metod hlajenja oz. mazanja. Poleg tega se pojavljajo tudi potrebe po povečanju produktivnosti in učinkovitosti obdelav konvencionalnih in modernih težko obdelovalnih materialov (sodobna jekla, titanove in nikljeve zlitine itd.), ki se vse bolj pogosto uporabljajo v medicinski, vesoljski, letalski in avtomobilski industriji. Vsa ta dejstva vodijo do potreb po raziskovanju alternativnih metod hladilno-mazalnih mehanizmov, torej trajnostnega razvoja obdelovalnih postopkov. **Odrezavanje z visokotlačnim hlajenjem** na vodni osnovi je hibridni odrezovalni postopek, ki je v LABOD-u razvit z načeli trajnostnega razvoja obdelovalnih postopkov (slika 3). Visokotlačno odrezavanje (VTO) se uveljavlja kot metoda za bistveno povečanje odvzema materiala in produktivnosti v kovinskopredelovalni industriji. Hlajenje in mazanje z visokimi tlaki pri operacijah struženja je v primerjavi s klasičnim obliva-

stveno znižamo stroške izdelave, povezane s porabo HMT. Poleg povišanja učinkovitosti in fleksibilnosti odrezavanja tako princip VTO prispeva tudi k naravovarstvenim vidikom.

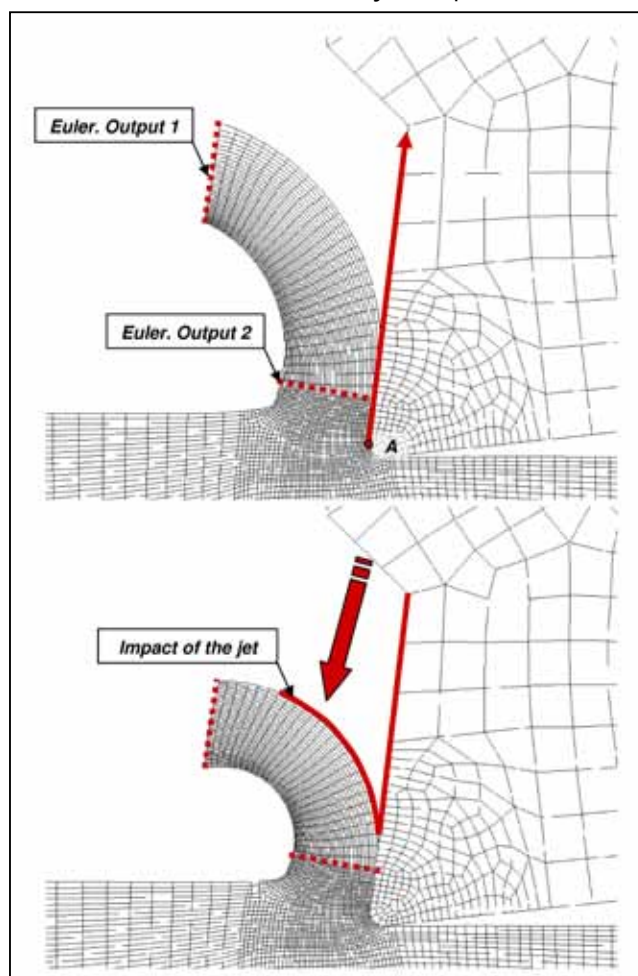
VTO je relativno nov proces, zato je potrebno poiskati območja obdelovalnosti (tehnološka okna) za vsako kombinacijo orodje-obdelovanec. Proizvajalci orodij za to tehnologijo ne dajejo priporočil. V LABOD-u se za določanje vplivnih procesnih parametrov in njihovo optimizacijo uporablja regresijsko mo-

njem učinkovita metoda, ki omogoča višjo produktivnost, zmanjševanje temperature v rezalni coni in izboljšano kontrolo oblikovanja odrezkov pri nekajkrat nižjem pretoku hladilno-mazalne tekočine (HMT). Poleg tega imajo HMT neposreden vpliv na okolje in ekonomiko izdelave. Z opustitvijo klasičnega oblivanja in uporabo VTO lahko bi-

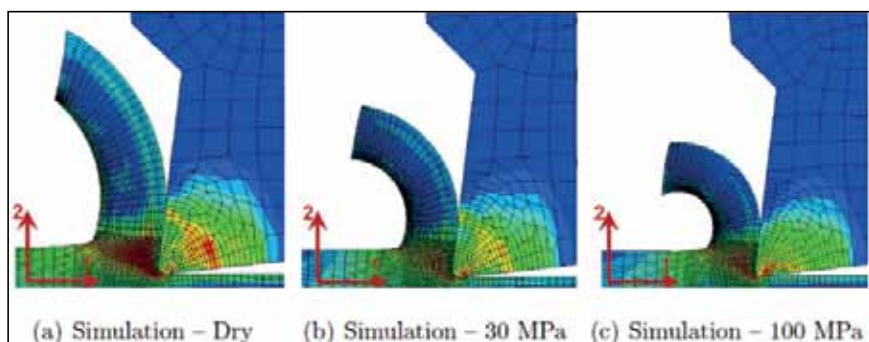
deliranje. Pridobljeni **empirični modeli** v obliki enačb in 3D-diagramov kažejo vpliv procesnih parametrov na odziv sistema (rezalne sile, obraba in obstojnost orodja, integriteta obdelane površine, ...), kar je prikazano na *sliki 4*.

Za boljše razumevanje mehanizmov odrezavanja se poleg empiričnega uporablja tudi **numerično modeliranje**. Le-to poteka v sodelovanju z LTDS ENISE iz Francije. V ta namen se uporablja programska oprema Abaqus/Explicit© (v6.6) in numerični model Arbitrary-Lagrangian-Eulerian. Rezultati so spodbudni (*slika 5 in 6*) in kažejo skladnost z empiričnimi modeli oz. eksperimenti.

Ena od potencialnih alternativ, ki v veliki meri zagotavlja idejo trajnostnega razvoja, je tudi aplikacija **kriogenega odrezavanja**. V tem primeru kriogeni medij predstavlja primarno hladilno-mazalno sredstvo. Kot kriogeni mediji so tretirani fluidi, ki imajo temperaturo vrelišča



Slika 5. Numerično modeliranje VTO – robni pogoji



Slika 6. Numerično modeliranje VTO – rezultati simulacije

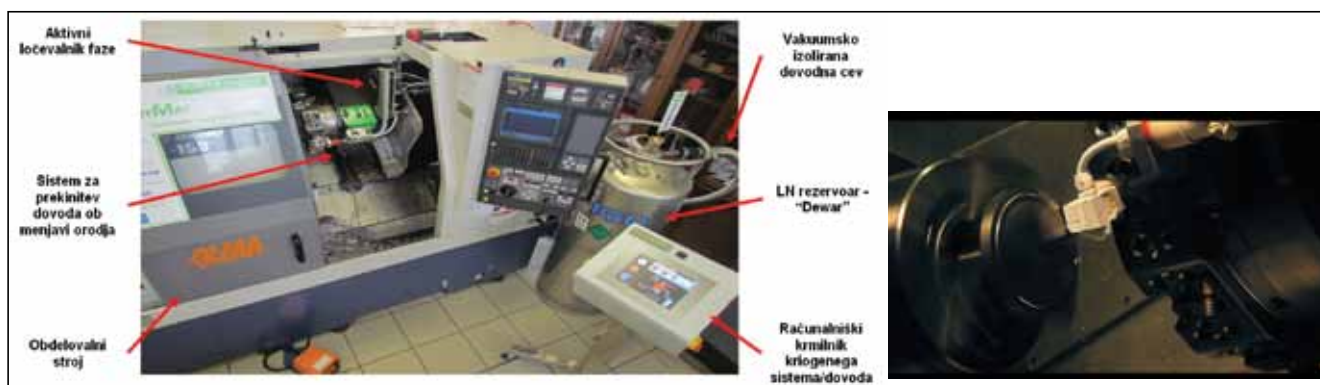
nizjo od $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Taki fluidi so na primer: utekočinjeni dušik, helij, vodik itd., medtem ko je najpogosteje uporabljen utekočinjeni dušik (LN) zaradi njegove učinkovitosti, inertnega obnašanja in razmeroma nizkih stroškov. Kriogeno odrezavanje predstavlja metodo hlajenja rezalnega orodja med odrezovalnim procesom pri nizkih (kriogenih) temperaturah. Bolj praktično se ideja nanaša na dovajanje kriogenega hladilnega medija v lokalno območje na rezalnem orodju, kjer je temperatura med odrezovalnim procesom največja. V LABOD-u je razvit sistem za kriogeno struženje. Za kriogeni medij se uporablja utekočinjeni dušik (LN), ki ima vrelišče pri $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ in je varen, negorljiv in inerten. Poleg tega predstavlja LN 79-odstotni delež v zraku, ki ga dihamo, in je tako s tega stališča neproblematičen. Je brezbarven, brez vonja, brez okusa in "inerten" plin, ki se ob dovodu hitro upari in vrne v atmosfero. Tako ne pušča sledi na obdelovancu, orodju, odrezkih, operaterju itd. in predstavlja čist proces brez reciklažnih potreb v nasprotju s HMT na oljni osnovi. Primer aplikacije LN v LABOD-u je prikazan na *sliki 7*.

Naslednje področje raziskav sta razvoj in izdelava sodobnih **medicinskih implantatov**. Področje raziskav je podprto z uporabo naprednih RP in obdelovalnih tehnologij ter sodobnih biokompatibilnih materialov, da se izdelajo implantati po meri pacienta. S tem zagotovimo ustrezno funkcionalnost izdelka ob hkratnem upoštevanju vseh standardov in zahtev, ki veljajo za to področje izdelkov. Na osnovi 3D-rentgenske slike poškodovanega dela telesa se z rekonstrukcijo slike izdelava 3D-model, ki je osnova za izdelavo implantata s sodobno tehnologijo praškastega navarjanja (LENS). Tak izdelek se po potrebi še fino obdela s končnimi postopki odrezavanja in namenski implantat je pripravljen za vsaditev (*slika 8*). Poleg dobrega poznavanja konstrukcijsko-razvojnega procesa je potrebno pri razvoju in izdelavi sodobnih medicinskih implantatov dobro poznati tudi materiale, njihove mehanske, metalurške in obdelovalne lastnosti.

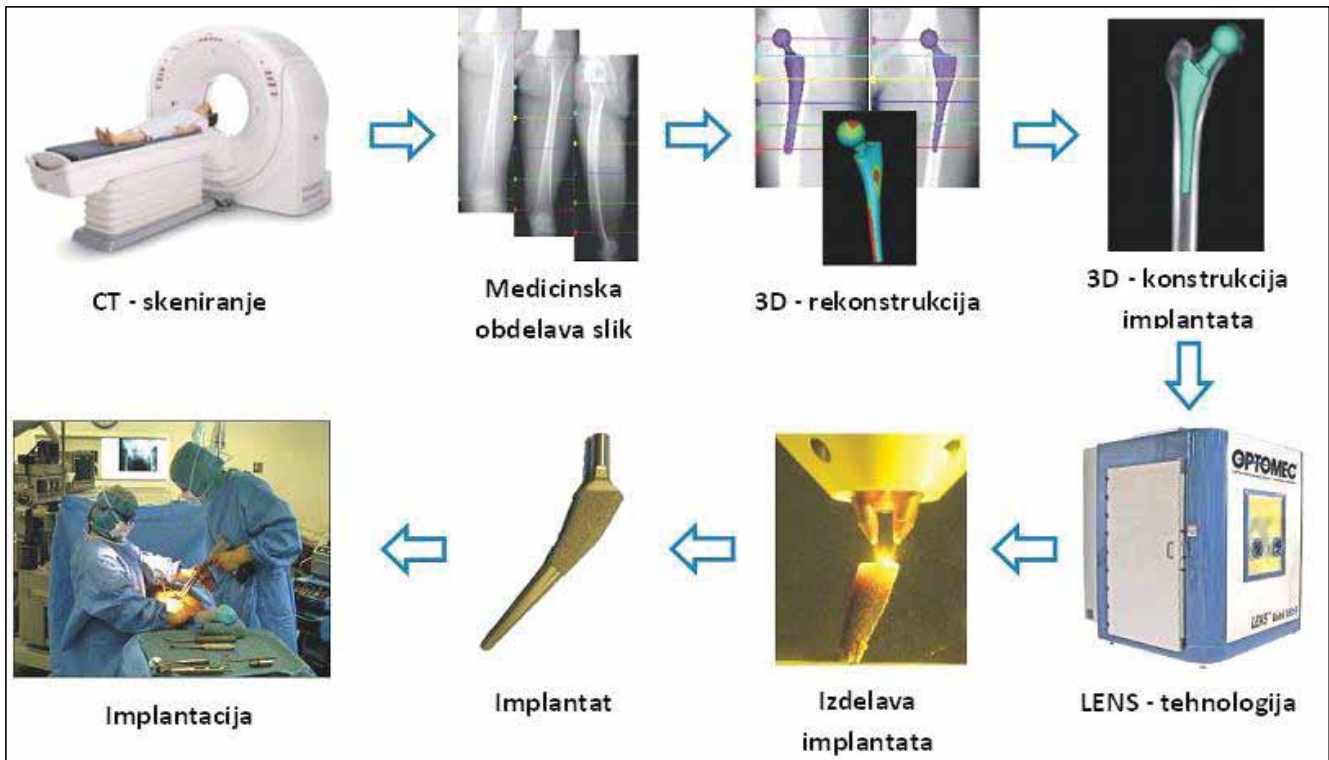
Od marca 2011 je LABOD opremljen z visokohitroznim obdelovalnim strojem MC 430L, ki združuje linearne pogone na vseh oseh in visoke vrtljaje glavnega vretena (40.000 vrt/

min). To omogoča visoko dinamično odzivnost stroja (pospeški do 10 m/s^2) in visoko stopnjo preciznosti obdelave (ponovljivost $\pm 1\text{ }\mu\text{m}$). Obdelovalni stroj je namenjen raziskavam na področju **mikrofrezanja**, kjer se uporabljajo orodja s premerom, manjšim od 1 mm. S tem postopkom se izdelujejo miniaturni izdelki s 3D-mikrooblikami, ki dosegajo visoko dimenzijsko natančnost in kakovost obdelane površine. Glavna prednost teh izdelkov je: manjša poraba materiala, manj porabljene energije za izdelavo in večja funkcionalnost. Glavne omejitve tehnologije predstavljajo delovna natančnost obdelovalnega stroja, toleranca izdelave, napaka krožnega teka mikrofrezal in elastična deformacija mikrofrezal v procesu odrezavanja. Tako so predvidene raziskave, ki bodo omogočale karakterizacijo mikrofrezanja in podrobnejši vpogled in razumevanje mehanizmov odrezavanja na mikronivoju.

LABOD je s svojim razvojnoraziskovalnim delom in aplikativnimi projekti delno prispeval k temu, da se prej našete tehnologije v slovenski industriji že obvladujejo. Zaradi močnega tehnološkega razvoja v praksi se člani LABOD-a strokovno izobražujejo in izpopolnjujejo na področju novih tehnologij in s tem nudijo stalno raziskovalno podporo podjetjem, ki sama niso sposobna spremljati in osvajati novitet. Vsi ti problemi so izzivi za raziskovalno okolje, hkrati pa so osnova za oblikovanje bazičnih raziskav. Katedra za menedžment obdelovalnih tehnologij na ta način sodeluje s številnimi priznanimi slovenskimi podjetji: EMO – orodjarna, d. o. o., Celje; EMO - TECH, d. o. o.,



Slika 7. CNC-stružnica, nadgrajena v sistem za kriogeno odrezavanje (levo) in proces kriogenega odrezavanja (desno)



Slika 8. Postopek izdelave medicinskega implantata po meri pacienta

Celje; Gorenje orodjarna, Velenje; UNIOR Strojna oprema, Zreče; Valji, d. o. o., Štore; CIMOS, d. d., Koper; BTS Company, d. o. o., Ljubljana; RLS, d. o. o., Ljubljana - Dobrunje; ISTRABENZ plini, Koper; Kolektor, d. o. o., Idrija; Hidria Rotomatika, d. o. o, Spodnja Idrija; Hidria AET, d. o. o., Tolmin; Titan, d. d., Kamnik; Krka, d. d., Novo mesto idr.

LABOD sodeluje s slovensko industrijo tudi na strokovnem področju. To je delo, povezano z meritvami geometrijske natančnosti in kalibracijo obdelovalnih strojev, vzratnim inženirstvom ter analizo rezalne

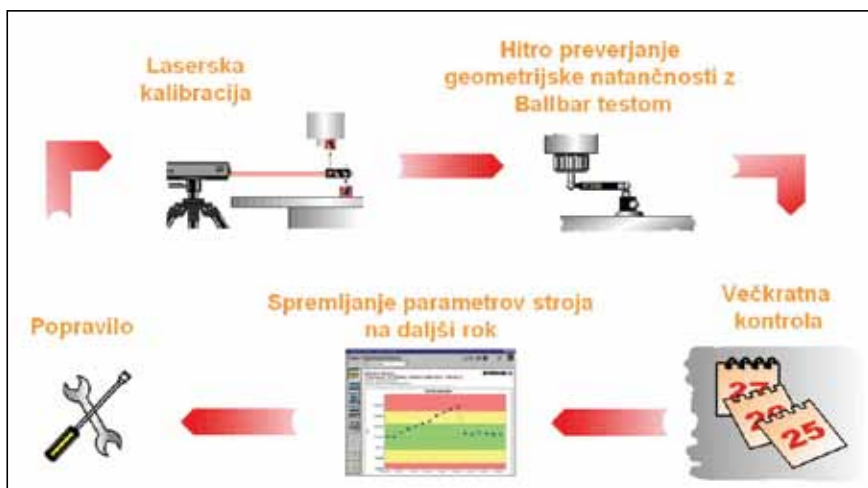
cone z napravo QSD. Zahteve sodobne industrije po vse ožjih tolerancah ter visoki kakovosti izdelkov so pripeljale do točke, ko postajajo karakteristike obdelovalnih strojev vse bolj pomembne. Kakovost obdelave na CNC-stroju je močno odvisna od njegove geometrične natančnosti. Identifikacija odstopkov na CNC-strojih ne izboljšuje le produktivnega časa stroja, temveč je lahko osnova za racionalnejše načrtovanje proizvodnje, razvrščanje strojev po obdelovalnih sposobnostih ter navsezadnje osnova za redna ali preventivna vzdrževalna dela na obdelovalnih strojih. **Geometrijsko**

natančnost strojev lahko ugotovimo na več načinov. Hitro preverjanje geometrijske natančnosti strojev poteka z uporabo naprave Ballbar QC10 (Quick Check 10 min – hitri test v 10 min), natančna kalibracija oz. korekcija parametrov v krmilniku pa na podlagi rezultatov natančnih meritev z vrhunsko lasersko napravo ML10Gold.

Sodobni inženirski postopki snovanja izdelka, podprti s tehnikami CAD (Computer Aided Design) in CAE (Computer Aided Engineering), omogočajo optimiranje koncepta izdelka že pred obdelavo z uporabo



Slika 9. Visokohitrostna precizna obdelava: grafitna elektroda za EDM s tankimi rebri (levo) in bakrena pečatna plošča za blisterje



Slika 10. Preverjanje geometrijske natančnosti in kalibriranje obdelovalnih strojev

postopkov CAM (Computer Aided Manufacturing). Tržne zahteve pa narekujejo estetske in ergonomsko oblikovane izdelke, ki so čedalje bolj kompleksni. Tak trend izdelave nedvomno zahteva od proizvajalcev visoko stopnjo fleksibilnosti, ki jo je moč doseči z uporabo tehnologije **vzvratnega inženirstva** (Reverse Engineering – RE). Proces RE omogoča pretvorbo fizičnih modelov v

računalniške numerične modele za njihovo nadaljnjo uporabo.

Novi postopki RM nastajajo večinoma v močnih, specializiranih tujih podjetjih ali kot rezultat široke, povezane mreže raziskovalcev. Del slednje je tudi LABOD, kar je razvidno iz številnih povezav, ki so nastale kot posledica evropskih, bilateralnih in ostalih projektov ter sodelav raziskovalne skupine.

Tako raziskovalna skupina sodeluje s številnimi uglednimi univerzami s celega sveta: University of Kentucky, ZDA; Purdue University, ZDA; WZ RWTH Aachen, Nemčija; TU Chemnitz, Nemčija; ENISE, Saint-Etienne, Francija; TU Dunaj, Avstrija; ETH Zürich, Švica; Campinas University, Brazilija; UPC, Barcelona, Španija; Suleyman Demirel University, Isparta, Turčija idr. Katedra za menedžment obdelovalnih tehnologij se preko med-

narodnih projektov v kombinaciji s specifičnim znanjem vključuje v skupen razvoj ali testiranje uporabnosti novih tehnologij in poskrbi za čim hitrejši prenos znanja in tehnologij v slovensko proizvodnjo. Dosežke posredujejo domačim strokovnjakom iz proizvodnje s strokovno literaturo, na konferencah in predstavitev podjetjih. Prispevek se kaže v uveljavljanju novih tehnologij, kot sta VHO (visoko hitrostno odrezavanje) in VHB (visoko hitrostno brušenje), v skrajšanju obdelovalnih časov, stroškov in s tem posledično tudi dvigu konkurenčnosti podjetij. Na področju obdelave zahtevnih sodobnih materialov pa sta svoje mesto našla postopka kriogenega in visokotlačnega odrezavanja. K razvoju teh idej je pomembno prispevala tudi raziskovalna skupina Katedre za menedžment obdelovalnih tehnologij.

*Doc. dr. Davorin Kramar
UL, Fakulteta za strojništvo*



VENTIL
REVIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
 telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
 e-mail: ventil@fs.uni-lj.si



Slika 11. Vzvratno inženirstvo: brezdotično skeniranje srednjeveškega meča

Obisk študentov Fakultete za strojništvo v podjetju Fronius v Welsu v Avstriji

Na povabilo predstavnikov avstrijskega podjetja Fronius so naši študentje Fakultete za strojništvo (iz varilske smeri na obeh smereh študija po starem študijskem programu) v dneh od 28. do 29. marca obiskali podjetje Fronius v Avstriji in si ogledali njihovo razvojnoraziskovalno delo in proizvodnjo. Na obisku je bilo 34 študentov skupaj z asistentom in laborantom ter predstavnik naše ustanove.

To svetovno priznano varilsko podjetje je za vse naše obiskovalce plačalo tudi prenočitev v hotelu v Welsu, bogato samopostrežno večerjo s pijačo in drugi dan kosilo v podjetju. Sami študenti so plačali le prevoz z avtobusom iz Ljubljane. Prvi dan ekskurzije pa so organizirali tudi ogled Salzburga.

Študenti so si v torek dopoldne do kosila ogledali prostore in dejavnosti na lokaciji v mestu Wels. Ogledali so si pet demonstracijskih mest s petimi različnimi varilnimi procesi. Za tem pa smo se odpeljali v 20 km oddaljeni Sattledt, kjer smo si ogledali proizvodnjo panelov s fotovoltaikami za proizvodnjo električne energije. Na *sliki 1* so prikazani paneli, nameščeni na njihovi proizvodni hali.

Kratek opis zgodovine Froniusa

Podjetje Fronius je v manjšem avstrijskem kraju Pettenbach ustanovil Günter Fronius leta 1945. Prva njihova proizvodnja so bili polnilci za akumulatorje in varilni transformatorji. Na *sliki 2* je prikazan eden izmed njihovih prvih varilnih transformatorjev, pri katerem se je jakost toka regulirala brezstopenjsko z magnetnim jarmom.

Prve varilne usmernike so izdelovali že leta 1955. Leta 1972 se je podjetje preselilo v Wels. Pomembno je leto

1980, ko postane vodja Klaus Fronius, in leto 1982, ko prvi na svetu pričnejo z vgradnjo tranzistorne in inverterske tehnologije v vire toka za obločna varjenja. Leta 1988 so se preselili v Wels na današnjo lokacijo. Eno njihovih pomembnejših odkritij v tistem času je bilo varjenje TIME (Transfer Ionizing Molten Energy). To je postopek visoko produktivnega varjenja MAG, pri katerem se za zaščito taline vara uporabi štirikomponentna mešanica plinov (CO₂, Ar, O₂, He). Pogon varilne žice je bil izveden s štirimi pogonskimi kolesčki, kar je zagotavljalo enakomeren in miren (brez tresljajev) dovod žice v varilni oblok. V eni uri je s tem postopkom možno pretaliti tudi do 20 kg dodatnega materiala. Postopek TIME je v začetku devetdesetih let predstavljal pravo revolucijo pri obločnem varjenju s tanko žico. V minulih dveh desetletjih so bile na to temo opravljene številne raziskovalne naloge v različnih delih sveta. V sami firmi Fronius pa so razvili tudi postopek Time Twin Digital, kar pomeni, da se vari s postopkom TIME z dvema žicama istočasno. Danes pa se ime TIME za visoko produktivno varjenje redkeje uporablja. Ugotovilo se je, da

ni bistvo postopka TIME v štirikomponentni mešanici, kot je bilo mišljeno ob predstavitvi, ampak v zelo stabilnem in enakomernem dovajanju varilne žice v varilni oblok, ki zaradi stabilnih pogojev gori izjemno stabilno z enako dolžino in z odtaljevanjem enako velikih kapljic v enakih časovnih presledkih. Vse to vpliva na stabilen proces varjenja skoraj brez brizganja in tudi na kakovost zvarov in zvarnih spojev.

Po letu 1990 se je podjetje odprlo v svet. Že leta 1991 so v Kijevu v Ukrajini odprli svojo prodajalno in proizvodnjo varilnih naprav. Že leto za tem so na Češkem prav tako odprli prodajalno in proizvodnjo. Leta 1993 so v svoje naprave kot prvi na svetu začeli vgrajevati mehko logiko za kontrolo in nadzor varilnih parametrov. Leta 1995 so na trg lansirali najlažji inverterski vir toka za obločno varjenje z oplaščeno elektrodo. Istega leta so začeli z izdelavo fotovoltaike za proizvodnjo električne energije iz svetlobne energije. Kot prvi so v varilne naprave in kontrolo varilnih parametrov vnesli digitalno tehniko v povezavi z mehko logiko. Leta 2000 se je podjetje ločilo v štiri



Slika 1. Nameščeni paneli s fotovoltaikami na strehi proizvodne hale



Slika 2. Eden izmed prvih varilnih transformatorjev z začetka petdesetih let, krmiljen brezstopenjsko z magnetnim jarmom

divizije, med katerimi je varilska tehnologija najboljšejša. Pomembno je leto 2001, ko so prvi na svetu razvili enotno varilno glavo in varilni postopek, imenovan hibridno varjenje. Postopek je sestavljen iz varjenja MAG/MIG in iz laserskega varjenja. Z varilno glavo za hibridno varjenje, ki je prikazana na sliki 6, je možno doseči hitrosti varjenja do 9 m/min. Približno v istem času je Fronius varilskemu trgu ponudil nov inverterski vir toka za obločna varjenja.

Na ameriškem trgu so začeli prodajati leta 2002.

Pravo revolucijo pa naredijo leta 2004, ko na trgu predstavijo in ponudijo postopek varjenja, imenovan

CMT (Cold Metal Transfer). To je različica postopka MAM/MIG, pri katerem varilna žica potuje naprej in nazaj, kar omogoča relativno hladno varjenje in zato tudi tako ime postopka. Postopek je shematsko prikazan na sliki 4.

Leta 2006 ponudijo trgu novo napravo z inovativnim sistemom za uporovno točkovno varjenje z gibajočim trakom. Imenujejo ga DeltaSpot.

V zadnjih letih stalno razvijajo nove produkte in tehnologije, izboljšujejo stare in širijo prodajo in proizvodnjo tudi v druge države in na druge kontinente. Na tem mestu bi omenil simulator za virtualno učenje varilcev, nove zmogljivejše inverterske vire toka in pa dvodelno kontaktno šobo za varjenje MAG/MIG, ki zagotavlja stabilnejše varjenje in daljšo uporabno dobo od klasične enodelne kontaktne šobe.

Eksplozivne varilne enote v podjetju Fronius

Podjetje je izjemno razvojno in razi-

skovalno usmerjeno. Seveda pa tudi tržno, če želi biti poslovno uspešno. Svoje produkte in storitve za trg bodočim kupcem praktično prikažejo in prilagodijo njihovim potrebam. Podjetje ima za obiskovalce in poslovne partnerje pet pomembnejših enot za demonstracije eksperimentalnega varjenja. Tudi med našim obiskom je bilo tako.

Študente sta na vhodu pričakovala predstavnika Froniusa iz Avstrije in zastopnik Froniusa za Slovenijo. Osnovne informacije o poslovanju podjetja, zaposlenih, proizvodnji in podobnem so študenti dobili že v avli na vhodu v podjetje. Nato so se razdelili v štiri skupine za ogled posameznih demonstracijskih točk.

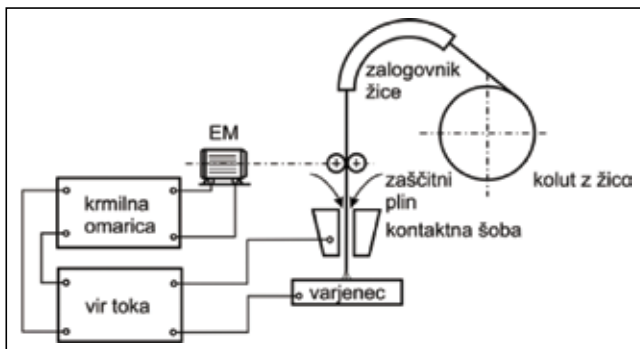
Sam sem bil v skupini, ki si je najprej ogledala virtualno učenje varjenja na simulatorju obločnega varjenja. Napravo in princip njenega delovanja so naši študenti že poznali, saj jo je Fronius že dvakrat v zadnjem letu posodil Fakulteti za strojništvo za učenje študentov. Naprava je sestavljena iz posebne induktivne enote, iz virtualnega gorilnika, ekrana in namenske računalniške enote, ki ovrednoti, shranjuje in beleži pridobljene podatke. Podatek pa je lega gorilnika, ki ga učenec vodi po varjencu oziroma v primerni razdalji od njega med virtualnim učenjem. Učenec mora za dober rezultat čim bolj enakomerno s primerno hitrostjo in primerno razdaljo voditi gorilnik po varjencu. Ta naprava se razlikuje od drugih naprav po fizikalnem principu, na katerem deluje. Nekatere druge naprave delujejo na principu odboja ultrazvoka in druge na odboju svetlobe, medtem ko ta deluje na principu spremembe induktivnosti pri spremembi razdalje ali pa pri spremembi hitrosti premikanja. Edina slabost tega principa je v motenju induktivnosti v virtualnem varjencu z različnimi električnimi napravami v bližini simulatorja med samim učenjem.

Študenti so poslušali razlago predstavnika podjetja in se kasneje tudi sami preizkusili v tej zahtevni veščini.

Naprava, ki je prikazana na sliki 3, je primerna za učenje varilca v stoječi



Slika 3. Naprava za virtualno učenje obločnega varjenja



Slika 4. Shematski prikaz naprave za varjenje po postopku CMT (Cold Metal Transfer)

legi. Poznana pa je tudi verzija za varjenje v drugih legah.

Na drugi eksperimentalni točki smo si ogledali varjenje CMT (Cold Metal Transfer), ki je izboljšana verzija varjenja MAG/MIG. Shema naprave in postopka je prikazana na *sliki 4*. Kot smo že zapisali, je postopek poznan slabo desetletje. Naprava pa je na trgu dobrih pet let. Veliko pove podatek, da je bilo v razvoj naprave in postopka vloženi 39 človeka/let. V tem času pa so razvili že izboljšano verzijo, ki jo imenujejo CMT advance in omogoča varjenje z minus polom na elektrodi, kar poveča talilni učinek, zniža količino vnesene energije v varjenec in izboljša produktivnost.

Na prvi pogled je podobna opremljena za varjenje MAG/MIG ali pa za spajkanje MIG. Bistvena in zelo pomembna razlika je v posebni dodatni enoti, ki jo imenujemo zalogovnik žice, in v namenski napravi za pogon žice. Sinergetski vir toka omogoča varjenje z enosmernim tokom s tokovnimi pulzi (tokovnimi utripi) različnih oblik. Pri najnovejši napravi

poljubno frekvenco in s poljubno amplitudo na pozitivni in na negativni polperiodi. Vir toka je povezan s krmilno omarico, s kolutom za žico, z zalogovnikom žice, z računalniško enoto in s cevnim paketom. Posebno enoto predstavlja sistem za pogon žice. Ta omogoča premik žice naprej in nazaj. Frekvenca nihanja pogona žice je nastavljiva od 50 do 70 Hz pri klasičnih napravah, pri novejših pa celo do 120 Hz. Ta sistem ima, kot smo že omenili, poseben cevni sistem z zalogovnikom žice (glej *sliko 4*), v katerem se ta »shrani« za tisti čas, ko se pomika nazaj. To pomeni, da kolut žice ni obremenjen s pomikom naprej in nazaj.

S spreminjanjem pomika žice naprej in nazaj se spreminja električna upornost v celotnem tokokrogu. Ko se žica med spajkanjem dotakne obdelovanca, se ustavi in pomakne nazaj. S tem se poveča upornost v obloku in skozi žico in oblok teče manjši tok. Vse to pa pomeni, da se v varjenec ali v spajkanec vnese manj energije in da je »uvar« zelo nizek.

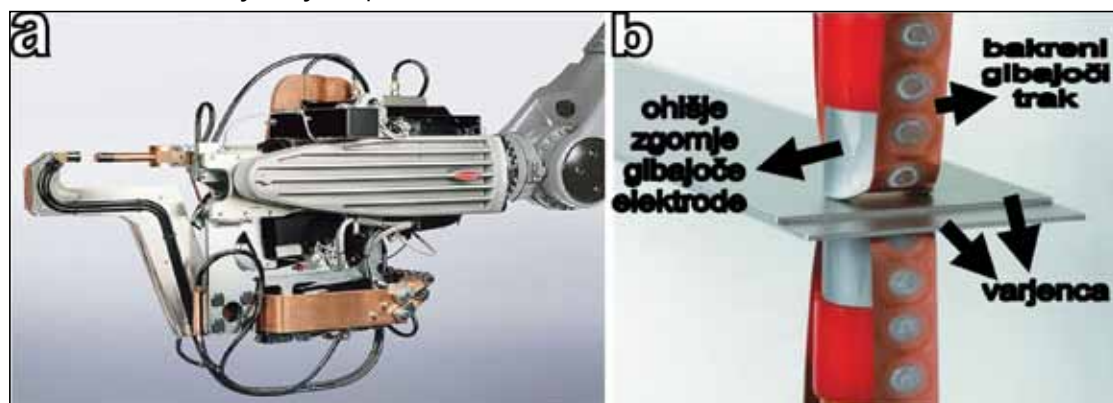
pa je celo možno variti z obema poloma električnega toka. Ta novejša naprava omogoča, da se oblok vžge s plus polom na elektrodi in se v nadaljevanju preklopi, da se vari z negativnim polom na varilni žici ali pa z izmeničnim tokom s skoraj

Postopek je primeren za varjenje zelo tankih materialov, za spajkanje in premoščanje špranj pri izdelavi korenskega vara. Zavedati se moramo, da postopek CMT ni visoko produktiven in ni primeren za zalivanje večjih varilnih špranj.

Na naslednji postaji je bilo predstavljeno uporovno točkovno varjenje s premikajočim trakom.

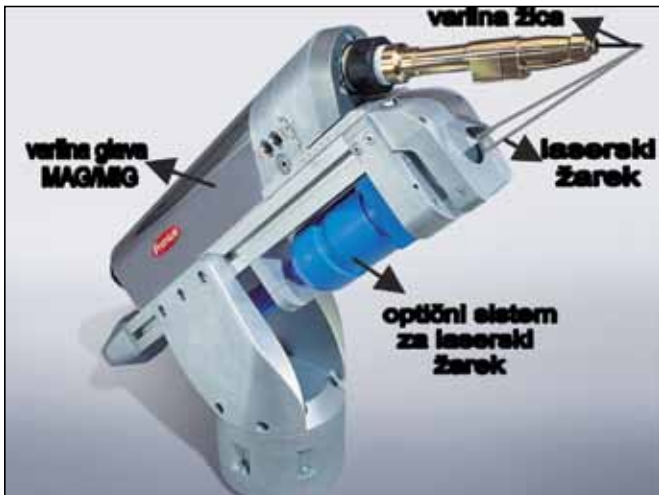
To je prav gotovo ena večjih in pomembnejših inovacij na področju uporovnega varjenja v zadnjih desetletjih. Trak, izdelan iz bakrove ali pa tudi druge zlitine, kar pa v podjetju ne povedo, je nameščen med varjenecem in elektrodo. Po vsaki zavitvi točke se trak premakne tako, da se ponovna točka izdela čez »sveži« trak. Trak je izredno tanek, da se na eni strani prilagodi površini varjenca, na drugi pa elektrodi. Tudi elektroda je v samem ohišju nihajoča. Pri izdelavi vseh komponent gre za visoko vrhunsko tehnologijo, da se preko vseh površin in stikov prevaja visoka jakost toka brez brizganja ali oprijemanja. Oprema za opisani postopek je prikazana na *sliki 5*. Na *sliki 5a* vidimo varilne klešče z inverterskim virom toka, s servomotorjem za zapiranje in odpiranje klešč in del robotske roke, na kateri so nameščene varilne klešče.

Slika 5b pa prikazuje spodnjo in zgornjo elektrodo z dvema varjencema s tankim gibajočim se trakom in z ohišjem, v katerem so elektrode za uporovno varjenje. Na tej sliki lahko ugotovimo, da je trak izdelan iz bakra. V praksi pa uporabljajo tudi trakove



Slika 5. Oprema za uporovno točkovno varjenje z gibajočim se trakom, imenovanim varjenje Delta-Spot; a – varilne klešče z vso potrebno opremo, b – namestitev elektrod med varjenjem dveh tankih varjencev

iz drugih, po besedah predstavnikov Froniusa, bolj trpežnih materialov. Več podatkov o materialih pa od njih nismo mogli izvedeti. Naslednja postaja je bila opremljena za napravo za hibridno varjenje. Varilna glava je z naj-



Slika 6. Varilna glava za hibridno varjenje, sestavljena iz varilne glave za varjenje MAG/MIG in iz optičnega sistema za krmiljenje laserskega žarka

pomembnejšimi deli prikazana na sliki 6. Za prvo hibridno varjenje se je uporabilo lasersko varjenje in varjenje MAG. To je danes v praksi tudi

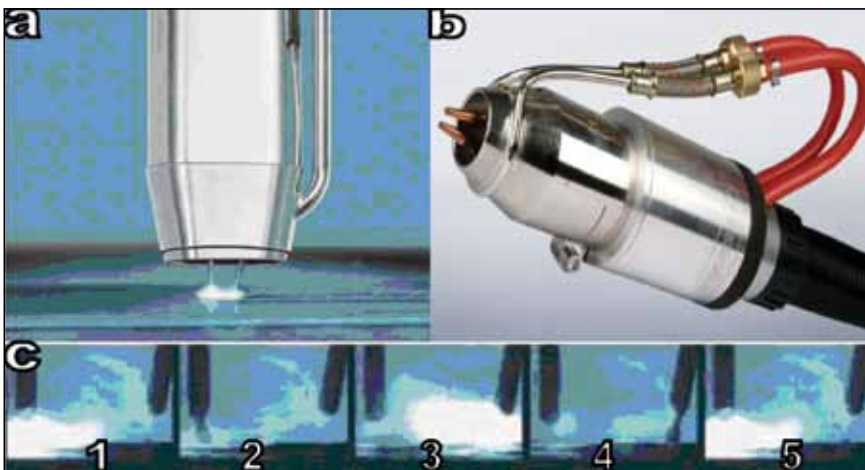
iz varilne žice, da se tvori zvarni spoj. Za hibridno varjenje pa lahko uporabljamo tudi druge kombinacije. V praksi se uporabljajo kombinacije

najbolj pogosto uporabljen postopek. Varijo se predvsem daljši varjenci iz različnih vrst jekel. V smeri varjenja najprej potuje laserski žarek, s katerim se izdela korenski varek. Takoj za njim pa varimo MAG s taljivo elektrodo. Korenski varek se komaj strdi, ko v zvarni žleb dovedemo raztaljene kapljice

laserskega varjenja in varjenja TIG ali MIG ter laserskega varjenja in varjenja s plazmo.

Zadnja demonstracija, ki smo si jo ogledali, je bilo varjenje z dvojno žično elektrodo v zaščitnem plinu.

Postopek prikazuje slika 7. Z oznako **a** je prikazan princip varjenja, z oznako **b** nekaj posnetkov s hitrotekočo kamero, s **c** pa ena izmed izvedb varilnih glav za varjenje z dvojno žično elektrodo. Pri tem varjenju se uporabljata dva vira varilnega toka, ki sta med seboj usklajena, da nekaj časa varilni tok teče po eni žici in nato po drugi. Ko teče po eni žici varilni tok, teče po drugi samo osnovni za vzdrževanje obloka. Na posnetku na sliki 7c1 vidimo, da varilni oblok gori na levi žici in na desni le pilotni oblok za vzdrževanje taline na žici. Na naslednjem posnetku vidimo, da se je na levi žici odtrgala kapljica, ki potuje iz žice v talino vara. Posnetek z oznako 7c3 kaže, kako je oblok zagorel na desni žici. V tem trenutku teče po levi žici le osnovni tok. In že v naslednjem trenutku (slika 7c4) se iz desne žice odtrga kapljica in potuje v talino vara. Posnetek 7c5 pa je podoben posnetku 7c1, ker se je celotni cikel že zavrtel.



Slika 7. Varjenje z dvojno žično elektrodo v zaščitnem plinu ali plinski mešanici; a – prikaz procesa varjenja, b – zunanji videz varilne glave, c – posnetki s hitrotekočo kamero med varjenjem z dvojno žično

Prednost postopka v primerjavi z varjenjem z eno žico je predvsem v hitrosti varjenja in v visoki produktivnosti.

Študenti so bili z obiskom izjemno zadovoljni. Videli so vrhunske naprave, ki se danes uporabljajo za najkakovostnejše varjene produkte v vseh vejah industrije. Zadovoljstvo študentov se vidi tudi na fotografiji (slika8).



Slika 8. Fotografija naših študentov pred proizvodnimi prostori Froniusa

Ob tej priložnosti se predstavniku Froniusa v Avstriji in v Sloveniji, predvsem g. Pečlinu, v imenu študentov in vodstva Fakultete za strojništvo v Ljubljani za organizacijo obiska lepo zahvaljujem.

Prof. dr. Janez Tušek, UL, Fakulteta za strojništvo

PODIM tokrat o izgradnji globalnih podjetij

V aprilu je v Mariboru potekala 31. osrednja slovenska konferenca o podjetništvu in inoviranju PODIM z naslovom Gonilne sile izgradnje globalnih podjetij. Po ugotovitvah Slovenskega podjetniškega observatorija 2009/2010 je zdaleč najbolj razširjena oblika internacionalizacije slovenskih podjetij enostaven uvoz in izvoz izdelkov. Podjetja, ki se internacionalizirajo iz strateških razlogov ali se odločijo za podružnico in skupno vlaganje v tujini, so izjemno redka. Še posebej redka so podjetja, ki so globalnega pomena, je opozoril programski vodja konference prof. dr. Miroslav Rebernik. Vodilni strokovnjaki in uspešni podjetniki so skupaj z več kot 400 prijavljenimi udeleženci konference iskali odgovore na vprašanja globalizacije podjetij. V središču pozornosti so bili izzivi izboljšanja pripravljenosti podjetij za širitev na globalne trge, vloga investorjev pri izgradnji globalnih podjetij in priporočila za izgradnjo globalno konkurenčnega podjetja. Obravnavali so tudi ključne priložnosti in pasti vstopanja na tuje trge ter oblike pomoči države pri internacionalizaciji poslovanja. V okviru večernega zaključnega dogodka tekmovanja Start:up Slovenija je ministrica za razvoj mag. Darja Radić slavnostno razglasila "Slovenski start-up leta 2011".

"Zaradi svoje kakovosti in usmerjenosti v prakso je konferenca PODIM postala eno pomembnejših podjetniških strokovnih srečanj v širši regiji. V letošnjem letu beležimo rekordno število udeležencev, ki bo presegalo številko 400," je povedal mag. Matej Rus, organizacijski vodja konference.

Kot ključna govornica je konferenco PODIM s predavanjem o priložnostih za izgradnjo globalnih podjetij v okolju Silicijeve doline odprla ameriška strokovnjakinja za strateško svetovanje ob vstopanju na globalne trge **Michelle E. Messina**, direktorica podjetja Explora International. Za njo je **Deepanwita Chattopadhyay**, direktorica IKP Knowledge Parka, predstavila vrhunsko lokacijo za razvoj biotehnoloških podjetij v Indiji

z imenom Genome Valley. V okviru predavanja je predstavila model trajnostnega inoviranja ter grozdenja podjetij in inštitucij znanja na podlagi modela javno-zasebnega partnerstva v njihovi regiji, pri katerega oblikovanju je sama intenzivno sodelovala. Njen angažma se je nadaljeval tudi po samem predavanju, in sicer so bila v okviru programa **Go Global Slovenija**, katerega izvajanje pričinja Tehnološki park Ljubljana v strateškem partnerstvu s Tovarno podjetij, izvedena dvostranska srečanja s slovenskimi biotehnološkimi podjetji. *Mag. Iztok Lesjak, direktor Tehnološkega parka Ljubljana, je poudaril, da je program Go Global Slovenija naravna nadgradnja dejavnosti Strat:up Slovenija. S programom bo vzpostavljena globalna partnerska mreža*

znanstvenih in tehnoloških parkov za zagotovitev vstopa v lokalne programe, infrastrukture, dogodke, osebno svetovanje lokalnega strokovnjaka.

V nadaljevanju programa je italijanski strokovnjak za odprto inoviranje profesor **Luca Iandoli** z Univerze v Neaplju predstavil platformo, ki podpira skupinsko delo in deljeno odločanje v virtualnih skupnostih in nastaja v sodelovanju z MIT-jevim centrom za skupinsko inteligenco ter omogoča odprto inoviranje na globalni ravni. Strokovnjakinja za inoviranje s Fakultete za družbene vede Univerze v Ljubljani **dr. Maja Bučar** je predstavila dobre prakse slovenskih podjetij na področju izgradnje globalne konkurenčnosti s pomočjo strategije inoviranja in z aktivnostmi za internacionalizacijo. V razpravi je sodeloval tudi direktor JAPTI **Igor Plestenjak**, ki je predstavil državne programe za podporo podjetjem pri njihovih aktivnostih za internacionalizacijo poslovanja.

Podjetjem iz regije, ki se želijo uspešno razvijati na globalnih trgih, lahko s svojimi dodatnimi storitvami odločilno pomagajo skladi tveganega kapitala z globalnimi kompetencami. **Laszlo Czirjak**, ustanovitelj in partner podjetja iEurope Capital iz ZDA, je predstavil praktične izkušnje na primeru investicije v podjetje Vatera.com iz Madžarske, ki so jo kot sklad že uspešno zaključili. Sledila je razprava izkušenih investorjev in podjetnikov, ki jo je vodil **Andraž Tori**, soustanovitelj in tehnični direktor



Avditorij 31. PODIM konference



Michelle E. Messina, izvršna direktorica, Explora International, ZDA

globalnega podjetja Zemanta. Strokovni del programa smo zaključili z razpravo o uspešnih poteh za ustvarjanje globalnih podjetij, kjer so poleg ministrice za gospodarstvo mag. Darje Radić razpravljali uspešni podjetniki: Barbara Humar Gerbec, Linea Snella, Mitja Vaupotič, Xlab, Mojca Krepek, Krebe-Tippo, ter mag. Aljoša Huber, Svetloba. Okroglo mizo je že tradicionalno vodil di-

rektor in glavni urednik časnika Finance Peter Frankl. Vrhunec prvega dne konference je bil zvečer, ko je potekala slavnostna razglasitev zmagovalca letošnjega tekmovanja nacionalnega tekmovanja start-up podjetij Start:up Slovenija, ki ga je 20-članska strokovno-investitorska komisija izbrala izmed 5 finalistov letošnjega tekmovanja. Zmagovalno podjetje, ki se je okronalo z nazivom "Slovenski start-up leta 2011", je razglasila mag. Darja Radić, ministrica za gospodarstvo. Na letošnje tekmovanje, ki ga organizira Tovarna podjetij skupaj s Tehnološkim parkom Ljubljana in JAPTI-jem, se je s poslovnimi načrti prijavilo 26

start-up podjetij. Med njimi je strokovna komisija izbrala 5 finalistov: DiaGenomi, d. o. o., Intelius, d. o. o., MESI, Razvoj medicinskih naprav, d. o. o., Modro oko, d. o. o., in R3, d. o. o.

Vrhunska praktična delavnica za globalizacijo poslovanja in znanstveni prispevki

V četrtek je poleg znanstveno-strokovnega dela konference, kjer so avtorji predstavili svoje prispevke, povezane s tematiko konference, potekala tudi praktična delavnica za podjetnike. Delavnico je vodila Michelle E. Messina, vrhunska ameriška strokovnjakinja za širjenje podjetij na tuje trge, ki je svetovala že več kot sto podjetnikom pri njihovi širitvi na globalne trge. Podjetnikom je podala praktične napotke, delovne liste in seznam ključnih opravil za uspešno globalizacijo podjetja.

Več informacij: www.podim.org

Urban Lapajne, IRP (Tovarna podjetij)

SERVO VENTILI, PROPORCIONALNI VENTILI IN RADIALNO-BATNE ČRPALKE

MOOG

Zakaj radialno-batne visokotlačne črpalke MOOG?

- preverjena kvaliteta še nedavno pod "BOSCH-evo" prodajno znamko,
- robustna izvedba in visoka obrabna odpornost omogočata dolgo življenjsko dobo črpalk,
- primerna za črpanje tudi specialnih medijev olje-voda, voda-glikol, sintetični ester, obdelovalne emulzije, izocianat, polioli, ter seveda za mineralna, transmisijjska ali biorazgradljiva olja,
- nizka stopnja glasnosti,
- visoka odzivna sposobnost in volumnski izkoristek,
- velika izbira regulacije črpalk.

Moogovi servo ventili, proporcionalni ventili in radialno-batne črpalke so sestavni deli najboljših hidravličnih sistemov.

Brez njih si ne moremo zamisliti delovanje strojev za brizganje plastike in aluminija, strojev za oblikovanje v železarnah in lesni industriji, v letalih in napravah za simulacijo vožnje.



ZASTOPA IN PRODAJA
ppt commerce d.o.o.
 Pavšičeva 4
 1000 Ljubljana
 Slovenija
 tel.: +386 1 514-23-54
 faks: +386 1 514-23-55
 e-pošta: ppt_commerce@siol.net

Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili



Servo krmilni sistemi za vozila- viličarje, traktorje, gradbene stroje ...



A-S HYDRAULIC

Posvetovanje JOM – 16,16. mednarodna konferenca o spajanju materialov in 7. mednarodna konferenca o izobraževanju na področju varilstva

Od 10. do 13. maja je v danskem mestu Tisvildeleje v centru Sankt Helen potekala 16. mednarodna konferenca o spajanju materialov in 7. mednarodna konferenca o izobraževanju na področju varjenja in varilskega osebja. Tradicionalno konferenco že šestnajst let organizirajo JOM (Joining of Materials) inštitut iz Danske, Mednarodni inštitut za varjenje (IIW – International Institute of Welding) in Ameriško združenje za varilstvo (AWS – American Welding Society).

Poleg posvetovanja, ki je bilo razdeljeno v sedem sekcij, je bila organizirana tudi razstava varilne opreme, nekaterih dodatnih materialov za varjenje in spajkanje ter nekaterih varilskih organizacij iz Skandinavije in iz drugih držav.

Prvi dan je bila slavnostna otvoritev, na kateri sta bila slavnostna govornika župan občine in direktor inštituta JOM Osama Al - Erhayem. Poleg njiju je nastopilo tudi več pevcev, recitatorjev in drugih. Po slavnostni

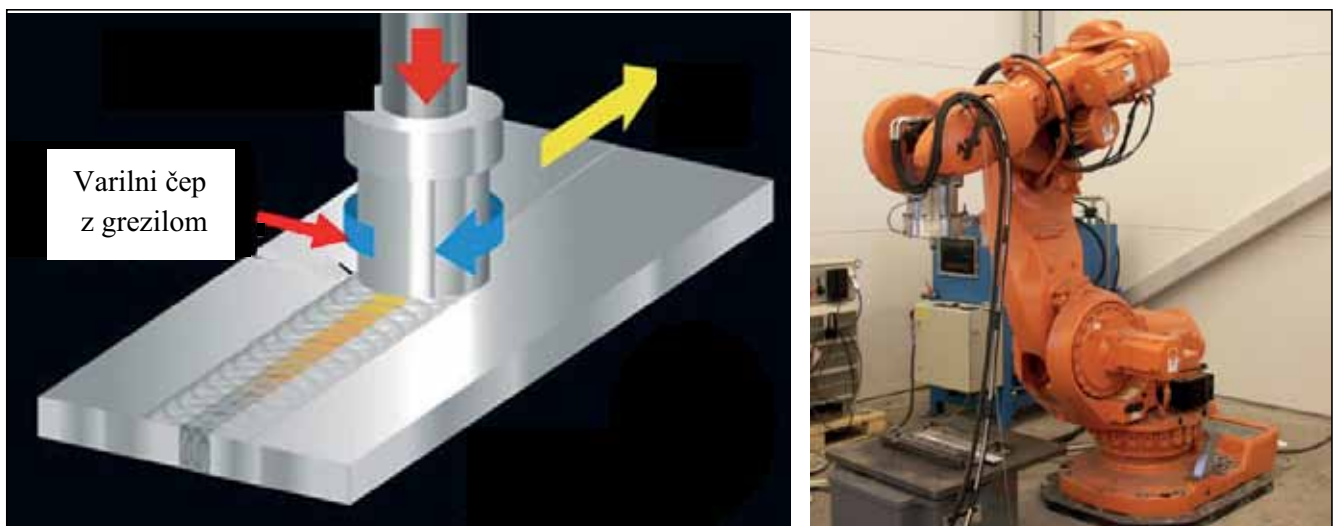
otvoritvi so se začele predstavitve referatov v prvi sekciji z naslovom Najnovejši dosežki na področju spajanja materialov. V njej je bilo predstavljenih sedem referatov. Daleč največji poudarek je bil na varjenju z gnetenjem različnih materialov. Dva članka sta bila posvečena pulznemu magnetnemu varjenju z mehansko silo – postopku, ki se raziskuje in zlasti laboratorijsko preskuša že več desetletij, nikakor pa ne prodre v industrijo in v prakso. Razlogov za to je več. Največji pa je prav gotovo izjemno draga oprema. Zelo močen kondenzatorski vir stane okoli 200.000 ameriških dolarjev. Od vseh predavanj v prvi sekciji je največ zanimanja vzbudilo predavanje o točkovnem varjenju z gnetenjem malolegirane jekla.

V drugi sekciji z naslovom Najnovejši dosežki na področju materialov, metalurgije in varivosti je bilo predstavljenih šest prispevkov. V njih so bile obravnavane zelo različne teme: od zaostalih napetosti v zvarnih spojih preko korozije, vsebnosti vodika v zvarih in zvarnih spojih pa vse do spajkanja in varjenja različnih mate-

rialov med seboj.

Aplikacije v industriji je bil naslov tretje sekcije. V tej sem tudi sam predstavil dva prispevka. Prvi je imel naslov A two-layered mould tool for thermoplastic injection moulding manufactured by welding, drugi pa Joining electrical cables, connectors and other components using resistance, laser, mechanical or ultrasonic welding. Poleg tega sta bila predstavljena hibridno in robotsko varjenje za majhne serije varjenih izdelkov.

V četrtek dopoldne je bila najprej na sporedu četrta sekcija z naslovom Kakovost zvarov, strukturne lastnosti in okolje. Predstavljeni so bili le štirje prispevki, ki so obravnavali uporabo ultrazvoka za zmanjšanje zaostalih napetosti, meritve ultra drobnih delcev v dimnih plinih pri varjenju in analiza kakovosti zvarov iz visokotrdnostnih jekel, ki so varjeni z avstentnim dodatnim materialom. Zatem je sledila peta sekcija z naslovom Izobraževanje, učenje, kvalifikacija, certificiranje varilnega osebja. V tej sekciji sta bila predstavljena dva obsežnejša referata. Prvi se je nanašal na evropski sistem izobraževanja in



Varjenje z gnetenjem: **levo** – princip varjenja, **desno** – robot, ki takšno varjenje izvaja

certificiranja varilskega osebja od varilca pa do inženirja in drugi na ameriški, ki je podoben, a se v nekaterih podrobnostih razlikuje.

Šesta sekcija z naslovom Spremljanje parametrov varjenja, senzori na področju varilstva in nadzor varjenja je obsegala pet referatov. Večina se je tikala različnih optičnih in laserskih kamer za spremljanje varjenja in ocene dimenzij vara, pretoka plinov med obločnim varjenjem in drugega.

Sedma sekcija pa je obsegala matematično modeliranje in simulacijo varilnih procesov. Predstavljenih je bilo sedem referatov na temo napo-

vedi velikosti vara in toplotno vplivanega območja, napovedi trdote v toplotno vplivanem območju s pomočjo nevronske mreže, simulacija uporabnega bradavičnega varjenja, izračun temperature predgrevanja, simulacija o načinu prehajanja materiala pri obločnem varjenju MAG/MIG, napovedi o količini vnesene energije pri varjenju aluminija, simulacija zmanjšanja brizganja pri talilnem varjenju s kratkimi stiki idr.

Posvetovanja so se udeležili predstavniki 29 držav z vseh kontinentov sveta.

Splošna ocena večine udeležencev je bila, da so takšne konference po-

trebne in pomembne in da prav v času svetovne krize takšni dogodki nudijo številne možnosti za izmenjavo izkušenj, pridobitev novih informacij in znanj, sklepanje novih znanstev in poslov. Prav tako se je večina udeležencev strinjala, da je bila konferenca odlično organizirana, da so organizatorji privabili zanimive predavatelje z zanimivimi temami in da je bila udeležba izjemno številčna.

Sam sem se konference udeležil zaradi zanimivih predavateljev, predstavitev dveh svojih referatov, zaradi pogovorov z udeleženci o skupnih raziskovalnih projektih in delno tudi zaradi tradicije.

*Prof. dr. Janez Tušek, UL,
Fakulteta za strojništvo*

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

Uspešna mednarodna konferenca o energetiki v Mariboru

Od 10. do 13. maja je na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru potekala jubilejna 20. mednarodna energetska konferenca z naslovom Komunalna energetika 2011 oz. Power engineering. Organizator konference je bila Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Mariboru.

Soorganizatorji in partnerji dogodka so bili: Energetska agencija za Podravje, Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije in Univerza v Ljubljani. Poudarek konference je bil na e-mobilnosti oz. električnih vozilih in na vprašanju, kako premagovati ovire pri zanesljivi in učinkoviti oskrbi z energijo, obnovljivi viri energije, solarni sistemi v proizvodnih procesih, energetske naprave in aparati ter nove tehnologije v energetiki. Predsednik uspešne konference je bil **prof. dr. Jože Voršič**, sicer mednarodno priznan strokovnjak za področje energetike in vodja laboratorija za energetiko na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Predsednik programskega odbora je bil izredni prof. **dr. Andrej Se-**

negačnik s Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani. Član organizacijskega odbora sem bil tudi sam kot predstavnik Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije. V svojem prispevku sem predstavil naslednjo tematiko: **Novi materiali v energetiki in novi viri električne energije malih moči**. Konferenca je bila uspešna, saj je dala pomembno vsebinsko sporočilo, da se Slovenija mora aktivno vključiti v razvoj e-mobilnosti, in to celovito, upoštevajoč vse možnosti, ki jih seveda imamo.

Udeleženci konference so s svojimi prispevki potrjevali dejstvo, da Slovenija ima znanje in sposobne strokovnjake, ki bi lahko pomembno so-



Prof. dr. Jože Voršič, predsednik konference, levo, navdušeno predstavlja svoje ideje o e-mobilnosti

delovali v razvoju, v možnosti proizvodnje električnih vozil in seveda vse infrastrukture, ki bo potrebna, da postanemo e-mobilna napredna država. Konferenca je brez dvoma pokazala velike potencialne možnosti za naše gospodarstvo in le želimo si lahko, da bomo to znali tudi izkoristiti. Ekipa prof. Voršiča, predsednika konference, pa si je brez dvoma zaslužila vso pohvalo, da s svojim znanjem in trudom išče najboljše rešitve za razvoj zelo obetavnega področja električnih vozil oz. e-mobilnosti pri nas.

Janez Škrlec, inženir mehatronike
Odbor za znanost in tehnologijo pri OZS
Foto: Gero Angleitner.



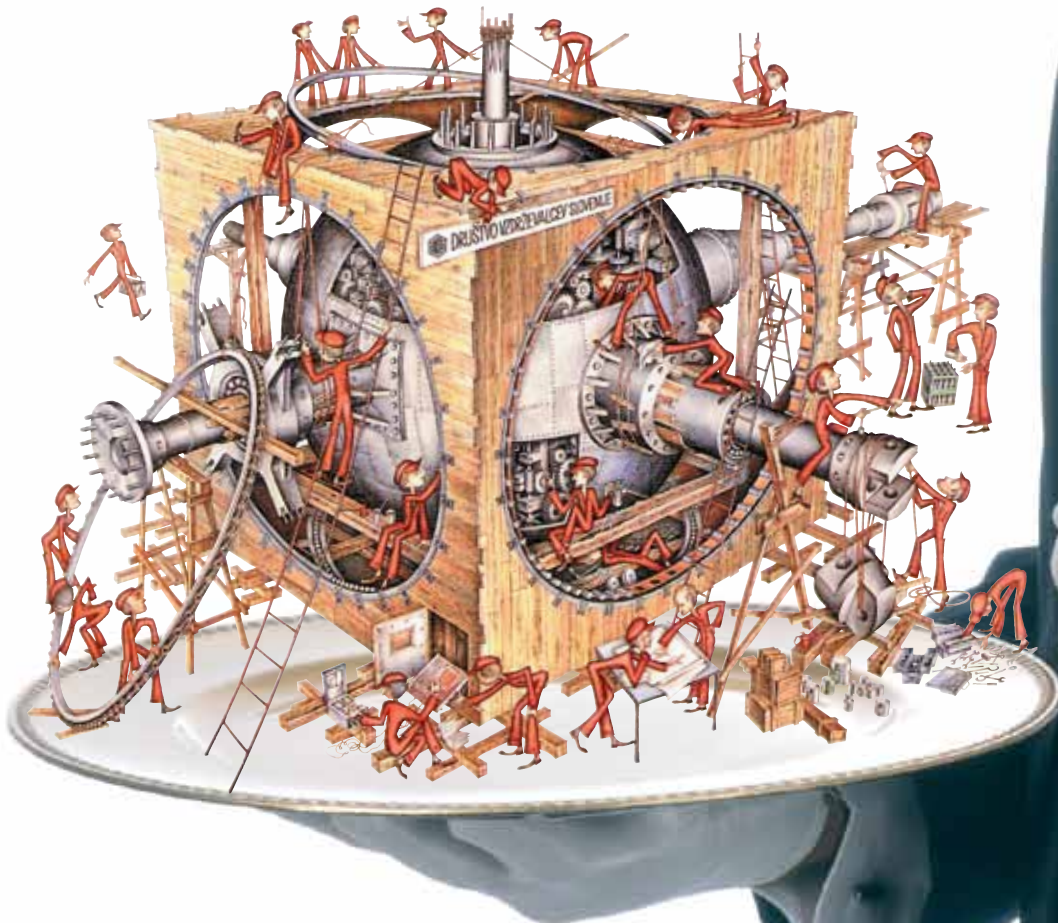
Utrip s konference – 20. posvet Komunalna energetika (FERI,UM)





DRUŠTVO
VZDRŽEVALCEV
SLOVENIJE

DVS



21.

TEHNIŠKO POSVETOVANJE
VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

Rogla, 13. in 14. oktober 2011

www.fpv.s.si

Dvanajsta mednarodna skandinavska konferenca o fluidni tehniki (SICFP'11)

Eden večjih svetovnih dogodkov s področja fluidne tehnike je letos od 18. do 20. maja potekal v prijaznem mestu Tampere na Finskem. Organiziral ga je Inštitut za hidravliko in avtomatizacijo (IHA), ki šteje okoli 90 zaposlenih, 20 več kot pred štirimi leti. Mednarodna skandinavska konferenca se izmenjuje na vsaki dve leti med Švedsko (Linköping) in Finsko (Tampere). Prva je bila v Tampereju leta 1987.



Profesor dr. Kari T. Koskinen, vodja konference in IHA med otvoritvijo konference

uporaba nove vodne hidravlike – sistemi, gnani z vodo. Med konferenco je bil po vnaprejšnji prijavi možen organiziran ogled preizkusne platforme Diver-tor (DTP2), ki spada v okvir obširnih raziskav za fuzijski program ITER. Na inštitutu VTT so v sodelovanju z oddelkom za Inteligentno hidravliko in avtomatizacijo (IHA) razvili celotno linijo za samodejno menjavo (brez prisotnosti človeka) segmentov zaščitnega obloka fuzijskega reaktorja ITER na vodno-hidravlični pogon.



Uradna otvoritev tridnevne konference je bila v sredo, 18. maja, s pozdravnimi nagovori direktorja IHA (prof. dr. Kari T. Koskinen), rektorja tamkajšnje Tehnične univerze TUT in direktorja za razvoj mesta Tampere.

Konferenca se je udeležilo rekordno število udeležencev, preko 300 (30

več kot pred štirimi leti) iz štiriindvajsetih držav. V štirih vabljenih predavanjih so bile obširno predstavljene naslednje tematike: razvojni trendi mobilne hidravlike in primeri uporabe, hidravlika v kmetijskih traktorjih v povezavi s sodelovanjem med univerzo in proizvajalcem, hidravlično gnani roboti v živahnem gibanju in

Na konferenci je bilo predstavljenih 94 prispevkov z različnih področij fluidne tehnike in letos prvič tudi 19 posterjev. Zastopana so bila naslednja področja: pogoni in prenosniki moči, vodna pogonsko-krmilna hidravlika, nadzor in krmiljenje hidravličnih in pnevmatičnih sistemov, energijsko učinkoviti mobilni stroji, letalska hidravlika, virtualna resničnost v strojogradnji, proizvodnja obnovljivih virov energije, modeliranje in simulacije, nadzorno-krmilna elektronika v mobilnih strojih, tekočine, projektiranje sistemov, avtonomni stroji in roboti, hidravlične sestavine, sestavine vodne hidravlike, črpalke, nadzor stanja, simulacija delovanja hidravličnih sestavin, sistemi za vračanje energije, industrijska hidravlika, izkoristki sestavin, digitalna hidravlika in inovacije, ventili za mobilno hidravliko, simulacije hidravličnih sistemov in izkoristki v pnevmatiki.

Konference so se, kot je to že običajno, udeležili vodilni s področja hidravlike, kot so: prof. dr. Hubertus



Udeleženci v dvorani med konferenco

Murrenhoff (direktor IFAS, RWTH Aachen, Nemčija), prof. dr. Juergen Weber (direktor IFD Dresden, Nemčija), prof. dr. Monika Ivantysynova (Univerza Pordue, ZDA), prof. dr. Shigeru Oshima (Namzu University, Japonska), dr. Thomas Kunze (Bosch Rexroth, Nemčija), dr. Petri Hannukainen (VALTRA, Finska), dr. Shimpei Miyakawa (KYB, Japonska), g. Brian Hollingworth (Tiefenbach Water Hy-

draulic, Kanada), prof. dr. Matti Vilenius (IHA, Finska), prof. Kari. T. Koskinen (IHA, Finska) in mnogi drugi. Področje vodne pogonsko-krmilne hidravlike je bilo zastopano z enajstimi prispevki. Enega izmed njih z naslovom Raziskave zvezno delujočega ventila za vodno hidravliko smo predstavili sodelavci Centra za tribologijo, tehnično diagnostiko in hidravliko. Med poslušalci je bil do-

bro sprejet, kar potrjuje našo pravilno odločitev o preteklih in nadaljnjih raziskavah na tem področju. Na našo pobudo je organizator konference organiziral tudi posebno okroglo mizo z naslovom: Nadaljnje pobude in aktivnosti v smislu promocije in razvoja vodne hidravlike.

*Dr. Franc Majdič,
Fakulteta za strojništvo Ljubljana*



Hypex

FLUIDNA TEHNIKA - AVTOMATIZACIJA - INDUSTRIJSKA OPREMA

INDUSTRIJSKA PNEVMATIKA




cilindri, enote za vodenje, prijemala, ventili, priprava zraka, fittingi, spojke, cevi in pribor

MERILNA TEHNIKA IN SENZORIKA




senzorji in merilci sile, temperature, tlaka, magnetnega polja ter indukcijski senzorji

PROCESNA TEHNIKA




krogelni in loputasti ventili, ploščati zasuni, pnevmatski in električni pogoni, varnostni ventili

LINEARNA TEHNIKA




tirna vodila, okrogla vodila, kroglična vretena, blažilci sunkov, regulatorji hitrosti

PROFILNA TEHNIKA IN STROJEGRADNJA




konstrukcijski alu profili, delovna oprema, ogrodja strojev

STORITVE




konstrukcija in obdelave na klasičnih in CNC strojih

- TRADICIJA
- KVALITETA
- SVETOVANJE
- PARTNERSTVO
- FLEKSIBILNOST
- VELIKE ZALOGE
- POSEBNE IZVEDBE
- KONKURENČNE CENE
- KRATKI DOBAVNI ROKI

Hypex, Lesce, d.o.o.
Alpska 43, 4248 Lesce
Tel.: +386(0)4 53-18-700 Internet: www.hypex.si
Fax.: +386(0)4 53-18-740 E-Mail: info@hypex.si

Simpozij Avtomatizirano testiranje 2011

V Ljubljani je 24. maja v organizaciji Celjskega podjetja National Instruments, d. o. o., potekal simpozij »Avtomatizirano testiranje 2011«. Simpozij je bil namenjen predstavitvi najnovejših trendov pri izgradnji merilnih in preizkuševalnih sistemov ter številnih industrijskih merilnih aplikacij. V okviru simpozija so bile predstavljene inovativne rešitve avtomatiziranega testiranja različnih tehničnih in proizvodnih sistemov, kot so končna kontrola elektromotorjev, avtomatsko testiranje elektronskih vezij, trajnostno preskuševališče WC-splakovalnikov, končno testiranje kompresorjev ter optično odkrivanje napak na neskončnih plohah. Predstavljene so bile tudi ključne tehnologije, nova orodja in trendi sodobnih preizkuševališč.

Med simpozijem, ki je potekal v kongresnem centru Mons v Ljubljani, se je zvrstilo 13 predavanj. V uvodnem predavanju je Andrej Drozg, vodja prodaje National Instruments za JV Evropo, izpostavil ključne novosti in trende na področju industrijskega preizkušanja in merjenja. V zadnjih nekaj letih je močno opazen trend tako imenovanih programske zasnovanih sistemov (*software based systems*), ki v obliki programabilnih instrumentov vse bolj nadomeščajo klasične merilne naprave. Na tem področju nastopa podjetje National Instruments kot pionir razvoja virtualnih instrumentov, ki jim določi funkcijo šele programska oprema. Takšen pristop omogoča visoko prilagodljivost najrazličnejšim aplikacijam in posledično tudi skrajševanje razvojnih časov in stroškov postavitve testno-merilnih sistemov. V nadaljevanju je g. Drozg predstavil značilnosti platforme PXI, ki je ena od najhitreje rastočih merilnih platform. Platforma PXI preko odprtega protokola povezuje že več kot 60 različnih proizvajalcev merilne opreme in

trenutno tvori prevladujoč standard na področju sodobne modularne merilne opreme. Predstavljenih je bilo tudi več najsodobnejših merilnih instrumentov (signalni in spektralni analizator ter digitalizator), ki že delujejo v gigaherčnem območju.

Nadaljnja predavanja so bila posvečena prikazu različnih uspešno realiziranih industrijskih merilnih aplikacij. Primer uspešnega sodelovanja med akademskim in industrijskim okoljem je predstavil doc. dr. Janko Slavič iz Laboratorija za dinamiko strojev in konstrukcij na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. V sodelovanju s podjetjem Iskra Mehanizmi, d. d., so razvili vibroakustično testno napravo za končno kontrolno malega brezkrtačnega enosmernega motorja z zunanjim rotorjem (*BLDC motor – Brushless DC Motor*), t. i. »drum motor«. Motor se uporablja v adaptivnem tempomatu (*ACC – adaptive cruise control*) in ima nalogo vrteti poseben valj s konstantno vrtilno hitrostjo med celotnim obratovanjem vozila. Zaradi zahtev kupca po 100-odstotni končni kontroli debalansa in zahtevani življenjski dobi izdelka so razvili poseben algoritem vodenja, izdelani končni kontrolni sistem pa meri tako mehanske karakteristike motorja (debalans, trenje v ležajih, vrtilne frekvence motorja, skokovitosti in

deviacije vrtilne frekvence, kvaliteta magnetnega polja) kakor tudi tipične napake, ki se lahko pojavijo pri proizvodnji (napake na ležajih, udarjanje rotirajočega valja ob stator, napaka postavitve zaznaval hall, skok vrtilne frekvence pri vrtenju).

Damir Krevelj iz podjetja Niksis, d. o. o., je predstavil avtomatsko testno napravo za elektronska vezja in sklope. Predstavljena multifunkcionalna testna naprava že vključuje integrirane funkcije programiranja, kalibracije, signiranja, selekcioniranja, optičnega prepoznavanja, simulacije motorjev BLDC, justiranja trimerjev in strojnega testiranja.

Ker postajajo današnji izdelki vedno bolj zapleteni in opremljeni s številnimi funkcijami (npr. mobilni telefon), je Damjan Drozg, terenski svetovalec inženir National Instruments za področje Slovenije, predstavil merilne tehnologije in izdelke za zagotavljanje brezhibnosti izdelka v zvezi s funkcionalnostjo, varnostjo, vzdržljivostjo in celovitostjo. Razvoj merilnih testnih naprav običajno poteka najprej v laboratorijskem in se nato seli v industrijsko okolje. Pri tem je treba v čim večji meri vpeljati avtomatizacijo meritev, ki bo zadostila hitrostnim in količinskim zahtevam industrijskega testiranja. Avtomati-



Uvodno predavanje Andreja Drozga (National Instruments, d. o. o.)

zacijo meritev v okviru virtualnih instrumentov, ki jim določimo funkcionalnost šele s programsko opremo, je mogoče doseči s programiranjem funkcij v ustreznem programskem okolju (npr. NI LabVIEW) ali pa z uporabo konfigurabilnih programov (npr. NI Signal Express), ki omogočajo hitro uporabo predpripravljenih funkcij, vendar z manj fleksibilnosti. Ponovno so bile omenjene prednosti merilnih sistemov PXI ter predstavljene številne možnosti strojnega vida za izdelavo testnih postaj.

Merilno napravo za trajnostni preizkus WC-splakovalnikov je predstavil Rado Miklavčič iz podjetja Kolektor Orodjarna, d. o. o., Avtomatizacija in strojogradnja. Testna naprava je bila izdelana v idrijskem podjetju Kolektor Orodjarna za naročnika Kolektor LIV iz Postojne. Namen naprave je hkrati večmesečno trajnostno testiranje več WC-splakovalnikov (do 200.000 ponovitev). Preskuševališče je v celoti avtomatizirano z uporabo programabilnega krmilnika NI CompactRIO in programske opreme NI LabVIEW Developer Suite.

Zgled uporabe metod strojnega vida za zaznavanje napak na neskončnih plohah je predstavil Mihovil Šantič, direktor podjetja Wise Technologies, d. o. o., iz Ljubljane. Prikazana je bila uporaba produkta Wise Scan, ki temelji na platformi National Instruments (LabVIEW in Vision knjižnice) in omogoča odkrivanje površinskih napak na neskončnih plohah s pomočjo ene ali več kamer (kovinske plošče, furnir, papir, blago itd.). Sistem omogoča natančno definiranje karakteristik napak (tip napake, velikost, ...), sprotno sporočanje zaznanih napak, krmiljenje napak za izmet oz. izrez in označevanje napak na samem materialu s pomočjo tiskalnika ali etiketirk.

Drug primer uspešnega sodelovanja med akadem-



Predstavitve inovativne kontrolne aplikacije v povezavi med univerzo in industrijo (doc. dr. Janko Slavič)

skim in industrijskim okoljem je predstavil doc. dr. Primož Potočnik iz Laboratorija za sinergetiko na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. V sodelovanju s podjetjem SECOP Kompressorji, d. o. o., so razvili diagnostični

sistem za končno kontrolo kakovosti kompresorjev na osnovi merjenja vibracij kompresorja. Predstavljeni diagnostični sistem je kombinacija razvitih mehatronskih sklopov za manipulacijo kompresorja in zagotavljanje ustreznih delovnih pogojev (električni priklop, protitlačni sistem) ter merilne in programske opreme za upravljanje aplikacije. Za razpoznavanje napak kompresorjev je bilo razvitih več algoritmov na osnovi psihoakustične analize vibracij, ki omogoča zaznavanje stacionarnih karakteristik kompresorja (zven) kot tudi različnih tranzientnih pojavov, ki lahko nakazujejo napako (trki sestavnih delov kompresorja ob ohišje). Adaptivni algoritem omogoča prilagajanje diagnostičnega sistema tekoči populaciji kompresorjev, industrijsko obratovanje pa je potrdilo zmogljivost sistema za natančno zaznavanje napak kompresorjev.

Po druženju udeležencev simpozija na kosilu je Damjan Drozg prikazal uporabo naprav FPGA (*Field-programmable Gate Array*) za reševanje izzivov



Demonstracija funkcionalnosti in zmogljivosti sodobne merilne opreme PXI



Utrip simpozija med odmori

preizkušanja, ki za preverjanje pravnega delovanja izdelka zahtevajo posnemanje vzbujalnih signalov in odzive v realnem času (tako imenovani *Protocol-Aware Test*). Takšno testiranje zahtevajo npr. sodobni 3D-HD-televizorji, RF-transponderji in omrežja Gigabit Ethernet. Elektronsko vezje FPGA je sestavljeno iz velike količine programabilnih logičnih vrat, ki jih z ustrežno programsko opremo nastavimo tako, da opravljajo zahtevane naloge. Za takšne naprave so značilni visoka zanesljivost delovanja, paralelizem izvajanja operacij in hkrati rekonfigurabilnost, torej možnost preprogramiranja na nove zahteve. Za ponazoritev uporabe komponent FPGA je Michał Kozarzewski prikazal simulacijo testiranja letalskega sistema za določanje lokacije na podlagi talnih transponderjev (*DMA interrogator & ground transponder*), ki zahteva visoko točnost merjenja zakasnitev signalov.

Sledilo je predavanje Primoža Aliča iz podjetja ASYST electronic, d. o. o., ki je prikazal rešitve za razvoj, testiranje in proizvodnjo vgrajenih sistemov z integracijo orodij National Instruments in iSystem. Predstavil je celoten razvojni in proizvodni postopek vgrajenih sistemov in izpostavil težave, ki se pojavijo v posameznih fazah: razvojna, testna in produkcijska faza. Tako v testni kot tudi v produkcijski fazi je mogoča avtomatizacija testnih procedur z integracijo orodij Natio-

nal Instruments in iSystem. Za ponazoritev orisanega pristopa je Milan Oklobdžija s srbskega inštituta Mihailo Pupin, Telekomunikacije, v nadaljevanju predstavil avtomatizirani sistem za preizkušanje pri proizvodnji elektronike. Razložil je, zakaj in kdaj je treba uporabiti avtomatizirane sisteme za preizkušanje v procesu proizvodnje elektronskih naprav, predstavil osnovna načela avtomatiziranega preizkušanja ter na koncu orisal glavne prednosti takšnega pristopa za proizvajalce elektronskih naprav. Obširno dejavnost na področju sistemov za preverjanje kakovosti je predstavil tudi Martin Balog, direktor slovaškega podjetja DATALAN, ki z več kot 220 zaposlenimi nudi rešitve po meri na različnih področjih kontrole in testiranja za najrazličnejše industrijske panoge. Glavna aktivnost podjetja so hitri kompleksni sistemi strojnega vida, ki omogočajo izredno zmogljivost in zanesljivost obdelave. Sistemi, ki jih načrtuje podjetje, temeljijo na interno razvitem ogrodju TIViS 2.0, ki ponuja številne napredne funkcije za pregledovanje, vizualizacijo in obdelavo podatkov. Poleg strojnega vida obsegajo dejavnosti podjetja tudi spremljanje stanja strojev in zgradb, zbiranje podatkov ter vizualizacijo. Predstavljen je bil najnovejši dosežek podjetja Light-Thru, ki je patentirana tehnologija za pregledovanje aluminijastih odlitkov, predvsem za avtomobilsko industrijo.

Popoldanske predstavitve sta s praktičnimi demonstracijami zaključila predstavnik National Instruments. Michał Kozarzewski je predstavil metode za zmanjševanje časa razvoja in optimizacijo izvedbe preizkusov s pomočjo programske opreme NI TestStand, ki omogoča hiter razvoj povsem avtomatiziranih sistemov za preizkušanje in potrjevanje. Andrej Drozg je na zaključni predstavitvi orisal področje testiranja modernih multimedijskih naprav, kjer lahko s pomočjo orodij AudioMaster in VideoMaster občutno skrajšamo preizkuševalne čase testiranja zvočnih ali videonaprav, kot so digitalni sprejemniki, Bluray in DVD-predvajalniki, videosistemi in LCD-prikazovalniki.

Primož Potočnik
UL, Fakulteta za strojništvo
Foto: Primož Potočnik

IRT 3000
inovacijerazvojtehnologije
www.irt3000.si

SDFT

strojnistvo.com
križišče strojnikov

VENTIL
REVUIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

Najavljamo posvet

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2011 – ASM `11

v novembru 2011

v Ljubljani

www.posvet-asm.si

Tematski sklopi na posvetu

Avtomatizacija strege in montaže 2011 bodo:

- avtomatizacija,
- robotika,
- krmiljenje,
- brezžični prenos podatkov,
- pogoni za manipulatorje,
- računalniški vid,
- povečanje učinkovitosti strežnih in montažnih sistemov ter procesov,
- nadzor strežnih in montažnih procesov,
- inteligentni nadzorni sistemi,
- proizvodna logistika,
- transport pri stregi in montaži,
- energijska varčnost avtomatiziranih naprav,
- cenovno ugodna oprema za avtomatizacijo,
- varnostni standardi,
- podjetja predstavljajo - primeri iz prakse.

Pokrovitelji in sponzorji

FESTO

IRT 3000
inovacije razvoj tehnologije
www.irt3000.com

VENTIL
www.ventil.si
www in FLUIDNO TEHNIKO AVTOMATIZACIJO in MONTAŽNO

YASKAWA
MOTOMAN

SICK
Sensor Intelligence.

OPL **Rexroth**
Bosch Group
Zastopnik

FDS
RESEARCH
COMPUTER VISION GROUP

ABB

Organizator posveta

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



LASIM
LABORATORIJ ZA STREGO, MONTAŽO
IN PNEVMATIKO

DAX

FANUC
ROBOTICS EUROPE

DTA 44

DOZIRNA TEHNIKA IN AVTOMATIZACIJA d.o.o.

Dodatne informacije:

Laboratorij LASIM, UL, FS, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana
tel.: 01/47-71-726(725); fax.: 01/47-71-434

e-mail: asm.lasim@fs.uni-lj.si ali niko.herakovic@fs.uni-lj.si

Internetna stran: www.posvet-asm.si

MIEL **OMRON**
www.miel.si
Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo

Sejem LOS 2011

Revija Ventil je bila predstavljena na novem obrtno-podjetniškem sejmu LOS 2011, ki je potekal od 2. do 5. junija na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani. Sejem sta organizirala Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije in Gospodarsko razstavišče v Ljubljani. Revija Ventil je tudi sicer velikokrat povezana z različnimi dogodki Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije, tudi takšnimi, na katerih se predstavljajo nove tehnologije in povezovanja med gospodarstvom in znanostjo.



Pogled na razstavni prostor Odbora za znanost in tehnologijo pri OZS (foto: David Jezeršek)



*Merimo
za prihodnost
We Measure the Future*

www.lotric.si

LABORATORIJ
ZA
LOTRIČ[®]
MERO SLOVJE

OVERITVE

KALIBRACIJE

KONTROLE

PRODAJA

Zastopstva in prodaja:
Dostmann electronic, PCL, Radwag, Häfner, Sonoswiss

LOTRIČ d.o.o.
Selca 163, 4227 Selca
tel: 04/517 07 00, fax: 04/517 07 07, e-mail: info@lotric.si

DOBRA VAGA V NEBESA POMAGA

Na sejmu LOS 2011 so se na velikem razstavnem prostoru predstavili odbor za znanost in tehnologijo, sekcija elektronikov in mehatronikov in sekcija elektrotehnikov in mehatronikov in sekcija elektrotehnikov in mehatronikov. Z njimi so se predstavili tudi Institut Jožef Stefan z odseki F2, K5 in E6, nadalje Kemijski inštitut v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani z laboratorijem LTFE za elektronske komunikacije in

laboratorij za senzorske mikrostrukture ter številna inovativna in razvojno naravnana podjetja. Cilj tako kompleksne predstavitve je bil povezan z željo po sodelovanju gospodarstva in znanosti in po predstavitvi novih tehnologij, ki so povezane z elektroniko, mehatroniko, robotiko, avtomatiko in drugimi področji. Zamisel o organiziranosti sejma je bila naravnana tudi na predstavitev tradicionalnih obrtnih poklicev, tudi takšnih, ki so danes že deficitarni. Z obiskom sejma organizatorji niso bili preveč zadovoljni, vendar menijo, da je naslednji sejem že lahko veliko bolj uspešen. Sejmu bo potrebno dodati še kompleksnejšo vsebino. Veliko več pa bo treba napraviti za promocijo in obveščanje. Na sejmu pa je kljub temu bilo zaznati zanimanje za nove tehnologije, ki jih je predstavil odbor za znanost in tehnologijo Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije skupaj s številnimi partnerji.

*Janez Škrlec, inž.
Odbor za znanost in tehnologijo pri
OZS*

Uspešno srečanje gospodarstva in znanosti

Odbor za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije je v okviru prireditve *LOS 2011* organiziral zanimiv dogodek, ki ga je poimenoval: **Povežimo šolsko, akademsko in znanstveno sfero za učinkovit razvoj našega gospodarstva**. Dogodek je bil dobro obiskan. Udeležili so se ga predstavniki gospodarstva in akademske znanstvene sfere s ciljem, da bi našli skupno pot za boljše sodelovanje na različnih področjih. Uvodoma je odbor za znanost in tehnologijo in njegove številne aktivnosti predstavil organizator dogodka in predsednik tega odbora **Janez Škrlec**.

Pomen srečanja je v svojem nagovoru poudaril tudi predstavnik Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo Republike Slovenije **dr. Aleš Mihelič**. Srečanju so pomembno težu in vsebino prispevali tudi številni znanstveniki, ki se zavedajo pomembnosti sodelovanja med različnimi sferami, implementacije znanja v gospodarstvo in seveda v izdelke z visoko dodano vrednostjo. Pomemben gost je bil direktor Kemijskega inštituta v Ljubljani **prof. dr. Janko Jamnik**.

Izpostavil je odlične dosežke Kemijskega inštituta, in še zlasti skupine prof. dr. Borisa Orla, ki ji je lani uspelo prodreti z izumi in patenti na svetov-



Prof. Jamnik med predstavitvijo (foto: mag. Gero Angleitner)

no tržišče. Seveda gre za patente na področju nanopremazov za sončne absorberje. Direktor Kemijskega inštituta je z velikim zadovoljstvom in ponosom povedal, da je tudi laboratoriju za elektrokemijo materialov, ki ga vodi prof. dr. Miran Gaberšček, uspelo izdelati materiale za litij-ionske baterije, ki imajo boljše lastnosti od vseh drugih, sicer v svetu najbolj znanih proizvajalcev. Zanimive možnosti sodelovanja z gospodarstvom je pokazal tudi Institut Jožef Stefan, in to kar s tremi različnimi odseki: z odsekom za fiziko nizkih in srednjih energij (F2) in mikroanalitskim centrom, ki ga vodi dr. Primož Pelicon, odsekom E6 za komunikacijske sisteme in izjemno uglednim odsekom za elektronsko keramiko (K5), ki ga vodi prof. dr. Marija Kosec.

Na srečanju je povezovanje gospodarstva, razvoja in inovativnosti podprla nova prorektorica za razvojnoraziskovalno dejavnost Univerze v Mariboru prof. dr. Karin Stana Kleinschek. Vse udeležence srečanja je nadvse navdušil doc. dr. Iztok Kramberger s Fakultete za elektrotehniko Univerze v Mariboru. Predstavil je uspešno vključitev njegove skupine v projekt ESMO Evropske vesoljske agencije (ESA). Kramberger je predstavil projekt in slovensko sodelovanje v najzahtevnejših tehnologijah, ki so povezane s sateliti in vesoljem. Izjemno spodbudno se je gospodarstvu predstavil tudi laboratorij za telekomunikacije in multimedije (LMFE), ki ga vodi prof. dr. Janez Bešter s Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Predstavili so željo po sodelovanju z gospodarstvom in skupnem razvoju, še zlasti na področju informacijsko-komunikacijskih tehnologij. Zaključek srečanja gospodarstva in znanosti, ki je trajal kar nekaj ur, je vzbujal upanje, da Slovenija ima možnosti za razvoj in tudi za gospodarski preboj, če bomo znali strniti moči in poiskati nove tržne niše, še zlasti takšne, ki so močno povezane s sodobnimi in naprednimi tehnologijami.



Srečanje gospodarstva in znanosti (foto: mag. Gero Angleitner)

Janez Škrlec, inž.
Odbor za znanost in tehnologijo pri
OZS



4 industrijski forum 2012

Inovacije, razvoj, tehnologije

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

Portorož,
11. in 12. junij 2012

Dodatne informacije in prijava na dogodek:
Industrijski forum IRT 2012, Motnica 7 A, 1236 Trzin
tel.: 01/5800 884 | faks: 01/5800 803
e-pošta: info@forum-irt.si www.forum-irt.si

www.forum-irt.si

DOMEL®

Ustvarjamo gibanje

DOMEL d.d.
Otoki 21, 4228 Železniki,
Slovenija
T: +386 (0)4 51 17 355
F: +386 (0)4 51 17 357
E: brane.cencic@domel.si
I: www.domel.com

VRHUNSKA TEHNOLOGIJA,
ZAGOTOVILO UČINKOVITOSTI



STÄUBLI

www.staubli.com

Podelitev Preglovih nagrad 2011

Ob mednarodnem letu kemije so bile na slovesnosti v Grand hotelu Union podeljene Preglove nagrade Kemijskega inštituta, katerih namen je vzpodbujanje nadpovprečnosti in odličnosti v znanosti.

Veliko Preglovo nagrado za raziskovalno delo je prejel **profesor Milan Randić**, svetovno priznan znanstvenik s področja računalniške kemije, zaslužni profesor Univerze Drake, Iowa, ZDA, in častni član Kemijskega inštituta, Ljubljana.

Preglovo nagrado za izjemne dosežke je prejela **profesorica Radmila Milačič** za njene pomembne znanstvene dosežke na področju raziskav kemijske speciacije elementov.

Naziv zaslužni raziskovalec Kemijskega inštituta sta prejela **akademik prof. dr. Dušan Hadži** in **prof. dr. Jure Zupan** za izjemne znanstveno-raziskovalne dosežke in njun neprecenljiv prispevek k razvoju in ugledu Kemijskega inštituta ter slovenske znanosti tako doma kot po svetu.

Slovesnosti se je udeležila tudi slovenska poslanka v evropskem parla-



Utrip iz svečane podelitve Preglovih nagrad v Grand hotelu

mentu **dr. Romana Jordan Cizelj**, ki je svoj govor zaključila z mislijo na 20. obletnico slovenske samostojnosti, ki jo bomo praznovali konec tedna: »Slovenski znanstveniki ste takrat uporabili vse svoje znanje, iznajdljivost in mednarodne povezave, da je šel glas iz Slovenije v svet. Gradili ste našo državo od temeljev dalje. Morda je bila vloga znanosti kdaj odrinjena ob rob, morda premalo izpostavljena, a prezreti je ni bilo mogoče doslej in je ne bo mogoče niti v prihodnosti. Brez odlične, med-

narodno vpete znanosti ne bo prijazne, gostoljubne, odprte, trajnostno naravnane Slovenije.«

Brigita Pirc, Kemijski inštitut Ljubljana



Združenje kovinske industrije
Fluidna tehnika Slovenije



Direktor KI prof. dr. Janko Jamnik podeljuje Preglovo nagrado, profesorici Radmili Milačič

VENTIL

REVUIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
 telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
 e-mail: ventil@fs.uni-lj.si

Delavnica o netehnoloških inovacijah

Tehnološki center SEMTO pripravlja enodnevno delavnico o netehnoloških inovacijah, ki bo predvidoma 21. septembra 2011. Namenjena je industriji v širšem smislu in RR-organizacijam, ki hočejo doseči tudi na tem področju konkurenčno prednost.

Netehnološke inovacije pomenijo novo ali izboljšano ustvarjalno kombiniranje proizvodnih dejavnikov, inovacije v storitvah, procesih, vodenju, managerskih prijemih, strategijah, organizaciji in trženju.



So velik neizkoriščen potencial predvsem v malih in srednje velikih podjetjih, ki v inovacijskih dejavnostih težko sledijo večjim. Ravno z netehnološkimi inovacijami lahko manjša podjetja naredijo preboj brez obsežnih in tveganih vlaganj. Potrebno pa je ustvariti možnosti za drugačno razmišljanje od večine in znati uresničiti ideje ter jih prenesti v komercialno dostopne produkte in storitve.

Na delavnici bodo sodelovali uspešni slovenski podjetniki, predstavniki raziskovalnih organizacij in fakultet. Predviden je niz kratkih uvodnih predavanj, predstavitev učinkovitih primerov iz prakse in razprava. Prijave zbirajo na semto@semto.si. Več o delavnici preberite na www.semto.si >Obvestila> Najava dogodka.

Posvet EMC - Elektromagnetna združljivost, zanesljivost in trajnostna doba elektronskih sklopov in komponent

Tehnološki center SEMTO že tretjič zapored v sodelovanju z uspešnimi slovenskimi podjetji organizira Posvet EMC, ki bo predvidoma 13. septembra 2011. Namenjen je vsem, ki se ukvarjajo z razvojem elementov, sklopov ali izdelkov, ki so izpostavljeni vplivom elektromagnetnih motenj v okolju, torej izdelkov z vgrajeno elektroniko.

Namen posveta je celovito obdelati področje EMC s pregledom evropskih smernic in njihovi implementaciji v slovenski pravni red, s pregledom standardizacije na tem področju in v končni fazi s pregledom informacij o slovenskih laboratorijih in njihovih zmogljivostih ter možnostih za izvajanje posameznih testov in meritev.

Posvet ima dva cilja:

1. posredovanje znanja o relevantnih standardih in predpisih, o merjenju vplivov na izdelke in o ukrepih za učinkovito odpravljanje teh vplivov. Ta znanja so ključna pri razvoju, saj zagotavljajo kvaliteten izdelek, krajši čas razvoja in nižje stroške;
2. ponuditi informacijo o opremi, kapacitetah in znanju na obravnavanem področju, torej informacijo o izredno dragi opremi in njeni uporabi ter možnostih vključitve tega znanja v razvojne projekte.

Organizator TC SEMTO vabi na posvet raziskovalce, razvijalce, laborante, merilce, tehnologe iz podjetij in RO. Prijave zbirajo na elektronskem naslovu semto@semto.si. Več o posvetu preberite na www.semto.si >Obvestila> Najava dogodka.

Konferenca o naprednih materialih s tehnologijami prihodnosti

Tehnološki center SEMTO v ustvarjalnem sodelovanju s Centrom odličnosti NAMASTE in Razvojnim centrom eNeM pripravlja tradicionalno Konferenco o naprednih materialih s tehnologijami prihodnosti, ki bo 7. in 8. septembra 2011 v Veliki predavalnici na Institutu »Jožef Stefan« v Ljubljani.

Konferenco sestavlja niz krajših predstavitvenih predavanj strokovnjakov iz RO in industrije. Dogodek je namenjen mreženju in informiranju strokovnjakov, ki se pri svojem raziskovalnem in razvojnem delu srečujejo z različnimi materiali, ki vplivajo na karakteristike elementov, sklopov ali izdelkov.

Za nove modifikacije, izboljšano funkcionalnost in nižjo ceno so na področju elementov za elektrotehniko največkrat odločilne prav lastnosti in sestava materialov. Prav ta znanja, novosti in zahteve bodo obravnavane na konferenci. Materiali so razdeljeni v programske skupine, od katerih je vsaka predstavljena z enim preglednim in več predstavitvenimi predavanji, katerih cilj je informirati o najnovejših dosežkih in možnostih aplikacije posameznih skupin materialov.

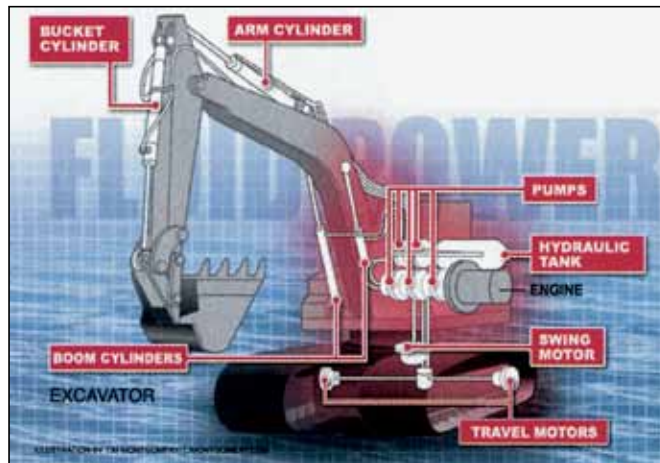
Organizator konference TC SEMTO vabi k udeležbi. Prijave se zbirajo na elektronskem naslovu semto@semto.si. Več o konferenci preberite na www.semto.si >Obvestila> Najava dogodka.

Visokoučinkovitostni hidravlični bager – razvit ob podpori Ameriškega nacionalnega raziskovalnega sklada

Najnovejši dosežek Ameriškega raziskovalnega sklada je visokoučinkovitostni bager, ki so ga pod vodstvom svetovno uveljavljene profesorice Monike Ivantysynove razvili v okviru Tehničnega razvojnega centra za kompaktno in učinkovito fluidno tehniko (Engineering Research for Compact and Efficient Fluid Power – CCEFP) na Univerzi Purdue.

Obstoječi hidravlični sistem s krmiljenjem obremenitve pettonskega bagerja Bobcat 435 so zamenjali s hidravličnim sistemom s krmiljenjem črpalke s spremenljivo iztisnino. Nov sistem v primerjavi s preskusom standardne izvedbe stroja omogoča v povprečju 40-odstotni prihranek goriva.

Nova zasnova sistema omogoča elektronsko krmiljenje vseh funkcij in s tem uporabo najnaprednejših



Visokoučinkovitostni hidravlični bager

krmilnih strategij. Uvedena je nova strategija krmiljenja stroja skupaj z novo platformo krmiljenja iztisnine črpalke, ki zagotavljajo zmanjševanje porabe goriva pri ustreznih ciklih delovanja bagera. Izboljšana učinkovitost z novim načinom krmilje-

nja iztisnine omogoča nižjo obratovalno temperaturo hidravličnega fluida, kar zagotavlja daljšo življenjsko dobo in manj vzdrževanja.

Novi bager je bil letos v marcu predstavljen na razstavi ob 52. nacionalni konferenci fluidne tehnike (52nd

National Conference on Fluid Power – NCFP).

Več informacij na spletni strani: www.ccefp.org

Po H & P 64(2011)2 – str. 9

VDMA – delovno področje tesnil za fluidno tehniko Povzetek intervjuja z go. Ingrid Hunger

Delovno področje tesnil za fluidno tehniko je v okviru VDMA – Strokovnega združenja za fluidno tehniko, 11. septembra 1996 ustanovilo pet članov, proizvajalcev tesnil. Vodi ga. Hunger. Danes združuje 22 podjetij.

V tem času se je uveljavila mednarodna prireditelja o tesnjenju (Internationale – Dichtungstagung ISC), ki poteka vsako leto v sodelovanju s Katedro za strojne elemente Univerze v Stuttgartu. ISC je priznana središče mednarodnega sodelovanja med uporabniki, izdelovalci in raziskovalci tesnilne tehnike. Ob tem se je pri Univerzi v Stuttgartu oblikovalo tudi posebno združenje za napredek tesnilne tehnike IMA, ki podpira širjenje znanja o tesnilih in tesnjenju. V okviru tega sodelovanja je bil izdelan Atlas tipičnih poškodb tesnil in »pri-



Gospa Ingrid Hunger

poročil za njihovo preprečitev.« Ob upoštevanju mednarodnih gospodarskih razmer so stalne teme pouk in znanstveni razvoj tesnilne tehnike na visokih šolah, s poudarkom na dejavnostih na Univerzi v

Stuttgartu, seveda pa tudi standardizacija tesnjenja, tesnil in tesnilk.

V letu 2011 branža pričakuje nadaljnji razvoj, čeprav močan porast cen izhodiščnih materialov lahko razvoj občasno delno zavre, zaradi splošne gospodarske krize pa lahko pride do nadaljnjih težav in motenj tudi pri prodaji.

Po Fluid 44(2011)3 – str. 9

VENTIL
REVUIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
e-mail: ventil@fs.uni-lj.si

Hibridni pogoni – hidravlični akumulatorji

Nedavna konferenca o hibridnih pogonih mobilnih delovnih strojev v organizaciji *Katedre za mobilne delovne stroje pri Tehnološkem inštitutu v Karlsruheju* (predstavnik prof. dr. Marcus Geimer) je bila nadvse uspešna. Predstavila je nove raziskovalne in razvojne dosežke in dala impulze novim prizadevanjem na obravnavanem področju z namenom zmanjševanja emisij CO₂ ob sočasnem povečevanju produktivnosti in izboljševanju gospodarnosti v industriji.

Pri tem je bila opravljena tudi izčrpna primerjava konkurenčnosti električnega in hidravličnega pogona. Hidravlični akumulatorji so za tovrstne pogone ključna tehnologija. Kot taki predstavljajo prednost hidravlike, so na sodobnem stanju razvoja tehnike in serijsko na razpolago na tržišču. Posebno pa je treba poudariti, da zagotavljajo le sorazmerno kratkotrajno akumulacijo sicer visoke gostote energije. Njihova specifična vsebina energije pa je v primerjavi z elektri-

ko sorazmerno majhna. Kljub temu velja mnenje, da ne gre za vprašanje »hidravlika ali elektrika« v obliki »ali – ali«, temveč za vrednost sinergije med njima. Vsaka disciplina ima svoje posebne prednosti, ki so lahko odločilne. Njihovo realizacijo v tržnih zanimivih izdelkih bo zato še naprej pogojevala konkurenčnost na trgu.

Po Fluid 44(2011)4 – str. 8

Temperaturno optimirani tesnilni materiali

Optimalna izraba prostora za vgradnjo, visoko učinkoviti motorji in okrepljena prizadevanja za gradnjo v zaprtih ohišjih (inkapsulacija) povzročajo vse višje temperature sevanja in ustaljena toplotna stanja v zaprtih motorskih prostorih pri mobilnih strojih. Do sedaj uporabljeni tesnilni materiali pri motorjih, prenosnikih, krmilnih mehanizmih in zavornih napravah prihajajo do meja temperaturne obstojnosti. Z inovativnimi modifikacijami nitrilnega (NBR) in akrilatnega kavčuka (ACM) so pri poznanem izdelovalcu tesnilnih materialov in tesnilk *Feudenberg Simrit* uspeli ta dva v industriji pomembna materiala usposobiti tudi za uporabo pri višjih obratovalnih temperaturah.

Optimirana temperaturna obstojnost je dosežena izključno z novo formulacijo dveh tesnilnih materialov s težiščem uporabe pri različnih obratovalnih razmerah v motorjih, mehanskih prenosnikih, krmilnih mehanizmih in pnevmatičnih zavorah. Te obratovalne razmere vključujejo neposredne stike z zrakom, oljno meglo in različnimi olji z aditivi ob različnih temperaturnih razmerah. Novi tesnilni materiali HT-NBR in HT-ACM so natančno prilagojeni vsakokratnim temperaturnim zahtevam.

Po O + P 55(2011)4 – str. 178

Učni komplet »mobilna hidravlika«

Spoznavanje načel krmiljenja v mobilni hidravliki omogočajo učni kompleti za mobilno hidravliko, ki jih ponuja znana nemška firma *Bosch Rexroth* skupaj z učnimi gradivi za učitelje in učence. Kompleti so prilagojeni za uporabo na njihovem univerzalnem nosilcu DS4, ki je posebej primeren za majhne učne skupine in

samostojno reševanje posameznih učnih nalog. S sestavljanjem enostavnih vezij s pomočjo certificiranih sestavin lahko tudi še nevesči učenci eksperimentirajo in spoznavajo delovanje mobilne hidravlike. Najzanimivejša krmilna vezja v mobilni hidravliki, kot so krmiljenje po obremenitvi (loadsensing), delitev toka

neodvisno od obremenitve in krmiljenje z dušenjem, tvorijo didaktična jedra novih stavkov učnega kompleta »mobilna hidravlika«.

Po Fluid 44(2011)4 – str. 9

Nov filtrski medij za pomembno znižanje padcev tlaka

Ameriško podjetje Hollingsworth & Vose (H & V) iz East Walpolea, Mass., ZDA, je razvilo nov filtrski medij, ki zagotavlja 50 % nižje padce tlaka brez negativnega vpliva na druge tehnične lastnosti medija. Primeren je predvsem za filtre na cestnih vozilih in mobilnih strojih pa tudi vso drugo uporabo v industriji, pomorstvu, energetiki ipd.

Hidravlični sistemi na gradbenih in drugih mobilnih strojih so še posebno veliki porabniki energije. Rastoče cene goriv in novi gospodarski predpisi še povečujejo zahteve za povečanje učinkovitosti hidravličnih naprav in sistemov, poudarja A. Shepard, direktor proizvodne in prodajne enote

za filtriranje pri H & V. Nova generacija njihovih filtrskih medijev zagotavlja polovično zmanjševanje padcev tlaka v filterih brez zmanjševanja izkoristkov ali zmogljivosti. In obratno: specifičiranje uporabe filtrskih medijev H & V zagotavlja bistveno zmanjšanje porabe energije in povečanje trajnosti.

Nov filtrski medij povzroča bistveno zmanjšanje padca tlaka, potrebnega za premagovanje pretočnih odpornosti hidravličnih filtrskih vložkov. Pri preskušanju s hitrostjo pretakanja 0,053 m/s je doseženo zmanjševanje do 50 %, pri 10 µm imenski vrednosti filtriranja pa je doseženo zmanjšanje padca tlaka z vrednosti 67 na 34,5 Pa.

Konstruktorji filtrov lahko uporabijo nov medij v dveh smereh: ali konstruirajo filter s polovico nižjim padcem tlaka, in s tem povečajo njegovo življenjsko dobo, ali pa zmanjšajo velikost filtra ob zagotavljanju enakih tehničnih lastnosti.

Novi medij je na voljo z imensko vrednostjo filtriranja 5, 10 ali 25 µm. Omogoča, da izdelovalec filtrov zadrži dosedanje izmere ohišja brez potrebe po spremembah.

Več informacij dobite na naslovu: Greg Green, Hollingsworth & Vose, tel.: + (598)859-2101, e-pošta: greg.green@hovo.com, internet: www.hollingsworth-vose.com

Po H&P 64(2011)2 – str.8



HPE d.o.o.
Dolenjska cesta 83
1000 Ljubljana
T: 01/5632-063
F: 01/5631-351









rešitve na področju komprimiranega zraka

- HPE je servisno orientirano podjetje, ki izvaja servis na vseh tipih kompresorskih postaj.
- Strokovna pomoč pri iskanju celovite rešitve komprimiranega zraka z meritvami in analizo obstoječega stanja.
- Ugotavljanje prihranka energije in izdelava simulacij.
- Ultrazvočni in SPM pregled vijačnih blokov za zagotavljanje nemotene proizvodnje in preventivnega vzdrževanja.
- Izvedba kompresorske postaje na ključ, z izdelavo PZI in PID dokumentacije.
- Lastni razvoj krmilnih in nadzornih sistemov PLC kompresorskih postaj zaprihranek energije.
- Uradni zastopnik za prodajo in servis opreme za komprimiran zrak proizvajalcev Ingersoll Rand, FCI, UE Systems, Irisys in Gemini





HPE – podjetje za inženiring na področju priprave stisnjenega zraka in prodajo kompresorjev

Optimalna priprava komprimiranega zraka je za uspešno energetska učinkovitost podjetij ključnega pomena. To še posebno velja za podjetja z visoko stopnjo avtomatizacije, kjer je delež pnevmatičnih naprav in sistemov kljub prodoru elektrike in elektronike še vedno zelo velik. Za učinkovito pripravo zraka pa so nujni pravilna izbira kompresorjev, vgradnja ustreznih merilnih in krmilnih sistemov kakor tudi vzdrževanje.

Podjetje HPE, d. o. o., je s svojim dvajsetletnim delovanjem močno prisotno v slovenskem prostoru. Povezovanje s podjetji iz tujine, domačimi strokovnjaki in lastnimi kadri mu omogoča, da kupcem nudi kakovostne rešitve in vzdržuje njihove sisteme za pripravo zraka.

S svojimi prispevki se podjetje HPE, d. o. o., dokaj pogosto predstavlja v reviji Ventil in na ta način seznanja slovensko strokovno javnost o svojih izdelkih in metodah dela pri pripravi stisnjenega zraka. Za revijo Ventil je na vprašanja odgovarjal direktor podjetja g. Gorazd Bregar

Ventil: Letos praznujete 20. obletnico obstoja. Katere značilnice bi poudarili za to obdobje? Kje ste danes?

G. Bregar: Začetki HPE, d. o. o., segajo v leto 1991 ko je bilo ustanovljeno podjetje HPE, s. p., ki se je prvotno ukvarjalo s proizvodnjo in trženjem industrijskih kompresorjev ter opreme za komprimirani zrak. Z razpadom Jugoslavije so se razmere v industriji spremenile in odprl se je trg za tuje proizvajalce opreme komprimiranega zraka. Podjetje je začelo z dvema zaposlenima, s servisom kompresorskih enot različnih proizvajalcev in z lastno izdelavo manjših kompresorskih enot. Z lastno montažo kompresorjev cenovno nismo mogli konkurirati množični proizvodnji tujih podjetij, zato smo leta 1994 pridobili zastopstvo za ameriško multinacionalno podjetje Ingersoll-Rand (v nadaljevanju IR), ki je svetovno največji proizvajalec

opreme za proizvodnjo in pripravo stisnjenega zraka. Od takrat naprej sta začela naraščati tako letni promet podjetja kot tudi število zaposlenih. Leta 1998 je podjetje kupilo lastne poslovne prostore v industrijski coni Ljubljana - Črnuče, ki jih je kasneje tudi razširilo. Od leta 1998 je podjetje zastopnik ameriškega podjetja FCI, ki proizvaja merilno opremo za pretok plinov, predvsem komprimirani zrak. V letu 1999 smo se odločili, da se bomo razlikovali od ostalih ponudnikov opreme za komprimirani zrak, tako da bomo postali podjetje za iskanje energetska optimalnih rešitev na področju komprimiranega zraka, predvsem s pomočjo oddelka za meritve in analizo. Leta 2000 pa je bila podpisana pogodba za zastopanje podjetja K-TEK, področje nivojske merilne opreme, in podjetja Gemini, katerega glavna dejavnost so digitalni regulatorji. Istočasno smo začeli sodelovati tudi z UE Systems, podjetjem za ultrazvočne merilnike puščanja in preventivno vzdrževanje. Razvijali smo vsa področja od meritev, analize, projektiranja, izvedbe, vzdrževanja in servisa celotnega



Odkrivanje puščanja zraka; označevanje mest puščanj z zaporedno številko

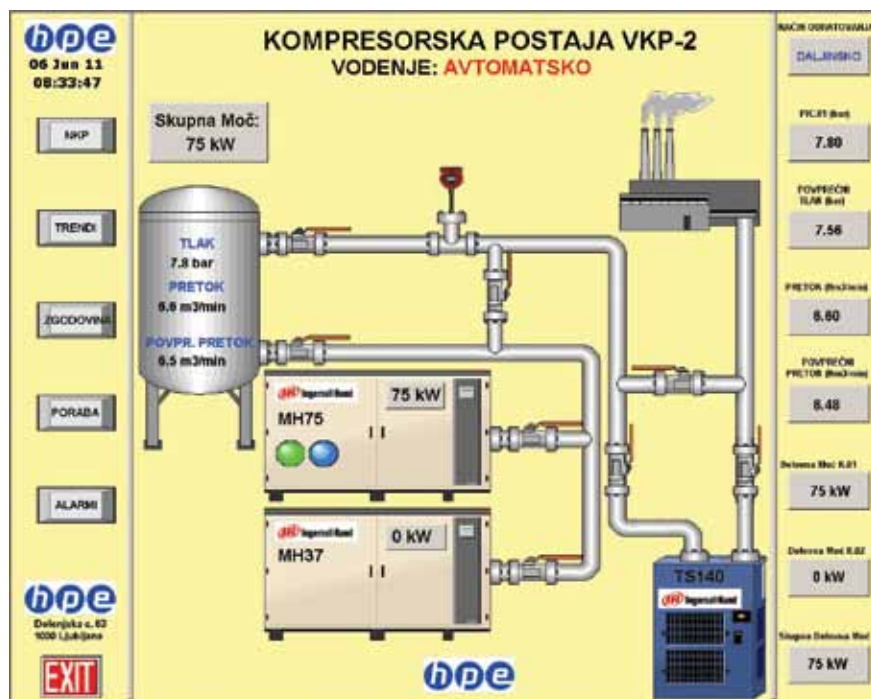


sistema komprimiranega zraka, od proizvodnje preko distribucije do porabnikov. Tako lahko stranki ponudimo celovito energetske optimalno rešitev po najbolj ugodni ceni.

Danes želimo ostati vodilni na področju svetovanja in iskanja rešitev glede komprimiranega zraka. Trenutno je v podjetju redno zaposlenih 20 ljudi. Pridobili smo tudi certifikat ISO 9001. Z našim podjetjem na Hrvaškem poskušamo tudi na trgih bivše Jugoslavije uvesti enak sistematičen pristop do komprimiranega zraka.

Ventil: V Sloveniji ste prepoznavni, saj sodelujete s številnimi podjetji. Katere izdelke najuspešneje tržite?

G. Bregar: Res je. Sodelujemo s številnimi največjimi industrijskimi podjetji. Najuspešneje tržimo storitve in energetske učinkovite rešitve na področju komprimiranega zraka (KZ). Kar pomeni, da strankam ponudimo podrobno analizo njihovega sistema komprimiranega zraka, od proizvodnje zraka preko distribucije do porabnikov zraka. Na osnovi analize, ki vedno temelji na vsaj tedenski meritvi vseh pomembnih parametrov (tlak, pretok, električna moč, točka rosišča, temperatura, vibracije ...), lahko pre-



Grafični prikaz nadzora ter vodenja kompresorske postaje, prikaz vseh bistvenih podatkov o trenutnem stanju, pretoku, tlaku, moči, trendih, ...

dlagamo energetske optimalne celotne rešitve sistema KZ. V letih pred krizo smo izvedli številne projekte novih kompresorskih postaj na ključ, v času krize pa so za nas življenjskega pomena storitve, predvsem servis in preventivno vzdrževanje kompresorskih postaj, sistematično odkrivanje puščanja zraka in odpravljanje tega.

Ventil: Katere so vaše prednosti? Kako povežete prodajo in zastopstvo izdelkov tujih proizvajalcev z lastnim razvojem?

G. Bregar: Naša glavna prednost je v lastnem razvoju storitev in tudi produktov, ki dopolnjujejo kvalitetno opremo različnih proizvajalcev v komprimiranega zraka. Torej nismo

vezani samo na enega proizvajalca, temveč lahko s poznavanjem opreme različnih proizvajalcev ponudimo za določeno aplikacijo najprimernejšo opremo. Razvijali smo predvsem storitve, kot so sistem ravnanja s puščanjem komprimiranega zraka CALMS, lastni krmilni sistemi PLC za energetske učinkovito vodenje in nadzor kompresorskih postaj VKP, ciljno spremljanje energenta KZ, merilna proga za umerjanje merilnikov pretoka in sistem za analizo meritev, posebne namenske rešitve kompresorjev, sušilnikov, ki niso standardni proizvodi, razvoj in izdelava sistema za varno obratovanje kritičnih strojev na osnovi ultrazvočnega spremljanja RunSafe ...

Vse te storitve in proizvodi se odlično ujema s standardnimi kvalitetskimi produkti naših tujih partnerjev.

Ventil: Vaš moto je, ne računaj in ne ugibaj, temveč izmeri, kar je že v davnini izjavil Arhimed. Zakaj je v pravi zrak tako pomemben nadzor delovanja kompresorske postaje in porabe zraka?

G. Bregar: Že zelo zgodaj smo ugotovili, da se moramo lotiti komprimiranega zraka drugače od večine ostalih ponudnikov, in to drugačnost



RunSafe aplikacija, na osnovi ultrazvočnega spremljanja kritičnih točk pri delovanju stroja, zagotavlja ukrepanje, preden pride do strojeloma in omogoča obveščanje o napakah preko SMS storitve



Najnaprednejša tehnologija hibridnega motorja, HPM, s permanentnimi magneti in direktnim prenosom za najučinkovitejše komprimiranje zraka, proizvajalca Ingersoll Rand

smo našli v vzporednem razvijanju oddelka merilne opreme. Tako vsi naši predlogi temeljijo na analizah in meritvah že od leta 1998, ko smo se povezali s podjetjem UE systems in FCI. V preteklosti in žal še vedno se dogaja, da stranka želi nov kompresor enake ali raje malo večje velikosti, kot je obstoječi izrabljeni kompresor. Žal se velikokrat izkaže, da je ta odločitev zelo draga. Vemo, da je komprimirani zrak eden najdražjih energentov in da predstavlja strošek obratovanja elektrike več kot 75 % vseh stroškov kompresorja v prvih 5 letih. Poleg tega pa je puščanje sistema KZ povprečno skoraj 30 %, v nekaterih podjetjih celo preseže 50 % proizvodnje zraka. Zato meritve velikosti puščanja in nato meritve dejanske porabe lahko prinesejo ogromne prihranke. Kot primer iz prakse naj navedem kompresorsko postajo, ki je imela 3 kompresorje, vsak po 850 kW. Po navodilih proizvajalca je moral imeti vsak porabnik svoj kompresor, ki pa je bil v večini primerov prevelik in je porabljal ogromno energije za segrevanje okolice. Meritve so pokazale, da lahko s pomočjo krmilnega sistema PLC združimo v isti sistem vse tri enote in z vgradnjo ustrezne tlačne posode z regulatorjem v 99 % časa obratujejo samo z dvema kompresorjema, kar pomeni $850 \text{ kW} * 8600 \text{ h} * 0,07 \text{ €/kWh}$ več kot 500 k€ letno. Tega seveda z ugotovitvami ne bi mogli ugotoviti.

Ventil: Vrnimo se h kompresorjem. Kakšne so značilnosti energetske varčnih kompresorjev? In kdo so njihovi glavni proizvajalci? Koliko so okoljevarstvene usmeritve narekovale napredne tehnologije pri pripravi

stisnjenega zraka?

G. Bregar: V industriji srednje velikosti, kamor spada praktično vsa slovenska industrija, so daleč najbolj pogosti vijačni oljni kompresorji velikosti od 5 do 300 kW. Ingersoll Rand kot največji svetovni proizvajalec kompresorjev uporablja sodobne vijačne bloke proizvajalca in izpopolnjene ostale komponente. Mi iz prakse vidimo, da je izbira celotnega sistema bistveno bolj pomembna kot izbira samega kompresorja. Izkazalo se je, da pri spreminjanju se porabi KZ lahko veliko prihranimo s frekvenčno reguliranimi kompresorji, pri konstantni pasovni porabi pa s klasičnimi kompresorji. Zadnja tehnologija vključuje tudi HPM-elektromotorje s hibridnimi permanentnimi magneti (brez ležajev, ni potrebno elektrike za indukcijo, zelo stabilna učinkovitost pri nižjih hitrostih, manjše pregrevanje ...), pri katerih se kompresor lahko poljubnokrat izključi.

Kompresorje s frekvenčnimi regulatorji praktično ponujajo že

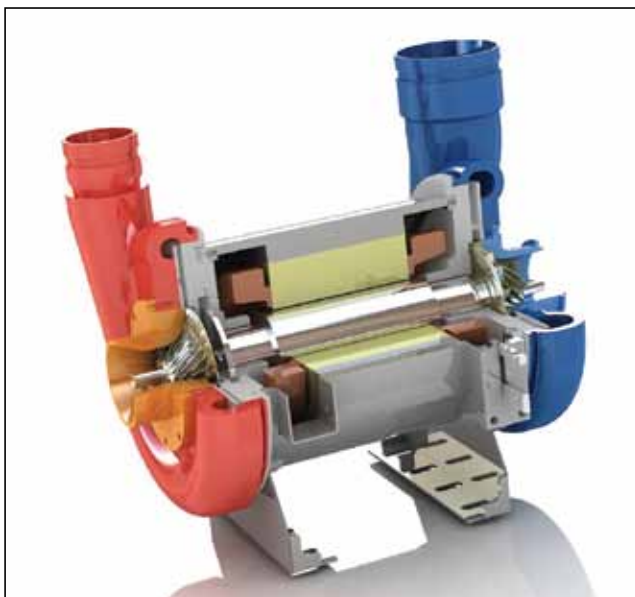
vsi proizvajalci, s patentiranimi HPM-motorji pa samo Ingersoll Rand. Najnovejša generacija razvoja so turbinski kompresorji KTurbo, s katerimi zelo intenzivno delamo v zadnjih dveh letih na regulaciji in trženju na področju Evrope. Kompresorji imajo vgrajen frekvenčni regulator, industrijski računalnik, eno, dve ali tri turbine (odvisno od tlaka), so popolnoma brez olja, ležaji so brezkontaktni folijski na zračni blazini, motor je hitrovrtč s permanentnimi magneti (20 % velikosti običajnega indukcijskega motorja), vse komponente so za tretjino manjše od običajnih kompresorjev, ima manj sestavnih delov, torej je v vseh pogledih resnično okoljsko zelo sprejemljiv.

Spodbude s subvencijami, kot so projekti UREE, OVE ..., pa tudi uporabniki silijo ali vsaj motivirajo k pametnim investicijam v energetske učinkovite kompresorje.

Ventil: Podjetja se prav gotovo zavedajo pravilnega vzdrževanja, kakšne so vaše izkušnje z njimi in kje so nji-



KTurbo- energetske najučinkovitejše brezoljna turbo puhalna in turbo kompresorji za nizek tlak



K Turbo motor s permanentnimi magneti; popolnoma brezoljna tehnologija za prihranek energije do 30%

hove težave?

G. Bregar: Kot sem že omenil, so storitve vzdrževanja za HPE bistvenega pomena, zato posvečamo veliko časa iskanju rešitev in izboljšav predvsem na področju preventivnega vzdrževanja. Na področju servisa kompresorjev obstaja velika konkurenca, ki pa žal večinoma temelji na najnižji ceni servisne ure in nizki ceni neoriginalnih rezervnih delov. Naša mogoče malenkost višja urna postavka pomeni veliko dodatnega šolanja in uporabe modernih tehnologij preventivnega vzdrževanja od ultrazvoka, vibracij, SPM-analize ležajev vijlačnih blokov, motorjev, termovizije, endoskopije, meritve kvalitete električnih komponent, analize olja idr., ki omogočajo, da enote delujejo dlje in bolj varno. Pogosto se zgodi, da nam dostavijo enoto, ki je bila na generalnem popravilu pri drugem izvajalcu in je ponovno doživela strojelom, v takih primerih si mi pomagamo tudi z našim produktom RunSafe, ki po generalni vsako minuto spremlja delovanje enote in pošilja meritve na e-pošto ter v primeru odstopanj pošlje SMS ali v primeru kritičnih vrednosti stroj celo izključi. Se pa naš pristop razlikuje od nekaterih drugih prodajalcev opreme KZ, ki v primeru vsake napake zahtevajo menjavo komponente, v tem, da mi najprej popravimo komponento. V

večini primerov je to ceneje za uporabnika, včasih pa se izkaže tudi drugače, vendar se učimo na napakah in vedno hitreje ocenimo, kdaj je potrebna menjava komponente in kdaj je možno popravilo.

Ventil: Ali so za vaše delo pomembni ustrezno izobraženi sodelavci in kje vidite možnosti za pridobivanje novih znanj? Kako pomembno

je znanje pri uporabnikih vaših komponent?

G. Bregar: Pri prejšnjem vprašanju sem vam že odgovoril, da so znanje, šolanje in izkušnje edina pot do učinkovitih rešitev in napredovanja. Zato dajemo velik poudarek šolanju zaposlenih, vendar je istočasno pomembno, da šolamo tudi uporabnike, saj uporabniki, ki poznajo moderne tehnologije in storitve, lahko te tudi izbirajo in učinkovito uporabijo. Na primer: ko smo leta 2000 na osnovi lastnih zelo dobrih izkušenj začeli tržiti ultrazvočne naprave, smo verjeli v uspeh, vendar smo po začetnem navdušenju čez nekaj let spoznali, da jih tisti, ki so jih kupili, ne uporabljajo. Razlog za to je pomanjkanje ustrezne podpore v šolanju uporabnikov in zavesti o velikanskih prihrankih, ki se skrivajo v tem. Sedaj večkrat letno organiziramo seminarje, predavanja tudi v naši predavalnici za naše in druge stranke, ki jih zanimata prihranek in učinkovita raba energije.

Ventil: Ali vlagate v raziskave in razvoj svojih izdelkov in se pri tem povezujete z raziskovalnimi ustanovami?

G. Bregar: Vlagamo v razvoj lastnih storitev in izdelkov in se povezujemo tudi z raziskovalnimi ustanovami, tako smo sodelovali z IJS pri promoviranju sistemov ravnanja s puščanji, pripravi strokovnih seminarjev, tudi

s strojno fakulteto za razvoj merilne proge, elektrofakulteto za energetsko optimiziranje Vendar je tukaj še veliko neizkoriščenega prostora.

Ventil: Prav gotovo ste tudi v vašem podjetju občutili težave v svetovnem in slovenskem gospodarstvu. Kako ste se soočali z njimi in jih premagovali?

G. Bregar: Delno sem že odgovoril, da je kriza pomenila zmanjšanje ali skoraj zamrznitev vseh večjih investicij, torej je za nas pomenilo preživetje samo izvajanje storitev, servisa, vzdrževanja, predvsem preventivnega, ter iskanje energetsko učinkovitih rešitev, kjer je ROI krajši od 6 mesecev.

Ventil: Ali nam lahko zaupate usmeritve v nadaljnjem razvoju podjetja, predvsem v lastnem razvoju in prisotnosti na tujih trgih?

G. Bregar: Leta 2009 smo spremenili našo celostno grafično podobo ter s tem logo, ki z neskončnostjo črk simbolizira širitev. Z nakupom podjetja na Hrvaškem smo se odločili, da bomo naš sistemski pristop, ki temelji na storitvah, širili tudi na področje bivše Jugoslavije. Seveda bo ta proces dolgotrajen, saj se v teh krajih še ne zavedajo stroška energije, možnosti prihrankov in posledično konkurenčne prednosti.

Poleg tega pa verjamemo v tehnološko napredne rešitve, ki jih ponujajo nekatera podjetja, kot je K Turbo iz Južne Koreje, ki vsaj za nekaj let prehiteva ostali svet. Zato intenzivno delamo na naši povezavi z njimi, razvoju energetsko učinkovitih rešitev in trženju teh produktov v Evropi.

Hvala za prijaznost in odgovore, revija Ventil in njeni bralci vam želimo uspešno poslovanje tudi v prihodnosti.

*izr. prof. dr. Dragica Noe
Uredištvo revije Ventil*



Termodinamska analiza procesa na absorpcijskem stolpu pri proizvodnji žveplove kisline

Andrej BOMBAČ, Zlatko ŠELIH

Izvleček: Tehnološki postopek proizvodnje žveplove kisline v Cinkarni Celje temelji, gledano tako s kemijskega kot energetskega stališča, na procesih sežiga žvepla, dvojne katalitske oksidacije žveplovega dioksida v žveplov trioksid in dvojne absorpcije žveplovega trioksida v koncentrirani žveplovi kislini. Vsi navedeni procesi so ekso-termni. Večji del nastale toplote, predvsem pri gorenju žvepla in katalitski oksidaciji, se porablja za proizvodnjo tehnološke pare. Zaključni del tehnološkega postopka proizvodnje žveplove kisline predstavlja proces absorpcije žveplovega trioksida v koncentrirani žveplovi kislini. Pri tem se večina nastale absorpcijske toplote odvaja preko ploščnih prenosnikov preko hladilnega stolpa direktno v okolico.

V tem delu so analizirane termodinamske razmere v vmesnem absorpcijskem stolpu, pri absorpciji žveplovega trioksida v koncentrirani žveplovi kislini. Na osnovi izmerjenih vrednosti masnih in volumskih tokov posameznih komponent in njihovih koncentracij ter povzetih vrednosti transportnih lastnosti po virih iz literature sta postavljeni masna in energijska bilanca, ki zajema tudi lokalne toplotne izgube v okolico.

Ključne besede: absorber, žveplova kislina, toplotni tokovi, toplotne izgube

■ 1 Uvod

Žveplova kislina je eden pomembnejših neorganskih produktov sintezne kemijske tehnologije, katere letna proizvodnja je vsako leto večja od katerekoli druge kemijske spojine. Dandanes svetovna proizvodnja presega 160 milijonov ton letno, pri tem se je več kot polovica nameni za proizvodnjo fosfatnih gnojil [1]. Sicer pa se uporablja v zelo širokem spektru, kot npr. pri proizvodnji alkohola, etra, plastike, gume, lepila, eksploziva, pigmentov in barvil, živilskih konzervansov, le-

snih konzervansov, mila in detergentov, zdravil in drugih farmacevtskih izdelkov, pulpe in papirja, naftnih proizvodov [4, 8] in drugega. Porazdelitev proizvodnih obratov po svetu sledi stopnji industrializacije in je sledeča: Azija 35 %, Severna Amerika 24 %, Evropa 20 %, Afrika 11 %, Južna in Centralna Amerika 7 % in Avstralija 3 % [4]. Zanimivo pri tem je, da so proizvodni obrati žveplove kisline locirani skoraj praviloma ob njihovih porabnikih, kot npr. pri proizvodnji fosfatnih gnojil, predelavi nikljeve rude ali proizvodnji titanovega dioksida. Razlog je v tem, da je transport žvepla neprimerno cenejši kot transport koncentrirane žveplove kisline. Poleg tega pa je skladiščenje velikih količin kisline zelo rizično za bližnjo (in nasploh) okolico tako z vidika zdravja ljudi kot varovanja narave.

Sodobni tehnološki postopek proizvodnje žveplove kisline temelji

na procesih sežiga žvepla, katalitske oksidacije žveplovega dioksida v žveplov trioksid in absorpcije žveplovega trioksida v koncentrirani žveplovi kislini [2, 4, 5]. Navedeni procesi so ekso-termni, pri čemer se glede na temperaturni potencial del nastale toplote porablja, kot npr. za segrevanje tehnološke vode, proizvodnjo pare, segrevanje sanitarne vode in ogrevanje objektov [3, 4]. Glede na količino proizvedene kisline pa lahko delež toplotne energije še vedno ostane neizkoriščen in se odvaja skozi hladilni stolp v okolico [8], kar predstavlja veliko toplotno obremenitev okolice.

V tem delu so analizirane termodinamske razmere v vmesnem absorpcijskem stolpu pri absorpciji žveplovega trioksida v koncentrirani žveplovi kislini. Na osnovi izmerjenih vrednosti volumskih in masnih tokov vstopajočih in izstopajočih kompo-

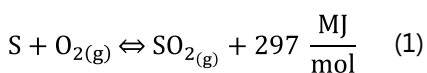
Doc. dr. Andrej Bombač, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo;
Zlatko Šelih, dipl. inž., Cinkarna – Metalurško kemična industrija Celje, d. d., Celje

nent ter njihovih koncentracij in po virih iz literature povzetih vrednosti transportnih lastnosti sta postavljeni masna in energijska bilanca, v kateri so zajete tudi (neznane) toplotne izgube v okolico.

■ 2 Proizvodnja žveplove kisline

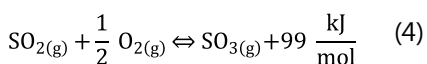
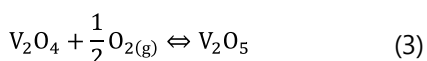
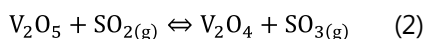
Proizvodnja žveplove kisline v konkretnem primeru temelji na sežigu žvepla in v nadaljevanju na dvostopenjski dvojni katalizi in dvojni absorpciji, kar je poenostavljeno prikazano na sliki 1. S takšnim tehnološkim postopkom je dosežena največja možna stopnja oksidacije SO_2 v SO_3 , ki je zakonsko predpisana najmanj 99,6 % [5]. Prva stopnja je kataliza v prvem, drugem in tretjem sloju kontaktnega kotla in absorpcija nastalega SO_3 v vmesnem absorpcijskem stolpu, druga stopnja pa je kataliza preostalega SO_2 v 4. sloju in absorpcija nastalega SO_3 v končnem absorpcijskem stolpu.

Zgorevanje žvepla poteka v peči za sežig žvepla pri temperaturi 900–1050 °C.

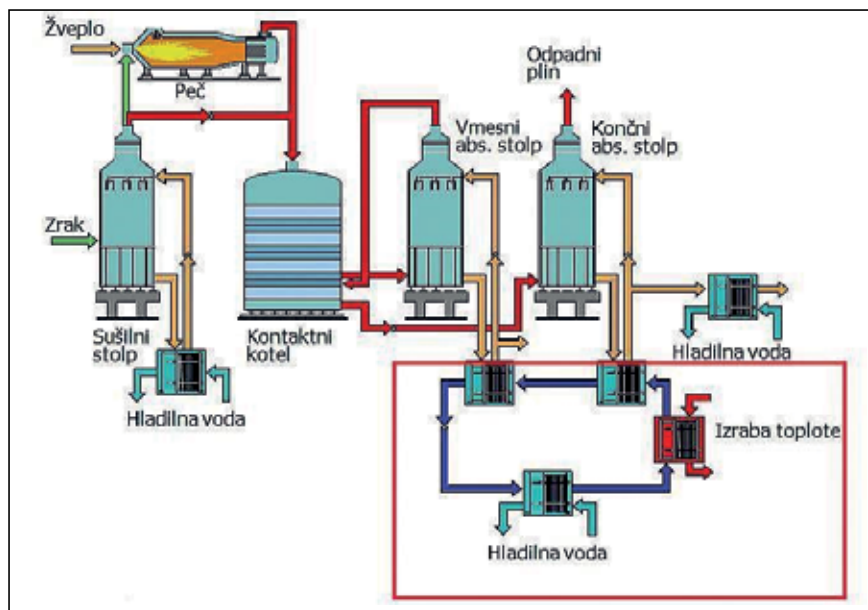


Proces je eksotermen in teče samodejno. Potrebni zrak za gorenje dovaja ventilator skozi sušilni stolp, kjer se predhodno osuši. Nastali sintezni plin vsebuje 9–12 vol. % SO_2 in ima temperaturo 900–1050 °C.

Oksidacija SO_2 poteka v kontaktnem kotlu s katalizatorjem vanadijevim pentoksidom (V_2O_5), ki je nanosen na površino keramičnih polnil. Polnila so razporejena v štirih slojih. Poenostavljen zapis reakcije je:

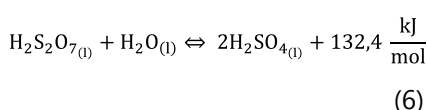
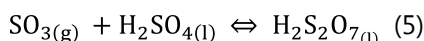


Proces je eksotermen in poteka samodejno. Pri optimalni oksidaciji SO_2 pri normalnem obratovanju so



Slika 1. Poenostavljena shema proizvodnje žveplove kisline z izrabo absorpcijske toplote [11]

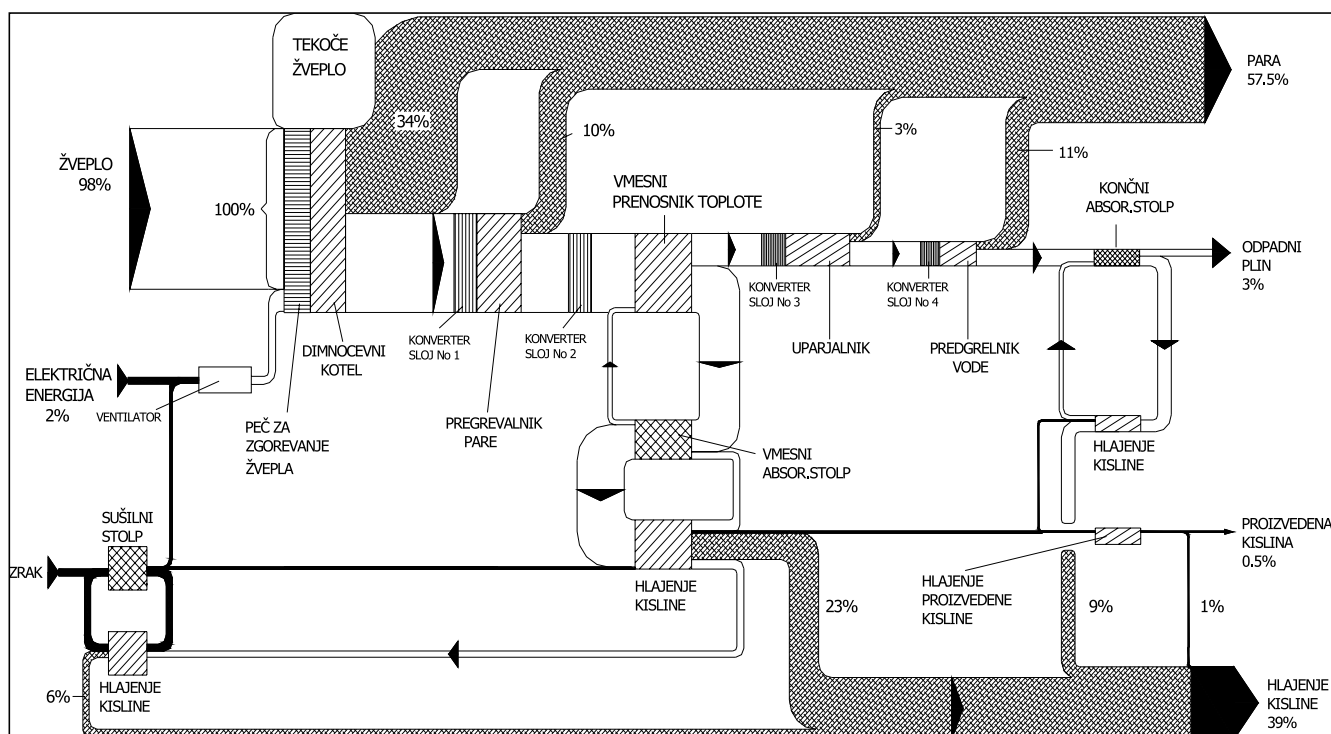
vstopne temperature sinteznega plina v posamezne sloje med 380 °C in 450 °C, kar je odvisno od kakovosti in izrabljenosti površine kontaktnih polnil. Ker je proces eksotermen, so temperature izstopajočega sinteznega plina iz slojev precej višje in jih je potrebno hladiti preko regulacijsko vodenih prenosnikov toplote. Absorpcija žveplovega trioksida v koncentrirani žveplovi kislini poteka v vmesnem in končnem absorpcijskem stolpu. Žveplova kislina je koncentracije med 95 % in 99 %. Stolpi so zaradi čim večje medfazne stične površine napolnjeni s keramičnimi polnilnimi telesi. Na njuni stični površini (med kapljevito žveplovo kislino, ki teče navzdol, in zmesjo zraka in sinteznega plina v protitoku) poteka sledeča reakcija, poenostavljeno zapisana kot:



Tokokrogi kisline so medsebojno povezani z ustreznimi armaturami, ki omogočajo uravnavanje predpisanih koncentracij kisline v posameznih zankah (križno oroševanje).

To pomeni, da se del kisline iz tokokroga vmesnega absorpcijskega stolpa (kjer nastaja nad 90 % celotne proizvodnje kisline) pretaka v zanko sušilnega stolpa, kjer se koncentracija kisline zmanjša zaradi odvzema vlage zraku (sušenje zraka). Približno enak delež kisline se po drugem razvodu vrača iz sušilnega stolpa v vmesni absorpcijski stolp, kjer se zmanjšuje koncentracija kisline. Za dokončno uravnavanje zahtevane končne koncentracije kisline (sušilni stolp 95–97 %, absorpcijski stolp 98,3–98,9 %) se dodaja reakcijska voda. Višek kisline, kar predstavlja proizvedeno kislino, se odvaja iz tokokroga vmesnega absorpcijskega stolpa v produkcijski rezervoar in od tu v skladiščne rezervoarje. Navedeni procesi so z uravnavanjem količine kisline in njene koncentracije v posameznih tokokrogih krmiljeni avtomatsko.

Pri procesih sežiga žvepla, katalitske oksidacije SO_2 v SO_3 in absorpcije žveplovega trioksida v žveplovi kislini se sprošča toplota, ki ne zadostuje le za kritje energetskih potreb proizvodnega procesa, ampak se precejšen del pojavlja kot višek, ki se v energetskem delu naprav (parna kotla, predgrelnika vode in pregrevnikov pare) izkoristi za proizvodnjo pare. V procesih sušenja zraka in absorpcije SO_3 v žveplovi kislini (sušilni stolp, vmesni in končni absorpcijski

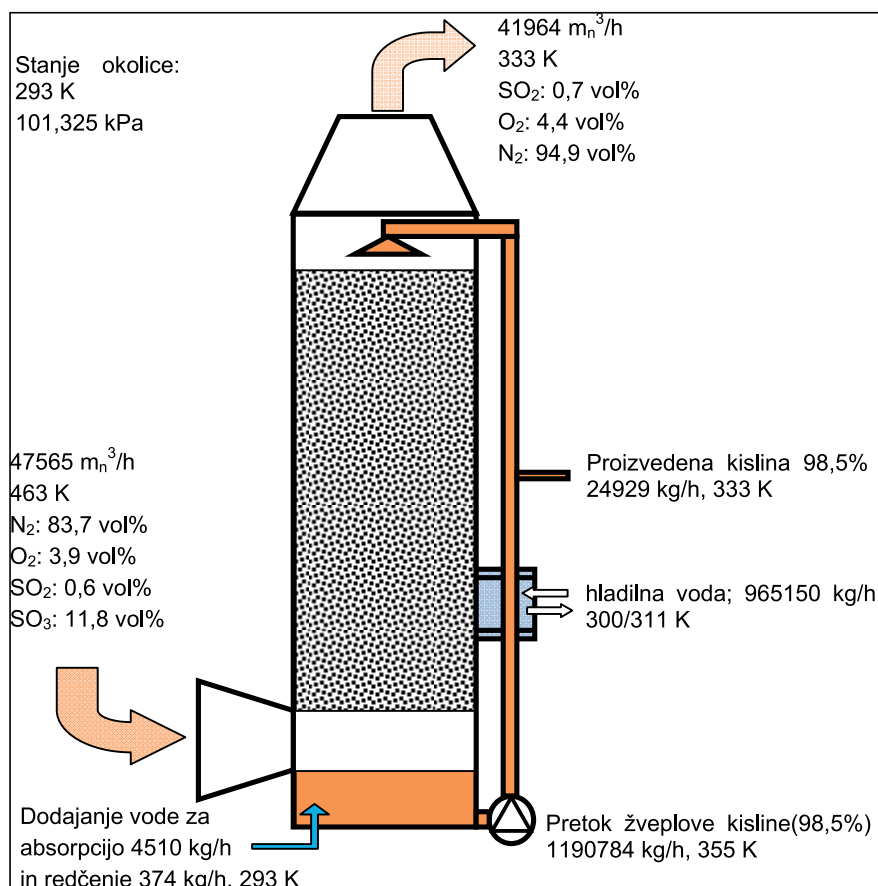


Slika 2. Energijski izkoristki proizvodnje žveplove kisline [11]

stolp) se sprošča toplota, katere višek je potrebno zaradi zahtev tehnološkega postopka odvesti. V ta namen so v tokokrogih vseh treh stolpov vgrajeni ploščni prenosniki toplote, preko katerih se odvaja toplota s hladilnim stolpom v okolico. Shematsko je prikazan celosten pretok energij pri proizvodnji žveplove kisline na *sliki 2*. Kot je razvidno, 98 % vstopne energije predstavlja entalpija dimnih plinov pri gorenju žvepla, preostalih 2 % električna energija za pogon črpalk, ventilatorjev in drugih električnih naprav. Večina sproščene toplote pri sežigu žvepla se porablja za proizvodnjo tehnološke pare, določen del je prehaja na vmesni absorpcijski stolp, kjer poteka absorpcija žveplovega trioksida v koncentrirani žveplovi kislini. Tako na izstopni strani predstavlja največji delež energije tehnološka para (57,5 %), preostala toplotna energije je odvedena v okolico z: (i) odpadnimi plini 3 %, (ii) proizvedeno žveplovo kislino 0,5 % in hlajenjem obtočne količine žveplove kisline preko tokokroga evaporacijskega stolpa 39 %. Te toplotne emisije v okolico so trenutno še neizkoriščene in predstavljajo potencialen vir za eventualno ponovno rabo nizkotemperaturne toplote.

3 Energijska bilanca tokov na absorpcijskem stolpu pri proizvodnji žveplove kisline

Koncentrirana žveplova kislina vteka na vrhu stolpa, v nasprotni smeri vstopa plinska zmes, kot je prikazano na *sliki 3*. Tu nastaja nad 90 % vse proizvodnje žveplove kisline, saj je v



Slika 3. Merjene vrednosti veličin pri delovanju absorpcijskega stolpa

Preglednica 1. Parametri vstopne zmesi plinov

Zmes plinov na vstopu (') v absorpcijski stolp				
	Specifične toplote [J/kgK]	Masna razmerja	Masni tokovi [kg/h]	Plinska konstanta [J/kgK]
SO ₃	738	0,273	20045	
SO ₂	676	0,011	815	
O ₂	954	0,036	2650	
N ₂	994	0,679	49765	
Zmes plinov	918		73275	

Preglednica 2. Parametri izstopne zmesi plinov

Zmes plinov na izstopu (") iz absorpcijskega stolpa				
	Specifične toplote [J/kgK]	Masna razmerja	Masni tokovi [kg/h]	Plinska konstanta [J/kgK]
SO ₃	0	0	0	
SO ₂	676	0,016	839	
O ₂	954	0,049	2637	
N ₂	994	0,935	49780	
Zmes plinov	986		53257	

vstopajočem sinteznem plinu iz prve stopnje katalitične oksidacije – prvi trije sloji kontaktnega kotla – nad 90 % SO₂, oksidiranega v SO₃. Absorpcijski stolp je napolnjen s keramičnimi polnili, da povečajo stično površino med kapljevinsko in plinasto fazo ter s tem tudi prenos snovi. Gre za tisto površino polnil, ki je »omročena«, torej delež, na kateri se nahaja kislina, omročnost sama pa je v največji meri odvisna od površinske napetosti sistema polnilo-kapljevina-zrak. Hitrost absorpcije je odvisna od parcialnih tlakov komponent v plinski zmesi in parcialnega tlaka komponente na medfazni stični površini. Absorpcija je vodena pri takšnih pogojih, da je ravnotežni tlak komponente, ki se absorbira, zelo majhen. Izkustveno je to doseženo pri koncentraciji žveplove kisline 98,3 %, kjer je ravnotežni tlak žveplovega trioksida najmanjši, učinkovitost absorpcije pa najboljša. Pri tem na absorpcijo močno vpliva temperatura. Površinska napetost namreč pada z naraščajočo temperaturo ($\sigma = H + T \cdot (d\sigma/dT)$), kjer pomenijo σ – površinska napetost, H – energija, potrebna za povečanje stične površine kapljevine s plinom in T –

višjo temperaturo od žveplove kisline, zato se žveplove kisline v procesu proces segreva. Prenos toplote poteka med kapljevito in plinasto fazo na površini keramičnega polnila, ki je nasuto v absorpcijskem stolpu s prisilno konvekcijo. Temperatura pa se žveplove kisline poveča tudi zaradi sproščanja reakcijske toplote pri absorpciji žveplovega trioksida in pri dodajanju reakcijske vode. Proces absorpcije žveplovega trioksida v koncentrirani žveplove kislini poteka v absorpcijskem stolpu pri konstantnem, to je okoliškem tlaku, kakor tudi procesi redčenja kisline z dodajano vodo. Prenos toplote iz plinske na tekočo fazo ter prevod in prehod toplote so obravnavani pri konstantnem tlaku, to je pri tlaku okolice.

Za določitev energijske bilance pri obratovanju absorpcijskega stolpa je potrebno poznati masne tokove prehajajočih snovi ter njihove snovne in termodinamske lastnosti. Pri tem so bile merjene sledeče veličine: $\dot{m}_{H_2SO_4}$ – masni pretok kisline [kg/h] in njena koncentracija [%], \dot{V}'_{zm} , \dot{V}''_{zm} – volumska pretoka

absolutna temperatura). Pri nižji temperaturi je absorpcija sicer večja, vendar je v tem primeru slabša o m o č e n o s t keramičnih polnil. Poleg tega pa je viskoznost žveplove kisline povečana, kar z dinamičnega vidika predstavlja večjo »upornost« pri gibanju kapljevine. Ugotovljeno je, da je najprimernejša temperatura žveplove kisline na vstopu v vmesni absorpcijski stolp med 60 °C in 70 °C [9]. Plinska zmes, ki vstopa v absorpcijski stolp, ima

plinske zmesi na vstopu in izstopu [m³/h], φ_i – volumski deleži plinskih komponent zmesi na vstopu in izstopu iz absorberja [vol%], \dot{m}_{H_2O} – masni pretok vode za hlajenje kisline [kg/h], $\dot{m}_{H_2SO_4,proi}$ – masni pretok odvzete koncentrirane kisline kot končni produkt [kg/h] ter masni pretok dodajane sveže vode v krogotok žveplove koncentrirane kisline za potrebe redčenja $\dot{m}_{H_2O,redč}$ in absorpcije $\dot{m}_{H_2O,kr}$, oboje v [kg/h]. Merjene so bile tudi vse značilne temperature, kot je shematsko prikazano na sliki 3.

Termodinamske in transportne lastnosti plinskih zmesi so bile izračunane po virih [2,5,7]. Tako se specifična toplota pri konstantnem tlaku plinske zmesi izračuna po enačbi:

$$c_{p,zm}(T) = \sum w_i \cdot c_{p_i}(T) \quad (7)$$

pri čemer je masni delež (w_i) izražen iz poznanih volumskih deležev komponent:

$$w_i = \frac{\varphi_i \cdot M_i}{\sum \varphi_i \cdot M_i} \quad (8)$$

Oznaki pomenita: M_i – molska masa [kg/kmol] in φ_i – volumski delež i -te komponente [vol%]. Prava specifična toplota vsake plinske komponente za določeno temperaturno območje je bila izračunana po enačbi:

$$c_{p_i}(T) = \frac{\int_{T_1}^{T_2} (a + b \cdot T + c \cdot T^2 + d \cdot T^3) dT}{M_i \cdot (T_2 - T_1)} \quad (9)$$

koeficienti a , b , c in d so povzeti po viru [7]. Masni tok i -te komponente plinske zmesi je izražen z:

$$\dot{m}_i = \frac{\dot{V}_{zm} \cdot \varphi_i \cdot M_i}{100 \cdot V_{m,n}} \quad (10)$$

kjer je $V_{m,n} = 22,4$ kg/kmol. Prave specifične toplote komponent zmesi, masna razmerja, specifične toplote, plinske konstante in masni tokovi so podani v nadaljevanju tabelarično.

Pri izračunu prehajajočih toplotnih tokov so upoštevani projektni podatki, ki se nanašajo na maksimalen nivo proizvodnje 24.929 kg/h žveplove kisline koncentracije 98,5 % v

vmesnem absorpcijskem stolpu. Srednje specifične toplote komponent zmesi, masna razmerja, specifične toplote, plinske konstante in masni tokovi so podani na osnovi izračunanih vrednosti po enačbah 7–10 za vstopajočo zmes v preglednici 1 in za izstopajočo zmes v preglednici 2.

Masna bilanca proizvedene žveplove kisline, kot je razvidno s slike 3, ustreza:

$$\dot{m}'_{\text{H}_2\text{O},\text{kr}} + \dot{m}'_{\text{H}_2\text{O},\text{redč}} + \dot{m}_{\text{SO}_3} = \dot{m}''_{\text{H}_2\text{SO}_4,\text{proi}} \quad (11)$$

Z upoštevanjem, da se SO_3 raztaplja v obtočni koncentrirani H_2SO_4 , je bilanca vseh masnih tokov podana kot:

$$\dot{m}'_{\text{zm}} + \dot{m}'_{\text{H}_2\text{SO}_4} + \dot{m}'_{\text{H}_2\text{O},\text{kr}} + \dot{m}'_{\text{H}_2\text{O},\text{redč}} = \dot{m}''_{\text{zm}} + \dot{m}''_{\text{H}_2\text{SO}_4} + \dot{m}''_{\text{H}_2\text{SO}_4,\text{proi}} \quad (12)$$

kar ustreza prikazu masnih tokov. Ohranitev energije je po prvem glavnem zakonu termodinamike za stacionarni proces odprtega mirujočega sistema podana v obliki:

$$Q_{12} = \Delta H_{12} + W_{t12} + \Delta W_{p12} + \Delta W_{k12} + Q_{g1}, \quad (13)$$

pri čemer je upoštevano, da iz sistema ni pridobljenega/vloženega dela $W_{t12} = 0$, prav tako ni upoštevanega dela zaradi zunanjih sil ($\Delta W_{p12} \sim 0$; in $\Delta W_{k12} \sim 0$). Pri tem Q_{g1} predstavlja izvor toplote znotraj opazovanega termodinamičnega sistema.

Tako je lahko toplotni tok obravnavanega procesa absorpcije žveplovega trioksida v koncentrirano žveplovno kislino v absorpcijskem stolpu pri konstantnem tlaku prikazan kot :

$$\dot{Q}_{\text{sk}} = (\dot{m}'_{\text{zm}} \cdot c_{p,\text{zm}}' \cdot T'_{\text{zm}} - \dot{m}''_{\text{zm}} \cdot c_{p,\text{zm}}'' \cdot T''_{\text{zm}}) + (\dot{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot h_{\text{kr}}) + (\dot{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot h_{\text{red}}) \quad (14)$$

oziroma z upoštevanjem vseh energijskih izgub pa v celoti kot:

$$(\dot{m}'_{\text{zm}} \cdot c_{p,\text{zm}}' \cdot T'_{\text{zm}} - \dot{m}''_{\text{zm}} \cdot c_{p,\text{zm}}'' \cdot T''_{\text{zm}}) + (\dot{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4,100\%} \cdot h_{\text{kr}}) + (\dot{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4,100\%} \cdot h_{\text{red}}) - (\dot{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4,\text{proizv}} \cdot h) - (\dot{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot c_{p,\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot (T_{\text{H}_2\text{SO}_4} - T_{\text{H}_2\text{SO}_4}')) = \dot{Q}_{\text{izg}} \quad (15)$$

Izhodišče za izračun masne in energijske bilance so procesne vrednosti, podane na sliki 3, ki so vodilo pri samoregulaciji in avtomatizaciji procesa v proizvodnji žveplove kisline. Izračunani so bili vsi toplotni

Preglednica 3. Toplotni tokovi v vmesnem absorpcijskem stolpu

Toplotni tokovi [MW]		
Toplotni tokovi [MW]	vstop	izstop
Zmesi sinteznih plinov	+8,65	-4,85
Reakcijski toplotni tok pri absorpciji	+9,21	
Toplotni tok redčenja	+0,0875	
Toplotni tok proizvedene H_2SO_4		-0,0525
Hlajenje tokokroga H_2SO_4 na toplotnem prenosniku		-12,27
Skupaj	17,9475	-17,1725
Napaka (%):	4,3 – 4,5	

tokovi, katerih vrednosti so predstavljene v preglednici 3.

Iz analize toplotnih tokov, ki so nazorno prikazani na sliki 4, izhaja, da je razlika v iznosu vseh vstopajočih (17,9475 MW) in izstopajočih (-17,1725MW) toplotnih tokov 0,775 MW. To vrednost je direktno nemogoče primerjati s katerim koli drugim virom po literaturi. Izražena kot relativno odstopanje, pa predstavlja 4,3 % glede na vstopajoči toplotni tok oziroma 4,5 % glede na izstopajoči tok. Pri tem je treba poudariti, da so v tem odstopanju zajete tudi direktne toplotne izgube absorberja v okolico.

Pri pregledu literature je najti delo [3], kjer je analiziran vpliv vhodnih parametrov (merjene veličine) v simulacijskem modelu pri proizvodnji žveplove kisline na izstopni energijski tok. Primerljivo z našim delom je odstopanje vhodnih podatkov, kar lahko predstavlja merilno negotovost vstopnih in izstopnih veličin v masni in snovni bilanci glede na izhajajočo energijo.

Pri ± 5 -odstotnem odstopanju vhodnih parametrov je zaznana sprememba pri proizvedeni električni energiji do $\pm 2,4$ % [3].

■ 4 Neizkoriščena toplotna energija iz vmesnega absorpcijskega stolpa

Proizvodnja žveplove kisline poteka celodnevno v povprečju 330 dni na leto, preostali dnevi so namenjeni za potrebe vzdrževanja in eventualnih popravil. Prikaz letnih količin temelji na kontinuirani proizvodnji 24 h/dan.

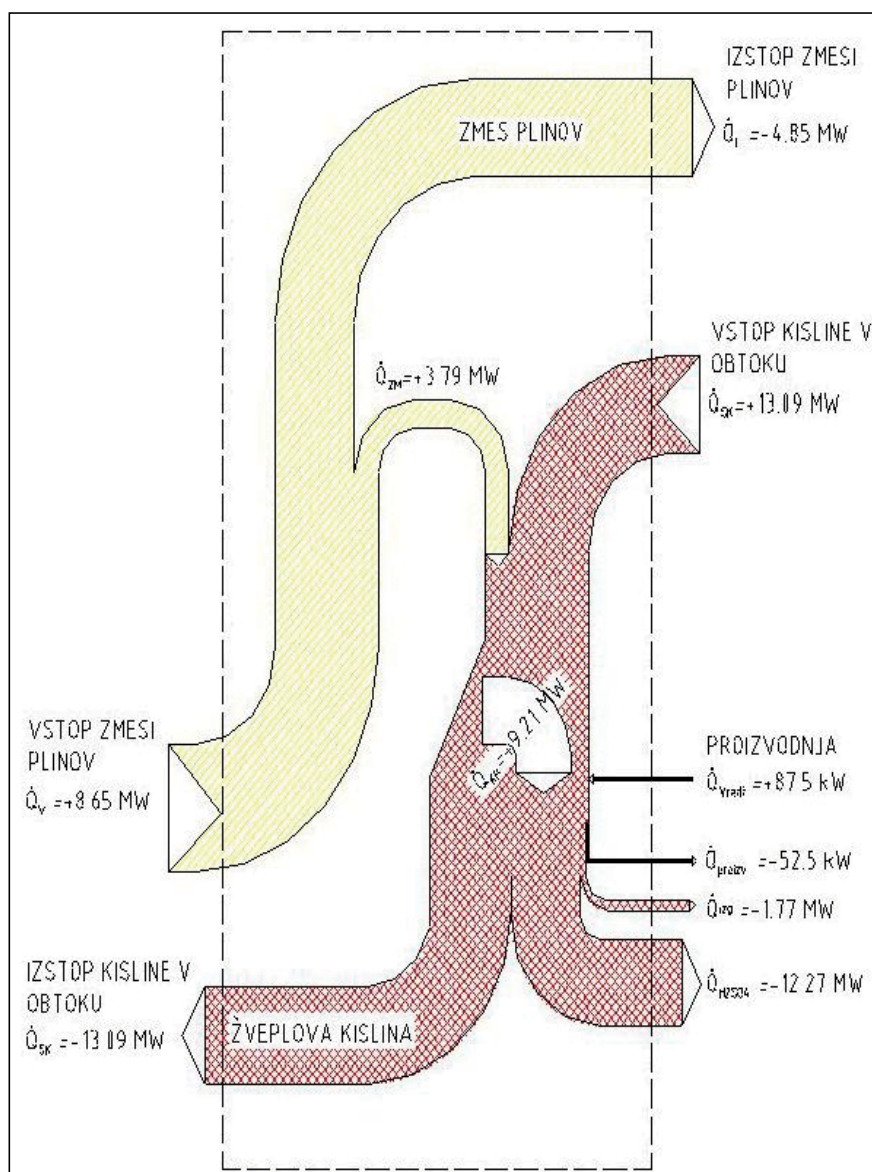
Glede na predpostavljeno enakost merilne negotovosti merjenih procesnih veličin (na sliki 3) je vložene energije v termodinamski sistem več kot izhajajoče, zato lahko sklepamo, da je odvzeti toplotni tok za hlajenje kisline potemtakem minimalen, to je 12,27 MW. Tako znaša letna količina neizkoriščene toplote pri nazivni kapaciteti 97.178 MWh oziroma 294 MWh na dan.

Za lažjo predstavbo je omenjena toplotna energija »prevedena« v druge energente, kar predstavlja naslednje količine energentov [6,12,13]:

- industrijska para (ob predpostavki kondenzacije pare pri entalpijski razliki $\Delta h = 2$ MJ/kg): 174.900 ton/leto ali
- kurilno olje: 8.491,3 ton/leto ($H_i = 41,2$ MJ/kg) ali
- zemeljski plin: 10.266.487 m_n^3 /leto oziroma 6.969 ton/leto (pri $H_i = 34,076$ MJ/ m^3 in $\rho = 0,6788$ kg/ m^3 pri 15 °C in tlaku 101,325 kPa).

Vsekakor so zgornje količine prepričljiv argument za uporabo te odpadne toplote, ki bi lahko zagotovila:

- a) zmanjšanje porabe tehnološke pare za potrebe dogrevanja napajalne vode (pri proizvodnji pare) ter v zimskem obdobju za ogrevanje prostorov,
- b) zmanjšanje porabljenega električne energije za pogon črpalk (obtočne hladilne vode) in ventilatorjev hladilnega stolpa ter
- c) zmanjšanje porabe napajalne vode evaporativnega hladilnega sistema. Za hlajenje obtočne žveplove kisline (ki se ohlaja z 82 °C na 60 °C) se odpadna toplota preko hladilne



Slika 4. Prehajanje toplotnih tokov skozi vmesni absorpcijski stolp

vode (režima 25 °C/36 °C v prenosniku toplote) odvaja na hladilnem stolpu, kjer je temperaturni režim odvisen od letnega časa. Za potrebe evaporativnega hlajenja je voda kemijsko obdelana in jo je možno uporabiti tudi za druge namene, npr. za redčenje žveplove kisline.

Napajalno vodo (za proizvodnjo pare) se v obstoječem sistemu segreva od temperature okolice do približno 105 °C, kar predstavlja letno količino 23.450 MWh. Po predlagani rešitvi je predvideno predgrevanje vode s toploto iz vmesnega absorpcijskega stolpa do približno 75 °C, kot je razvidno s *slike 5*, in v nadaljevanju dogrevanje s tehnološko paro do zahtevane temperature 105 °C. To predstavlja kar 64 % prihranka sveže dovedene energije, preostali

36-odstotni delež poteka še naprej z dogrevanjem s paro.

V obstoječem sistemu poteka hlajenje obtočne žveplove kisline v vmesnem absorpcijskem stolpu s hladilno vodo, ki se v evaporativnih stolpih direktno ohlaja z izhlapevanjem v okolico in ohlajanjem z okoliškim zrakom – pri tem pa oddaja toploto v okolico. Po predlagani rešitvi se zaradi zgoraj omenjenih ukrepov (predgrevanje

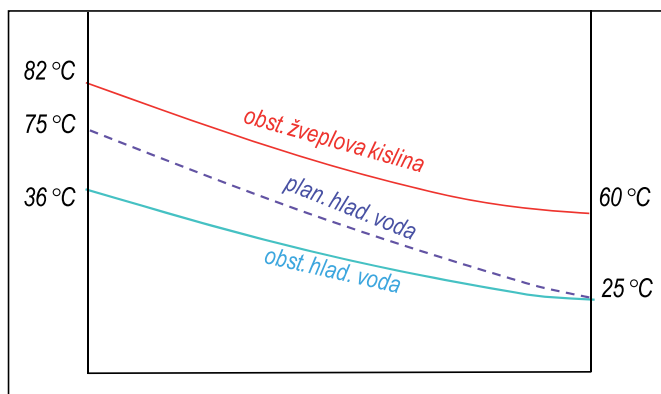
napajalne vode) zmanjšajo zahteve po hlajenju na evaporativnem stolpu za 64 %. S tem se obtočna količina vode na hladilnem stolpu zmanjša za 79 %. Posredno se zmanjšata tudi vnesena količina vodne pare v okolico ter emisija CO₂ v okolico.

Obsežne termodinamske analize procesa proizvodnje žveplove kisline [9, 10, 12] so že privedla do prve realizacije. Realizirana je samostojna, avtomatsko vodena linija dogrevanja napajalne vode, ki trenutno izkorišča 40,8 MWh/dan odvzete toplote iz absorberja. Doseženi rezultati iz te faze v celoti potrjujejo napovedane vrednosti, v pripravi pa je že naslednja faza izrabe toplote iz absorberja, ki bo namenjena ogrevanju objektov.

5 Zaključek

V delu je prikazan termodinamski vpogled pri proizvodnji žveplove kisline s poudarkom na vmesnem absorpcijskem stolpu, kjer poteka absorpcija žveplovega trioksida v koncentrirani žveplovi kislini. Pri tem (eksotermnem procesu) se nastala absorpcijska toplota odvaja preko ploščnih prenosnikov in hladilnega stolpa direktno v okolico.

Na osnovi izmerjenih vrednosti značilnih veličin procesa (volumski tok in koncentracija posameznih komponent vstopajočega in izstopajočega toka plinske zmesi, pretok žveplove kisline, dodana količina vode v proces, temperature različnih komponent) in drugih povzetih vrednosti transportnih lastnosti po virih iz literature sta bili izdelani masna in energijska bilanca delovanja vmesnega absorpcijskega stolpa. Razhajanje med vstopajočo in



Slika 5. Temperaturni režim hlajenja žveplove kisline

izstopajoče energijo obravnavanega stolpa je dobro in je manjše od 4,5 %. Pri izdelavi te analize so se porodile nekatere druge ugotovitve in ideje kako zmanjšati toplotno emisijo in ogljični odtis. To je doseženo s spremembo temperaturnega režima hlajenja obtočne žveplove kisline s hladilno vodo evaporativnega stolpa in preusmeritvijo za dogrevanje vstopne napajalne vode pri proizvodnji pare. Iz sklopa planiranih del je že realizirana avtomatsko vodena linija dogrevanja napajalne vode, ki uspešno obratuje.

Literatura

- [1] D. A. Rasheva, L. G. Atanasova: Exergy efficiency evaluation of the production of sulfuric acid from liquid sulfur. *Exergy, An International Journal*, vol. 2, 51–54, 2002.
 [2] W. G. I. Davenport, M. King: Sulfu-

ric Acid Manufacture. Elsevier, Amsterdam, 2006.

- [3] T. M. Tveit: A simulation model of a sulphuric acid production process as an integrated part of an energy system. *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol.11, 585–596, 2003.
 [4] A. A. Kiss, C. S. Bildea, J. Grievink: Dynamic modeling and process optimization of an industrial sulfuric acid plant. *Chemical Engineering Journal*, vol.158, 241–249, 2010.
 [5] A. Beer: Priručnik za dimenzioniranje uređžaja kemijske procesne industrije. Savez kemičara i tehnologa Hrvatske, Zagreb, 1985.
 [6] A. Bombač: Izbrana poglavja termodinamike. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, 2005.
 [7] J. R. Howell, R. O. Buckius: Fundamentals of Engineering Thermodynamics. McGraw/Hill, New York, 1992.

[8] Z. Šelih: Ocena možnosti izrabe neizkoriščene toplote pri proizvodnji žveplove kisline. Diplomsko delo, FS, Ljubljana, 2009.

- [9] A. Stepančič: Ciljno spremljanje porabe energije. Cinkarna Celje, Celje, 2009.
 [10] M. Pečkaj, M. Simončič, B. Starič, A. Ulaga: Energetski pregled Cinkarne Celje. Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana, 2007.
 [11] A. Bombač, Z. Šelih: Možnosti izrabe neizkoriščene toplote pri proizvodnji žveplove kisline. Zbornik Slovenski kemijski dnevi 2010, FKKT Mb, 9 str., Maribor, 2010.
 [12] Splošne informacije o zemeljskem plinu (<http://www.adriaplin.si/o-zemeljskem-plinu-lastnosti.htm>), 2010.
 [13] Zemeljski plin (http://www.petrol.si/index.php?sv_path=122,246,254), 2010.

Thermodynamic analysis by sulphuric acid production in sorption tower

Abstract: The production of sulfuric acid in Cinkarna Celje is considering the chemical and energetic standpoint based on the following technological processes: sulfur burning, double catalytic oxidation of sulfur dioxide into sulfur trioxide, and double absorption of sulfur trioxide into concentrated sulfuric acid. All above mentioned processes are exothermic. Most of the process heat, especially by sulfur burning and catalytic oxidation is used for steam production. Final part by the sulfuric acid production process represents absorption of sulfur trioxide into concentrated sulfuric acid. Here, most of the generated heat is taken via heat exchangers and dissipated into environment by cooling tower.

The main objective of this paper is the thermodynamic analysis in absorption tower, i.e., absorption of sulfur trioxide into concentrated sulfuric acid. Based on measured values of mass and volume flow rates of several components and its concentration as well as literature transport properties, the mass and energy equilibrium were set including the local heat loss to environment.

Keywords: absorber, sulfur acid, heat flux, heat loss

Znanstvene in strokovne prireditve

8. Internationale Fluidtechnische Kolloquium (IFK 2012) – 8. Mednarodni fluidnotehniški kolokvij

26.–28. 03. 2012
Dresden, BRD

Organizatorji:

- TU Dresden in sodelujoča nemška združenja – vodja prof. dr. J. Weber

Tematski poudarki:

- Osnove in metode fluidne tehnike
- Raziskave in razvojna prizadevanja

- Energijska učinkovitost, vračanje energije in okolju prijazne rešitve
- Posebna področja uporabe, obnovljivi viri energije, tribologija, novi materiali, razpoložljivost in varnost

Informacije:

- Splošno: Markus Schneider, tel.: + 0351-463-38-609, e-pošta: general@ifk2012.com

- Avtorji: Martin Petzold, tel.: + 0351-463-33-701, e-pošta: papers@ifk.com
- Razstava: Andre Sitte, tel.: + 0351-463-33-707, e-pošta: exhibition@ifk.com

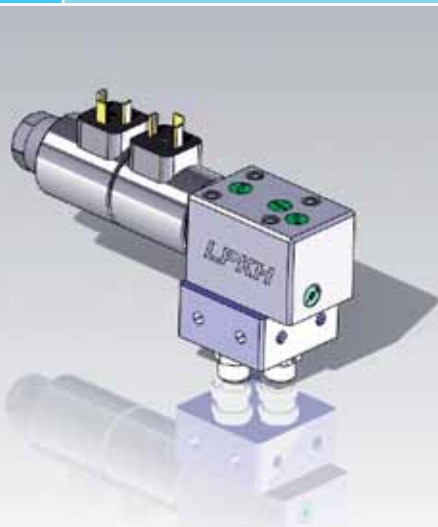
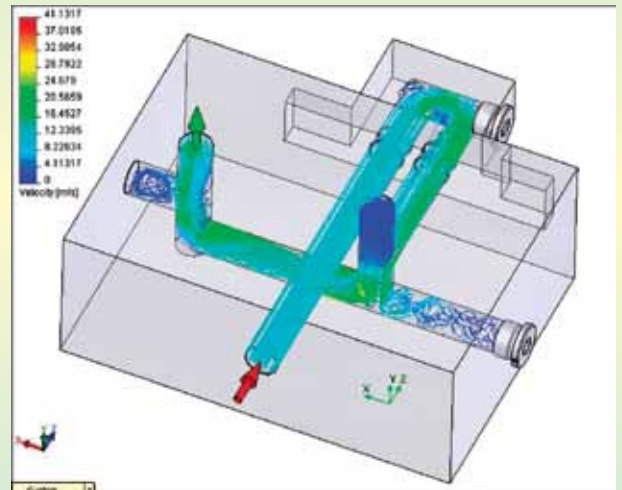
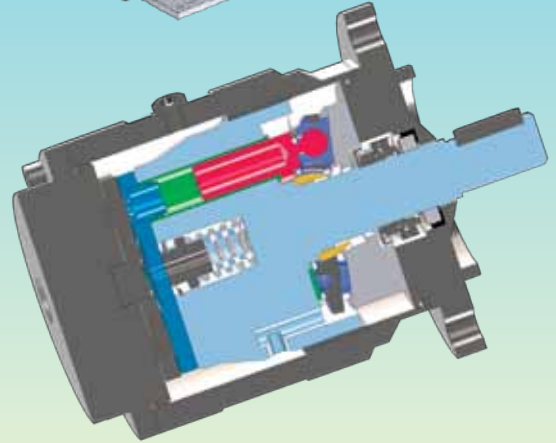
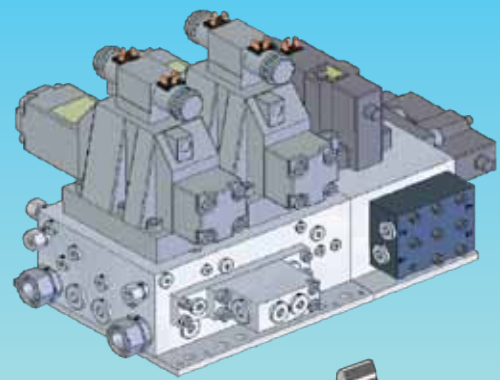
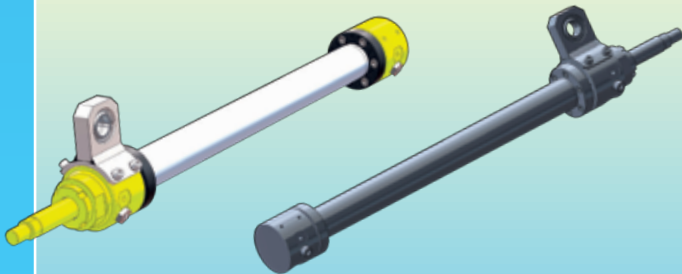
Nadaljevanje na strani 238

<http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>



LABORATORIJ ZA POGONSKO-KRMILNO HIDRAVLIKO

- *Potrebujete novo, namensko hidravlično napravo, hidravlični stroj ali pa samo posebno hidravlično sestavino?*
- *Želite izdelati novo hidravlično napravo ali stroj, pa vam manjka projektantskih izkušenj in znanja?*
- *Želite dopolniti, spremeniti oz. izboljšati obstoječo hidravlično napravo ali stroj?*
- *Želite izdelati sodobno, avtonomno elektro-hidravlično krmilje?*
- *Želite biti med prvimi, ki bi vgradili in uporabili ekološko prijazno hidravlično napravo na čisto, pitno vodo?*
- *Imate mogoče težave z diagnosticiranjem oziroma odpravljanjem okvar na obstoječi hidravlični napravi ali stroju?*
- *Želite v vašem podjetju izvesti izobraževanje na področju pogonsko-krmilne hidravlike?*



Če ste na kakšno od zgoraj zapisanih vprašanj odgovorili pritrdilno, smo mi pravi naslov za vas!

Smo ekipa strokovnjakov ki se že vrsto let ukvarja z raziskavami, razvojem, projektiranjem, konstruiranjem in vzdrževanjem **HIDRAVLIČNIH STROJEV IN NAPRAV ter NJIHOVIH SESTAVIN.**

Pri svojem delu uporabljamo sodobna projektantska, konstruktorska in diagnostična orodja. Ukvarjamo se tako z **OLJNO** kot z novo **VODNO** pogonsko krmilno hidravliko.

POKLIČITE oz. PIŠITE NAM IN Z VESELJEM SE BOMO ODZVALI VAŠEMU KLICU!



LABORATORIJ ZA POGONSKO-KRMILNO HIDRAVLIKO (LPKH)

Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana

Telefon: 01/4771 115

E-pošta: lpkh@fs.uni-lj.si

Spletni naslov: <http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>

Robotski krmilnik za hidravlično teleskopsko dvigalo

Justin ČINKEJ, Roman KAMNIK, Peter ČEPON, Matjaž MIHELJ, Marko MUNIH

Izveček: Avtomatizacija v gradbeništvu lahko skrajša čas izvedbe in izboljša delovne pogoje. V prispevku predstavljamo razvoj robotskega vodenja za hidravlično teleskopsko dvigalo, ki je namenjeno za avtomatizacijo montaže fasadnih elementov. Projekt je izveden na pobudo in s financiranjem podjetja Trimo iz Trebnjega. V delu so predstavljene lastnosti teleskopskega dvigala, identifikacija parametrov in razvoj zaprtozračnega vodenja. Eksperimentalni preizkusi na stroju kažejo zadovoljive lastnosti za uporabo v praktični aplikaciji.

Ključne besede: hidravlični sistem, teleskopski manipulator, robotsko vodenje

■ 1 Uvod

V gradbeništvu gradbeni delavci opravljajo težaška opravila v vseh vremenskih razmerah. Trendi uvajanja avtomatizacije v gradbeništvu, ki bi izboljšali delovne pogoje in kvaliteto, zaostajajo za trendi uvajanja robotskih sistemov v klasičnih industrijskih okoljih [1]. Če so v industriji roboti že postali standardni del proizvodne tehnologije, predvsem za manipulacijo in varjenje obdelovancev, je v gradbeništvu mogoče srečati le posamezne primere prototipnih naprav za avtomatizacijo nekaterih delovnih operacij [2, 3, 4]. Vzrok za težave pri razvoju avtomatizacije v gradbeništvu je moč iskati v izraziti nestrukturiranosti delovnega okolja, spremenljivosti posameznih projektov, velikosti delovnega prostora in velikih obremenitvah. Delo pred-

stavlja razvoj robotskega sistema za avtomatizacijo montaže fasadnih panelov v gradbeništvu [5]. Projekt avtomatizacije montaže fasadnih panelov je zasnovalo in financiralo podjetje Trimo iz Trebnjega. V projektni skupini so sodelovali raziskovalci podjetja Trimo, Fakultete za elektrotehniko v Ljubljani, Tehniške univerze v Gradcu in podjetja Motoman, Ribnica.

Operacija montaže fasadnega panela je sestavljena iz manipulacije oz. prenosa panela do fasade, finega pozicioniranja in vstavitve v režo ter privijačenja. Za namene prijema panela, finega pozicioniranja, vstavitve v režo in privijačenja je bil razvit robotski mikromanipulator, ki je nameščen na vrhu teleskopskega dvigala. Za manipulacijo montažnega panela skupaj z mikromanipulatorjem od odjemnega mesta do mesta montaže na fasado služi hidravlično teleskopsko dvigalo. Skupna obremenitev dvigala s težo panela in mikromanipulatorja znaša 2000 kg. Zahteve za natančnost pozicioniranja bremena znašajo 0,1 m znotraj krogelnega delovnega prostora polmera 10 m. V prispevku je predstavljen zaprtozračni robotski sistem vodenja za komercialno dosegljivo

teleskopsko dvigalo, ki ustreza zastavljenim zahtevam in omogoča uporabo v različnih načinih delovanja. Drugo poglavje predstavlja mehansko konfiguracijo in zasnovano programske opreme za zaprtozračno vodenje. Tretje poglavje predstavlja metodologijo praktične evalvacije kvalitete vodenja v zunanjih koordinatah, četrto pa izmerjene rezultate.

■ 2 Opis sistema

2.1 Zasnova strojne opreme

Za osnovo sistema za manipulacijo mikromanipulatorja in panelov smo izbrali komercialno dosegljivo avtodvigalo s teleskopsko roko Merlo Roto 45.21 MCSS. Zaradi potrebe po hkratnem gibanju več osi je bila pri proizvajalcu vgrajena večja hidravlična črpalka s pretokom 145 l/min pri najvišjih obratih dizelskega motorja 2300 obr/min ter hidravlični ventili z deljenim pretokom, ki omogočajo hkratno gibanje več osi tudi ob preseženi pretočni zmogljivosti črpalke.

Za doseganje poljubne pozicije in orientacije vrha mora mehanizem vsebovati šest prostostnih stopenj gibanja. Osnovna konfiguracija dvi-

Dr. Justin Činkelj, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. Roman Kamnik, univ. dipl. inž., mag. Peter Čepon, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. Matjaž Mihelj, univ. dipl. inž., prof. dr. Marko Munih, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko



Slika 1. Hidravlično teleskopsko dvigalo Merlo ROTO MCSS 45.21 za manipulacijo bremena z maso 2000 kg

gala jih vsebuje le štiri, zato sta bili na dvigalo dodatno vgrajeni še dve orientacijski prostostni stopnji, gnani s hidravličnimi aktuatorji. Na *sliki 1* je prikazano hidravlično teleskopsko dvigalo z nadgrajeno konfiguracijo 6 prostostnih stopenj (DOF).

Za izvedbo zaprtzančnega vodenja smo v posamezne osi dvigala vgradili senzorje pozicije in razvili strojno in programsko opremo za vodenje. Na dvigalo je bilo vgrajenih 5 rotacijskih resolverjev in 1 žični merilnik razdalje.

Na *sliki 2* so prikazani ključni elementi osnovnega dvigala (zelena barva) ter dodatno vgrajene komponente (rumena barva). Pri osnovnem dvigalu krmilnik dvigala preslika signal ene osi krmilne palice v krmilno napetost ustrezne hidravlične osi, kar omogoča zgolj ročno vodenje v sklepem koordinatnem sistemu. Varnostna enota lahko ustavi gibanje z izklopom glavnega ventila. Za izvedbo zaprtzančnega vodenja sta poleg dveh dodatnih prostostnih stopenj in senzorjev pozicije ključna RT-krmilnik (ang. real-time) in WDT-modul (ang. watchdog timer). RT-krmilnik zajema signale senzorjev pozicije in zaprtzančno izračunava krmilno napetost ventilov. Programska oprema omogoča gibanje v kartezičnem koordinatnem sistemu ter gibanje med vnaprej posnetimi ali sproti izračunanimi točkami. WDT-modul nadzoruje časovno pravilnost delovanja RT-krmilnika (tj. ali RT-krmilnik deluje v realnem

času, znotraj podanih časovnih omejitev). Če se ta ne odziva v določenem časovnem oknu, WDT-modul izklopi električno napajanje hidravličnih ventilov. Zadnji dve komponenti sta še GUI (ang. graphical user interface) PC in zaslon na dotik. GUI PC izvaja poleg uporabniškega vmesnika še

izračun ciljnih točk za dvigalo, ki jih nato pošlje RT-krmilniku. GUI PC in RT-krmilnik sta grajena na osnovi procesorskih modulov PC/104. RT-krmilnik vsebuje tri dodatne module – za analogne vhode, analogne izhode in CAN-vodilo (ang. Controller area network).

2.2 Zasnova strojne opreme

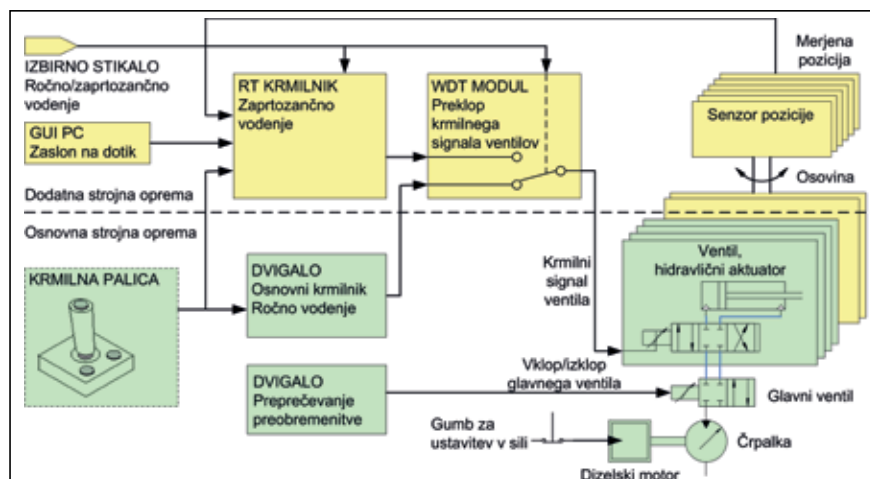
Za zaprtzančno vodenje gibanja smo na najnižjem nivoju za vsako os realizirali svoj regulator, ki deluje neodvisno od ostalih osi. Struktura regulatorja je prikazana na *sliki 3*. Vhoda sta referenčna hitrost in pozicija. Za rotacijske osi (prva in šesta os) sta to kar hitrost in pozicija same osi. Enako velja za tretjo (izteg teleskopa) in peto os. Pri drugi in četrti osi pa smo izvajali regulacijo na nivoju gibanja cilindra in upoštevali

nelinearno povezavo med zasledkom sklepa in pomikom cilindra. Pri vodenju četrtega sklepa (nagib vilic) smo upoštevali še hidravlično povezavo z drugim sklepom (nagib teleskopa), ki ohranja konstanten naklon. Oba sklepa skupaj s kompenzacijskim cilindrom namreč predstavljata hidravlični paralelogram.

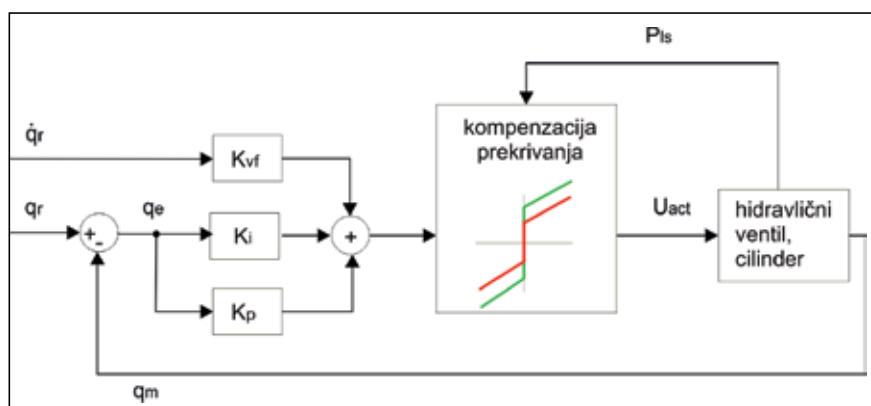
Strukturo regulatorja predstavlja regulator PI s hitrostno naprej zaključeno zanko in kompenzacijo pozitivnega prekrivanja bata ventila. Hitrostna naprej zaključena zanka je namenjena skrajšanju odzivnega časa ventila in s tem tudi sistema, kompenzacija pozitivnega prekrivanja bata ventila odpravlja mrtvi hod kot največjo nelinearnost sistema, integrirni člen pa odpravi napako v ustaljenem stanju.

Na *sliki 3* je hitrostna naprej zaključena zanka predstavljena s konstantnim ojačanjem, čeprav je v resnici realizirana z vpogledno tabelo (vhod - hitrost, izhod - krmilna napetost). Na ta način smo upoštevali nelinearnost statične karakteristike ventila. Ojačanja K_p in K_i sta konstantni, zaradi asimetričnosti hidravličnih cilindrov pa uporabljamo dve različni vrednosti, ki sta odvisni od smeri gibanja (predznaka hitrosti) posameznega sklepa.

Hidravlični sistem je napajan s črpalko, ki deluje po principu zaznavanja bremena. Princip delovanja vnaša zakasnitve v odzivu, kar niža frekvenčno širino zaprtzančnega



Slika 2. Komponente sistema za zaprtzančno vodenje hidravličnega teleskopskega dvigala



Slika 3. Regulacijska shema za zaprtozančno vodenje posameznega sklepa dvigala

vodenja, hkrati pa to vpliva na delovanje ventila. Zato smo izvedli kompensacijo prekrivanja ventila glede na tlak zaznavanja bremena. Pri nižjem tlaku uporabimo višjo krmilno napetost (rdeča krivulja) kot pri višjem tlaku (zelena krivulja).

Za zaprtozančno vodenje dvigala v zunanjih koordinatah (tj. v svetovnem, kartezičnem koordinatnem sistemu – WCS) smo razvili direktni kinematični model, tj. preslikavo iz notranjih koordinat – pozicij sklepov (JCS), v zunanje koordinate ter inverzni kinematični model, tj. preslikavo iz zunanjih koordinat v notranje. Direktno kinematiko smo opisali po Denavit-Hartenbergovi metodi. Inverzna kinematika serijskih mehanizmov s 6 DOF je analitično rešljiva samo za tipe mehanizmov, pri katerih se tri zaporedne osi rotacije sekajo v isti točki ali so paralelne. To za obravnavni mehanizem ne velja, zato smo uporabili iterativni numerični algoritem. Pozicijsko napako v zunanjih koordinatah $v(t_k)$ pretvorimo v notranje koordinate preko množenja z inverzno analitično Jakobijevo matriko $J^{-1}q(t_k)$. Dobljeno hitrost $\Delta q'(t_k)$ uporabimo za izračun popravka pozicije sklepov $\Delta q(t_k)$. Z $\Delta q(t_k)$ korigiramo trenutno vrednost pozicije sklepov $q(t_k)$, da dobimo novo vrednost $q(t_{k+1})$ za naslednjo iteracijo. Numerična vrednost matrike J je izračunana iz geometrijske Jakobijeve matrike J_g . Uporabljeni postopek zahteva kot vhodne podatke Denavit-Hartenbergove parametre in trenutne pozicije sklepov.

Planiranje trajektorije gibanja je bilo izvedeno na nivoju programske opreme. Vsak korak za premik panela pomeni eno ciljno točko za dvigalo. Vmesne lege med začetno in končno točko izračunava RT-krmilnik z uporabo trapeznega hitrostnega profila. Vnaprej definirane omejitve hitrosti in pospeška so uporabljene pri izračunu hitrostnega profila. Izračunane vrednosti dinamično omejujemo glede na kapacitete hidravlične črpalke, pri gibanju v bližini končne lege sklepov in pri preprečevanju trčenja med mikro-manipulatorjem in segmenti dvigala.

■ 3 Praktična evalvacija robotsko vodenega dvigala

Izvedli smo praktično evalvacijo kvalitete zaprtozančnega vodenja v zunanjih koordinatah. Gibanje vrha dvigala smo izmerili z neodvisnim merilnim sistemom za merjenje kinematike gibanja. Uporabili smo brezkontaktni optični merilni sistem Optotrak Certus. Sistem uporablja pozicijske senzorje (kamere), ki merijo pozicijo aktivnih infrardečih markerjev. Dosegljiva je natančnost prostorskega merjenja

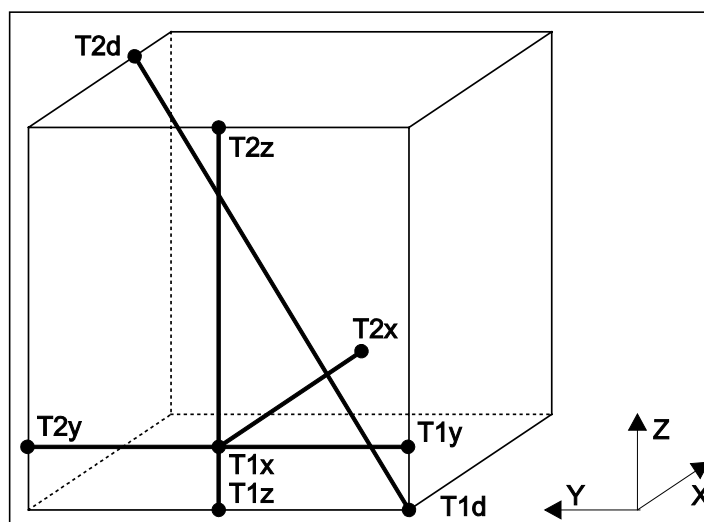
pozicije do 0,1 mm. Na vrh dvigala smo pritrdili dve skupini štirih markerjev, ki vsaka določa lego enega koordinatnega sistema.

Definirali smo tri skupine testnih gibov. Prva skupina sledi standardu za testiranje industrijskih robotov ISO 9283 (ang. Manipulating industrial robots – Performance criteria and related test methods), ki predpisuje gibe med točkami t. i. ISO-kocke. ISO-kocka je predstavljena na *sliki 4*. Da bi testirali čim daljše gibe, smo testne točke ustrezno premaknili, s čimer je kocka postala kvader. Testni gibi so na sliki poudarjeni z debelo črto. Vključeni so diagonalni gib (točki T_{1d} in T_{2d}) ter gibi vzdolž osi zunanjega koordinatnega sistema (pari točk T_x , T_y in T_z).

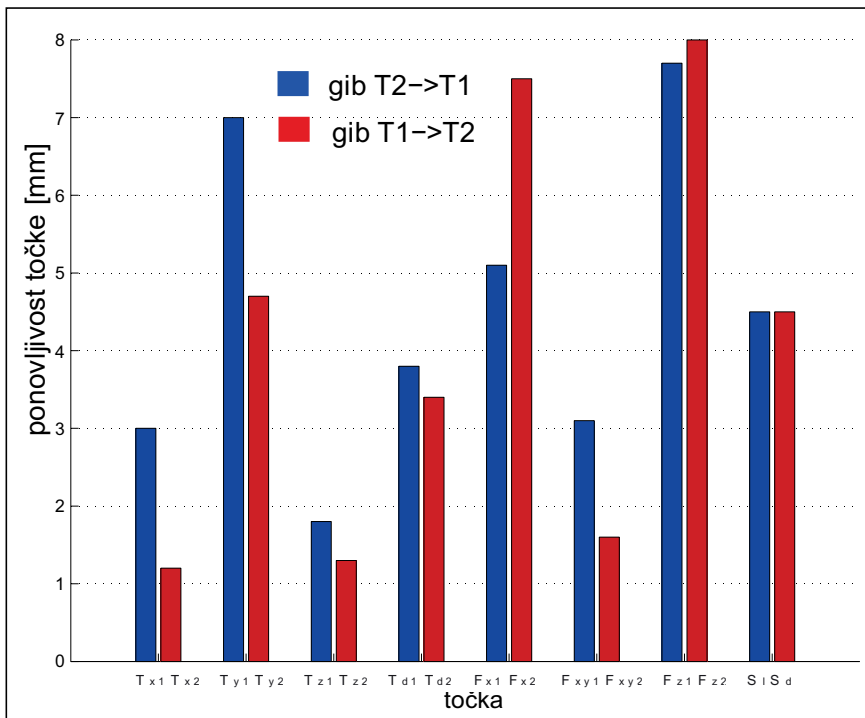
■ 4 Rezultati

Najpodrobneje smo analizirali hkratno večosno gibanje vrha dvigala v zunanjih koordinatah. Zanimali so nas parametri ponovljivosti končnih točk, napaka sledenja trajektorije in ponovljivost sledenja trajektorije pri izbranih testnih gibih. Ponovljivost končnih točk vseh gibov je prikazana na *sliki 5*.

Vsak gib vsebuje dve točki, zato je rezultat podan z dvema številčkama za vsak par točk. Gibu vzdolž stranic in diagonale ISO-kocke ustrezajo točke T_x , T_y , T_z in T_d , gibom za posnemanje nameščanja panela na fasado točke F_x , F_y in F_z , gibu s hitro zaustavitvijo pa točki SI in Sd .



Slika 4. Testni gibi glede na ISO-kocko



Slika 5. Ponovljivost doseganja točk

Najslabša izmerjena ponovljivost znaša 8 mm. Med gibi vzdolž stranic ISO-kocke je najslabši rezultat pri gibu med točkama T_y . Pri tem gibu večino pomika opravi prva os, medtem ko je pri pomikih vzdolž X- in Z-osi prva os skoraj mirovala. Tako lahko pojasnimo slabšo ponovljivost tega giba z zračnostjo v pogonu prve osi. Ponovljivost pri gibu s hitro ustavitvijo v nasprotju s pričakovanji ni bila slabša kot pri ostalih testih.

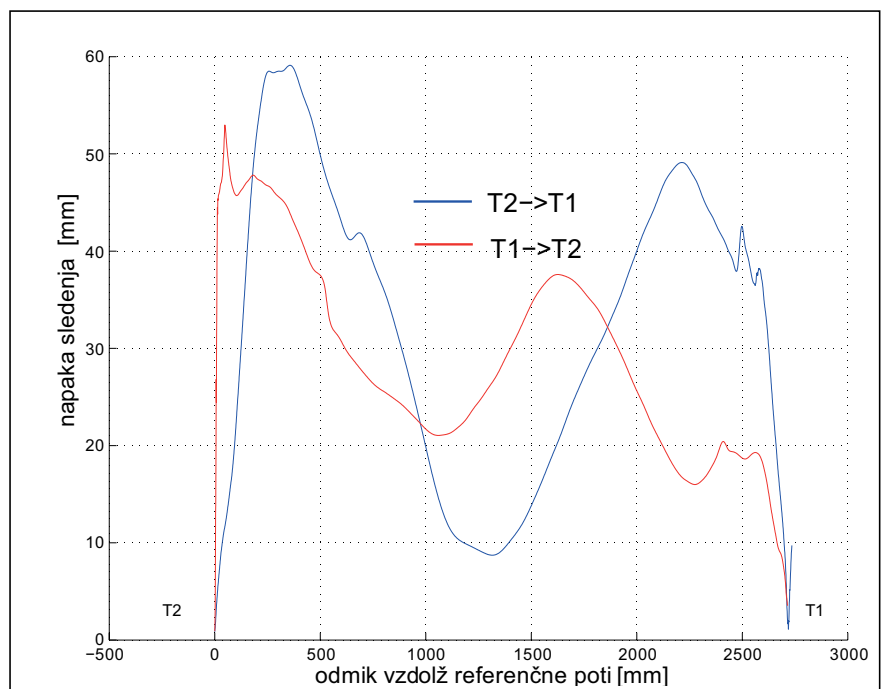
Na *sliki 6* je prikazana napaka sledenja trajektorije vzdolž celotne poti diagonalnega giba. Vidimo, da po začetku giba vrh dvigala zavije v stran, nato se približuje in oddaljuje od referenčne poti in na koncu doseže končno točko. Napaka sledenja trajektorije je definirana kot maksimum napake sledenja trajektorije vzdolž celotne poti. Pri primeru diagonalnega giba sta to vrednosti 53 in 59 mm.

Napaka sledenja trajektorije za vse gibe je prikazana na *sliki 7*. Največja napaka sledenja trajektorije znaša 77 mm.

5 Zaključek

Razviti sistem omogoča programirano ali ročno vodeno izvajanje gibanja dvigala glede na spremenljivke sklepov, koordinatni sistem baze ali koordinatni sistem vrha robota. Sistem vodenja je razvit na način, da na dvigalu ohranja originalni krmilnik in mehanizme zagotavljanja var-

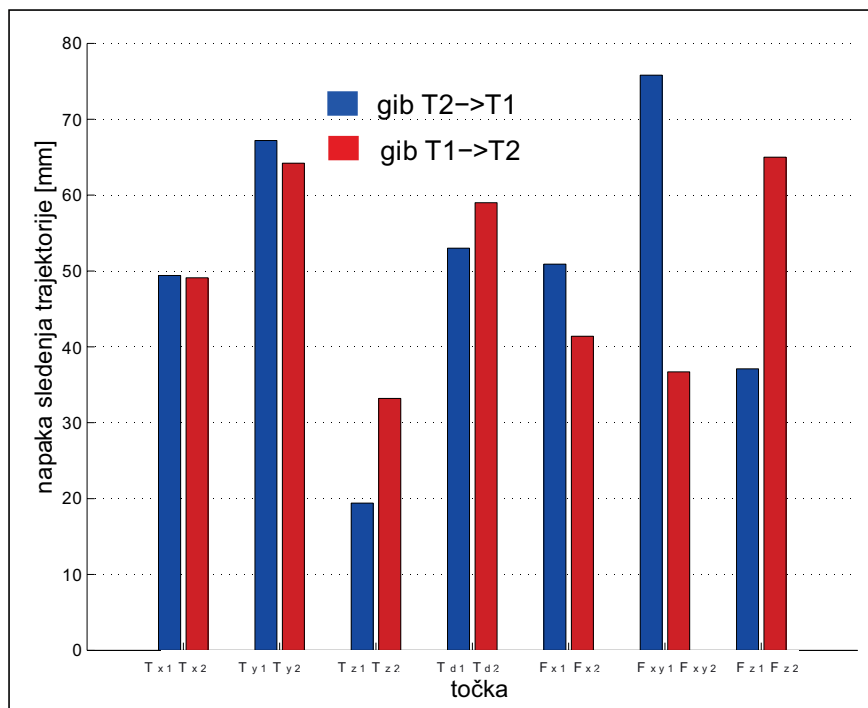
nosti, s čimer so ohranjeni obstoječi varnostni certifikati. Dodan je varnostni sistem, ki nadzira delovanje zaprtozančnega sistema vodenja. Kvaliteto zaprtozančnega vodenja smo preverili z neodvisnim optičnim merilnim sistemom. Parametri kvalitete gibanja tako poleg napake regulacije vključujejo tudi napake kinematičnega modela oz. mehanske strukture dvigala. Parametre kvalitete gibanja (ponovljivost točke, napaka sledenja trajektorije in ponovljivost sledenja trajektorije) smo izračunali v skladu s standardom ISO 9283. Testni gibi so bili delno izbrani v skladu s standardom ISO 9283, deloma so posnemali gibe, potrebne za montažo fasadnega panela, deloma pa smo poizkusili doseči čim večji vpliv zračnosti med segmenti teleskopa. Rezultati so pokazali ponovljivost točke do 8 mm, napaka sledenja trajektorije je bila do 77 mm, napaka ponovljivosti trajektorije pa do 59 mm, s čimer je zastavljeni cilj natančnosti pozicioniranja znotraj napake 0,1 m dosežen. Razvito robotizirano dvigalo je možno uporabiti tudi za druge naloge, ki vključujejo manipulacijo težjih bremen v velikem delovnem prostoru ter ponovljivo ali predprogramirano gibanje v zunanjih koordinatah.



Slika 6. Napaka sledenja v smeri naprej in nazaj pri diagonalnem gibu

Literatura

- [1] B. Peter, B. Martin, W. Hans: Information technology support to construction design and production, *Computers in industry* 35 (1) (1998), 1–12.
- [2] K. Nisita, M. Itou, S. Miyaki: Development & Application of Column-Field-Welding Robot, v: *Proc. of the 17th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2000)*, Taipei, Taiwan, 2000.
- [3] P. Gonzales de Santos, J. Estremera, M. A. Jimenez, E. Garcia, M. Armanda: Manipulators help out with plaster panels in construction, *Industrial robot: an international journal* 30 (2) (2003), 508–514.
- [4] P. Gonzales de Santos, J. Estremera, E. Garcia, M. Armanda: Power assist devices for installing plaster panels in construction, *Automation in Construction* 17 (4) (2008), 459–466.
- [5] J. Činkelj, R. Kamnik, P. Čepon, M. Mihelj, M. Munič: Closed-loop control of hydraulic telescopic handler, *Automation in Construction* 19 (7) (2010), 954–963.



Slika 7. Napaka sledenja trajektorije

Zahvala

Delo sta financirala podjetje Trimo, d. d., Trebnje in Evropska komisija (program EUREKA, projekt E!-3902 ETECH). Avtorji se zahvaljujejo za prispevke pri idejni zasnovi in razvoju projekta Mihe Šantavca, univ. dipl. inž., Zorana Goljufa, univ. dipl. inž., Lojzeta Culjkarja, univ. dipl. inž., in mag. Danijela Zupančiča iz podjetja Trimo, d. d., ter Marka Gračnerja, univ. dipl. inž., in dr. Igorja Kovača s Tehniške univerze v Gradcu.

Robotic controller for hydraulic telescopic handling device

Abstract: Automation can reduce needed time and dangerous working conditions in construction industry. This paper presents development of a robot controller for a hydraulic telescopic handler aimed at automation of montage buildings assembly. The project is designed and financed by the company Trimo, Trebnje. We present key properties of the telescopic handler, identification of system parameters and development of a controller. Experiments on real machine showed acceptable performance for a real world application.

Keywords: hydraulic system, telescopic handler, robotic control

nadaljevanje s strani 232

3. Internationale Kompressoren-Anwender Forum – 3. Mednarodni forum uporabnikov kompresorjev

27. in 28. 09. 2012

Dusseldorf, BRD

Organizator:

– VDMA Fachverband Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik

Opomba: prireditev je organizirana sočasno z 10. Mednarodnim forumom uporabnikov črpalk (10. Internationale Pumpenanwenderforum) in 7. Konferenco EFRC

Informacije:

– www.introequipcon.com



Univerza v Mariboru
Fakulteta za Strojništvo
Laboratorij za Oljno Hidravliko



član
FTS – Fluidna Tehnika Slovenije
CETOP – Evropski Komitee Fluidne Tehnike

MARIBOR, 15. – 16. SEPTEMBER 2011

mednarodna konferenca

Fluidna Tehnika 2011

Spoštovani,

ne spreglejte osrednjega dogodka branže v Sloveniji!

Pred vrati je konferenca **FLUIDNA TEHNIKA 2011**, ki je z več kot 15 letno tradicijo brez dvoma pravi barometer dogajanja na področju hidravlike in pnevmatike v Sloveniji. Tako bosta tudi letos **15. in 16. september, v Kongresnem centru Habakuk v Mariboru**, ponovno povsem v znamenju hidravlike in pnevmatike ter vsega kar spada zraven.

Temeljni namen konference FLUIDNA TEHNIKA 2011 je pospešiti prenos najnovejših raziskovalno-razvojnih dosežkov, ter spoznanj v vsakodnevno prakso, kot tudi predstaviti nove proizvode in storitve z vseh področij tehnike kjer sta prisotni hidravlika in pnevmatika. Še posebej v teh burnih dogodkih na tržiščih, se moramo zavedati, da je imeti prave informacije s strokovnega področja velika strateška prednost podjetja.

Na FLUIDNI TEHNIKI 2011 bomo osrednjo pozornost namenili aktualnim usmeritvam na področju razvoja komponent in sistemov fluidne tehnike. Dotaknili se bomo vseh segmentov fluidne tehnike: tehničnih novosti na področju komponent in sistemov, hidravličnih tekočin, njihovi negi in nadzoru stanja, ..., ter preišljenih primerov uporabe.

Okvirni program konference in povzetke prispevkov si že lahko ogledate na spletni strani konference:

http://ft.fs.uni-mb.si/html/podrobni_program.html

Že danes si rezervirajte čas za udeležbo na konferenci FLUIDNA TEHNIKA 2011, 15. in 16. septembra v Mariboru!

Več ostalih informacij o konferenci najdete na domači spletni strani:

<http://ft.fs.uni-mb.si>

Generalni pokrovitelj

FESTO

Pokrovitelji in razstavljalci

KLAUDIA
POCLAIN HYDRAULICS GROUP

HAWE
HYDRAULIK

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

internormen
technology

OLMA
www.olma.si
SINCE 1947

ULBRICH
HIDROAVTOMATIKA

FUCHS

DIMAS
DINAMIČNI MAZALNI SISTEMI

LABORATORIJ
ZA
LOTRIČ
MERO SLOVJE

MARPO
HYDRAULIC MOVEMENT

VENTIL
KVALIFIKIRANE TEHNIŠKE ASSISTENČNE IN PROJEKCIJSKE

KONGRESNI CENTER HABAKUK

Načrtovanje programske kode s končnim avtomatom za avtomatska drsna vrata

Franc HANŽIČ, Karel JEZERNIK, Slavko CEHNER

Izveček: Z rekonstrukcijo krmilnika za avtomatska drsna vrata, ki vključuje mikrokrmilnik ARM Cortex M3 [2], se je odprla rešitev za izvedbo zmogljivejšega programskega algoritma. S tem bi izboljšali dinamiko in vzdržljivost vrat. Z novim generatorjem giba bi izpopolnili dinamiko vrat, vendar se pojavi problem izvedbe zanesljive programske kode, ki se mora izdelati za mikrokrmilnik. Rešitev s končnimi avtomati daje možnost, da je izvedba programske kode izvedena v koračnem načinu in s tem je vsaka programska funkcija ločena v posameznem stanju. V kolikor so programske funkcije ločene med seboj, obstaja boljša možnost izločevanja programskih napak. V nadaljevanju so prikazana raziskovalna dela na področju generatorja giba z S-obliko hitrosti, uporaba končnih avtomatov, razlog za uporabo generatorja pri vratih, izdelava v programskem okolju Matlab/Simulink/Stateflow ter rezultati.

Ključne besede: programsko načrtovanje, avtomatska drsna vrata, končni avtomati, mikrokrmilnik, oblikovalnik giba

1 Uvod

Želimo izdelati generator giba za avtomatska drsna vrata [1], ki bi zmanjšal segrevanje aktuatorja, mehanske sunke (vibracije) in porabo električne energije. Z raziskovanjem novega generatorja je potrebno izdelati tudi dobro dokumentacijo, ki prikazuje delovanje v končnem avtomatu. Trenutni generator giba izdeluje trapezno obliko hitrosti, ki ima sunke pri prehodih med hitrostmi. S sunki se tako stopnjujejo vibracije na konstrukciji in mehanizmu vrat, večja poraba električne energije itd. Z uporabo generatorja, ki zna generirati S-obliko hitrosti, se omenjeni problemi zmanjšajo. Generator z S-

-obliko hitrosti je znan princip in ga uporabljajo v specifičnih industrijskih strojih. Različni avtorji so že izdelali matematične modele (enačbe) različnih vrst hitrostnih profilov (trapezni, S, \sin^2 itd.) [7], [8]. Cilj naloge je razdelati matematični model v obliko, ki bi bila razumljiva za delovanje in izdelavo programske kode v kakršni koli obliki programskega jezika. Prav tako je potrebno generator giba preurediti za avtomatska drsna vrata. Z metodo opisa delovanja mehanizma v končnem avtomatu

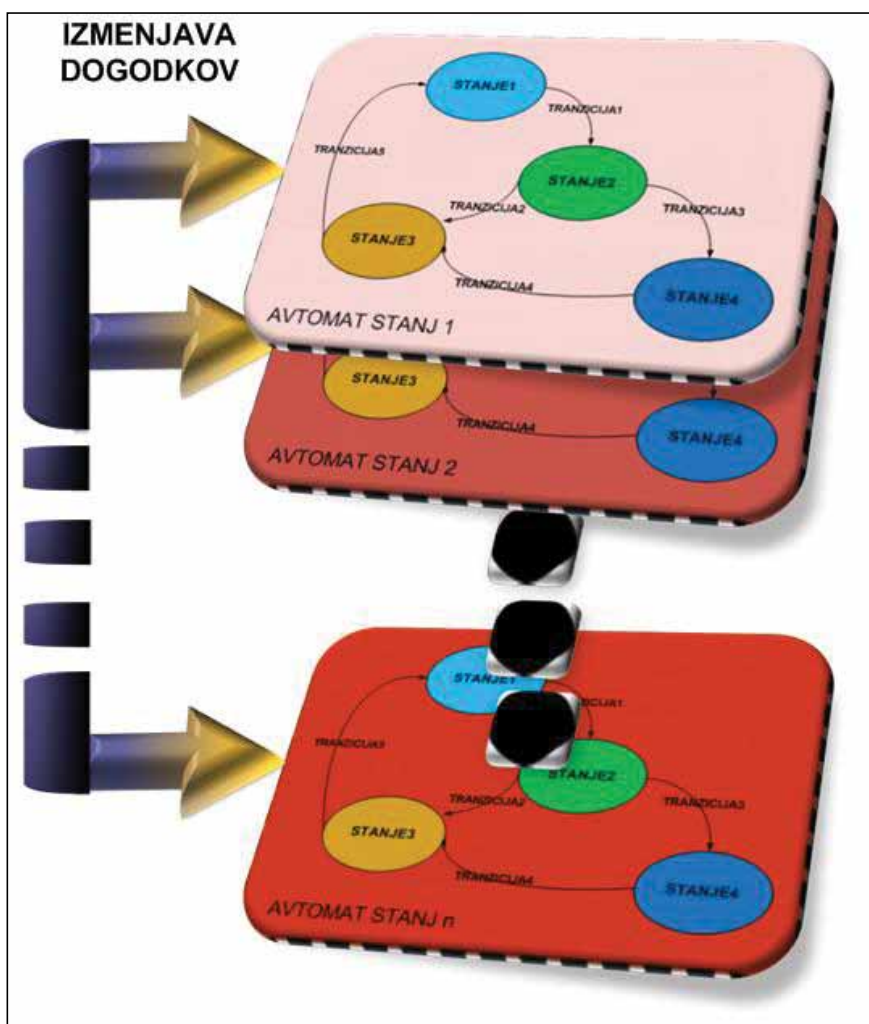
[4] rešimo problem nerazumnega delovanja in nadaljnje probleme pri izgradnji programske kode in dokumentacije.

V nadaljevanju so opisani osnovno delovanje avtomatskih drsni vrat, generator giba ter urejanje kode v končnem avtomatu. Končni avtomat zajema dve vrsti urejanja, to sta grafični način s tabelami in oblikovanje v programskem jeziku C. Grafični način je namenjen za lažje razumevanje delovanja kode za osebo, ki



Slika 1. Prototipna krmilna enota [6]

Franc Hanžič, univ. dipl. inž., Doorson, d. o. o., Maribor, prof. dr. Karel Jezernik, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, FERi, Maribor, Slavko Cehner, univ. dipl. inž., Doorson, d. o. o., Maribor



Slika 2. Primer izvajanja končnih avtomatov v večopravilnem sistemu

se ne spozna na programske jezike. Tekstovno oblikovanje pa se nanaša na izdelovalce programske kode. Bistvo tega članka je prikazati povezljivost med grafičnim in tekstovnim načinom vodenja drsnih vrat in enostavnost izgradnje kompleksnega mehanizma, kot je generator giba. Programska koda v C jeziku postane urejena in berljiva z uporabo metode končnih avtomatov, s tem pa lažje prepoznavanje in izločevanje morebitnih programskih napak.

■ 2 Krmilna enota

Vodenje avtomatskih vrat poteka preko krmilne enote (slika 1), na katero so priključeni aktuatorji in senzorji, nameščeni v vratih. Sama krmilna enota ima vključene komunikacije (CAN – Controller Area Network in serijsko RS232). CAN-komunikacija zagotavlja komunikacijo z določenimi senzorji in univerzalnim modulom (vključuje požarno

in redundantno delovanje vrat). Redundantnost zagotavlja, da se vrata odprejo ob okvari krmilne enote. Povezljivost z osebnim računalnikom zagotavlja uporabniku ali serviserju enostavno nastavljanje parametrov, prenos programske kode, diagnostiko in nadzor. Jedro krmilne enote, 32-bitni mikrokrmilnik ARM Cortex M3 LPC1768 [2], upravlja delovanje avtomatskih vrat. Programska koda, ki poganja mikrokrmilnik, je izdelana v programskem jeziku C s pomočjo programskega urejevalnika [3].

■ 3 Programska koda



Slika 3. Primer končnega avtomata za semafor

Programska koda mikrokrmilnika je razdeljena na več opravil (komunikacije, varnost, generator giba, upravljanje z vrati, upravljanje z vhodi krmilnika, upravljanje s komandnim stikalom itd.) za ustrezno delovanje avtomatskih vrat. Vsako opravilo je oblikovano v končnem avtomatu, ki se mora izvajati vzporedno. Vzporedno izvajanje več opravil je nemogoče v mikrokrmilnikih, zato se mora vključiti operacijski sistem. Majhen operacijski sistem časovno preklaplja med opravili s časovnimi prekinitvami. Opravila predstavljajo končne avtomate, ki so medsebojno povezani s podatkovnim kanalom (slika 2). V primeru zahtevnih aplikacij pa se uporabljajo sistemi FPGA, ki vzporedno izvajajo več opravil brez operacijskega sistema.

■ 4 Končni avtomat

Tehnika programiranja z metodo končnega avtomata je že poznana. Teorija je preprosta, zajema stanja, tranzicije, dogodke in akcije. Prehodi med stanji se imenujejo tranzicije. Začetek tranzicije izvede dogodek, konec tranzicije pa predstavlja akcijo. Dogodek ima pogoje. Ob izpolnjenih pogojih se zgodi dogodek. Pogoji se lahko nanašajo na vhode krmilne enote ali spremenljivko v programu. Dogodek se lahko zgodi ob enem pogoju ali v kombinaciji z več pogoji z logičnimi funkcijami (AND, OR, NAND, >, <, = =; itd.). Akcija napoveduje, kaj se bo zgodilo ob določenem dogodku. Na semaforju imamo tri stanja, to so rdeča, rumena, zelena. Ta stanja so med seboj povezana s tranzicijami. Preprost semafor deluje s pomočjo štetja časa. Ko preteče čas, je prisoten dogodek »čas je potekel za rdečo luč« (izhod iz stanja), po dogodku pa nastopi akcija »preklopi na rume-



Slika 4. Algoritem vodenja vrat

no« (vstop v stanje). Dogodek in akcija predstavlja tranzicija, v primeru tranzicija1 (slika 3), povezavo med stanjem rdeča in rumena. Tranzicije 5, 6 in 7 pa predstavljajo števec, ki v aktivnem stanju narašča in šteje čas, v neaktivnem stanju pa se resetira.

5 Končni avtomat v avtomatskih vratih

Kot je že bilo povedano, imajo avtomatska vrata več končnih avto-

matov. V prispevku je predstavljeno delovanje vrat v končnem avtomatu, podrobneje pa generiranje giba (S-hitrostni profil). Programski del upravljanja z vrati daje zahtevo generatorju giba (generator giba v končnem avtomatu), ta pa mu sporoči, da je opravil nalogo. Generator giba v končnem avtomatu je bil zgrajen v programskem okolju Matlab/Simulink z orodjem »Stateflow«. Cilj naloge je izdelati gibanje

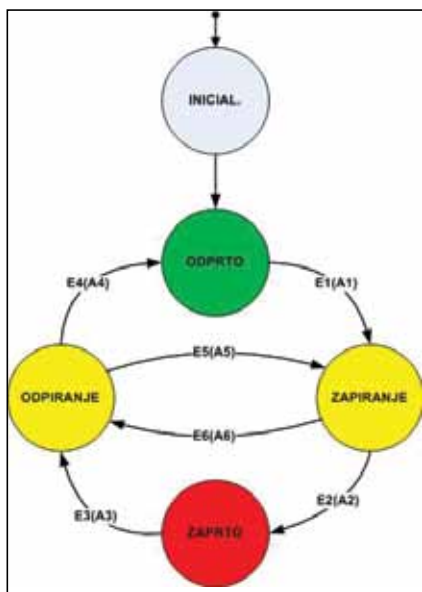
vrat z S-hitrostnim profilom, ki bi zamenjal obstoječi trapezni hitrostni profil. Splošni algoritem vodenja vrat (slika 4) je razdeljen na zvezno in nezvezno vodenje. Zvezno vodenje predstavlja regulacijo in upravljanje mikrokrmilniške periferije. Nezvezno vodenje pa predstavlja končne avtomate, ki vodijo in upravljajo vrata.

5.1 Končni avtomat za osnovno delovanje vrat

V osnovi imajo vrata pet stanj: inicializacija, odprto, zapiranje, zaprto in odpiranje. Ob vklopu avtomatskih vrat na napajanje (230VAC) gredo ta v inicializacijo, kjer se ponastavi parametri vrat (hitrosti, čas odprtosti, zaklep itd.) in dolžine giba. Pred ponastavitvijo dolžine giba vrata izvedejo cikel zapiranja in odpiranja. Pri končnih legah se krila vrat naslonijo na odbijač in s tem krmilnik zazna končno lego (meritev toka ali pa hitrost nenadno pade), tako se v pomnilnik vpiše dejanski položaj. Iz podatka položaja zaprtosti in

Tabela 1. Tranzicijska tabela

DOGODKI	POGOJI	OPIS DOGODKA				
E1	Meritev časa, požarni signal, signal zaklepa itd.	Pretekel je čas odprtosti, prisoten požar, zaklep vrat				
E2	Meritev položaja	Vrata dosegla končni položaj pri zapiranju				
E3	Signal senzorja prisotnosti, signal komandnega stikala itd.	Prisotna oseba, sprememba režima na odprto				
E4	Meritev položaja	Vrata dosegla končni položaj pri odpiranju				
E5	Tipanje toka na motorju, požarni signal itd.	Vrata blokirana, prisoten požar				
E6	Tipanje toka na motorju, signal senzorja prisotnosti itd.	Vrata blokirana, prisotna oseba				
AKCIJE	POGOJI	OPIS AKCIJE				
A1	Stanje ODPRTO in dogodek E1	Zapri vrata				
A2	Stanje ZAPIRANJE in dogodek E2	Ustavi vrata				
A3	Stanje ZAPRTO in dogodek E3	Odpri vrata				
A4	Stanje ODPIRANJE in dogodek E4	Ustavi vrata				
A5	Stanje ODIRANJE in dogodek E5	Zapri vrata				
A6	Stanje ZAPIRANJE in dogodek E6	Odpri vrata				
TRANZICIJSKA TABELA						
DOGODKI STANJA	E1	E2	E3	E4	E5	E6
ODPRTO	A1/ ZAPIRANJE	-	-	-	-	-
ZAPIRANJE	-	A2/ ZAPRTO	-	-	-	A6/ ODPIRANJE
ZAPRTO	-	-	A3/ ODPIRANJE	-	-	-
ODPIRANJE	-	-	-	A4/ ODPRTO	A5/ ZAPIRANJE	-



Slika 5. Končni avtomat pri avtomatskih drsnih vratih

odprtosti se izračuna dolžina giba kril. Po uspešni inicializaciji gredo vrata v stanje odprto. Ko poteče čas ali je izpolnjen kakšen drug pogoj (zaklep, požarni signal itd.), gredo v stanje zapiranje. Tranzicija iz stanja zapiranje v stanje zaprto se izvede ob doseg končnega zaprtega položaja. Ob prisotnosti osebe (ali drug pogoj) se izvede tranzicija med stanjem zaprto in stanjem odpiranje. Ob doseg končnega odprtega položaja se izvede tranzicija med stanjem odpiranje in stanjem odprto. Tako se cikel stanj ponavlja ob izpolnjenih pogojih. Opisano delovanje je prikazano v tabeli tranzicij (tabela 1). Princip je prikazan kot osnovni in ne predstavlja enakega delovanja v komercialnih avtomatskih drsnih vratih. Popolno delovanje vključuje še dodatna stanja in dodatne tranzicije med nekaterimi stanji.

Tabelo tranzicij predstavimo v grafični obliki (slika 5), ki jo lahko primerjamo z delovanjem semaforja (slika 3). Programski del upravljanja z vrati komunicira z generatorjem giba. Upravljalni del daje zahteve drugim končnim avtomatom, ti pa mu oddajajo odgovore o njegovih stanjih.



Slika 6. Potek posameznih referenčnih veličin v odvisnosti od časa – S-profil hitrosti (legenda k sliki - spodaj)

\hat{j}_{\max} – maksimalni sunek	T_s – čas sunka
\hat{a}_{\max} – maksimalni pospešek	T_A – čas pospeševanja
v_{\max} – maksimalna hitrost	T_0 – čas do zaustavljanja
s_{zei} – zeleni položaj	

■ 5.2 Končni avtomat za generacijo giba

Generator giba daje referenčne vrednosti (pospešek, hitrost in položaj) za izvedbo odpiranja ali zapiranja vrat. Trenutna tehnika uporablja referenčno vrednost hitrosti, ki s pomočjo regulatorja regulira trenutno hitrost z dejansko (slika 4). Končni avtomat generatorja prejema opravila (akcije), kot so odpri, zapri, ustavi in oddajniku vrne sporočilo končal z odprtjem, zaprtjem ali z zaustavitvijo (dogodki). Generator je lahko izveden v več oblikah, to so trapezna, zvončasta, S, \sin^2 itd. Vsaka izmed metod ima svoje prednosti in slabosti. Trenutni končni avtomat upora-

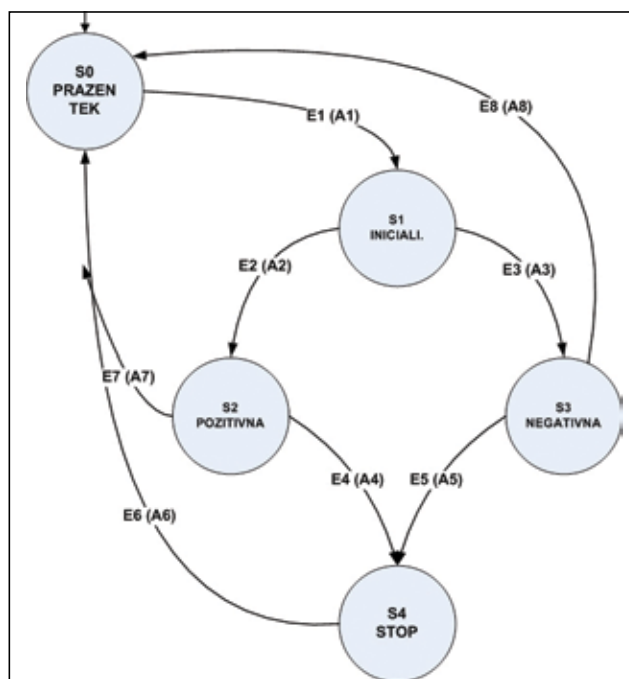
blja generator trapezne hitrosti in je enostaven za izdelavo. Vendar ima trapezna oblika hitrosti nenadne sunke (nezveznost med prehodi hitrosti), povzročata dodatna nihanja in večjo potrošnjo električne energije pri vodenju vrat. Za rešitev nezveznosti in drugih negativnih lastnosti bo uporabljen generator S-hitrostnega profila, ki ima zveznost med prehodi. Za primerjavo s trapeznim profilom ima S-profil zaokrožitve pri spremembi hitrosti in s tem zveznost med prehodi. Profil delimo na 7 stanj (slika 6), ki se bodo uporabila v končnem avtomatu. Generator izdelala profil po podanih zahtevanih vhodnih parametrih (maksimalni sunek, pospešek, hitrost in razdaljo giba). S sunkom se določa intenzivnost prehodov pri hitrosti. Večji je sunek, bolj so zaostreni prehodi. Profil ima sedem prehodov, ki so odvisni od časa

$a_{(t)} = \begin{cases} j_{\max} \cdot t & 0 < t \leq t_1 = T_S \\ a_{\max} & t_1 < t \leq t_2 = T_A - T_S \\ -j_{\max} \cdot (t - t_2) + a_{\max} & t_2 < t \leq t_3 = T_A \\ 0 & t_3 < t \leq t_4 = T_0 \\ -j_{\max} \cdot (t - t_4) & t_4 < t \leq t_5 = T_0 + T_S \\ -a_{\max} & t_5 < t \leq t_6 = T_0 + T_A - T_S \\ j_{\max} \cdot (t - t_6) - a_{\max} & t_6 < t \leq t_7 = T_0 + T_A \end{cases}$ <p>1)</p>	$T_S = \frac{a_{\max}}{j_{\max}}$ $T_A = \frac{v_{\max}}{a_{\max}} + T_S$ $T_0 = \frac{s_{zel}}{v_{\max}}$ <p>4)</p>
$v_{(t)} = \begin{cases} \frac{1}{2} \cdot j_{\max} \cdot t^2 & 0 < t \leq t_1 = T_S \\ a_{\max} \cdot (t - t_1) + v_{(t_1)} & t_1 < t \leq t_2 = T_A - T_S \\ -\frac{1}{2} \cdot j_{\max} \cdot (t - t_2)^2 + a_{\max} \cdot (t - t_2) + v_{(t_2)} & t_2 < t \leq t_3 = T_A \\ v_{(t_3)} & t_3 < t \leq t_4 = T_0 \\ -\frac{1}{2} \cdot j_{\max} \cdot (t - t_4)^2 + v_{(t_4)} & t_4 < t \leq t_5 = T_0 + T_S \\ -a_{\max} \cdot (t - t_5) + v_{(t_5)} & t_5 < t \leq t_6 = T_0 + T_A - T_S \\ \frac{1}{2} \cdot j_{\max} \cdot (t - t_6)^2 - a_{\max} \cdot (t - t_6) + v_{(t_6)} & t_6 < t \leq t_7 = T_0 + T_A \end{cases}$ <p>2)</p>	$T_S = \frac{a_{\max}}{j_{\max}}$ $T_A = \frac{-a_{\max}^2 + \sqrt{a_{\max}^4 + 4 \cdot a_{\max} \cdot j_{\max}^2 \cdot s_{zel}}}{2 \cdot a_{\max} \cdot j_{\max}} + T_S$ $T_0 = T_A$ <p>5)</p>
$s_{(t)} = \begin{cases} \frac{1}{6} \cdot j_{\max} \cdot t^3 & 0 < t \leq t_1 = T_S \\ \frac{1}{2} \cdot a_{\max} \cdot (t - t_1)^2 + v_{(t_1)} \cdot (t - t_1) + s_{(t_1)} & t_1 < t \leq t_2 = T_A - T_S \\ -\frac{1}{6} \cdot j_{\max} \cdot (t - t_2)^3 + \frac{1}{2} \cdot a_{\max} \cdot (t - t_2)^2 + v_{(t_2)} \cdot (t - t_2) + s_{(t_2)} & t_2 < t \leq t_3 = T_A \\ v_{(t_3)} \cdot (t - t_3) + s_{(t_3)} & t_3 < t \leq t_4 = T_0 \\ -\frac{1}{6} \cdot j_{\max} \cdot (t - t_4)^3 + v_{(t_4)} \cdot (t - t_4) + s_{(t_4)} & t_4 < t \leq t_5 = T_0 + T_S \\ -\frac{1}{2} \cdot a_{\max} \cdot (t - t_5)^2 + v_{(t_5)} \cdot (t - t_5) + s_{(t_5)} & t_5 < t \leq t_6 = T_0 + T_A - T_S \\ \frac{1}{6} \cdot j_{\max} \cdot (t - t_6)^3 - \frac{1}{2} \cdot a_{\max} \cdot (t - t_6)^2 + v_{(t_6)} \cdot (t - t_6) + s_{(t_6)} & t_6 < t \leq t_7 = T_0 + T_A \end{cases}$ <p>3)</p>	$T_S = \frac{a_{\max}}{j_{\max}}$ $T_A = 2 \cdot T_S$ $T_0 = T_A$ <p>6)</p>

in so označeni od t1 do t7.

Maksimalni sunek, pospešek, hitrost in položaj so parametri, ki se določijo glede na lastnosti vrat. Maksimalni sunek \hat{j}_{\max} se navezuje na strmino pospeška. Pri S-hitrostnem profilu je pospešek trapezne oblike in posledično trapezna oblika hitrosti. Sunek pri drsnih vratih se uporablja za nivo zveznosti med različnimi hitrostmi. Želja je, da so vrata pri odpiranju zelo hitra in da pri prehodu iz mirovanja v premikanje ni velike razlike hitrosti, vzrok so velike mehanske obremenitve in vibracije. S stopnjo sunka lahko določamo, da na začetku vrata postopno zvišujejo hitrost. Maksimalni pospešek \hat{a}_{\max} se navezuje na

strmino hitrosti in se oceni na maso vrat. Večji je pospešek, hitreje vrata dosežejo zeleno hitrost. Pri odpiranju je zaželen večji pospešek kot pri zapiranju. Pri pospešku se morajo upoštevati meje glede na sposobnost mehanizma vrat (motor). Motor, ki poganja vrata, ne zmore izvesti giba s katerokoli vrednostjo pospeška. Maksimalni pospešek



Slika 7. Končni avtomat generatorja giba

Tabela 2. Vhodi in izhodi generatorja in opis tranzicij

Vhod	Tip podatka	Opis
MAXPOS	število	Vhod za določitev končnega položaja [m]
SETTIME	število	Vhod za določitev časovnega intervala T_i v katerem se izvaja avtomat stanj ($T_i < 1e-3$)
ACT_POS	število	Vhod za dejanski položaj
ACT_VEL	število	Vhod za dejansko hitrost
MAX_VELP	število	Vhod za določitev maksimalne hitrosti pozitivnega hitrostnega profila [m/s]
MAX_VELN	število	Vhod za določitev maksimalne hitrosti negativnega hitrostnega profila [m/s]
MAXACC_P	število	Vhod za določitev maksimalnega pospeška pozitivnega hitrostnega profila [m/s ²]
MAXACC_N	število	Vhod za določitev maksimalnega pospeška negativnega hitrostnega profila [m/s ²]
JERK_P	število	Vhod za določitev maksimalnega sunka pozitivnega hitrostnega profila [m/s ³]
JERK_N	število	Vhod za določitev maksimalnega sunka negativnega hitrostnega profila [m/s ³]
PROMACHINE_IN	število	Vhod za upravljanje avtomata stanj (generator profila), komunikacija med različnimi drugimi avtomati stanj »0« - ne naredi ničesar »1« - izvedi pozitivni hitrostni profil »2« - izvedi negativni hitrostni profil »3« - izvedi zaustavljanje
JERK_S	število	Vhod za določitev maksimalnega sunka pri zaustavljanju [m/s ³]
MAXACC_S	število	Vhod za določitev maksimalnega pospeška pri zaustavljanju [m/s ²]

Izhod	Tip podatka	Opis
ACC	število	Izhod iz generatorja profila, kateri zajema potek pospeška [m/s ²]
POS	število	Izhod iz generatorja profila, kateri zajema potek položaja [m]
VEL	število	Izhod iz generatorja profila, kateri zajema potek hitrosti [m/s]
PROMACHINE_OUT	število	Izhod iz generatorja profila, kateri zajema informacije o prehodih med stanji
STATUS	število	Izhod iz generatorja profila, kateri zajema informacije o izvedbi hitrostnega profila, komunikacija med različnimi drugimi avtomati stanj »0« - v izvajanju »1« - izvedel pozitivni hitrostni profil »2« - izvedel negativni hitrostni profil »3« - izvedel zaustavljanje

se navezuje na sposobnost motorja (na dovoljeni tok motorja). Maksimalna hitrost v_{max} je omejena na maso vrat, ki se navezuje na varnost pred trki ovir (osebe, predmeti). Pri težjih vratih mora biti zagotovljena manjša hitrost kot pri lažjih vratih. Težja vrata z višjo hitrostjo imajo večjo vztrajnost, ki je nevarna za ljudi ob morebitnih trkih. Hitrost je nastavljiva s strani uporabnika z zgornjo omejitvijo 0.8 m/s, oziroma ocenjeno omejeno hitrost odvisno od mase vrat.

Za izvedbo profila je potrebno poznati enačbe za pospešek (1), hitrost (2) in položaj (3). Potrebno je tudi izračunati časovne intervale (T_S , T_A , T_0), ki so odvisni od dolžine giba, maksimalnega pospeška, sunka in hitrosti. Za izračun časovnih intervalov so vključene različne enačbe in pogoji, ki izbirajo način izračuna

časovnega intervala. Z upoštevanjem pogojev se časovni intervali izračunajo z naslednjimi enačbami (4, 5, 6).

Predstavljene enačbe zajemajo samo pozitivno generiranje hitrosti. Končni avtomat avtomatskih vrat vključuje še negativno hitrost in stop funkcijo. Izvedba S-hitrostnega profila je izdelana v programskem orodju Matlab/Simulink in ima naslednje vhode in izhode (tabela 2). Zajema ga stanje čakanja (PRAZNI TEK), stanje začetne izračune in nastavitve generatorja profila (INICIALIZACIJA), stanje pozitivnega hitrostnega profila (POZITIVNA), stanje negativnega hitrostnega profila (NEGATIVNA) in stanje zaustavljanja (STOP), skupaj 5 stanj. Stanja so med seboj povezana s prehodi (tranzicijami), ki imajo določen pogoj (dogodek) za dovoljenje prehoda iz eno v drugo stanje in s tem se izvrši določena akcija.

Končni avtomat ima naslednje tranzicije (pogoji, dogodki, akcije) in stanja (tabela 3).

Končni avtomat s pomočjo tranzicijske tabele predstavimo v grafični obliki (slika 7).

■ 6 Simulacijski eksperimenti

Generator hitrostnega profila je bil uspešno preizkušen v okolju Matlab/Simulink. Izvedlo se je odpiranje in zapiranje in zaustavljanje med gibanjem. Predstavljeni test je zajel odpiranje in zapiranje z naslednjimi parametri (slika 8):

■ 7 Oblika končnega avtomata v programskem jeziku C

Programska koda za krmilnik vrat je napisana v programskem jeziku C. Tako je potrebno grafično obliko končnih avtomatov pretvoriti v ustrezno obliko v tem jeziku [4]. V nadaljevanju je predstavljen C-jezik generatorja giba, oblikovanega v končnem avtomatu. Program prikazuje preklon stanj in tranzicije in ne zajema kode za izvedbo profila. Najprej se definirajo tranzicije (dogodki) in stanja (slika 9). Pogoji so izvedeni z IF-funkcijo in logičnimi operacijami. Pogoji so lahko oblikovani v matrični obliki ali pa se definirajo v IF-stavkih. Pri izpolnitvi pogoja se izvede dogodek, dogodku pa sledi akcija. Dogodek in akcijo predstavlja tranzicija, ki povezuje dve stanji. Tranzicija predstavlja funkcijo SWITCH v C-jeziku, ki preklaplja med stanji (slika 10).

Obstajajo programska orodja, ki podpirajo programiranje v grafičnem načinu z metodo končnih avtomatov »StateChart« in tako generira programsko kodo v C jeziku [5].

■ 8 Zaključek

Tehnologija ponuja vedno več modernjših metod krmiljenja, komunikacij in regulacij. Današnji mikrokrmilniki so zelo bogato opremljeni z zmogljivimi jedri in bogato periferijo. Vključitev teh metod v sistem izdelka pa potrebuje kompleksno pro-

Tabela 3. Tabela tranzicij z opisi

Pogoji	Tip podatka	Opis						
PROMACHINE_IN	število	Vhod v avtomat stanj »PROFILE MACHINE INPUT«, s katerim določimo operacijo: »0« - ne naredi ničesar »1« - izvedi pozitivni hitrostni profil »2« - izvedi negativni hitrostni profil »3« - izvedi zaustavljanje						
STATEINIT	logična spremenljivka	Spremenljivka, katera nosi informacijo o izvedbi začetnih nastavitev »0« - še niso nastavljeni »1« - so nastavljeni						
NEGATIVEM	logična spremenljivka	Spremenljivka, katera nosi informacijo o stanju negativnega hitrostnega profila »0« - še ni končal negativnega profila »1« - je končal negativni profil						
POSITIVEM	logična spremenljivka	Spremenljivka, katera nosi informacijo o stanju pozitivnega hitrostnega profila »0« - še ni končal pozitivnega profila »1« - je končal pozitivni profil						
STOPPED	logična spremenljivka	Spremenljivka, katera nosi informacijo o stanju zaustavljanja »0« - še ni končal zaustavljanja »1« - se je zaustavil						
Dogodki	Pogoji	Opis						
E1	POSITIVEM==0&& PROMACHINE_IN==1 NEGATIVEM==0&& PROMACHINE_IN==2	Dodeljena zahteva za gib vrat						
E2	STATEINIT==1&&PROMACHINE_IN==1	Opravljen inicializacija in dodeljena zahteva za odpiranje vrat						
E3	STATEINIT==1&& PROMACHINE_IN==2	Opravljen inicializacija in dodeljena zahteva za zapiranje vrat						
E4	PROMACHINE_IN==3	Zaznana ovira						
E5	PROMACHINE_IN==3	Zaznana ovira ali prisotna oseba						
E6	STOPPED==1	Vrata so se ustavila						
E7	POSITIVEM==1	Vrata so odprta						
E8	NEGATIVEM==1	Vrata so zaprta						
Akcije	Pogoji	Opis						
A1	S0&&E1	Opravi inicializacijo						
A2	S1&&E2	Opravi pozitivni profil hitrosti						
A3	S1&&E3	Opravi negativni profil hitrosti						
A4	S2&&E4	Opravi STOP funkcijo v pozitivnem profilu						
A5	S3&&E5	Opravi STOP funkcijo v negativnem profilu						
A6	S4&&E6	Vrni se v pripravljenost iz STOP funkcije						
A7	S2&&E7	Vrni se v pripravljenost iz pozitivnega profila hitrosti						
A8	S3&&E8	Vrni se v pripravljenost iz negativnega profila hitrosti						
Stanja	Opis							
S0	Stanje čakanja (IDLE)							
S1	Stanje začetnih izračunov in nastavitev osnovnih parametrov (INIT)							
S2	Stanje za izvedbo pozitivnega hitrostnega profila (POSITIVE)							
S3	Stanje za izvedbo negativnega hitrostnega profila (NEGATIVE)							
S4	Stanje za zaustavljanje (STOP)							
Tabela tranzicij								
Dogodki Stanja	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
S0	A1/S1	-	-	-	-	-	-	-
S1	-	A2/S2	A3/S3	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	A4/S4	-	-	A7/S0	-
S3	-	-	-	-	A5/S4	-	-	A8/S0
S4	-	-	-	-	-	A6/S0	-	-

gramsko kodo, ki pa jo mora izdelati proizvajalec oz. projektant. Čeprav današnja programska orodja ponujajo različne rešitve za enostavnejšo izdelavo kode, se problem stopnjuje zaradi nasičenega trga (konkurenca, vedno večje zahteve kupcev itd.) pri hitrem razvoju in izdelavi. Za izdelavo programske kode je potrebno uporabiti metodo, ki je enostavna za razumevanje, dograjevanje funkcij in vzdrževanja. Metoda s končnimi avtomati je ena izmed rešitev za preglednost, razumevanje, vzdrževanje itd. Grafična oblika končnih avtomatov je pomembna za izdelavo dobre dokumentacije za vzdrževanje, odpravljanje morebitnih napak in izpolnitve programske kode.

Z raziskovalno nalogo smo izbrali in preuredili matematični model generatorja giba z S-obliko hitrosti za avtomatska drsna vrata. Matematični model tako vključuje odpiranje in zapiranje vrat, nastavitve obeh (zapiranje/odpiranje) sunkov, pospeškov, hitrosti. Prav tako se lahko vpiše želena vrednost dolžine giba, ki ga bo ustvaril generator. V generator se je prav tako vključila funkcija STOP, ki hitro zaustavi gibanje vrat. Z ustrezno obliko matematičnega modela se je ta uporabil za izvedbo generatorja giba v končnem avtomatu. S tem je generator giba postal pregleden in razumljiv. Generator je izdelan vključno z izhodi za generacijo referenčnih vrednosti (pospešek, hitrost, položaj) in vhodi za nastavitve oblike giba še z ukaznim vhodom (odpri, zapri, ustavi), izhodom stanja (odprl, zaprl, zaustavil) in izhodom o internem stanju samega generatorja, ki pomaga pri analizi njegovega delovanja. Še ena prednost končnega avtomata je, da lahko s pomočjo spremenljivke spremljamo potek stanj in tako analiziramo pravilno delovanje programa. Generator je bil uspešno izveden v simulacijskem okolju Matlab/Simulink/Stateflow in tudi preizkušen na DSP-sistemu s sinhronskim motorjem. Prav tako se je izdelal osnovni okvir (z obliko končnega avtomata) generatorja giba v C-jeziku, s katerim želimo prikazati povezanost med grafičnim in tekstovnim načinom. S simulacijskimi rezultati je potrjeno pravilno delovanje genera-

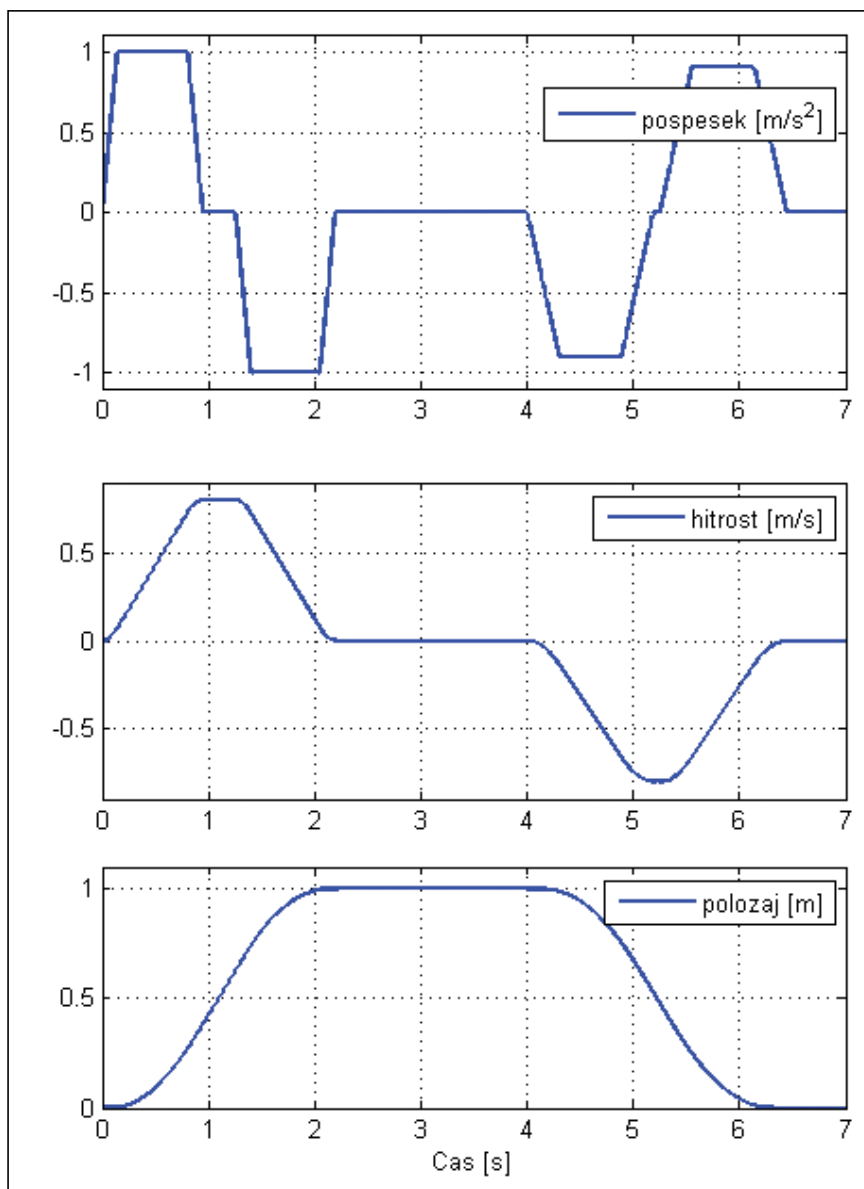
torja giba z S-obliko hitrosti in tako uspešno zaključen zadani cilj tudi z eksperimentom na DSP-sistemu.

9 Potrditve

Operacijo iz Evropskega socialnega sklada delno financira Evropska unija. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti, prednostne usmeritve 1.1: Strokovnjaki in raziskovalci za konkurenčnost podjetij.

Viri

- [1] Proizvajalec avtomatskih drsnih vrat www.doorson.si.
- [2] Proizvajalec mikrokrmilnikov www.nxp.com.
- [3] Programsko orodje za programiranje mikrokrmilnikov www.keil.com.
- [4] Ferdinand, W. et al. (2006): Modeling Software with Finite State Machines – A Practical Approach. Auerbach Publications.
- [5] Programsko orodje za grafično programiranje mikrokrmilnikov v končnem avtomatu <http://www.iar.com/website1/1.0.1.0/371/1/>.
- [6] Gačnik, V., Hanžič, F., Cehner, S., Majcen, G.: Prototipni krmilnik EC4 za avtomatska drsna vrata, interni dokument podjetja Doorson, d. o. o., marec 2011.
- [7] Macfarlane, S., Croft, E. A (2003): Jerk-Bounded Manipulator Trajectory Planning: Design for Real-Time Applications. IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 19, No. 1, 2003. PP. 42–52.
- [8] Li, H. Z. et al. (2007): A New Motion Control Approach for Jerk and Transient Vibration Suppression.



Slika 8. Odzivi pri odpiranju in zapiranju (legenda k sliki - spodaj)

začetek odpiranja pri času 0 s
 začetek zapiranja pri času 4 s
 dolžina odpiranja/zapiranja: 1 m
 maksimalna hitrost (pozitivni/negativni): 0,8 m/s
 maksimalni pospešek (pozitivni): 1 m/s²
 maksimalni pospešek (negativni): 0,9 m/s²
 maksimalni sunek (pozitivni): 7 m/s³
 maksimalni sunek (negativni): 3 m/s³



```

/**Stanja, Spremenljivke, Akcije in dogodki*****/
/*****STANJA*****/
#define IDLE_S0          0x00    //Stanje IDLE
#define INIT_S1          0x01    //Inicijalizacija hit. prof.
#define POSITIVE_S2     0x02    //Gen. poz. hit. profila
#define NEGATIVE_S3     0x03    //Gen. neg. hit. profila
#define STOP_S4         0x04    //Hitro ustavljanje

/*****Spremenljivke*****/
extern int PROMACHINE_IN;      //Vhod avtomata stanj
extern int POSITIVEM;          //Informacija o izvedbi poz. profila
extern int NEGATIVEM;          //Informacija o izvedbi neg. profila
extern int STOPPED;           //Informacija o izvedbi zaustavitve
extern int STATEINIT;         //Informacija o izvedbi iniciali.

/*****DOGODKI*****/
#define E1 (POSITIVEM==0&&PROMACHINE_IN==0||
           NEGATIVEM==0&&PROMACHINE_IN==2&&STATE==0) //Dogodek E1
#define E2 (STATEINIT==1&&PROMACHINE_IN==1&&STATE==1) //Dogodek E2
#define E3 (STATEINIT==1&&PROMACHINE_IN==2&&STATE==1) //Dogodek E3
#define E4 (PROMACHINE_IN==3&&STATE==2) //Dogodek E4
#define E5 (PROMACHINE_IN==3&&STATE==3) //Dogodek E5
#define E6 (STOPPED==1&&STATE==4) //Dogodek E6
#define E7 (POSITIVEM==1&&STATE==2) //Dogodek E7
#define E8 (NEGATIVEM==1&&STATE==3) //Dogodek E8

```

Slika 9. Definicije končnega avtomata v C-jeziku

```

#include "def.h"

/*****TRANZICIJE*****/
if (E1) STATE=INIT_S1; //Trancicija med S0 in S1
if (E2) STATE=POSITIVE_S2; //Trancicija med S1 in S2
if (E3) STATE=NEGATIVE_S3; //Trancicija med S1 in S3
if (E4) STATE=STOP_S4; //Trancicija med S2 in S4
if (E5) STATE=STOP_S4; //Trancicija med S3 in S4
if (E6) STATE=IDLE_S0; //Trancicija med S4 in S0
if (E7) STATE=IDLE_S0; //Trancicija med S2 in S0
if (E8) STATE=IDLE_S0; //Trancicija med S3 in S0

/*****STANJA*****/
switch (STATE)
{
    case IDLE_S0: //Stanje IDLE_S0
        //Ne naredi nicesar
        break;

    case INIT_S1: //Stanje INIT_S1
        //Izracun spremenljivk
        break;

    case POSITIVE_S2: //Stanje POSITIVE_S2
        //Izvedi poz. hit. profil
        break;

    case NEGATIVE_S3: //Stanje NEGATIVE_S3
        //Izvedi neg. hit. profil
        break;

    case NEGATIVE_S4: //Stanje STOP
        //Izvedi prisilno ustavljanje
        break;
}

```

Slika 10. Oblika generatorja giba v C-jeziku

Automatic sliding door control with state machine

Abstract: A reconstruction of the automatic sliding doors controller with an ARM Cortex M3 microcontroller [2] has opened a solution to implement better software algorithm. Implementation with the new algorithm will improve door dynamics and door durability. The new generator will improve door functionality but a program code must be implemented in the microcontroller with software bug probability. Solution of finite automata is an opportunity to implement program code without pain and code development with the low level of potential bugs. The research work is based on the motion generator with a S velocity form, the use of finite-state machines, the motion generator use at the automatic sliding door, a simulation experiments in Matlab / Simulink / Stateflow with the results.

Keywords: software design, automatic sliding doors, finite state machines, microcontroller, motion generator

Popravek

V reviji Ventil 17/2011/2, april, so bili v članku z naslovom End-quality assessment of electrical motors based on the concept of virtual sensors – str. 148, avtorjev Pavle Boškoski, Janko Petrovčič, Bojan Musizza, Đani Juričić in Andrej Biček navedeni napačni akademski nazivi avtojev Janko Petrovčič in Bojan Musizza. Pravilno: dr. Janko Petrovčič, univ. dipl. inž. in dr. Bojan Musizza, univ. dipl. inž. Za neljubo napako se avtorjema in bralcem iskreno opravičujemo.

Uredništvo



Sejem vseh sejmov

44. MOS

EVROPA, SLOVENIJA, CELJE
7.-14. SEPTEMBER 2011

SEJEM NAJBOLJ PODJETNIH, INOVATIVNIH IN POGUMNIH
NAJVEČJA SEJEMSKA IN POSLOVNA PRIREDITEV REGIJE

Zakaj MOS?

- več kot 1000 neposrednih razstavljalcev – z zastopanimi skoraj 1700
- vedno nove države – rekordnih 34 v 2010
- skoraj 150.000 obiskovalcev – delež poslovnih obiskovalcev presega 30 %
- delež tujcev presega desetino vseh obiskovalcev - največ tujih obiskovalcev je iz Hrvaške, Srbije, Italije, Romunije, BiH ter ostalih držav EU



Adaptivna industrijska diagnostika proizvodnje kompresorjev

Primož POTOČNIK, Peter MUŽIČ, Vid DRAGOŠ, Edvard GOVEKAR

Izveček: Opisan je adaptivni diagnostični sistem za zaznavanje napak kompresorjev na osnovi vibracij. Sistem je bil razvit v Laboratoriju za sinergetiko Fakultete za strojništvo v Ljubljani ter pilotno preizkušen v podjetju SECOP kompresorji, d. o. o. Sistem je sestavljen iz več mehatronskih sklopov za zagotavljanje predpisanih delovnih pogojev kompresorja (električni priklop, protitlačni sistem) ter iz merilne in programske opreme za upravljanje. Za razpoznavanje napak kompresorjev na osnovi vibracij smo razvili adaptivni algoritem, ki zaznava odstopanja značilnosti kompresorja od tekoče populacije kompresorjev. Za analizo signalov vibracij je uporabljena obdelava signalov na osnovi psihoakustične analize, ki omogoča zaznavanje tako stacionarnih karakteristik kompresorja (zven) kot tudi tranzientnih pojavov (trki sestavnih delov ob ohišje). Industrijsko testiranje je potrdilo zmogljivost sistema za zanesljivo zaznavanje napak kompresorjev, s čimer znatno prispevamo k zagotavljanju končne kakovosti na izhodu proizvodne linije.

Ključne besede: industrijska diagnostika, testiranje kakovosti, kompresorji, vibracije, mehatronski sistemi, psihoakustična analiza

■ 1 Uvod

V okviru sodelovanja med podjetjem SECOP kompresorji, d. o. o., in Laboratorijem za sinergetiko na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani smo v preteklih letih razvili kar nekaj uspešnih industrijskih diagnostičnih sistemov za nadzor različnih faz izdelave kompresorja. Razvili (in vpeljali v obratovanje) smo sistem za detekcijo pokanja ojníc kompresorjev [1], za detekcijo napak podpornih vzmeti kompresorjev [2], za diagnostiko vrtenja kolenčaste gredi kompresorja [3] ter za potrebe sistemov razvili različne mehatronske podporne sklope, kot sta priključni električni konektor [4] in protitlačni sistem [5]. V okviru metod analize

Doc. dr. Primož Potočnik, univ. dipl. inž., Peter Mužič, inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; Vid Dragoš, univ. dipl. inž., SECOP kompresorji, d. o. o., Črnomelj; prof. dr. Edvard Govekar, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

signalov in zaznavanja različnih vrst napak smo razvili metode adaptivnega zaznavanja [6] in izdelali metodo psihoakustične detekcije različnih akustičnih pojavov [7]. V tem prispevku je predstavljen krovni diagnostični sistem, ki na izhodu proizvodne linije na osnovi merjenja vibracij skrbi za končno kontrolo kompresorjev.

■ 2 Opis problema

Končna kontrola kompresorjev se izvaja tik pred pakiranjem in je namenjena zaznavanju nepravilnosti, ki niso bile odkrite v zgodnejših fazah proizvodnje oziroma so nastale v zadnjih fazah izdelave kompresorja. Ker je kompresor že izgotovljen, je potrebno izvajati končno kontrolo nedestruktivno, da se ne poškoduje funkcionalnost kompresorja. Obstoječi način končne kontrole se v tovarni izvaja ročno, kjer izurjena operaterka vklopi in tlačno obremeni kompresor ter medtem preko mikrofona in slušalk spremlja zvok delovanja kompresorja. Na osnovi zvočne karakteristike kompresorja se

operaterka odloči glede ustreznosti kompresorja. Zaradi zahteve po povečevanju zanesljivosti končne kontrole smo v Laboratoriju za sinergetiko Fakultete za strojništvo v Ljubljani v sodelovanju s podjetjem SECOP kompresorji, d. o. o., razvili adaptivni diagnostični sistem za avtomatizirano končno kontrolo kompresorjev. V nadaljevanju so podani opis diagnostičnega sistema ter rezultati industrijskega testiranja sistema.

■ 3 Diagnostični sistem

Diagnostični sistem je sestavljen iz mehatronskih sklopov za manipulacijo kompresorja in zagotavljanje ustreznih delovnih pogojev, iz merilne opreme ter iz programske opreme za nadzor sistema, analizo signalov in posredovanje rezultatov. Kot osnovno diagnostično veličino smo izbrali vibracije kompresorja, ki jih zajemamo prek magnetno nameščenega pospeškometra na temenu kompresorja. Pri gradnji sistema smo upoštevali več dejavnikov: – Kompresor je treba med meritvijo



Slika 1. Diagnostični sistem za končno kontrolo kompresorja na proizvodni liniji

mehansko ločiti od industrijske okolice, sicer vibracije hrupnega industrijskega okolja preveč vplivajo na meritev in s tem zmanjšujejo možnost zaznavanja napak.

– Za testiranje kompresorja je bilo potrebno zagotoviti tudi ustrezne delovne pogoje, zato smo razvili tudi dodatna mehatronska sklopa za električni priklop kompresorja in za protitlačni sistem, ki omogoča nadzor nad tlačno karakteristiko kompresorja.

Celoten diagnostični sistem je prikazan na *sliki 1*. Kompresor je dvignjen na gumiranem podstavku, pospeškomer, električni sistem in

protitlačni sistem pa so plavajoče nameščeni na kompresorju (brez mehanske sklopitve z okolico). V takšnem položaju poteka meritev vibracij kompresorja. *Sliki 2 in 3* prikazujeta posamezne sklope diagnostičnega sistema, in sicer električni priključek ter protitlačni sistem.

Delovanje diagnostičnega sistema lahko opišemo z naslednjimi operacijami, ki se začnejo s pozicioniranjem kompresorja na merilno mesto:

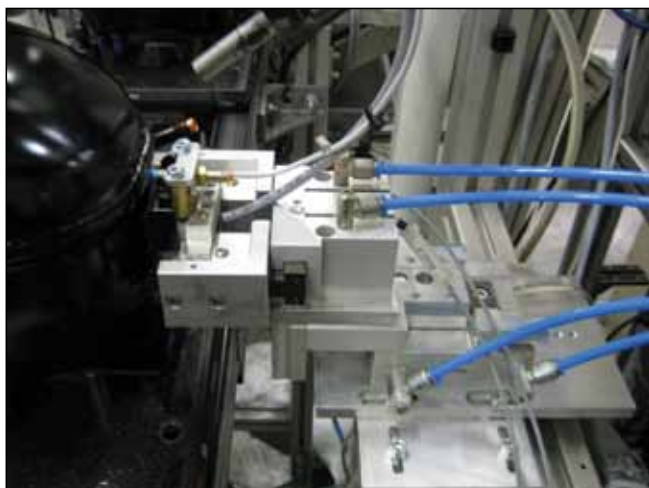
1. priklop električnega konektorja in protitlačnega sistema. Po priklopu obeh sistemov se priključni mehanizmi umaknejo, tako da os-

taneta sistema plavajoče pritrjena na kompresor brez mehanske sklopitve z okolico;

2. dvig kompresorja z gumiranim podstavkom iz linijske palete v pozicijo za meritev vibracij. Pri tem se kompresor že vklopi in nasloni na prosto plavajoči magnetni pospeškomer;
3. meritev vibracij kompresorja v trajanju dveh sekund obratovanja. Hkrati poteka tudi odčitavanje črtnih kod s kodo in serijsko številko kompresorja;
4. sprostitvev kompresorja, odklop električnega in protitlačnega sistema;
5. analiza izmerjenih signalov (vibracije, tlak, induktivni senzorji), po končani analizi diagnostični sistem sporoči industrijski informatiki posamezne diagnostične signale:
 - a) ustreznost električnega priklopa,
 - b) ustreznost protitlačnega priklopa,
 - c) kakovost tlačne karakteristike kompresorja,
 - č) ustreznost vibracijske karakteristike kompresorja,
 - d) prisotnost tranzientnih pojavov (trkanje, ropot);
6. shranjevanje zbranih informacij (izmerjeni signali, podatki kompresorja, diagnostični rezultati) v podatkovno bazo.

■ 4 Analiza signalov

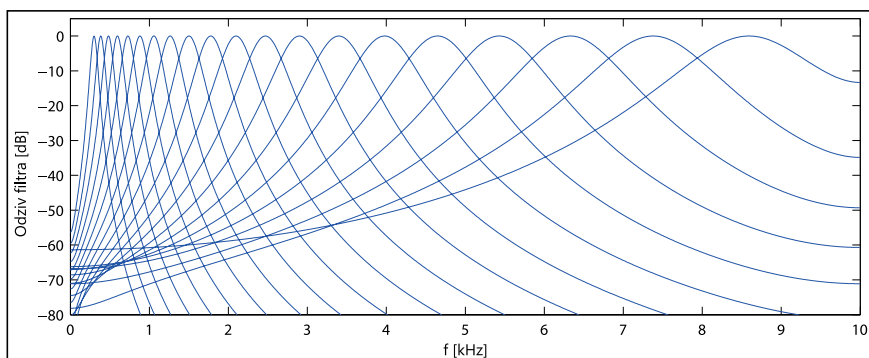
Analiza signalov obsega preverjanje tlačne karakteristike kompresorja in



Slika 2. Električni priključni sistem brez drsnega trenja



Slika 3. Protitlačni sistem za zagotavljanje ustrezne tlačne obremenitve kompresorja



Slika 4. Psihoakustični filtri

analizo signalov vibracij. Medtem ko mora tlačna karakteristika kompresorja le dosegati predpisane pogoje, je analiza signalov vibracij usmerjena v iskanje neobičajnih vzorcev, ki lahko nakazujejo na različne napake kompresorja. Zato je analiza signalov vibracij zasnovana na psihoakustični analizi [7], ki poleg stacionarne analize omogoča tudi zaznavanje tranzientnih pojavov (npr. trki sestavnih delov ob ohišje). Osnova psihoakustične analize je niz psihoakustičnih filtrov (slika 4), katerih izhode nato polvalovno usmerimo in nizkopasovno filtriramo, da dobimo ovojnice signalov različnih frekvenčnih območij. Iz ovojníc signalov lahko izpeljemo različne značilke za detekcijo posameznih neželenih pojavov.

Za zaznavanje stacionarnih pojavov, kot je npr. karakteristični zven kompresorja, se izračuna stacionarni prispevek moči posameznih psihoakustičnih ovojníc, vrednotenje pa poteka adaptivno na naslednji način:

1. Adaptivno vrednotenje upošteva zadnjih $N = 10$ dobrih kompresorjev, ki služijo za izračun medianskega povprečja moči psihoakustičnih filtrov.
2. Stacionarni prispevek moči psihoakustičnih filtrov nove meritve se nato primerja z izračunanim medianskim profilom tekoče populacije.
3. Razlika med profiloma, izražena kot evklidska razdalja, predstavlja diagnostično značilko. Če vrednost značilke presega odločitveni prag, to pomeni, da kompresor znatno odstopa iz tekoče populacije in zato sistem diagnosticira napako.

Poleg stacionarne analize je za zaznavanje napak pomembna tudi tranzientna analiza, s katero lahko detektiramo neželene prehodne pojave (npr. trki sestavnih delov ob ohišje kompresorja) in jo sestavljajo naslednji koraki:

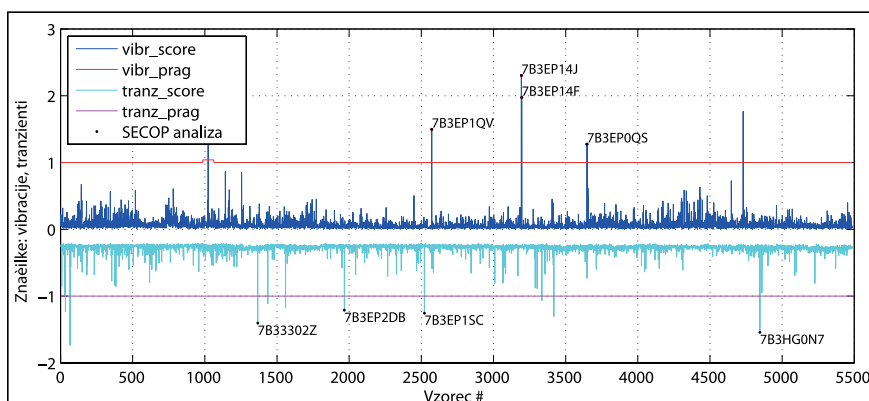
1. izračun ovojníc psihoakustičnih filtrov,
2. dodatno glajenje izračunanih ovojníc s pomočjo gladilnih filtrov,
3. detekcija in izolacija posameznih trkov, ki so razvidni predvsem iz zadnje (visokofrekvenčne) ovojnice,
4. izločanje enojnih trkov, ki običajno predstavljajo merilno motnjo oz. so posledica manipulacije kompresorja,
5. zaznavanje dodatnih trkov in primerjava moči trkov glede na mediano ovojnice,
6. če razmerje med signalom dodatnih trkov proti mediani ovojnice presega nastavljeni prag, je diagnosticirana tranzientna napaka kompresorja.

S tranzientno analizo je mogoče zaznati napake, kot so: dotik tlačne cevke ob ohišje ali napačno po-

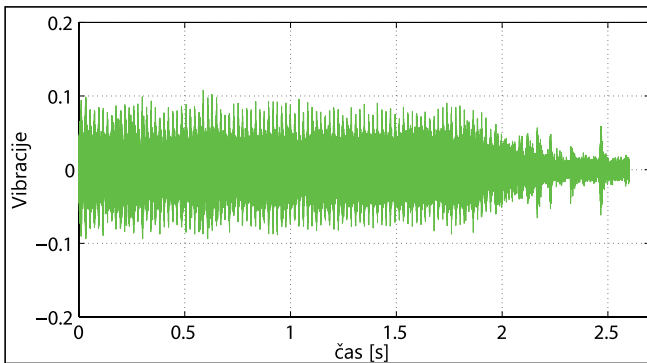
zicioniranje podpornih vzmeti kompresorja. Kompresor je diagnosticiran kot slab, če stacionarna ali tranzientna analiza odkrije večja odstopanja oziroma napako. V tem primeru se kompresor izloči iz linije in pošlje v podrobnejšo analizo.

5 Rezultati industrijskega testiranja

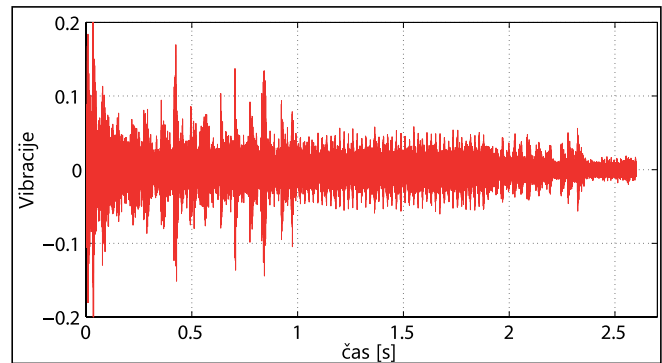
Diagnostični sistem smo namestili na proizvodni liniji podjetja in izvedli meritve na obsežni populaciji kompresorjev. Slika 5 prikazuje poteko stacionarne in tranzientne značilke vibracij med testiranjem 5485 kompresorjev. Prikazana sta tudi diagnostična pragova za obe značilki. Pri kompresorjih, ki so prekoračili mejne vrednosti diagnostičnih pragov in je napake potrdil ekspert (specialist) za analizo vzrokov napak (vzrokov za odstopanja), so označene tudi serijske številke kompresorjev. Iz obravnavane populacije kompresorjev, med katerimi je bilo tudi nekaj načrtno pripravljenih napak, je diagnostični sistem izločil 2,9 % kompresorjev, od tega 1,1 % zaradi stacionarne analize vibracij in 1,8 % zaradi tranzientne analize. Ekspert je potrdil 1,1 % napak, del predlaganih napak pa je ostal nepotrjen, čeprav je na osnovi zajetih signalov mogoče sklepati na nepravilnosti v delovanju kompresorja. V redni proizvodnji bi bil brez dodatno pripravljenih napak delež izločenih kompresorjev še občutno manjši. Za ponazoritev signalov vibracij so na slikah 6–8 prikazani primeri dobrega kompresorja (slika 6), primer diagnosticirane nepravilnosti, ki jo je direktno ugotovil



Slika 5. Potek stacionarnih in tranzientnih značilk vibracij za detekcijo napak



Slika 6. Primer signala vibracij dobrega kompresorja



Slika 7. Primer zaznane nepravilnosti kompresorja (nepotrjeno)

ekspert (slika 7), ter primer zaznane napake, ki jo je potrdila tudi analiza podjetja (slika 8).

6 Zaključek

Z opisanim diagnostičnim sistemom za končno kontrolo kakovosti v proizvodnji kompresorjev rešujemo problem zanesljivosti in natančnosti izločanja kompresorjev z okvarami iz proizvodne linije. Diagnostični sistem je sestavljen iz več mehatronskih sklopov za zagotavljanje merilnih pogojev (električni priklop, protitlačni sistem) ter iz merilne in namensko izdelane programske opreme. Za zaznavanje različnih vrst napak kompresorjev iz merjenih signalov vibracij smo razvili adaptivne algoritme na osnovi psihoakustične analize signalov. S pilotnim industrijskim obratovanjem sistema smo potrdili zmogljivost sistema za natančno zaznavanje napak kompresorjev, s čimer znatno prispevamo k zagotavljanju končne kakovosti na izhodu proizvodne linije.

Med testnimi meritvami se je predlagani diagnostični sistem izkazal kot

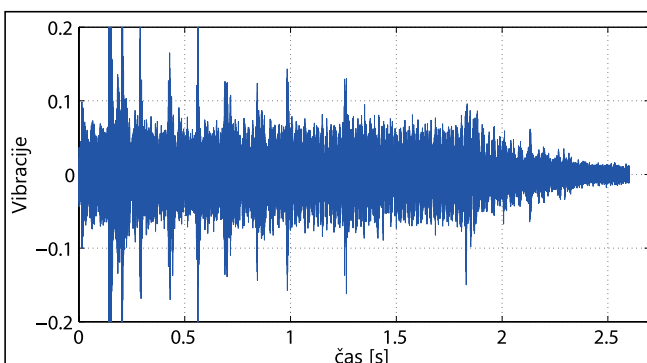
zelo zanesljivo orodje za zaznavanje napak kompresorjev, občutljivost sistema pa je mogoče sproti naravnati na ustrezno vrednost, ki zagotavlja kakovostno diagnostiko ob čim manjšem številu lažnih alarmov. Prav slednje je zelo pomembno za ekonomično poslovanje, saj izločanje sicer dobrih kompresorjev pomeni neželene dodatne stroške. Razviti adaptivni diagnostični sistem se je med testiranjem izkazal z zelo nizko stopnjo lažnih alarmov, s čimer uspešno prispeva k zagotavljanju kakovosti kompresorjev. Dodatne analize bodo potrebne predvsem na področju mejnih napak, ki jih diagnostični sistem zaznava, za katere pa še ni potrjeno, ali je potrebno takšne kompresorje izločiti iz proizvodnje. Predstavljeni diagnostični sistem za končno kontrolo kompresorjev v povezavi z ostalimi že razvitimi diagnostičnimi postajami [1–3] tvori celovit informacijski sistem kontrole kakovosti proizvodnega procesa.

Viri

- [1] P. Potočnik, P. Mužič, E. Govekar, V. Dragoš, T. Strmec: Avtomatski sistem za zaznavanje napak vtiskovanja ojníc kompresorjev. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za sinergetiko, 2007.
- [2] P. Potočnik, P. Mužič, E. Govekar, M. Absec, T. Strmec: Av-

tomatski sistem za zaznavanje iztaknjenih vzmeti pri montaži kompresorjev. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za sinergetiko, 2008.

- [3] P. Potočnik, P. Mužič, V. Dragoš, E. Govekar: Sistem za diagnostiko vrtenja kolenčaste gredi kompresorjev: poročilo o rezultatih raziskovalno razvojnega dela na projektu. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za sinergetiko, 2010.
- [4] P. Mužič, P. Potočnik, V. Dragoš, E. Govekar: Razvoj priključnega konektorja za avtomatizirani zagon kompresorjev: zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnorazvojnega dela na projektu. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za sinergetiko, 2010.
- [5] P. Mužič, P. Potočnik, E. Govekar: Razvoj protitlačnega sistema za testiranje kompresorjev: zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnorazvojnega dela na projektu. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za sinergetiko, 2011.
- [6] P. Potočnik, D. Soklič, P. Mužič, M. Absec, T. Strmec, E. Govekar: Automatic detection of spring faults during assembly of reciprocating compressors. *Stroj. vestn.*, 55(2009), 444–454.
- [7] P. Potočnik, E. Govekar, I. Grabec, P. Mužič: Psychoacoustic approach to machine fault diagnosis. *International journal of acoustics and vibration*, 10(2005), 131–136.



Slika 8. Primer zaznane in potrjene napake

Adaptive industrial diagnostics for the manufacturing of compressors

Abstract: Adaptive diagnostic system for detection of compressor faults based on vibration is described. The system was developed in the Laboratory of Synergetics, Faculty of Mechanical Engineering, Ljubljana, and pilot tested in the company SECOP compressors, d.o.o.. The system consists of several mechatronic assemblies for the provision of prescribed operating conditions of the compressor (electrical connection, backpressure system), and of measurement components and control software. For fault diagnosis based on vibrations of compressors, an adaptive algorithm was developed that detects deviations of the compressor characteristics from the current compressors population. For the analysis of vibration signals, psychoacoustic based signal processing is applied to detect both stationary characteristics of the compressor (sound), as well as transient events (collisions of components into the housing). Industrial testing confirmed the ability of the system to reliably detect compressors faults, thus significantly contributing to the final quality at the output of the production line.

Keywords: industrial diagnostics, quality testing, compressors, vibration, mechatronic systems, psychoacoustic analysis

NATEČAJ ZA ZLATO DIPLOMO FLUIDNE TEHNIKE

Slovensko društvo za fluidno tehniko (SDFT) razpisuje natečaj za izbor najboljših diplomskih del s področja fluidne tehnike. Zlato diplomu bomo podelili diplomantom z najboljšimi diplomskimi nalogami s sledečih področij fluidne tehnike:

- konstrukcija komponent in sistemov,
- koncepti vodenja sistemov,
- vzdrževanje in nadzor.



Namen natečaja je vzpodbuditi študente, ki so opravljali diplomsko delo s področja fluidne tehnike, da slovenski strokovni javnosti s tega področja predstavijo svoja diplomska dela, nove ideje oz. dosežke in na ta način pripomorejo k povečanju zanimanja za študij vsebin predmetov, ki se navezujejo na področje fluidne tehnike kot tudi tehnike nasploh.

Razglasitev in podelitev zlatih diplom bosta potekali na mednarodni konferenci Fluidna tehnika FT2011 v Mariboru.

Pogoji, pravila in navodila razpisa za priznanje "zlata diploma" so objavljeni na spletni strani slovenskega društva za fluidno tehniko – SDFT, www.sdft.si.

IRT³⁰⁰⁰
inovacijarazvojtehnologije

**NEPOGREŠLJIV VIR
INFORMACIJ ZA STROKO**

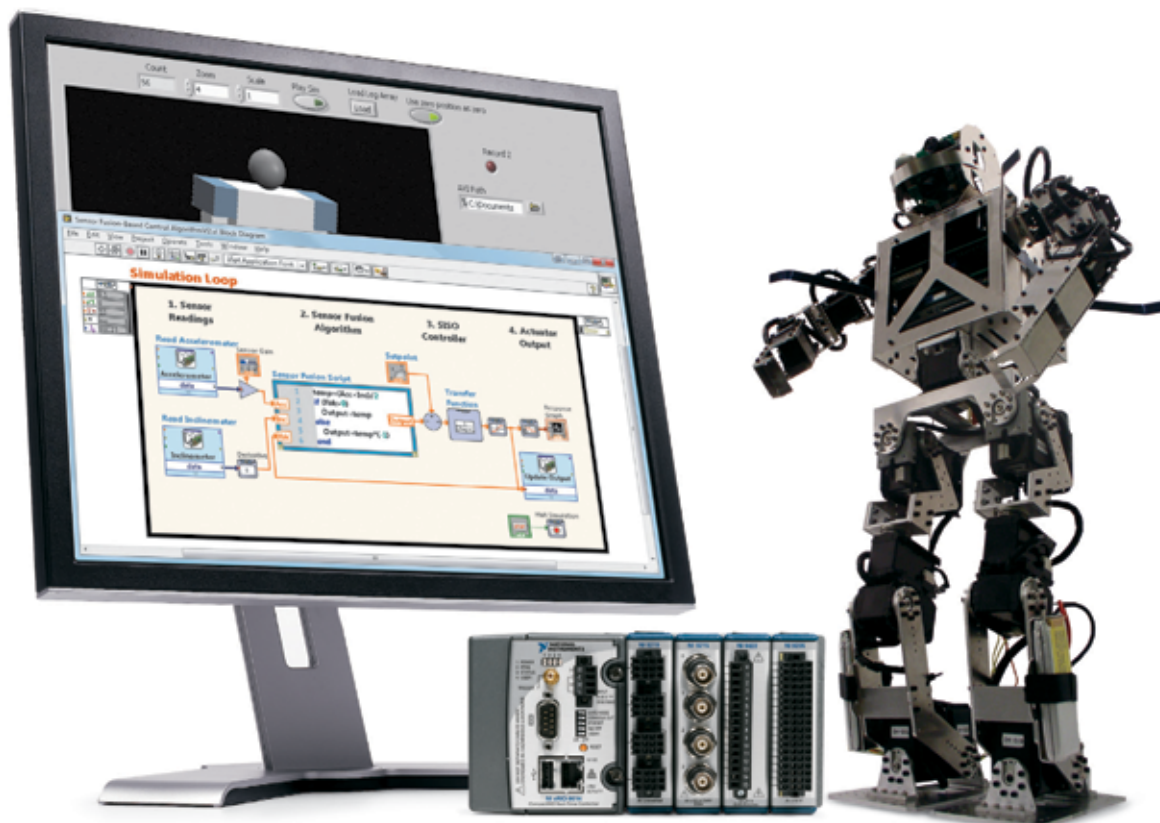
**VSAKA DVA MESECA
NA VEČ KOT 140 STRANEH**

Vodnik skozi množico informacij

- kovinsko-predelovalna industrija
- proizvodnja in logistika
- obdelava nekovin
- napredne tehnologije



NI LabVIEW za krmiljenje in mehatroniko



Ena platforma od zamisli do izvedbe



Raziskovalci in pedagogi odkrivajo prednosti uporabe ene same platforme za snovanje, simulacijo, izdelavo prototipov ter izvedbo krmilnih sistemov. S platformo za grafični razvoj LabVIEW lahko izvajate zahtevne krmilne algoritme z vso prilagodljivostjo kombiniranja grafičnega in besedilnega programiranja. S tesno integracijo med strojno opremo družbe National Instruments in drugih ponudnikov zlahka izvedete algoritme za izvajanje v realnem času na skoraj kateri koli mikroprocesorski ali FPGA-platformi, kot je NI CompactRIO.

Z orodji NI za snovanje krmilnih sistemov so lahko študenti in raziskovalci ekipe Virginia Tech uporabili okolje LabVIEW za ustvarjanje Darwina, popolnoma avtonomnega humanoidnega robotskega nogometaša.

>> Prenesite svoj komplet virov na naslovu ni.com/academic/controls

080 080 844

National Instruments,
Instrumentacija, avtomatizacija in upravljanje procesov d.o.o.
Kosovelova ulica 15, 3000 Celje, Slovenija
Tel: +386 3 425 4200 • Fax: +386 3 425 4212 • E-mail: ni.slovenia@ni.com • Web: www.ni.com/slovenia
E-mail: ni.slovenia@ni.com • www.ni.com/slovenia



National Instruments, Instrumentacija, avtomatizacija in upravljanje procesov d.o.o. • Kosovelova ulica 15, 3000 Celje, Slovenija
Tel: +386 3 425 4200 • Fax: +386 3 425 4212 • E-mail: ni.slovenia@ni.com • Web: www.ni.com/slovenia
Družba registrirana pri Odbornem sodišču v Ljubljani, vizna številka: 1/01105/00 • Matična številka: 5320176, osnovni kapital: 2.100.000, 00 SIT • Davčna številka: SI88724891

© 2011 National Instruments Corporation. Vse pravice pridržane. National Instruments, NI in ni.com sta blagovne znamke National Instruments.
Detalji uporabljenih izdelkov se smejo poizvedeti na različnih blagovnih znamkah blagovnih znamk njihovih lastnikov.

Montažna linija za tube

Srečko KLEMENC

■ 1 Uvod

Na patentnem uradu v Münchnu je bil pred leti prijavljen patent za odmerno tubo. Kot že ime pove, je to posoda, ki odda odmerjeno količino vsebine. Osnovni del tube – posode je nestisljiva cev. V njej je bat izdelan tako, da se lahko giblje samo v eno smer. Ena stran cevi je zaprta z glavo, v kateri je odprtina s povratno zapornim ventilom in dozirno prostornino. Če se s pritiskom na gumb ali ročico dozirna prostornina zmanjša, izteče vsebina dozirnega prostora skozi odprtino v glavi. Ko gumb spustimo, se dozirnemu prostoru povrne prvotni volumen. Nastali vakuum posepa potrebno vsebino iz cevi. Pri tem se bat s pomočjo atmosferskega tlaka premakne proti glavi. Z vsakim pritiskom na gumb odda tuba enako količino vsebine. Ko je prazna, ostane plastična embalaža, ki se zavrže (slika 1).

Izdelovalec zobne kreme je v takšni embalaži videl možnost za povečanje svoje prodaje, kupil patent in poiskal inženiring za razvoj potrebne proizvodne linije. Razviti in izdelati je bilo tako treba montažno polnilno linijo, ki omogoča sestavljanje in polnjenje tube z zobno kremo. Tubo je treba napolniti in pri tem upoštevati, da je zobna krema abrazivna, nato vstaviti bat, ga žigosati, dno zapreti s pokrovom, morda še vtisniti datum in polno tubo odložiti na tekoči trak. Stroj mora omogočati, da se po potrebi dogradijo dodatne postaje in da se z majhnim tehničnim posegom sestavljajo različno velike tube. Zmogljivost stroja naj bi bila 6000 enot na uro. Konstrukcija pa naj bi bila izvedena tako, da se njegova zmogljivost

lahko poveča brez večjih konstrukcijskih sprememb, deloval pa naj bi 24 ur, 5 dni na teden.

Najprej ne bilo treba ugotoviti lastnosti zobne kreme pri polnjenju in določiti potek polnjenja ter nato zasnovati kakor tudi izdelati stroj.

■ 2 Uvodne raziskave

Z raziskavo zobne kreme in sestavljanja tube smo ugotovili, da se ta pod pritiskom obnaša kot med. Po polnjenju ostajajo med tubo in polnilcem dolge nitke kot med žlico in kozarcem medu. Krema tube ne napolni, ampak pušča različno velike mehurčke. Mehurčki preprečujejo učinek atmosferskega tlaka in s tem delovanje pravilnega oddajanja količine kreme, nitke pa lahko umažejo tubo in stroj. Zaključek iskanja rešitve je bil ta, da je nastajanje nitk mogoče odpraviti z odsesavanjem ostanka kreme, mehurčke pa iztisniti z nadzorovanim pritiskom na vsebino tube. Pritisk na vsebino z batom mora biti omejen tako, da preko batnih tesnil uhaja samo zrak, ne pa tudi krema. Čas uhajanja zraka iz mehurčkov mora biti čim krajši, saj je ta pomemben pri določanju hitrosti oziroma zmogljivosti stroja. Če se dozirna šoba pred polnjenjem potopi v tubo in se med doziranjem odmika v konstantnem razmerju z dodano

količino polnilnega sredstva tako, da je razdalja med dodano kremo in šobo majhna in vedno enaka, se ustvarja manj mehurčkov. Nastavljanje količine polnilnega odmerka pa mora biti brezstopenjsko. Pri odmerjanju količine kreme smo se odločili za volumski način doziranja, saj smo na tem področju že bili uspešni. Pred časom smo razvili tudi dozirno črpalko s samodejnim pranjem. To je bil za uporabnika napredek, s katerim je vsak dan prihranil čistilni čas, potreben za razstavljanje, pranje in ponovno sestavljanje črpalke.

■ 3 Zasnova in potek delovanja stroja

Polnjenje in sestavljanje tube je razdeljeno na enajst operacij (slika 2), ki se izvajajo na posameznih postajah. Za posamezna opravila: polnjenje tube, vstavljanje bata in



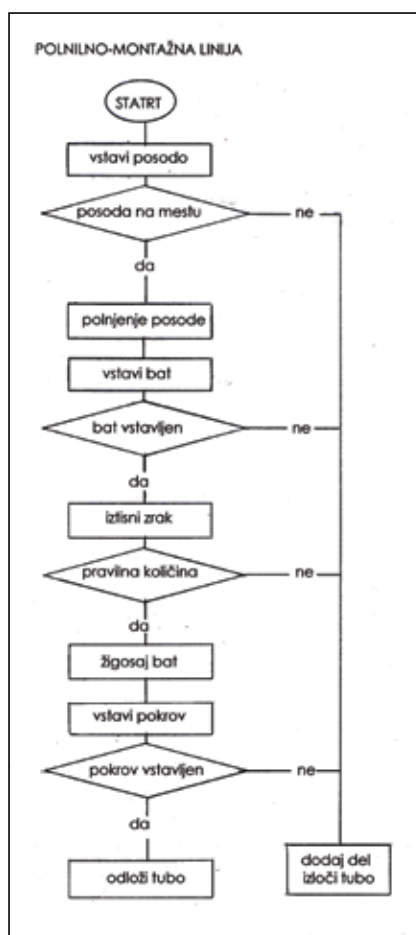
Slika 1. Odmerne tube

Srečko Klemenc, INOTEH, d. o. o.,
Bistrica ob Dravi

iztiskanje zračnih mehurčkov je potrebna poldruga sekunda. K temu je treba prišteti še pol sekunde za nameščanje izdelka na delovno postajo, kar je skupaj dve sekundi za delovni cikel. Ker se vse operacije izvedejo sočasno, je to 1.800 izdelkov na uro. Za doseganje predvidene kapacitete 6000 kos/uro smo se odločili za vzporedno sestavljanje štirih izdelkov.

Stroj je zasnovan kot večpostajni linijski montažni avtomat z elektromotornim pogonom in koračnim gonilom, gibanje pa se prenaša na posamezna mesta preko gredi z odmičnimi krivuljami (slika 3 in 4).

Na verižnem transporterju so nameščena štiri gnezda, v katera se na začetku vstavijo 4 posode, ki se vzamejo iz zalogovnika. Transporter jih pomakne za korak naprej. Temu sledi kontrola prisotnosti posod, nato polnjenje. Brezstopenjska nastavitev odmerjene količine je rešena z dvema krmilnima krivuljama in je patentirana. Gibanje dozirne šobe je premosorazmerno količini dodajanja kreme. Na postaji za vstavljanja batov so posode dodatno centrirane. Ko so vstavljeni vsi bati, se iztisnejo zračni mehurčki s pomočjo zraka z reguliranim tlakom. Kontrolira se še količina vsebine in nato se vstavi



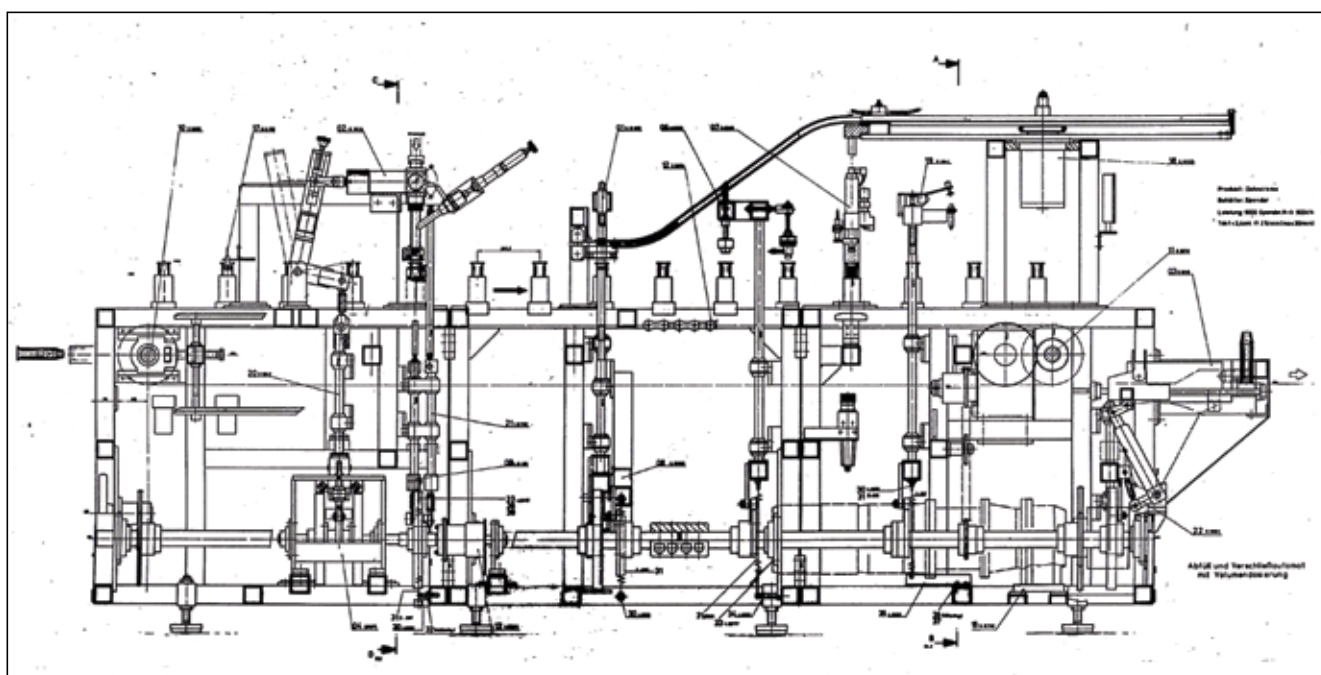
Slika 2. Potek delovanja stroja

pokrov. Na zadnji postaji krivulja poganja prijemalo, ki prime telo tube, jo dvigne iz gnezda, zavrti za 90° in jo odloži na ploščati transportni trak. Za zasuk poskrbi kulisa na prijemalu

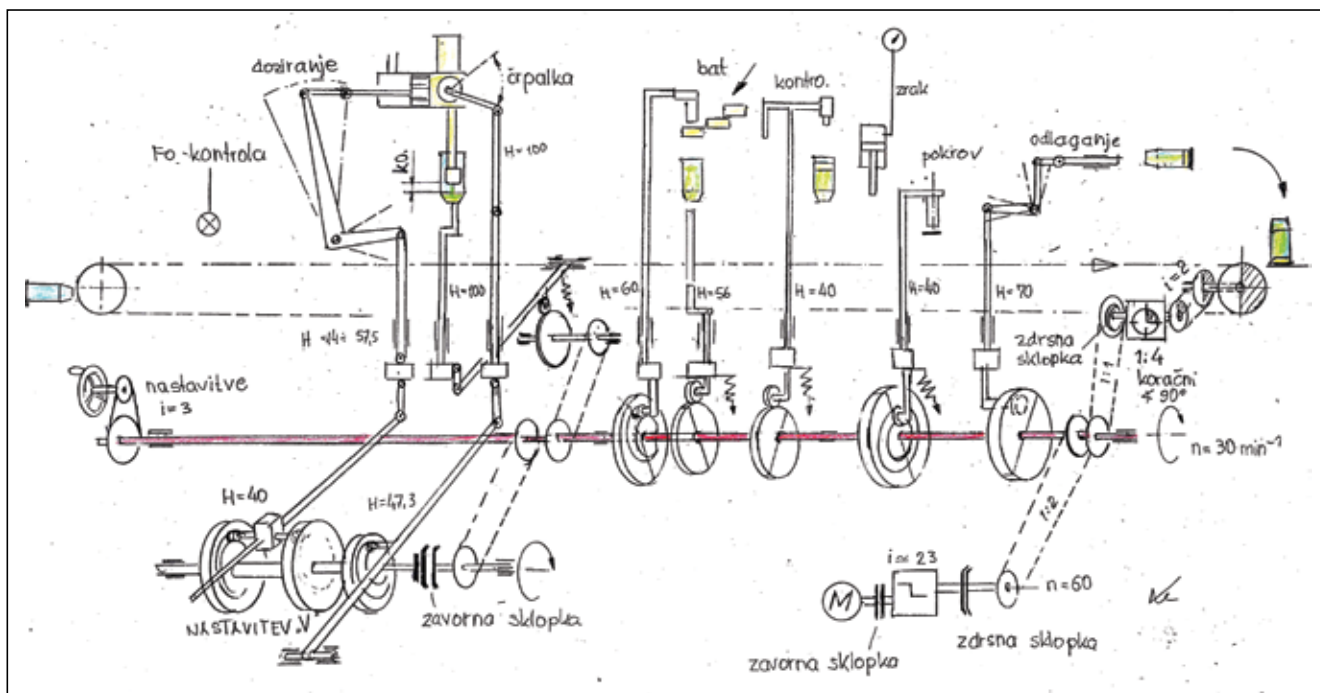
tub. Pri pomanjkljivi izvedbi katere koli operacije se stroj ustavi in odda signal za odvzem oziroma vstavitev manjkajoče posode. Ta korektura se opravi ročno ali avtomatično z dodatno opremo.

Vsaka operacija se opravi na samostojni postaji. Posoda je kot osnova tube vstavljena v nosilec izdelka – gnezdo in potuje od postaje do postaje. V montažni tehniki je znan paletni sistem, kjer nosilci potujejo od postaje do postaje. Sistem ni primeren za visoke zmogljivosti na časovno enoto. Pogosto se v montažni tehniki uporablja tudi rotacijski transporter, kjer so na okrogli koračni mizi po obodu nameščena gnezda, delovne postaje pa okrog mize. Pozicioniranje je zelo točno, gibanje hitro in mehko, vendar za podvojitev posameznih postaj, s katerimi bi povečali zmogljivost stroja, ni primeren.

Za izvedbo naše naloge je bil najbolj primeren premočrtni transportni trak, na katerem so pritrjeni nosilci z gnezdi, ki se sočasni pomaknejo do naslednje postaje. Montažne postaje, ki delujejo sočasno, so nad trakom, pod trakom pa njihov pogon. Vsi gibi, razen iztiskovanja zračnih mehurčkov, so mehansko krmiljeni s krmilnimi krivuljami, nameščenimi na pogonski gredi, in so za dosledno sinhronizacijo oblikovno (zobniki,



Slika 3. Tloris stroja in razporeditev posameznih enot



Slika 4. Skica pogona posameznih enot z odmičnimi krivuljami

veriga ali zobati jermen) povezani s transporterjem (slika 3 in 4). Transporter je veriga s posebno dolgimi členi, ki zmanjšajo odstopanje dolžine med nanjo pritrjenimi nosilci. Razdalja med nosilci je mnogokratnik delitve verige, pomik verige pa enak razdalji med nosilci. Razdalja med postajami je enaka pomiku ali njegovemu mnogokratniku.

■ 4 Pogon in prenos gibanja

Zaradi velikih hitrosti morajo biti pospeški in pojemki natančno krmiljeni. Takšno krmiljenje gibanja in sočasno nadziranje več elementov v skupnem gibalnem prostoru omogoča mehanski krmilni sistem. Prisilno gibanje, ki ga oblikujejo odmične krivulje, sicer ne dopušča nobenega naknadnega spreminjanja oblike gibanja, omogoča pa mehko pospeševanje in pojemanje hitrosti ne glede na število vrtljajev krivulje. V skupnem gibalnem prostoru več krmilnih krivulj kar skrajša čas enega cikla oziroma takta ter tako poveča zmogljivost stroja. Regulacija števila taktov je neomejena, za kar je ta način krmiljenja hitrih strojev primernejši.

Za pogon verige, ki mora biti v določenem taktu, gibanje pa brez

sunkov je med pogonsko gred in verigo vgrajeno koračno gonilo, ki spreminja neprekinjeno gibanje v prekinjano. Za pravilen pomik verige skrbi primerno prenosno razmerje med verižnikom in izstopno gredjo. Dolžina loka na delilnem krogu verižnika je enaka razdalji med nosilci. Kot loka pa je enak kotu gibanja koračnega gonila (slika 4). Razmerje mirovanja in gibanja je 1 : 4 (90 : 270°). Ker se en ciklus lahko opravi že v dveh sekundah, je za transport na voljo 0,5 s, za opravljanje dela pa 1,5 sekunde. To je osnova za najvišjo zmogljivost stroja. Pozicioniranje pomika pri tem sistemu je zaradi zračnosti verige pomanjkljivo, ker pa je točnost potrebna samo pri vstavljanju bata in pokrova, je na obeh postajah dodano centriranje izdelka.

Pogonska gred in transporter sta gnana z elektromotorjem preko reducirnega gonila. Med motorjem in gonilom je električna sklopka, ki odklopi motor, če pnevmatične enote v predvidenem času ne zaključijo delovnega cikla. Na izstopni gredi gonila je še zdrsno-pozicionirna sklopka, ki izključi pogon pri preobremenitvah in tako varuje stroj pred lomom. Pri ponovnem zagonu se pogon vključi natanko na mestu zdrsa. Gred se vrti neprekinjeno, število vrtljajev pa ureja frekvenčni regulator.

Pred vgraditvijo gredi se nanjo porinejo vsa pesta, na katera se privijejo krmilni koluti. Pesta na gredi so v predmontaži radialno in aksialno pomična, koluti pa zaradi montaže iz dveh delov. Šele po sestavi se pesta kolotov poravnajo in pritrldijo na gred.

Oblika krmilne krivulje določa, kdaj in v katero smer se giblje in kdaj stoji ročični mehanizem. Pri tem ima gibanje mehanizma (pospeški in pojemki) sinusno obliko, kar daje stroju miren tek. Povezava med ročico in krivuljo je kotalka.

Krmilne krivulje so nameščene tako, da pri 900 vrtljaja gredi mirujejo vse ročice, medtem ko se izstopna gred koračnega gonila vrti in izvede pomik traku do naslednje postaje. Pri nadaljnjih 2700 izstopna gred koračnega gonila miruje, gibajo pa se vsi ročični pogoni posameznih postaj. Pri imenskih 25 vrtljajih glavne gredi v minuti je v eni uri izdelanih 1500 tub.

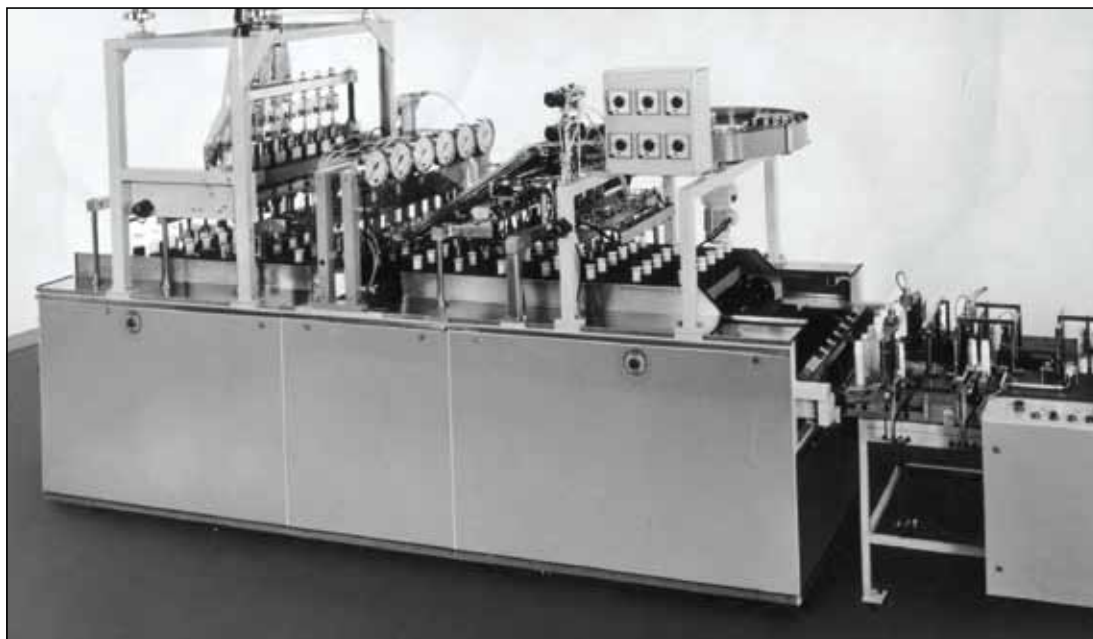
■ 5 Zaključek

Opisani štiri in šestpasovni stroj je bil izdelan v Švici in vgrajen pri Theramed v Nemčiji.

Za povečanje zmogljivosti se polnilna linija lahko razširi za eno ali več

gnezd na nosilcu in prav toliko obdelovalnih enot. Glavna gred, krmilni koloti, ročni mehanizmi in pogon ostanejo nespremenjeni.

Po letu uspešne proizvodnje je bila izdelana še dokumentacija za šestpasovni stroj (slika 5) z zmogljivostjo 10.000 tub/uro in nato še stroj za dekorativno dvo-barvno zobno kremo.



Slika 5. Šeststezna polnilna linija. Zmogljivost 10.000 kosov na uro.



icm
 Eno podjetje. Brezmejne možnosti
 Необятни възможности
 Jedno preduzeće. Bezgranične mogućnosti.
 One company. Boundless possibilities.

www.icm.si



Pravilna konstrukcija cilindrov – zadovoljen poslovni partner

V podjetju MAPRO, d. o. o., izdelujemo hidravlične cilindre po lastnih načrtih in načrtih kupcev ter prodajamo različne hidravlične elemente, tesnila ter izdelke kmetijskega programa (npr. cepilce za drva). Prodajni program vključuje tako enostranske in dvostranske hidravlične cilindre, izdelane po standardu ISO, kakor tudi teleskopske enostranske in teleskopske dvostranske hidravlične cilindre.



Pri svojem delu se srečujemo z reklamacijami, ki so tudi posledica premajhnega sodelovanja med naročniki hidravličnih cilindrov in podjetjem, ki jih izdeluje. Naše izkušnje kažejo, da bi projektanti in konstruktorji strojev in naprav morali biti mnogo bolj povezani s proizvajalci hidravličnih cilindrov. Kadar je to sodelovanje zadovoljivo, je tudi končni izdelek brezhiben in kasnejših reklamacij ni. Pri nezadovoljivem sodelovanju nabavni oddelek kupcev zahteva samo ponudbo (pogosto najcenejšo), izdelovalec pa mu ponudi temu primeren hidravlični cilindar. Tako sodelovanje pa je pogosto vir za kasnejše reklamacije. To prepričanje potrjujeta dva primera nepravilne izbire cilindrov kot posledice premajhnega sodelovanja pri naročilu.

Primer 1:

Pred časom smo imeli lep primer neuskkljenega sodelovanja (takih je več). Izdelali smo dvostranski cilindar s prirobnico. Po preteku pribli-

žno dveh let, ko se reklamacija ne upošteva več, je kupec vseeno izrazil željo po brezplačnem popravilu, saj mu je cilindar pri zvaru na dnu puščal, kar se v tako kratkem času ne bi smelo zgoditi. Naročniku ni bilo jasno zakaj, saj je cilindar deloval pri tlaku 160 barov. Vendar se je pohvalil, da je opravil preko 2.000.000 delovnih ciklov. Po temeljitem pregledu zvara in dna smo prišli do ugotovitve, da je zvar popustil zaradi stalnega nabijanja bata na dno in s tem do utrujenosti materiala, saj je bil cilindar vgrajen na stiskalnico. Če bi načrtovanje cilindra potekalo po pravilnem vrstnem redu, bi bil izbran drugačen tip cilindra (seveda nekoliko dražji) in do take težave ne bi prišlo.

Zato smo prepričani, da bi tako sodelovanje moralo biti prioriteta pri načrtovanju novih izdelkov, saj bi se s tem zagotovil višji nivo kakovosti že pri sami zasnovi konstruiranja.

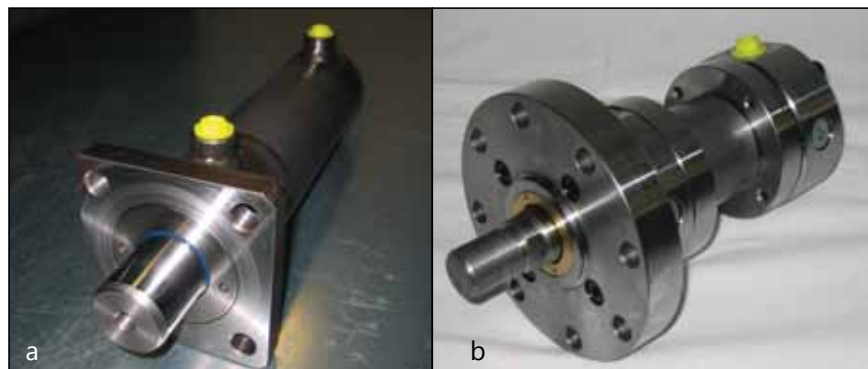
Primer 2:

Naslednji primer je uporaba dvostransko delujočih teleskopskih cilindrov. Dvostranski teleskopski cilindri so tehnološko nekoliko bolj zahtevni tako pri načrtovanju kakor tudi pri sami izdelavi. Vgradna mera teh ci-

lindrov je glede na hod sorazmerno majhna, saj je odvisna tudi od stopenj posameznega cilindra. Pri načrtovanju takih cilindrov je zelo pomembno, da se vgradijo samo kvalitetni materiali. Izdelava dvosmernih teleskopskih cilindrov pa zahteva posebno pozornost.

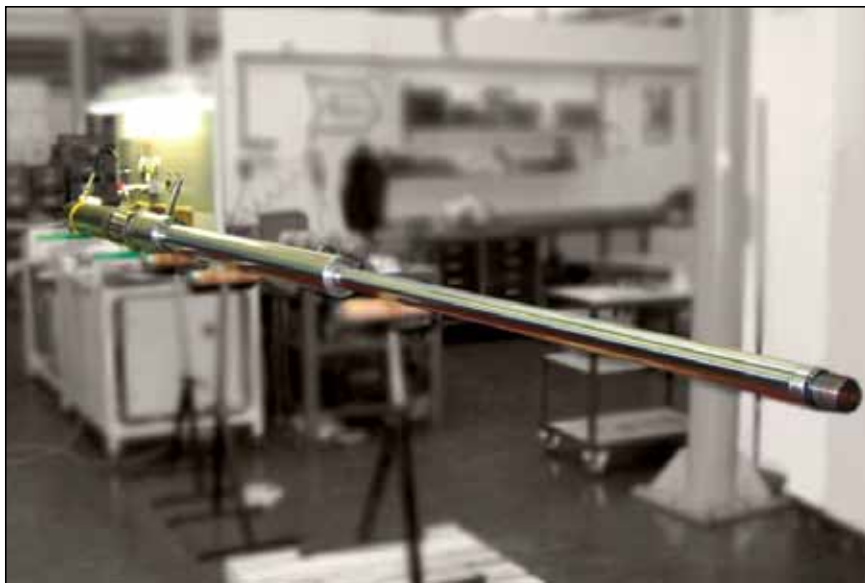
Da pa končni izdelek zadovolji vsa pričakovanja kupca, mora ta podati vse zahteve in pogoje delovanja, kot so: delovni in maksimalni tlak, način vgradnje, vgradna mera (minimalna), hod cilindra, minimalna in maksimalna temperatura okolice in medija, hitrost cilindra, sila in še razne druge zahteve, ki odločilno vplivajo na končni rezultat oz. na kakovost cilindra. Pri vseh teh zahtevah je zelo pomembno tudi to, kje so priključki za dovod in odvod (A in B) medija. Če so priključki na cevi cilindra, sta zaradi konstrukcije lahko samo dve stopnji. Če pa so priključki hidravličnega olja (A in B) na strani palice, je lahko stopenj več.

Prednost dvosmernih teleskopskih cilindrov je vsekakor majhna vgradna mera z razmeroma dolgim hodom. Da pa njihova uporaba ni tako pogosta, delno preprečuje tudi cena. Ti cilindri ne prenašajo bočnih (aksialnih) obremenitev in se načrtujejo



Napačno izbran cilindar (a) in pravilno izbran cilindar za hidravlično stiskalnico (b)

predvsem pri tlačnih silah. Če želimo, da cilinder opravlja funkcijo pri povratnem hodu, je potrebno to zahtevo vedeti že na začetku, saj se premeri cevi povečajo za silo, ki jo želimo dvigniti. To pride v poštev predvsem pri dvigovanju zapornic pri hidrocentralah, saj je takrat cilinder popolnoma stegnjjen in če je potrebno zapornico dvigati, cilinder opravlja povratni hod. Pri tem je treba upoštevati silo dviganja zapornice in silo samega cilindra. Ravno pri teh cilindrih za dviganje zapornic je potrebno upoštevati tudi hod na palici in težke vremenske pogoje. Tako se že pri načrtovanju upošteva dodatno posnemalo za strganje ledu s kromirane palice.



Dvostranski teleskopski cilinder za dvigovanje zapornic HE

Uporaba dvostranskega teleskopskega cilindra je vsekakor vsestranska, vendar kupci ne povedo natančno, za kaj bodo naročili cilinder uporabljali oziroma kam ga bodo vgradili, zato pride do popuščanja materialov zaradi prevelikih obremenitev in nepotrebnih stroškov popravila. Kupec z izdelkom ni zadovoljen, ker ne opravlja naloge dolgoročno brezhibno, ter se jezi na podjetje,

ki ga je izdelalo. Nepotrebno nezadovoljstvo, slaba volja, čas, ko stroj miruje zaradi popravila cilindra, nazadnje izguba dobička, slaba luč za proizvajalca cilindra – vse to je nepotrebno, če kupec ob naročilu cilindra pove, za kaj ga bo uporabljal oz. katero funkcijo bo opravljal, ker je tovrstni cilinder dražji od ostalih. Če upoštevamo stroške mirovanja

naprave, popravila cilindra, pa verjetno cena ni previsoka, ker omenjenih stroškov ni, če je sodelovanje med konstruktorjem v podjetju in poslovnim partnerjem – naročnikom odkrito, brez zamolčanih podatkov.

Maks Plesec, MAPRO d. o. o.



MAPRO d.o.o., Industrijska ulica 12, 4226 Žiri, Slovenija / T: +386 (0)4 510 50 90, F: +386 (0)4 510 50 91
E: info@mapro.si, I: www.mapro.si

Podjetje MAPRO d.o.o. razpisuje prosti delovni mesti:

PROJEKTNEGA INŽENIRJA (m/ž)

- VII. stopnjo strojne izobrazbe, lahko tudi absolvent/diplomant strojništva
- aktivno znanje ang./nemškega jezika,
- poznavanje obdelave kovinskih materialov (struženje, rezkanje),
- znanje računalniških programov MS Office, AutoCad, Inventor 3D.

CNC OPERATERJA (m/ž)

- IV./V. stopnja izobrazbe strojne smeri,
- znanje na področju CNC tehnologije,
- poznavanje merilne opreme in opravljanje meritev,
- znanje branja tehničnih načrtov in poznavanje obdelave kovinskih materialov (rezkanje, struženje).

Z izbranimi kandidatoma bomo sklenili pogodbo o zaposlitvi s poskusno dobo 3 oz. 1 meseca, z možnostjo zaposlitve za nedoločen čas in s polnim delovnim časom ter enoizmenskim delom.

Več informacij o razpisnih delovnih mestih najdete na spletni strani: <http://www.mapro.si/slo/o-podjetju/zaposlitev> .

Pisne ponudbe z življenjepisom pošljite na:

Mapro d.o.o., kadrovska služba - razpis, Industrijska ulica 12, 4226 Žiri, oziroma na elektronski naslov: jasna.plesec@mapro.si .

Vodna hidravlika – izziv za prihodnost

Načrtovanje novih izdelkov, izboljšave tehnologij, znižanje stroškov, izobraževanje ljudi in prilagajanje tržnim razmeram so nujne spremljevalke vsakega podjetja. Vsaka sprememba je po svoje izziv, še večji izziv pa je za majhna podjetja, med katera spada tudi podjetje Mapro, d. o. o., saj večinoma nimamo ne kadra ne zadovoljivih finančnih sredstev, da bi razvijali in preizkušali nove izdelke.

Zahteve okoljevarstvenikov kakor tudi nas samih so iz dneva v dan večje. Kako delno zmanjšati ali prispevati k zmanjšanju onesnaženosti okolja? Kje smo mi? Zamisel je dozorela v idejo.

Na jahtah in čolnih se uporablja hidravlika in v njej kot medij hidravlično olje. Vsaka poškodba sistema onesnažuje in obremenjuje ekosistem in vodne vire. Tudi nevarnost požarov je velika, nevarna sta tudi čiščenje in sanacija hidravličnih sistemov.

Večji projekti so dragi, zahtevajo svoj čas, vire in veliko angažiranost zaposlenih. Na vsa ta razmišljanja in izzive smo se lani sestali s predstavniki Evropskega sklada za regionalni razvoj iz BSC Kranj in s Fakulteto za strojništvo v Ljubljani. Po kratki predstavitvi projekta smo letos začeli izvajati projekt CrossInno. Poleg Fakultete za strojništvo in Biotehnične fakultete Univerze v Ljubljani smo k sodelovanju povabili tudi zunanjega sodelavca g. Vincenca Faladoreja in postavili smernice za izvedbo projekta.

Naš cilj je ponuditi trgu ekološko sprejemljiv hidravlični vodni sistem. Zato smo se odločili za vodno hidravliko na jahtah in čolnih z oznako WHYB 2011. Sama ideja je zelo smela in ima veliko pasti, vendar se pri tem projektu postavlja vrsta zahtev, ki jih bomo morali odpraviti in rešiti.

Tako moramo izdelati modularni vodni hidravlični sistem, ki ga bo

mogoče prilagoditi tudi za različne druge namene v farmaciji, medicini, kemični ali prehranski industriji.

Prednosti vodne hidravlike so tako:

- zmanjšanje nevarnosti požarov,
- zmanjšanje stroškov obratovanja in vzdrževanja,
- zmanjšanje ekološke obremenitve in takse na obremenjevanje okolja,
- lahka dostopnost medija.

Izpostaviti pa je treba nekaj ključnih zahtev, ki jih je potrebno odpraviti, in sicer:

- tesnila in posledično samo tesnjenje sistema,
- filtriranje, na kakšen način,
- kakšen sistem se bo uporabljal,
- kateri materiali so primerni zaradi korozivnosti medija v sistemu in medija zunaj (slano okolje) in električnih potencialov.

Med samim izvajanjem projekta iščemo ustrezne rešitve in smo na pravi poti novega edinstvenega izdelka. Pojavlja se veliko vprašanj, veliko testiranj, vendar glede na dosedanje uspešno začetno delo predvideva-



Komponente krmilnega ventila za vodno hidravliko

- kakšen medij se bo uporabljal: vodovodna, destilirana, čista voda ali voda z dodatki, glikol, alkohol ali ekološki dodatki,
- problem nizkih temperatur,
- gretje sistema,
- koliko dodatne energije za gretje sistema potrebujemo, kje jo dobiti,
- rast mikroorganizmov, njihovo negativno delovanje,
- kako njihovo rast omiliti oz. obrniti v našo korist, ker se zaradi njih zmanjšuje pretočnost, zatrujejo

mo, da bomo lahko pripravili naslednje poročanje o vodni hidravliki za jahte in čolne do konca oktobra oziroma po zaključku projekta, to je do konca tega leta.

Maks Plešec
MAPRO d. o. o.

MAPRO
HYDRAULIC MOVEMENT



ZAGOTAVLJAMO POPOLNO GIBANJE



Hidravlični cilindri: MD18ME 300/220x3200-350 bar

Naše poslanstvo je zagotavljati popolno in zanesljivo gibanje hidravličnih naprav.

Podjetje Mapro d. o. o., proizvaja in prodaja hidravlične cilindre, kromirane batnice/palice, cevi, tesnila in druge sestavne dele za proizvodnjo hidravličnih cilindrov. Paleta izdelkov obsega od preprostejših izvedb do najbolj zahtevnih visokotehnoloških cilindrov in hidravličnih komponent. Izdelke odlikuje vrhunski dizajn, visoka stopnja varnosti in 100 % testiranje. Po zaslugi najsodobnejše opreme lahko v najkrajšem možnem času izdelamo izdelke v skladu z najbolj zahtevnimi željami naročnikov.

Kataloge izdelkov dobite na spletu www.mapro.si, lahko pa vam jih pošljemo tudi po pošti.



MAPRO
HYDRAULIC MOVEMENT

MAPRO d.o.o., Industrijska ulica 12, 4226 Žiri, Slovenija, T ▶ +386 4 510 50 90, F ▶ +386 4 510 50 91, E ▶ info@mapro.si, I ▶ www.mapro.si



Vetrne elektrarne stare že 120 let!

Zajemanje moči vetra se v svetovnih razmerah razglaša za enega od pomembnih virov obnovljivih vrst energije, ki lahko zagotavlja več bolj čiste elektrike. Zgodovina pridobivanja elektrike iz vetra pa je stara že 120 let.

Charles Francis Brush iz Clevelanda je že takrat na svojem dvorišču postavil »kolosalni mlin na veter« s premerom vetrnice 17 m (56 čevljev). Sočasno pa je razvil in patentiral tudi izvedbo plošč za galvanske člene, ki so postale standardne pri električnih akumulatorjih. Generirano električno energijo je tako shranjeval v 408 akumulatorjih v kleti svoje hiše.

Po startu leta 1888 je Brushev vetrni generator napajal obsežen laboratorij s 350 žarnicami, dvema obločnicama in tremi elektromotorji.

Kolo vetrnice je bilo montirano na 6 m dolgo gred s premerom 165 mm in podprto z dvema ležajema s samodejnim oljnim mazanjem na vrhu 18 m visokega prizmatičnega stolpa. Prestavno razmerje med vetrnico s 144 jadrnimi krili in dinamom je bilo 1 : 50, prenos pa je bil izveden s 800 mm širokim ploščatim jermenom. Dinamo, ki ga je vgradil Brush, je bil takrat že standardna sestavina, na voljo na svetovnem trgu.

Povsem inovativna rešitev pa je bil »avtomatski regulator napetosti«, ki je zagotavljal stalno napetost, ki ni preseгла 90 V. Po zagonu je dinamo samodejno preklopljen na polnjenje akumulatorjev z napetostjo 75 ± 5 V in omejitvijo na 90 V pri neobremenjenem stanju. Izmerjena moč generatorja je bila 12 kW pri vrtilni frekvenci 500 min⁻¹.

Revija *Scientific American* je v decembru 1890 posebej opozorila bralce, da ne smejo predpostavljati, da je električna razsvetljava s tem načinom generiranja energije poceni. Veter je res brezplačen, zato pa je postroj za njeno pridobivanje vse prej kot poceni. Pri tem pa je nad vse spodbudno, da nov naravni način pridobivanja električne energije uspešno deluje. Postroj je v neprekinjenem pogonu že več kot dve leti.

»Mlin na veter« se je uspešno izpolnjeval z novo opremo, ki je bila z leti na voljo, vključno s tem da je bila Brusheva elektrarna vključena v lokalno električno omrežje. Iz rednega obratovanja je bila izključena šele leta 1925.

Po *Mechanical Engineering*
133 (2011)4 – str. 51

Enostavno vezje omogoča štiri hitrosti podajanja

Hidravlično vezje, sestavljeno iz treh enostavnih elektromagnetno vkrmljenih potnih ventilov in štirih povratno-dušilnih ventilov, omogoča štiri različne hitrosti podajanja hidravličnega valja – »počasi in hitro naprej ter počasi in hitro nazaj«.

V ilustracijo delovanja vezja so delovni in signalni vodi prikazani na shemi. Izbira gibanja »naprej – nazaj«

se opravlja s 4/3-ventilom A, »hitro – počasi« omogočata 2/2-ventila B, nastavljanje hitrosti podajanja pa povratno-dušilni ventili C in D. Pri tem pri hitrih gibih olje teče skozi oba povratno-dušilna ventila C in D, zato je razmerje tokov pri hitrem in počasnem gibu lahko zelo visoko.

Po *H & P* 64(2001)2 – str. 20

slow – počasi
fast – hitro
retract – nazaj
extend – naprej
slow extend – počasi naprej
slow retract – počasi nazaj
fast retract – hitro nazaj
fast extend – hitro naprej



TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA
01

t: 01 620 34 03
f: 01 620 34 09
e: info@tp-lj.si
www.tp-lj.si

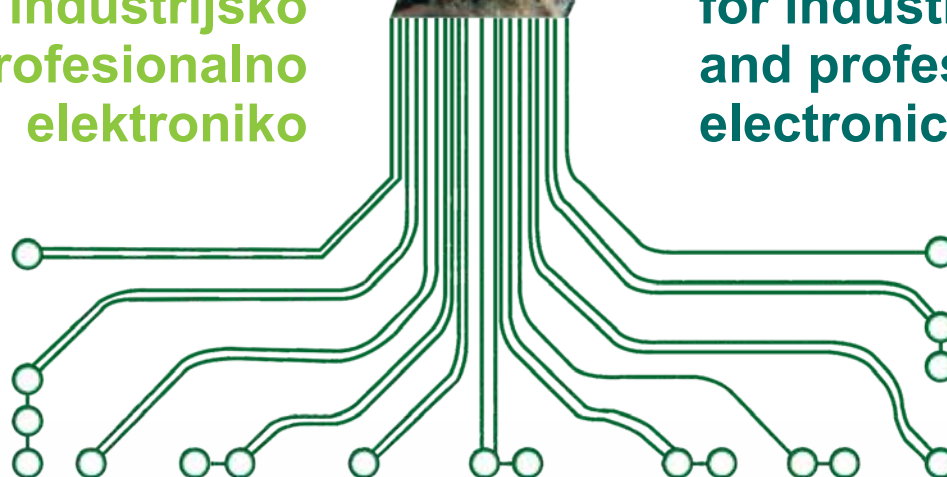
Tehnološki park Ljubljana d.o.o.
Tehnološki park 19
SI-1000 Ljubljana

INTRONIKA



Mednarodni
strokovni sejem
za industrijsko
in profesionalno
elektroniko

International
Trade Fair
for industrial
and professional
electronic



SREBRNI SPONZOR

SICK
Sensor Intelligence.

25. - 27. 01. 2012

Slovenija, www.intronika.si

Novost v ponudbi: Godexovi tiskalniki nalepk po dostopni ceni

Kdor potrebuje zmogljive industrijske tiskalnike nalepk po dostopnejši ceni in kakovosti, primerljivi tiskalnikom Zebra, mu LEOSS z majem ponuja pravo rešitev. Uporabniki namreč cenijo manjše naprave za nalepke, ki ponujajo veliko. In prav to so Godexovi inženirji upoštevali pri snovanju serije sodobnih namiznih in industrijskih tiskalnikov nalepk, ki nas v marsičem nostalgčno spominja na Eltroneve. Zaradi ugodnih cen in visoke kakovosti Godex zadovolji tudi manjše in srednje organizacije.

Za izpisovanje večjega števila nalepk in industrijska okolja sta priporočljivi seriji EZ-2000Plus in EZ-6000Plus, katerih tiskalniški mehanizem je pred vplivi okolja zaščiten v robustnem kovinskem ohišju. V manj industrijskih okoljih pa se izkažejo tudi

modeli serije EZ-1100Plus in EZ-1105, katerih prednosti so: pokrov je med tiskom lahko odprt, EZ-1105 prenese večjo širino etiket (do 118 mm) in večjo dolžino folije (do 110 m).



Godex_EZ-6000P

Poudarki:

- robustno kovinsko ohišje,
- dostopna cena,
- priklop »plug and play« (USB 2.0),
- široka izbira povezovanja (serijsko, USB 2.0, Ethernet, 10/100Mbps, CF),
- možnost razširitve spomina s CF-kartico,
- ločljivost 200 ali 300 dpi,
- širina tiskanja do 168 mm (serija EZ-6000),

- hitrost tiska 150 mm/s (203 dpi) oz. 102 mm/s (300 dpi),
- priložena je programska oprema za kreiranje nalepk QLabel,
- parametri tiskalnikov se nastavljajo s pomočjo orodja »Control Center«.

Dodatki:

- nož,
- PS2 in paralelni priklop,
- zunanja in notranja navijalna enota,
- brezžična povezljivost (802.11b/g).

Ali je označevanje blaga ključnega pomena za vaše poslovanje? Pokličite LEOSS in pomagali vam bodo poenostaviti in pospešiti delo, zmanjšati število napak in povečati produktivnost. Za vse izdelke iz svojega kataloga zagotavljajo kompletno podporo in pomoč kot tudi vzdrževanje v lastnem servisu. Ne želite investirati v nakup? Možen je tudi najem opreme.

Vir: LEOSS, d. o. o., Dunajska c. 106, 1000 Ljubljana, tel.: 01 530 90 20, faks: 01 530 90 40, internet: www.leoss.si, e-mail: leoss@leoss.si, g. Gašper Lukšič



Godex EZ-1105 z zunanjim kolutom nalepk



Mednarodni sejem za avtomatiko, robotiko, mehatroniko ...
International Trade Fair for Automation, robotics, mechatronics, ...

25.-27.01.2012

www.ifam.si

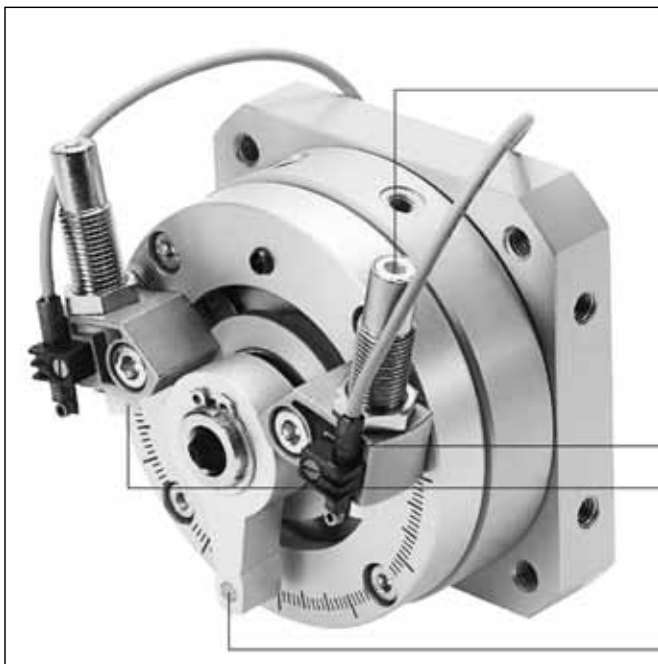
SREBRNI SPONZOR



Zasučni modul DSM-B

Modul DSM-B je edinstven nihajni pogon s fiksnim omejitnikom, z zanesljivim in največjim dušenjem ter največjo natančnostjo pri več kot desetih milijonih delovnih ciklov. Modul vključuje še prostorsko varčne senzorje.

Zasučni pogon ima zanesljivo, prilagodljivo in natančno nastavitev kota zasuka v območju do 270°. Ločena nastavitev obeh držal za blažilnik, ki sta fiksirani v utoru, je enostavna in brezstopenjska. Fina nastavitev se doseže z vijakom z ugreznjeno glavo. Kovinska puša deluje kot omejitnik in zagotavlja največjo možno natančnost nastavljivega blažilnika udarcev.



Izbirati je mogoče med tremi načini blaženja. Za prevzemanje majhnih energij in hitre delovne cikle so primerni blažilniki iz elastomerov, za večje momente in ponavljajoče se gibe z natančnostjo položaja $\pm 0,1$ o hidravlične zavore, za hitre delovne cikle, izjemno zahtevo po natančnosti

končnega položaja in srednjo energijo absorpcije pa so primerni novi prilagodljivi elastomerni blažilniki.

Izbirati je mogoče med različnimi mejnimi stikali, ki zahtevajo malo prostora in jih je mogoče predvsem zaradi optimalne konstrukcije držala senzorja enostavno in hitro montirati. Za večje obremenitve ima tandem izvedba – DBM-T-B – dvojni moment v celotnem nastavljivem območju gibanja.

Moduli so na voljo v velikostnih razredih: 12, 16, 25, 32, 40 in 63 z momenti med 1,25 in 40 Nm pri 6 barih, kotom zasuka 270° pri elastomernem blažilniku, 246° pri nastavljivem elastomernem dušilniku ter med 236° in 240° pri hidravličnem blažilniku. Ponovljivost je 0,1 pri hidravličnem in nastavljivem elastomernem blažilniku ter 1 pri fiksnem elastomernem blažilniku.

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

Nov filter HYDAC PLF1 za procesno tehniko

Poleg zelo kakovostne filtracije oljnih medijev je HYDAC že leta uspešno prisoten na področju procesne filtracije nizkoviskoznih vodi podobnih medijev. Najnovejši izdelek na tem področju se imenuje PLF1 in je namenjen odstranjevanju trdih delcev iz različnih tipov vode, hladilnih medijev, pralnih emulzij, olj v obdelovalnih strojih.

Osnovo predstavlja na novo razvit filtrski element z oznako PELF1 z več kot 5 m² filtrirne površine, finosti od 3 do 90 μ m, veliko sposobnostjo zadrževanja umazanije in inovativnim konceptom vgradnje elementa v filtersko ohišje. Vgradi se namreč tako, da se filtrski element natakne čez okrov in ne v element integrirane podpore, kar ima to prednost, da se minimira

kontaminacija čiste strani med menjavo filtrskega elementa.

Okrovi so modularne zasnove, iz navadnega ali nerjavečega jekla in se lahko po potrebi prilagodijo različnim pretočnim razmeram z uporabo enega ali dveh filtrskih elementov PELF1.

Filtri so uporabni povsod tam kjer se zahteva visoka čistost medija, recimo vgraditev pred UV in membranskimi filtri, za pripravo procesnih voda ter proizvodnjo čiste in ultračiste vode ter za filtriranje hladilno-mazalnih medijev.

Vir: HYDAC, d. o. o., Zagrebška c. 20, 2000 Maribor, tel.: 02 460 15 20; faks: 02 460 15 22, e-mail: info@hydac.si, g. Dejan Glavač



Vgraditev filtra – a in filtrirni vložek – b

Novosti s področja povezav različnih industrijskih omrežij

Švedsko podjetje HMS za komunikacijske rešitve predstavlja novosti blagovne znamke Anybus za premagovanje težav povegljivosti različnih industrijskih omrežij, ki komunicirajo preko različnih protokolov. Vse komunikacijske rešitve so združljive z izdelki vodilnih proizvajalcev opreme za avtomatizacijo, kot so Mitsubishi, Siemens, Rockwell in drugi.

Anybus X-Gateway CANopen Master/Slave

Najnovejši izdelek iz družine X-Gateway je komunikacijski prehod za naprave CANopen, s katerim je možno povezati katerokoli napravo CANopen, ki deluje kot »slave«, s praktično vsakim industrijskim omrežjem, kot je Profibus, DeviceNet, Modbus,



ControlNet ali ProfiNet, EtherNet/IP, EtherCAT ali Modbus-TCP. Komunikacijski modul je izdelan v industrijski izvedbi in kompaktnih dimenzij. Za konfiguracijo pa ni potrebno po-



sebno znanje programiranja, saj se lahko uporabi priložen konfigurator, možna pa je tudi konfiguracija s kakšnim drugim standardnim konfiguratorjem CANopen.

Anybus X-Gateway Modbus-TCP Master/Client

Družina X-Gateway je razširjena še z modulom Modbus-TCP Master/Client, ki deluje kot prevajalnik med omrežji in ga je mogoče vključiti v drugo nadzorno industrijsko omrežje. Glavni namen je hiter prenos I/O-po-

datkov med Modbus-TCP in drugim omrežjem. Z uporabo komunikacijskega prehoda se lahko odstrani tudi vmesnik za krmilnik Modbus-

-TCP Client/Master, s tem se zmanjšajo stroški celotnega sistema. Za konfiguracijo se uporablja preprost spletni vmesnik, do katerega se dostopa neposredno na modul preko ethernet povezave. Za varnostno ko-

piranje konfiguracije in nastavitvev pa ima modul tudi možnost shranjevanja na SD-kartico, ki olajša delo pri odkrivanju morebitnih napak.

Brezžična industrijska komunikacija

Logičen korak naprej pri povezavi industrijskih omrežij je vedno bolj razširjena in zanesljiva brezžična komunikacija. Novi modul Anybus Wireless Bridge ponuja rešitev, ki omogoča povezavo naprav Modbus-TCP, ProfiNet in EtherNet/IP preko WLAN ali Bluetooth brezžičnega omrežja do razdalje 400 m. S tem se olajša delo sistemskim integratorjem, oblikovalcem omrežja in vzdrževalnim službam, saj se tako izognejo fiksni ožičenju na težko dostopnih in nevarnih mestih ter na vozičkih in podobni transportni tehniki, kjer tipično fiksno ožičenje ni možno.

Vir: INEA, d. o. o., Stegne 11, 1000 Ljubljana, tel.: 01 513 81 30, 51381 00, faks: 01 513 81 70, e-pošta: anton. accetto@inea.si, www.hms.se



VENTIL
REVIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
e-mail: ventil@fs.uni-lj.si

National Instruments predstavlja najzmogljivejše digitalizatorje na vodilu PXI

Digitalizatorje za 3 in 5 GHz odlikuje tehnologija Tektronix®, ki omogoča ter razširja zmogljivost digitalizatorjev pri avtomatiziranem preizkušanju.

Družba *National Instruments* (Nasdaq: NATI) je predstavila digitalizator PXI z najvišjo pasovno širino v panogi, ki dopolnjuje hitro rastočo ponudbo zmogljivih instrumentov na vodilu PXI. Digitalizator NI PXIe-5186 je bil razvit v sodelovanju z družbo *Tektronix* (www.tektronix.com), svetovno vodilnim proizvajalcem osciloskopov, in vključuje tehnologijo Tektronix, ki omogoča doseganje pasovne širine do 5 GHz ter frekvence vzorčenja do 12,5 Gvz/s. Najavili so tudi digitalizator NI PXIe-5185, ki ponuja pasovno širino 3 GHz pri frekvenci vzorčenja 12,5 Gvz/s. Oba digitalizatorja sta del strojne in programske platforme družbe National Instruments na osnovi vodila PXI, ki zagotavlja optimizirano zmogljivost aplikacij za avtomatizirano preizkušanje.

»Novi digitalizatorji dodatno potrjujejo vpliv Moorovega zakona na aplikacije za preizkušanje, saj prinašajo večjo zmogljivost pri manjši velikosti, ki jo omogoča vodilo PXI.«
Posebna integrirana vezja ASIC za



zmogljive osciloskope iz družbe Tektronix predstavljajo podlago za hitro zajemanje signalov z nizkim šumom in visoko linearnostjo, temeljijo pa na izredno zanesljivem procesu SiGe IBM 7HP. Primer vrhunske natančnosti signala, ki ga omogoča tehnologija družbe Tektronix, je neverjetno nizko tresenje vzorčenja digitalizatorja. To znaša le 500 fs RMS, kar pri frekvenci 5 GHz zagotavlja osupljivih 5,5 efektivnih bitov (ENOB). Tehnologija družbe National Instruments zagotavlja izredno hiter prenos podatkov za hitrejše izvajanje preizkusov in natančno časovno usklajevanje ter sinhronizacijo med enotami za gradnjo integriranih preizkusnih sistemov z velikim številom kanalov. Digitalizatorji so zasnovani za platformo 3U PXI Express, ki omogoča pretakanje podatkov s hitrostmi do 700 MB/s in sinhronizacijo kanalov različnih enot z ločljivostjo 160 ps. Te zmogljivosti po-

menijo, da so digitalizatorji idealni za načine uporabe, kot so avtomatizirano proizvodno preizkušanje, avtomatizirano preizkušanje polprevodnikov in merilni sistemi v fiziki visokih energij.

Digitalizatorji delujejo s programsko opremo za grafično načrtovanje za krmiljenje in avtomatizacijo instrumentov NI LabVIEW, z razvojnim okoljem NI LabWindows™/CVI za programsko opremo ANSI C ter razvojnimi orodji Microsoft Visual Studio .NET, tako da je na voljo široka ponudba možnosti za programiranje. Načrtovalci lahko digitalizatorje programirajo z gonilnikom NI-SCOPE ali novim dodatkom LabVIEW Jitter Analysis Toolkit, ki ponuja knjižnico funkcij, prilagojenih merjenju tresenja, očesnega diagrama in faznega šuma pri hitrih prenosi podatkov.

Na naslovu www.ni.com/digitizers je na voljo več informacij o novih digitalizatorjih in dodatku LabVIEW Jitter Analysis Toolkit.

Vir: *National Instruments, d. o. o., Kosovelova 15, 3000 Celje, tel.: +386 3 4254 200, faks: +386 3 4254 212, e-pošta: ni.slovenia@ni.com, internet: www.ni.com/slovenia*

Brezkontaktno merjenje pretoka

SICK je predstavil ultrazvočni senzor FFU za določanje volumna pretoka prevodnih in neprevodnih tekočin

Plavanje proti toku reke zahteva več energije kot s tokom. Na tem enostavnem principu temelji tudi ultrazvočno merjenje pretoka z merjenjem fazne razlike ultrazvoka. Naprava ima kompaktno ohišje, ki dovoljuje fleksibilno vgradnjo tudi na omejenem prostoru. Kot rezultat vodotesnega ohišja z uporabo visokokakovostnega polisulfona in zaščitnim razredom IP67 je senzor FFU primeren za uporabo v najrazličnejših zahtevnih oko-

ljih in hkrati zagotavlja zanesljivo delovanje v vseh procesih. Velik zaslon z jasnimi tekstovnimi informacijami pripomore k hitremu in enostavnemu zagonu brez zapletov.

FFU ima natančnost $\leq 2\%$ od končne vrednosti in je na voljo s priključki nominalnih premerov od DN10 do DN 25. S tem pokriva široko področje uporabe pri aplikacijah s pretokom od 0,3 l/min do 240 l/min. Z uporabo s FDA skladnih materialov in certifikatom EHDG ni primeren le za aplikacije s hladilno-mazalnimi tekočinami in detergentski, ampak tudi pri polnilnih



procesih v živilski industriji.

Vir: *SICK, d. o. o., Cesta dveh cesarjev 403, 1000 Ljubljana, tel.: 01 47 69 990, faks: 01 47 69 946, e-mail: office@sick.si, <http://www.sick.si>*

Laserski varnostni skener Omron OS23C

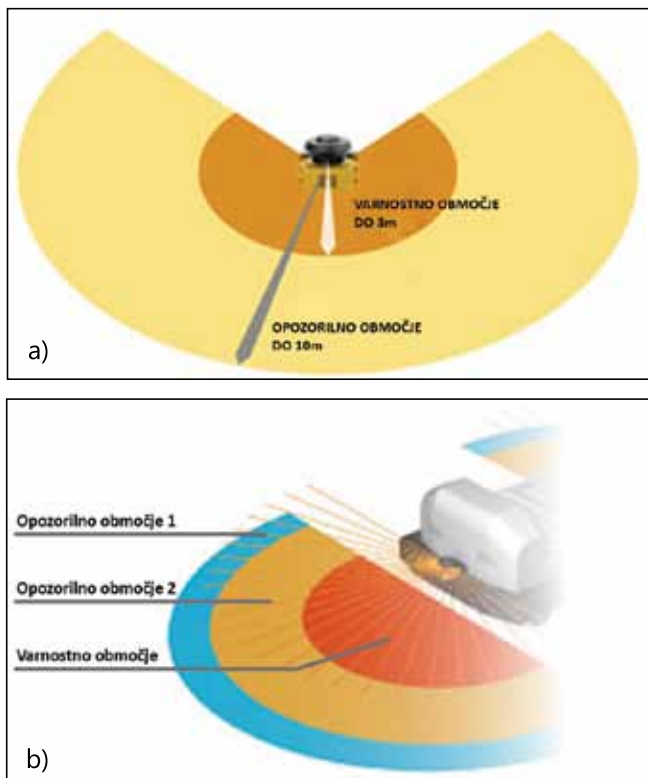
Podjetje Omron je razširilo ponudbo izdelkov na področju varnostne tehnike z varnostnim laserskim skenerjem. S svojo revolucionarno obliko je trenutno najmanjši varnostni laserski skener, ki omogoča enostavno montažo. OS23C (slika 1) zagotavlja varnost kategorije 3 (brez dodatnega varnostnega krmilnika) in je skladen z varnostnim standardom ISO 13849-1 PLD in SIL 2.

OS23C je trenutno najmanjši varnostni skener na svetu. Z dimenzijami 133 mm x 143 mm x 105 mm in maso 1,3 kg ne potrebuje veliko prostora za montažo. Njegova poraba znaša 5 W. Kljub temu lahko pokriva območje 270° z zaznavno razdaljo do 10 m (slika 2a). Nastaviti je možno varnostno območje do 3 m in dve stopnji opozorilnega območja do 10 m.

Zaznavno območje skenerja je mogoče razdeliti na (do) 70 posameznih sektorjev in vsakemu posebej definirati varnostno ter dve opozorilni območji (slika 2b).



Slika 1. Laserski skener OS23C



Slika 2. Veliko varovalno območje (a) in delitev območja zaznavanja (b)

Po obodu skenerja je nameščenih osem svetlobnih indikatorjev za lažjo določitev smeri, iz katere je varnostno območje prekinjeno. Na sprednjem delu je nameščen LED-vmesnik, ki kaže delovanje in status skenerja brez povezave z osebnim računalnikom (slika 3).

OS23C se parametrira s pomočjo pripadajočega programskega orodja (slika 4). Vmesnik je enostaven in intuitiven, tako da za nastavitve ne potrebujemo veliko časa. Parametriranje je možno v realnem času, poleg tega program omogoča skeniranje področja s pomočjo laserskega žarka in na ta

način definira robove okolice, ki so potem vidni v programu. Definirani robovi se lahko uporabijo tudi kot referenčna postavitev, saj se s tem prepreči nepooblaščen premik ali demontaža laserskega varnostnega skenerja (slika 3). Varnostnemu skenerju je možno nastaviti odzivni čas v obsegu od 80 do 680 ms, kar omogoča filtriranje in preprečevanje neželeno ustavljanje (na primer pri letajočih delcih v okolici).

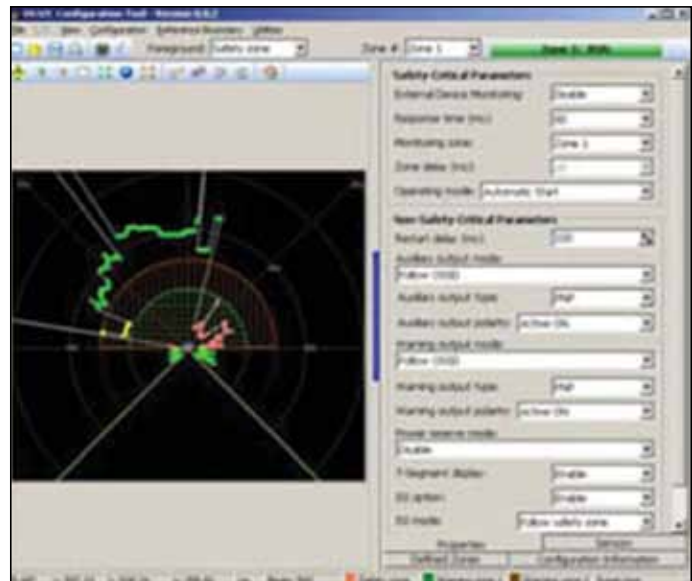
Ethernetova podpora omogoča povezavo več varnostnih skenerjev in s tem olajša analiziranje in preverjanje statusa skenerjev ter vzroka pri varnostni ustavitvi.

Varnostni laserski skener OS23C zaradi svoje fleksibilnosti pogosto nadomešča varnostne zavese in senzorje. Še posebej tam, kjer je potrebno širše varovanje območja, se izkaže kot cenovno ugodnejša rešitev. V primerih, da se na že obstoječem skenerju pojavijo drugačne zahteve po varnostni funkciji, se skener enostavno premesti in/ali nastavi na drugačno delovanje.

Številni primeri so potrdili primernost uporabe skenerja. Tako ga je mogoče uporabiti pri varilnih celicah za



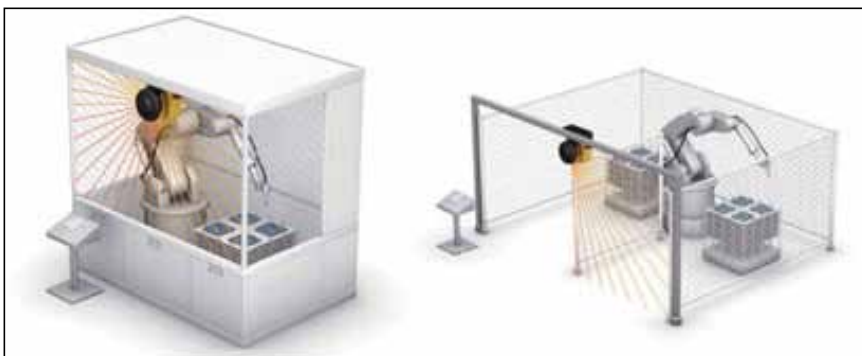
Slika 3. LED-vmesnik na sprednjem delu



Slika 4. Programsko orodje za parametriranje

varovanje posameznih strani robota (slika 5). Zaradi majhnih dimenzij je primeren tudi za montažo majhnih izdelkov in delo v dimenzijsko majhnih

vanje trkov med vozili in varovanje ljudi. Samo z uporabo dveh skenerjev je mogoče varovati vso območje vozila.



Slika 5. Varovanje varilne celice in preklapljanje med profili varovanja

strojih. Varuje lahko več strani pred strojem, kjer je mogoče pokrivati 270° samo z enim skenerjem.

Pri avtomatsko vodenih vozilih (AVZ) se skenerji uporabljajo za prepreče-

Vir: MIEL, d. o. o., Efenkova cesta 61, 3320 Velenje, tel.: 03 898 57 50, faks: 03 898 57 60, e-pošta: omron-podpora@miel.si ali info@miel.si

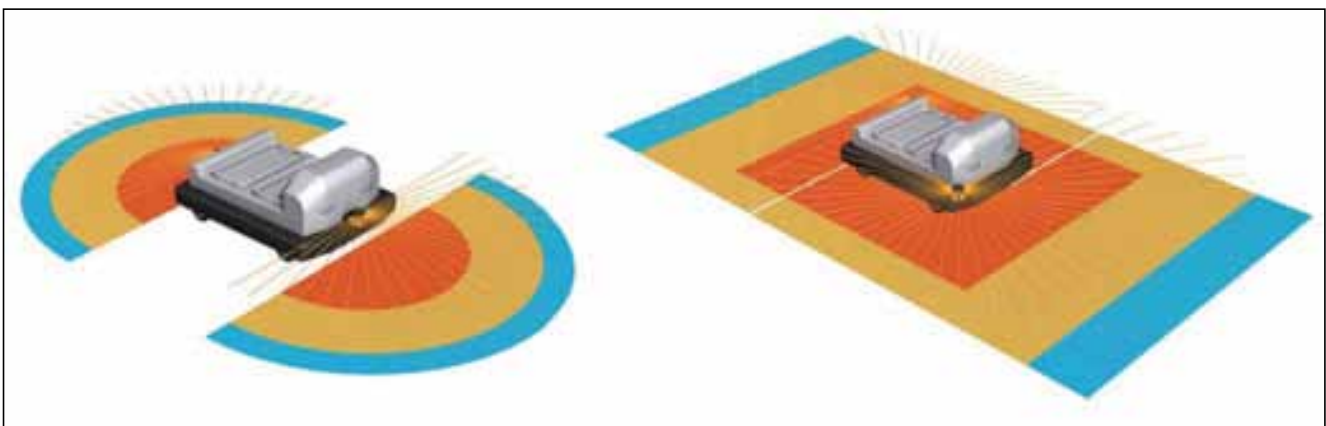
industrijski forum IRT
www.forum-irt.si

4. industrijski forum 2012
Inovacije, razvoj, tehnologije

Portorož, 11. in 12. junij

VENTIL
REVIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
telefaks: + (0) 1 4771-761
http://www.fs.uni-lj.si/ventil/
e-mail: ventil@fs.uni-lj.si



Slika 6. Uporaba za varovanje avtomatsko vodenih vozil








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: opl.trzin@siol.net
www.opl.si

Zanimivosti na spletnih straneh

[1] **E-knjiga o hidravličnih vezjih kompletirana** – www.hydraulic-pneumatics.com – Revija *Hydraulics & Pneumatics* je na svojih spletnih straneh kompletirala vseh 23 poglavij e-knjige *Fluid Power Circuits Explained* (Kako delujejo fluidnotehnična vezja) avtorja B. Trinkla. Priročnik izčrpno predstavlja in opisuje delovanje značilnih fluidnotehničnih vezij. Zadnje, 23. poglavje je namenjeno predstavitvi primerov vezij 100-tonske stiskalnice, visoko učinkovitega krmilnega vezja in koračnega dodajalnika razvitih kartonskih škatel s sinhroniziranim gibanjem va-

ljev. Vsak primer vezja je prikazan v različnih delovnih stanjih – od mirovanja, z delujočo črpalko, gibanjem valjev, hitrim gibom itn.

Prva e-knjiga *Fluid Power Basics* (Osnove fluidne tehnike) istega avtorja B. Trinkla na istem spletnem naslovu je že postala najpopularnejša knjiga – priročnik na spletu.

V pripravi je naslednja e-knjiga na obravnavanem področju znanega avtorja J. L. Johnsona *Kako delujejo fluidnotehnična vezja*.

IRT³⁰⁰⁰
inovacijerazvojtehnologije
www.irt3000.si


strojnistvo.com
križišče strojnikov

Oglaševalci

CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	249
DOMEL, d. d., Železniki	216
DVS, Ljubljana	207
FESTO, d. o. o., Trzin	187, 274
HPE, d. o. O., Ljubljana	221
HYDAC, d. o. o., Maribor	187
HYPEX, d. o. o., Lesce	209
ICM, d.o.o., Celje	259, 265, 273
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (PE.) NORGRN, Lesce	187
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	205
KLADIVAR, d. d., Žiri	188
LOTRIČ, d. o. o., Selca	187, 215
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	187
MAPRO, d. o. o., Žiri	187, 263
MOTOMAN ROBOTEC, d. o. o., Ribnica	190
NATIONAL INSTRUMENTS, d. o. o., Celje	253
OLMA, d. d., Ljubljana	187
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin	187, 272
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	187
PIRNAR & SAVŠEK inženirski biro. d. o. o., Trbovlje	187, 216
PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	203
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	216, 254
SICK, d. o. o., Ljubljana	187
TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	264
UM, Fakulteta za strojništvo	239
UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	213, 232