

VENTIL

REVIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

ISSN 1318 - 7279 | APRIL, 13 / 2007 / 2



Rexroth
Bosch Group

FESTO

HYDAC



anything possible

UMA
Automation

- Ventil na obisku
- Mehatronika
- Vizualizacija merjenja deformacij
- Odklanjalo za vodenje laserskega žarka
- Regulirani pogoni
- Podjetja predstavljajo

www.olma.si

industrijska olja in maziva

Proizvodni program:

hladilno mazalna sredstva, sredstva za hladno preoblikovanje,
sredstva za antikorozijsko zaščito, olja za termično obdelavo, mazalne masti,
olja za posebne namene, razmastilna sredstva, pomožna sredstva za gradbeništvo,
hidravlične tekočine, maziva in tekočine za motorna vozila, olja za zobniške prenosnike,
svetovanje in ekologija



OLMA
LUBRICANTS

Impresum	69	■ VENTIL NA OBISKU	
Beseda uredništva	69	FDS Research – visokotehnološki uporabniško naravnani sistemi strojnega vida	78
■ POROČILA – VESTI	70	■ MEHATRONIKA – IZOBRAŽEVANJE	
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	73	Peter BUTALA, Ivan VENGUST: Študij mehatronike na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani	82
■ ALI STE VEDELI	113	Bogdan VALENTAN, Igor DRSTVENŠEK, Riko ŠAFARIČ: Univerzitetni interdisciplinarni študij MEHATRONIKA na Univerzi v Mariboru – študij za prihodnost	87
Seznam oglaševalcev	134	Robert HARB: Šolski center Ptuj in višješolski program mehatronika	89
Znanstvene in strokovne prireditve	88	Darko HRIBAR: Izobraževanje na področju mehatronike v srednje in višješolskih programih	91

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

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

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

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

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

Titus+Lama+Huwil
LAMA, d. d., Dekani
Dekani 5, SI-6271
Dekani,
Tel: (0)5 66 90 241
Fax: (0)5 66 90 431
www.automation.lama.si
www.titusplus.com

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

■ MERITVE

Matjaž EBERLINC, Marko HOČEVAR, Stane PIVK, Brane ŠIROK: Vizualizacijska metoda merjenja deformacije lopatic aksialnih ventilatorjev
 94 |

■ LASERSKA TEHNIKA – OZNAČEVANJE

Aleš BABNIK, Aleš BIZJAK, Janez DIACI: Razvoj odklanjalca za rastrsko vodenje žarka pri laserskem označevanju
 102 |

■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

Gregor EDELBAHER, Branko FOŠNER: Uvajanje reguliranih pogonov v podzemnih premogovnikih
 108 |

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

LiteBatch – orodje za vodenje šaržnih procesov na standardni PLK-opremi (INEA)
 116 |

Pozicioniranje na enostaven način s programskim modulom POZ-PRO (PS)
 117 |

National Instruments predstavlja LabVIEW SignalExpress za enostavno izvajanje meritev (NATIONAL INSTRUMENTS)
 119 |

National Instruments platformi NI CompactDAQ dodal 19 novih V/I-modulov in LabVIEW SignalExpress (NATIONAL INSTRUMENTS)
 121 |

■ NOVOSTI NA TRGU

Parker-Balstonovi generatorji dušika (HIDEX)
 122 |

Podjetje Domel zastopa proizvajalca robotov STÄUBLI (DOMEL)
 122 |

■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

FP-TECH – inovativnost in prilagodljivost, vodili pri razvoju posebnih strojev
 123 |

INOJET – sistem za rezanje z vodo
 126 |

■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Nove knjige
 128 |

Integralni sezname standardov SIST EN, SIST EN ISO in SIST ISO za področja fluidne tehnike
 129 |

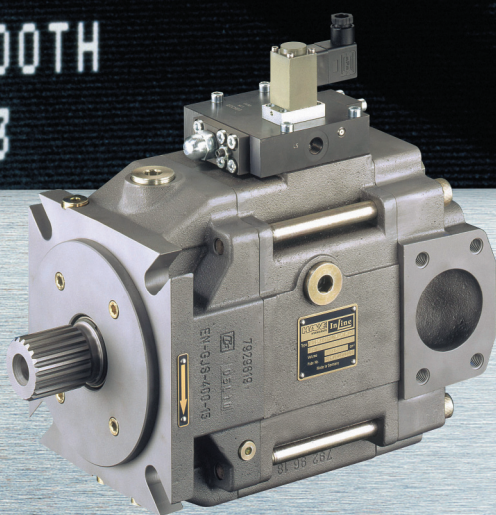
■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Zanimivosti na spletnih straneh
 134 |



5:34
YNRNG
58 db
5ML
EPTH
51 MM
OWER
50%
FPS
24
EJECT
1
EDGE
1
GREY
4
MOOTH
3

0 mm



Tako majhna, a že čisto prava črpalka

Ni dolgo tega, ko je naša nova aksialno-batna variabilna črpalka V30E zagledala luč sveta. Ker je razvita na podlagi najnovejših spoznanj o črpalkah, jo čaka dolgo življenje in s svojo visoko zmogljivostjo bo razveseljevala dolga leta. Že sedaj lahko rečemo, da je s svojo kompaktnostjo, nizko težo in tihim delovanjem izpolnila vsa naša visoka pričakovanja. Delati z njo je pravi užitek, saj smo naš najmlajši naraščaj oblikovali kot del modularnega sistema Hawe. Želite kot eden prvih spoznati V30E? Potem si priskrbite dodatne informacije na telefonski številki 03/713 48 80 ali elektronski pošti info@hawe.si

Solutions for a World under Pressure

HAWE
HYDRAULIK

© Ventil 13(2007)2. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
© Ventil 13(2007)2. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Impresum

Internet:
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>

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	13	Volume
Letnica	2007	Year
Številka	2	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

Glavna in odgovorna urednica:
izr. prof. dr. Dragica NOE

Pomočnik urednika:
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:
Roman PUTRIH

Znanstveno-strokovni svet:
doc. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
izr. prof. dr. Ivan BAJSIČ, FS Ljubljana
doc. dr. Andrej BOMBAC, FS Ljubljana
doc. dr. Peter BUTALA, FS Ljubljana
prof. dr. Aleksander CZINKI, Fachhochschule
Aschaffenburg, ZR Nemčija
doc. dr. Edvard DETIČEK, FS Maribor
prof. dr. Jože DUHOVNIK, FS Ljubljana
izr. prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana
doc. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
mag. Franc JEROMEN, GZS – ZKI-FT
doc. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana
prof. dr. Peter KOPACEK, TU Dunaj, Avstrija
mag. Milan KOPAC, KLADIVAR Žiri
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 NIKOLIĆ, 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
izr. prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:
Barbara KODRUN

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 4771-761

Naklada:
1 500 izvodov

Cena:
3,76 EUR – letna naročnina 16,70 EUR

Revijo sofinancira Javna agencija za raziskovalno
dejavnost Republike Slovenije
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.

Mehatronika – študij za sedanost?

Spoštovani bralci, revija Ventil pokriva tudi področje mehatronike in je v preteklosti že predstavljala nekatere poglede na stanje in izobraževanje na tem področju pri nas. V tej številki smo poprosili nekatere slovenske strokovnjake, da nekoliko osvetlijo dogajanje na področju izobraževanja na različnih stopnjah. Čeprav je bilo seme posejano že nekaj let nazaj, je še vedno nekaj skepticizma o potrebnosti izobraževalnih programov, predvsem na visokošolskih ustanovah.

Za izraz mehatronika se moramo zahvaliti inženirju Tetsuru Moriju iz japonskega podjetja Yaskawa, ki je leta 1969 prvi v javnosti uporabil to poimenovanje za elektromehanske sisteme. Mehatronika je danes sinergija strojništva, elektronike in računalniške tehnologije. Namen tega interdisciplinarnega tehniškega področja je študij avtomatizacije in inženirske perspektive in je podpora krmiljenju naprednih dinamičnih sistemov.

Uporabnost študija mehatronike je treba gledati predvsem s perspektive možnosti zaposlitve in potreb industrije, ne toliko s stališča discipline same. Raziskovalno in znanstveno je smiselno še vedno delovati v okviru osnovnih disciplin, ki so združene v mehatroniki. Sinergija disciplin se odraža v poklicnem izobraževanju. Uspešnost programov na vseh ravneh strokovnega izobraževanja bo mogoča le ob smiselnem sodelovanju strokovnjakov z vseh treh področij. Pri načrtovanju programov pa ne gre brez dialoga med izobraževalnimi institucijami in tistimi, ki diplomante zaposlujejo.

Z uvajanjem avtomatizacije v našo industrijo so nastale potrebe po strokovnjakih z interdisciplinarnimi znanji. Najprej so tu vzdrževalci avto-matiziranih naprav v vseh vejah industrije. Višjo stopnjo izobraževanja morajo imeti tisti, ki sodelujejo pri načrtovanju in izdelavi mehatronskih naprav, najvišjo pa projektanti in vodje projektov. Sinergetično znanje jim omogoča celovit pristop in obravnavanje sistema v smislu reševanja postavljenih ciljev. Potrebe po tovrstnih strokovnjakih v naših podjetjih so velike, zato posamezna podjetja sama dodatno izobražujejo. Pred časom sem pri enem od svetovnih proizvajalcev opreme za avtomatizacijo videla, da mora vsak mlad inženir skozi enoletno šolanje v podjetju s področja mehatronike. V to vlagajo velika sredstva, saj pomanjkanje diplomantov z ustrezno usposobljenostjo ne sme vplivati na njihov nadaljnji razvoj in uspešnost na trgu.

Znanje in usposobljenost mladih strokovnjakov mehatronike pogosto nista ustrezna, saj so programi pisani z vidika šole in učiteljev na teh izobraževalnih ustanovah. Mnogi možnost za izboljšanje programov vidijo v ustanavljanju novih izobraževalnih institucij. Osebnostno mislim, da je treba biti razumen, saj so človeški resursi omejeni in kakovost ni odraz kvantitete. Mnogo bolje je pripraviti razumno število programov, vendar jih s skupnimi naporii nenehno izboljševati. Prisluhniti moramo tistim, ki potrebujejo mlade strokovnjake. Ustrezne programe izobraževanja mehatronike potrebujemo danes, kajti jutri se bo mogoče pokazala potreba po drugačnih strokovnjakih. Razvoj je nenehen in programi izobraževanja se morajo prilagajati hitreje, kot so se do sedaj. Pri tem pa spoštovani kolegi, ki imate na svojih področjih dela možnost vpliva, lahko s svojimi sugestijami prispevate k izboljšanju izobraževalnih programov na področju mehatronike.

Dragica Noe

Poročilo s konference AIG'07

Letošnji največji dogodek Društva avtomatikov Slovenije (DAS) – konferenca Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu AIG'07 – je potekal v prečudovitem ambientu hotela Habakuk v Mariboru 11. in 12. aprila. Na konferenci se je predstavilo 33 avtorjev iz industrije in gospodarstva, 19 avtorjev z univerz in inštitutov ter 12 študentov avtomatike iz Ljubljane in Maribora. Poleg avtorjev se je konference udeležilo približno 35 predstavnikov pokroviteljev in 50 poslušalcev iz industrije in gospodarstva. Konferenco je uspešno organiziralo in izvedlo 20 članov DAS iz UM FERi, IJS in UL FE.



Diskusija o strategiji razvoja na področju tehnologije vodenja v Sloveniji (govornik: Janko Bugar, v.d. generalnega direktorja Direktorata za podjetništvo in konkurenčnost pri Ministrstvu za gospodarstvo)

Na svečanem odprtju so udeležence poleg predsednika konference dr. Borisa Tovornika iz UM FERi nagovorili tudi Janko Bugar, v. d. generalnega direktorja Direktorata za podjetništvo in konkurenčnost pri Ministrstvu za gospodarstvo, rektor Univerze v Mariboru dr. Ivan Rozman in dekan Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko iz Maribora dr. Igor Tičar. Takoj po odprtju je dr. Stanko Strmčnik iz Inštituta Jožef Stefan predstavil strategijo razvoja na področju tehnologije vodenja v Sloveniji. Strategijo je oblikovala velika skupina podjetij in institucij v letu 2003 na pobudo in ob sofinanciranju Ministrstva za gospodarstvo. Narejena

je bila obširna in temeljita analiza stanja v Sloveniji in tujini. Na osnovi vizije izvajalcev, potreb uporabnikov in razvojnih trendov v tujini so bile določene prednostne smeri razvoja, strateški cilji in strateške usmeritve. Strategija se je nanašala na obdobje od leta 2004 do leta 2008. Ugotovljeno je bilo, da je

osnovni problem izvajanja strategije pomanjkanje kontinuitete v razvojni politiki zaradi pogostih kadrovskih menjav. Delež realizacije strategije je glede na plane slab (cca 17 %), dejanski izplen pa je še manjši zaradi velikih zamikov plačil in zelo zapletenih birokratskih postopkov. Izkazalo se je, da je država relativno nezanesljiv partner za realizacijo strateških projektov na področju tehnološkega razvoja. Za te namene ima

država premalo sredstev in še pri teh je bolj naklonjena drobljenju kot koncentraciji. V diskusiji so se pojavile pobude za primernejšo davčno politiko in znižanje davčnega bremena za gospodarstvo. Podjetja se v svojih razvojnih načrtih morajo opirati na svoje lastne vire, saj je pridobivanje namenskih nepovratnih sredstev zelo zapleteno in neučinkovito. Sodelovanje med akademskimi institucijami in podjetji se je okrepilo, več pa je tudi horizontalnega pretoka znanja in sodelovanja med podjetji.

Sledila so plenarna predavanja uglednih gostov iz Slovenije in tujine.



Diskusija pred konferenčno dvorano (z leve: dr. Ivan Rozman, dr. Igor Tičar, dr. Boris Tovornik, dr. Stanko Strmčnik)

Danijel Zupančič, tehnični direktor TRIMO, d. d., nas je seznanil s pomenom avtomatizacije in informacijske podpore za razvoj podjetja Trimo in s tem, kako razvoj avtomatiziranih računalniško vodenih tehnologij pospešuje rast dodane vrednosti kot osrednjega cilja za dolgoročno stabilno rast podjetij. Samo Ceferin in Marko Mandelj, Sinabit, d. o. o., sta govorila o uvajanju proizvodnega informacijskega sistema za zagotavljanje sledljivosti v različnih proizvodnjah in učinkih uvedenega sistema na primeru procesne industrije. Alan Blight, GE Fanuc Automation Solutions SA, je v svojem predavanju predstavil, kako na zanesljivost, dostopnost in celovitost proizvodnje vpliva vpeljava redundantnih sistemov. Michael Linsenmeier, Siemens AG, je predstavil odprti industrijski ethernet komunikacijski standard – Profinet – in njegovo integracijo na vseh področjih avtomatizacije v procesni in proizvodni industriji. Martin Feder, TAC AB, je govoril o informacijskih tehnologijah v avtomatizaciji zgradb. Andrej Rotovnik, MIEL, d. o. o., in Uwe Kloss, Omron European Manager for Automotive Industry, pa sta plenarna predavanja zaključila z diskusijo, kako v avtomobilski industriji doseči proizvodnjo brez napak. Rdeča nit plenarnih predavanj in diskusij je bila poudariti vpliv proizvodne informatike in informacijskih tehnologij na zanesljivost proizvodnje, povečanje dodane vrednosti podjetij, zmanjšanje škodljivih učinkov na

okolje, izboljšanje udobja in kakovost bivanja.

V nadaljevanju smo slišali šest izbranih predavanj. Teme so bile: proizvodna informatika, vodenje in spremljanje procesov, obvladovanje proizvodnih procesov, načrtovanje in izboljšanje proizvodnje s pomočjo digitalne simulacije in orodja za vodenje procesov. Vse ostale prispevke smo strnili v skupni posterski sekciji, kjer so lahko vsi udeleženci aktivno sodelovali in diskutirali z avtorji prispevkov o naslednjih področjih: avtomatizacija procesov, zgradbe in hišna avtomatizacija, naprave, meritve in testiranja ter robotika in mehatronski sistemi.

V predzvečerju je ves čas konference potekala razstava pokroviteljev konference, ki je bila namenjena izmenjavi informacij in promociji. Poleg strokovnih predavanj in razstave pa ne smemo pozabiti tudi na druženje vseh članov Društva avtomatikov Slovenije, ki smo ga prvi

dan konference zaključili s skupno večerjo na vrhu mariborskega Pohorja.

Drugi dan konference je bil namenjen komercialnim predavanjem pokroviteljev in predstavitev študentskih prispevkov. Za nagrade je tekmovalo 11 študentskih člankov. Vsi študenti so se izkazali z zelo kvalitetnimi prispevki in sodobnimi temami na področju avtomatizacije procesov, procesiranja slik in mehatronskih sistemov, zato je bila izbira komisije zelo težavna. Komisija je podelila prvo nagrado Mateju Ksenemanu iz UM FERi za prispevek z naslovom: Razpoznavanje avtomobilskih registrskih tablic z uporabo nevronske mreže.

Zaključni dogodek je bila okrogla miza na temo izobraževanja avtomatikov in mehatronikov po bolonjskem modelu pod vodstvom dr. Karla Jezernika iz FERi, UM, ki je uvodoma predstavil, kako je potrebno organizirati izobraževanje v

skladu z bolonjskimi smernicami za učinkovitejše izvajanje prenovljenih in novih študijskih programov. Na okrogli mizi so bili prisotni tudi učitelji in ravnatelji iz srednjih šol tehniških usmeritev. Kljub trenutno ugodni rasti slovenskega gospodarstva bodo za trajnostni razvoj in povečanje dodane vrednosti morali biti temelji gospodarskega razvoja postavljeni na tehnološki osnovi. Zato potrebujemo kvalitetne tehniške kadre. V Sloveniji še vedno upada zanimanje za poklice tehniških strok, zato si je treba še naprej prizadevati za promocijo tehnike in pridobivanje novih kadrov.

Zbornik konference, predavanja avtorjev, slike s konference in odmevi na konferenco so dosegljivi na <http://www.das.uni-mb.si/AIG07/>.

Dr. Nenad Muškinja in dr. Aleš Hace



STÄUBLI

ROBOTICS

MAN AND MACHINE
www.staubli.com

DOMEL®

Ustvarjamo gibanje

zastopstvo in prodaja robotov Staubli

DOMEL d.d. Otoki 21, 4228
4228 Železniki, Slovenija

T: +386 (0)4 51 17 355
F: +386 (0)4 51 17 357
E: info@domel.com
I: www.domel.com

Delovanje robota je predstavljeno na celjskem sejmu livarstva
od 17. - 20. 4. 2007.



V Mariboru pred Hannovrom

Je bil moto srečanja, 01. in 02. marca 2007, v prostorih podjetja HYDAC, d. o. o., Maribor, katerega so se udeležili predstavnici podjetja in 21 kolegov iz 9 slovenskih podjetij.

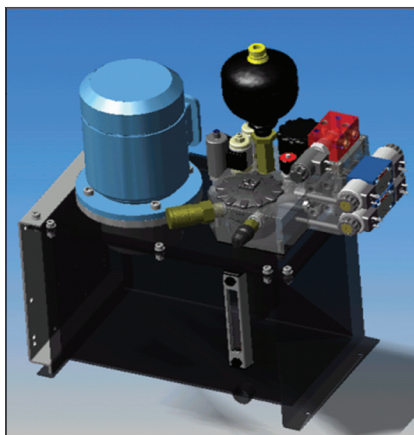
HYBOX – hidravlični agregati koncipirani po sistemu »lego kock« za:

- volumne rezervoarja 25, 50, 100 in 200 litrov ;
- moči e-motorja 0,55 do 22 kW ;



Neuradno smo predstavili nekatere novosti, ki bodo premierno prikazane aprila 2007 na Hannover-skem sejmu, med katerimi so največ pozornosti pritegnile naprave:

– hidravlične črpalke poljubnega tipa in proizvajalca ;



FCU 1000 – naprava za občasno kontrolo čistote olje (ISO 4406) namenjena predvsem za kontrolo na »terenu« ;



CS 1000 – vgradni sensor za kontinuirano spremljanje čistoče olj, z ali brez digitalnega prikazovalnika (ISO 4406, SAE) ;



Odzivi z naše 1. »hišne« prezentacije so vzpodbudni tako da že sedaj vabimo na 2. »hišno« prezentacijo 08. in 09. novembra 2007 v Mariboru.

Dragan Grgić, HYDAC, d. o. o., Maribor



DIN-ova nagrada »Best Practice« Festu

Nemški inštitut za standardizacijo (DIN) je prestižno letno nagrado *DIN-Preis »Best practice«* za leto 2006 dodelil firmi Festo AG za pomenenje tehniške dokumentacije, ki omogoča sistematično obravnavo razvojnih, logističnih in tržnih procesov v vseh enotah mednarodno uveljavljenega podjetja. Standardizacija podpira vse poslovne procese in omogoča, da so osnovni tehnični in konstrukcijski podatki, simbolični prikazi in podrobne tehniške risbe, potrebne za razvojno dokumentacijo, na razpolago na vsakem mestu v podjetju in kjer koli na svetu.

»Norme so osnove našega podjetja,« je ob prevzemu nagrade poudaril dr. E. Veit, vodja razvoja izdelkov in tehnologije. Medsebojno razumevanje med Festom, dobavitelji in strankami temelji na dosledni uporabi standardov. Velika prednost je vse širša uporaba mednarodnih standardov tudi v okvirih nacionalnih standardov in predpisov. Festo zato že dolga leta tvorno sodeluje z Nemškim inštitutom za standardizacijo in prek njega z ustreznimi mednarodnimi ustanovami.

Podjetje je aktivno tako na področju standardiziranja izdelkov kot tudi na drugih zanimivih področjih, kot so: grafični simboli, tehnične značilnosti, standardni postopki preskušanja, terminologija itd.

Po O + P 51(2007)1,2 – str. 48

Zenite® LCP zagotavlja zanesljivost energijsko varnega magnetnega ventila v grobem okolju

Pri naslednji generaciji magnetnih ventilov svetovno znane firme ASCO z oznako *RedHat* zagotavlja odpornost proti delovanju okolice nov Du-

Pont-ov tekočinsko-kristalni polimer *Zenite® LCP*. Pri prejšnjih modelih ventilov so bile tuljave zaščitene le s temperaturno stabilizirano epoksidno smolo.

Nova izvedba zaščite tuljave zagotavlja splošno zaščito proti agresivnem delovanju, zato so novi ventili primerni tako za notranjo kot zunanjo uporabo v temperaturnem območju od -40°C do 200°C , ob visoki vlažnosti zraka in kapajoči vodi. Pri razvoju ventilov tvorno sodelujejo strokovnjaki DuPonta tako pri izbiri materiala kot pri oblikovanju sestavnih delov, orodij in tehnologiji obdelave.

Nadaljnja velika prednost naslednje generacije magnetnih ventilov *RedHat* z možnostjo uporabe enosmernega ali izmeničnega električnega napajanja je njihova velika energijska varčnost. Dosedanje tuljave s porabo 17 W zamenjujejo nove z močjo 2 W. Pri tem je pritezna sila v primeru uporabe enosmerne tuljave celo petkrat večja kot pri dosednji izvedbi.

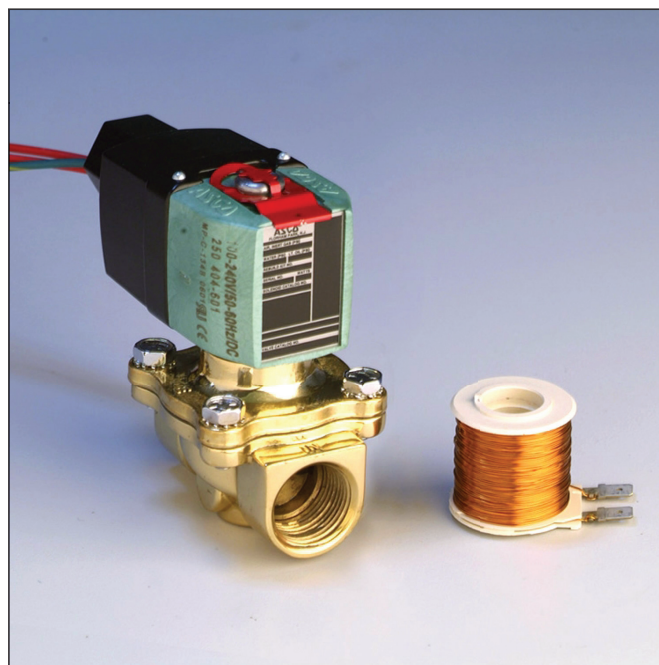
Značilna področja uporabe takšnih ventilov so: kompresorske postaje, gasilne črpalke, plinski generatorji, mehčalniki vode, obdelovalni stroji, varilni aparati, vodovodne inštalacije ipd.

Dodatne informacije

ASCO že več kot 100 let spada med vodilne izdelovalce magnetnih ventilov s svetovno mrežo zastopnikov in dobaviteljev.

DuPont Engineering Polymers izdeluje in prodaja številne tržne znamke polimerov, npr. *Crastin®*

PBT in *Rynite® PET*; termoplastične poliestre *Delrin®*, *Polyacetal*, *Hytel®*, termoplastične poliesterelastomere *DuPont™ ETPV*; tehnične vulkanizate *Minlon®*, kovinsko polnjene poliamide *Thermix® PCT*; filamente *Tynex®*; profile *Vespele®* in sestavne dele; tekočinsko-kristalne polimere *Zenite®*; poliamide *Zytel®* in visokosposobne poliamide *Zytel®* idr. Navedeni materiali in izdelki se v svetovnih razsežnostih uporabljajo v letalski, avtomobilski, elektro- in elektronski industriji, pri športni in medicinski opreми, v industriji hrane in pijače itn.



DuPont je znanstvenoraziskovalno usmerjena mednarodna družba s številnimi proizvodnimi in zastopniškimi podjetji. Osnovana je bila že leta 1802 in deluje v korist človeštva na številnih področjih industrije in gospodarstva ter v različnih vejah kmetijstva, živilstva, transporta itn. Prisotna je v več kot 70 državah sveta.

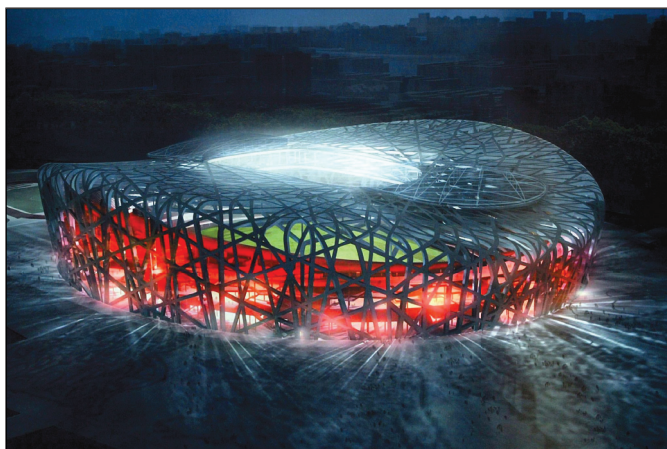
Vir: *DuPont: Power-saving valve gets rugged protection and more from DuPont™ Zenite® LCP (informacijska objava); 2007; <http://uk.news.dupont.com> ali <http://de.news.dupont.com>*

Dodatne zmogljivosti za proizvodnjo tesnilk na Češkem

Parker Hannifin je v Salski na Češkem nedavno odprl nove proizvodne obrate (3.500 m²) za izdelavo preciznih O-obročkov in gumijastih sestavnih delov. S tem bo lahko hitreje zalagal hitro rastoče vzhodnoevropske trge. Sicer ima Parker Hannifin v istem kraju proizvodne obrate za hidravlične in pnevmatične tesnilke že od leta 1995. Njegova skupina za tesnila s sedežem v Ohio v ZDA v Evropi izdeluje tesnila na sedmih mestih v šestih državah. Njihov glavni sedež pa je v Pleidelsheimu. Po njihovih podatkih je Parker Hannifin največji izdelovalec in dobavitelj sestavin in sistemov za hidravlično, elektromehanično in pnevmatično pogonsko tehniko. V 44 državah sveta ima skupno okoli 50 000 sodelavcev. V letu 2006 je dosegel promet v višini devet milijard dolarjev.

Po Fluid Markt 2007 – str. 8

»Ptičje gnezdo« v Pekingu stoji na nogah s pomočjo Enerpacovih hidravličnih valjev



Olimpijski stadion »Ptičje gnezdo« v Pekingu

Olimpijski stadion, ki ga gradijo v Pekingu, popularno imenovan »Ptičje gnezdo«, je bil začasno podprt z 78 stebri. Po dokončanju jeklene konstrukcije je bilo potrebno z varilnim



Ločevanje strešne konstrukcije in začasnih podpornih stebrov

rezanjem ločiti stebre od strešne konstrukcije, odstraniti 50 mm debele izravnalne plošče in konstrukcijo z občutljivim krmiljenjem sinhrono dviganja in spuščanja dokončno namestiti v njeno trajno lego.

Tako zahtevno manipulacijo s 45 000 ton težko konstrukcijo bi bilo mogoče opraviti s floto 800-tonskih dvigal, ki pa jih na Kitajskem ni bilo na razpolago. Pri nekaterih podobnih projektih je že sodelovala firma Enerpac (stadion v Nan Tongu, koncertna dvorana v Šanghaju), zato so jo pritegnili tudi v ta projekt.



Enerpacove hidravlične enote na vsakem od 30 stebrov notranjega kroga

Nalogo so pri Enerpac-u rešili z uporabo kompleksnega sistema s centralnim računalnikom, satelitskim računalniškim krmiljem, 156 dvosmerno delujočimi visokotlačnimi hidravličnimi valji in 55 elektronsko krmiljenimi hidravličnimi na-

pajalnimi agregati. Varnost in precizno krmiljenje pa so zagotovili večnamenski ventili, senzorji obremenitve in gibov, detektorji premikov ter digitalni sistem povratnih zvez.

Konstrukcija »Ptičjega gnezda« sicer temelji na treh koncentričnih krogih podpornih stebrov s 24 stebri v zunanem in osrednjem krogu in 30 v notranjem krogu. Zaradi ustreznega nadzora obremenitve in preciznosti krmiljenja je 78 podpor, vključno z njihovimi hidravličnimi enotami, razdeljeno na 10 sekcij, vsaka z lastnim satelitskim krmiljem.

Za dejansko koračno dviganje in spuščanje je vsaka od podpor opremljena z dvosmernim 150-ton-

skim hidravličnim valjem. Za popolni nadzor dviganja in spuščanja so vsi podatki o obremenitvah in gibih vnaprej vprogramirani v centralni računalnik. Pri koračnem postopku spuščanja se je konstrukcija s hidravličnimi valji in izravnalnimi ploščami izmenično opirala načasne stebre.

Po uspešnem ločevanju 45 000-tonske jeklene konstrukcije in začasnih podpornih stebrov se je »Ptičje gnezdo« v novembru preteklega leta postavilo na »lastne noge«.

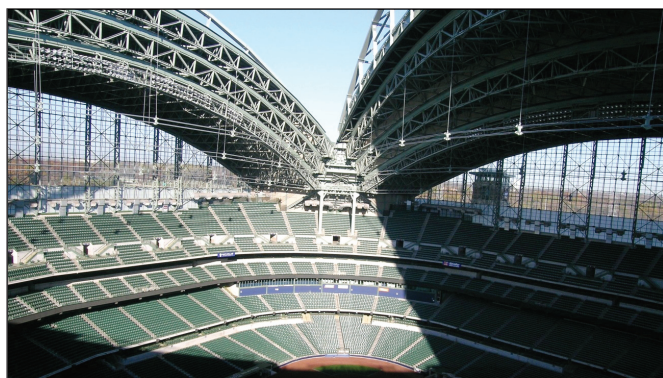
Vir: ENERPAC: ENERPAC hilft dem »Vogelnest« von Beijing auf eigene Beine zu stehen (informacijska objava), 2007; internet: <http://enerpac.fr/promo/download.php?lang=DE>;

ENERPAC BV (Irene Kremer), P. O. Box 8097, 6710 AB Ede, The Netherlands; tel.: +31 318 535 911, e-pošta: irene.kremer@enerpac.com

Hidravlika olajšala obnovo 12 000 ton težke pomične strehe

Uvodne ugotovitve

Obnova pomične strehe stadiona *Miller Park* v Milwaukeeju, Wisconsin, ZDA, je obsegala predvsem zamen-



Stadion Miller Park v Milwaukeeju s pahljačasto oblikovano strešno konstrukcijo v petih sekcijah (tri pomaknjene v desno, dve v levo)

javo 10 podnožij 12 000 ton težke pahljačasto oblikovane pomične strehe v petih sekcijah. Vsaka od sekcij dolžine 183 m ima po dve podvozji.

Na zunanjih koncih vsake od sekcij je nameščeno po eno podvozje z dvema tekalnima kolesoma z zunanjo in notranjo obrobo za kotaljenje po tračnicah širine 200 mm, ki so nameščene na nosilcih približno 42 m visoko. Trifazno električno napajanje pogonskih elektromotorjev je rešeno s pomočjo kablov.

Obe kolesi podvozja sta nameščeni tako, da tečeta drugo za drugim. Dodatno varnost pa zagotavljajo



Pogled na kolo enega od starih dvokolesnih podvozij

vodilna kolesca, ki tečejo oprta na zunanji strani tračnic.

Izvirna izvedba podvozij se je pokazala kot neprimerna za visoke obremenitve in po eni od finalnih tekem v septembru 2006 so streho morali pustiti deloma odprto, ker je prišlo do porušitve enega od vodilnih kolesc. Poleg tega so bile tekalne površine pri izvorni izvedbi koles popolnoma cilindrične, kar je povzročalo, da je v neugodnih razmerah njihov zunanji rob opravljal tudi do 140 mm daljšo pot od notranjega. Posledica tega so bila spodrsavanja in s tem neprijetni zvočni učinki (piskanje, škripanje).

Zato so bila zasnovana in izdelana nova podvozja s sodčasto oblikovanimi tekalnimi površinami koles, ki tudi pri blago zakrivljeni poti tečejo mirno in tiho. Poleg tega so nova podvozja namesto s po dvema opremljena s po štirimi v dvojicah nameščenimi kolesi. Nova podvozja so dolga 7,3 m in glede na mesto vgradnje tehtajo 49 oz. 60 t. Poganjajo jih 45-kilovatni elektromotorji z reduktorjem in verižnim prenosnikom.

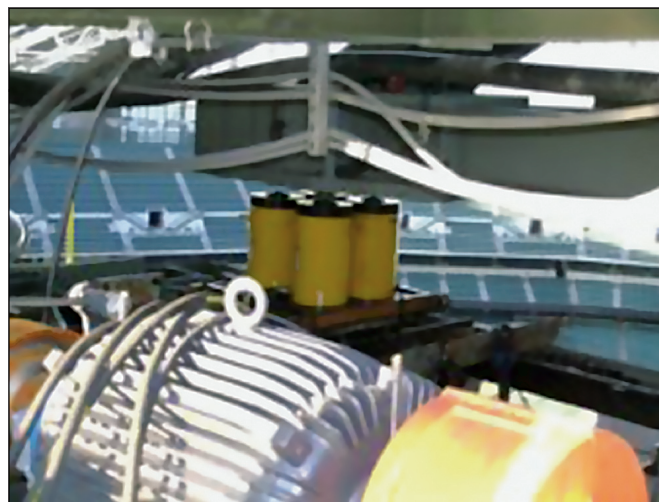
Zamenjava podvozij

Zamenjava starih podvozij z novimi je bila v načelu zelo preprosta: dviganje strešne konstrukcije, demontaža starega podvozja, inštalacija novega podvozja in spuščanje strehe. Seveda so dejanska opravila potekala

bolj zamotano. Za vsako sekcijo strešne konstrukcije je bilo potrebno konstruirati, izdelati in vgraditi ustrezne dvizne spono in ploščadi ter upoštevati nevarnosti prečnih premikov, toplotnih raztezkov 183 m dolgih sekcij in delovanje vetra.

Ob petih sekcijah je bilo opravljenih deset ločenih operacij zamenjave posameznih podvozij. Po vsakokratnem dvigu sekcije za 102–152 mm se je staro podvozje izpod sekcije odpeljalo z lastnim pogonom in v obratni smeri pripeljalo novo podvozje. Nakar se je sekcija s spuščanjem ponovno namestila v vrtljivo ležišče na podvozju. Za dviganje in spuščanje podvozij je bilo uporabljeno 500-tonsko mobilno dvigalo.

Dviganje in spuščanje sekcij strešne konstrukcije s težo do 800 t so omogočili štirje 300-tonski Enerpacovi enosmerni hidravlični valji z imenskim premerom 300 mm in



Dvizna enota, sestavljena iz štirih enosmernih hidravličnih valjev oprta na podporno ploščo »sendvič« izvedbi

delovnim tlakom 70 MPa. Hidravlično napajanje je zagotavljala Enerpacova visokotlačna črpalka z elektromotornim pogonom. Valji, opremljeni s samodejno varnostno obročno zavoro, so zagotavljali držanje bremena tudi ob izpadu napajanja.

Dvizni valji so se opirali na podporne ploščadi iz 38 mm debele jeklene plošče s teflonsko oblogo na polirani nerjavni pločevini, kar je omogočalo tudi sočasne majhne prečne premike.

Sklepne ugotovitve

Nova podvozja so že vgrajena in vsa obnovitvena dela naj bi bila končana do nove tekmovalne sezone. Skupni stroški obnove stadiona so glede na vremenske razmere in druge nepredvidljive okoliščine ocenjeni na 13–15 milijonov dolarjev. Kljub dose-danjim pomanjkljivostim je bil v letu 2005 stadion proglašen za najboljši bejzbol stadion v ZDA. Njegovi lastniki so vseeno ponosni, da v šestih letih njegovega delovanja niti ene od 50 prireditev ni bilo potrebno odpovedati. Razumljivo je, da se sedaj še bolj veselijo, saj upajo, da bo še zanesljiveje deloval.

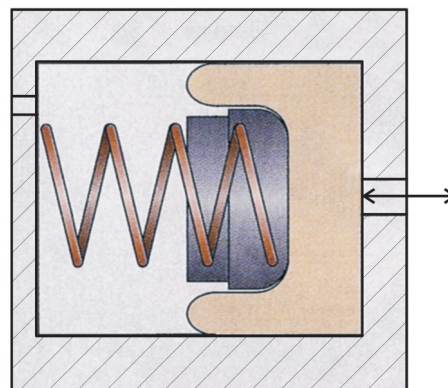
Vir: Enerpac: *Hydraulik erleichtert Reparaturen am 12 000 t schweren beweglichem Dach (informacijska ob- java); 2007; internet: http://enerpac.fr/promo/miller_park/download.php;*

ENERPAC BV (Irene Kremer), P. O. Box 8097, 6710 AB Ede, The Netherlands; tel.: +31 318 535 911, e-pošta: irene.kremer@enerpac.com

Hidravlični rezervoar s pre-vojno membrano

Izvedba hidravličnega rezervoarja s prevojno membrano (glej sliko) se je potrdila kot zanesljiva in cenovno sprejemljiva rešitev za zaprte hidravlične naprave. Osnova takšnega rezervoarja je v obliki čaše oblikovana gumijasta membrana, izdelana iz z vlakni armiranega elastomera, vgrajena v valjasato ohišje in obremenjena s potopnim batom in mehko vzmetjo med njima. Pri polnjenju in praznjenju rezervoarja se membrana povija tako, da vzdržuje stalen kontakt s potopnim batom in notranjo steno valjastega ohišja.

Vgrajena vzmet zagotavlja ustrezen tlak v zaprti napravi, njena karakteristika pa je izbrana tako, da je razlika tlaka pri največji spremembi prostornine fluida v rezervoarju čim manjša (zelo mehka vzmet). Vzmet zagotavlja majhen nadtlak v zaprti napravi in s tem prisilno polnjenje črpalke. Le majhna razlika tlaka je potrebna



za previjanje same membrane. Prostor na strani vzmeti se odzračuje v okolico z odzračevalnikom.

Prednosti takšnega rezervoarja so ob majhni teži, visoki zanesljivosti in nizki ceni predvsem ločevanje delovnega fluida in okoliške atmosfere ter možnost prisilnega polnjenja črpalke. S tem se med drugim poveča skupni izkoristek naprave in podaljša trajnost hidravličnega fluida.

Po H & P 60(2007)1 – str. 20

ENERPAC

Hidravlična moč za različne namene uporabe v industriji



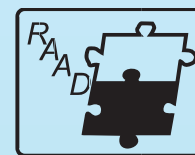
Povprašajte po novem katalogu E325e ali ga naročite na spletnem naslovu www.enerpac.de

Enerpac GmbH
Postfach 300113
D-40401 Düsseldorf
Tel: +49 211 471 490
Fax: +49 211 471 49 28

www.enerpac.de
info@enerpac.com



16th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region Ljubljana, Slovenia June 7-9, 2007



Call for papers RAAD'07

The 2007 International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region will be held in Ljubljana, seven years after the last workshop in Slovenia in Maribor in 2000. During this time, the continuous progress in robotics, automation, and its related areas has produced great changes in robot technology exploitation. The aim of RAAD Workshop is to bring together scientists and practitioners in robotics from countries of the Alpe-Adria-Danube Region to discuss and exchange ideas on research issues and new applications.

The program committee cordially invites you to attend RAAD 2007 and submit papers addressing the following themes (but not limited to):

- industrial robot applications
- projects and collaboration in Europe
- robot mechanisms
- grippers and grasping
- micro robots
- mobile robots
- service robots
- sensors and actuators for robots
- human-robot interfaces
- constructions robots
- educational robot systems
- control
- simulation and modeling
- robot vision
- haptic interfaces
- underwater and space robots
- rehabilitation robotics
- humanoid robots
- reengineering in robotics
- entertainment robotics
- mechatronics

Workshop Site:

The workshop will be held at the Faculty of Electrical Engineering, Ljubljana, which is recognized for its research and development achievements. The Faculty is a member of the University of Ljubljana which consists of 22 Faculties, 3 Academies and 1 University College. The number of students currently studying and training for future careers is about 58.000.

Invited Speakers

Dr. Charlotte Brogren, ABB Automation Technologies AB, Sweden
Prof. Dr. Ing. Rüdiger Dillmann, University of Karlsruhe, Germany
Dipl. Ing. Hubert Kosler, Motoman Robotec, Slovenia
Prof. Dr. Marko Munih, University of Ljubljana, Slovenia

Technical Program: Plenary speeches and oral sessions.

Paper Submission

The official language of the workshop is English. Authors are kindly invited to submit their manuscript to the workshop e-mail address.

International steering committee:

G. Belforte, Politecnico di Torino, Italy
J.F. Bito, Centre of Robotics and Automation, Hungary
Th. Borangiu, TU Bucharest, Romania
M. Ceccarelli, University of Cassino, Italy
K. Dobrovodsky, Academy of Sciences, Slovakia
B. Heinmann, TU Hannover, Germany
K. Jezernik, University of Maribor, Slovenia
P. Kopacek, TU Vienna, Austria
Z. Kolibal, Brno Uni. of Technology, Czech Rep.
J. Lenarčič, Jožef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia
D. Noe, University of Ljubljana, Slovenia
A. Rovetta, Politecnico di Milano, Italy
I.J. Rudas, Budapest Tech., Hungary
G. Schmidt, TU Munich, Germany

Local organising committee:

Co-Chairs

Marko Munih, FEE, Uni. of Ljubljana, Slovenia
Roman Kamnik, FEE, Uni. of Ljubljana, Slovenia

Members:

Tadej Bajd, FEE, Uni. of Ljubljana, Slovenia
Matjaž Mihelj, FEE, Uni. of Ljubljana, Slovenia
Janez Podobnik, FEE, Uni. of Ljubljana, Slovenia

Deadlines

Full paper submission: **March 5, 2007**
Notification of acceptance: **April 2, 2007**
Final paper submission: **May 5, 2007**

Registration Fee

Participants: **340 EUR (before April 15, 2007)**
380 EUR (after April 15, 2007)
Students and accompanying persons:
150 EUR

Local e-mail:

raad2007@robo.fe.uni-lj.si

Workshop Web Site:

<http://robo.fe.uni-lj.si/raad2007>



FDS Research – visokotehnološki uporabniško naravnani sistemi strojnega vida

Podjetje FDS Research je specializirano za razvoj in izdelavo tehnološko in tehnično najbolj zahtevnih sistemov, ki vključujejo računalniški vid za zaznavanje. Danes je prisotno tako na slovenskem kot na svetovnem trgu z rešitvami, ki so namenske in zahtevajo pri razvoju in izdelavi vrhunske strokovnjake z različnih področij tehnike. Sogovornik na obisku je bil dr. Francelj Trdič, ustanovitelj podjetja, gonilna sila razvoja in podjetnik.

Ventil: Ali nam lahko uvodoma predstavite curriculum vitae podjetja, ki je najbrž povezan tudi z vašo osebno življenjsko potjo?

Dr. Trdič: Družba FDS Research je mednarodno priznana podjetje, ki se ukvarja z razvojem in projektiranjem zahtevnih rešitev na področju računalniškega vida. Z vrhunskim domačim znanjem gradimo celovite aplikacije optičnega razpoznavanja. Razvijamo programsko opremo, optične postopke in namenska elektronska vezja.

Naši naročniki so predvsem podjetja iz avtomobilske industrije z velikoserijsko proizvodnjo. Visok tehnološki nivo dokazujemo s projekti in izdelki, ki jih razvijamo za podjetja, kot so: Sony, Kuka, Denso.

Razvili in usposobili smo za obratovanje večino v Sloveniji apliciranih naprav (strojev) za optično kontrolo izdelkov. Naša programska oprema poganja delujoče rešitve na vseh kontinentih zemeljske oble in dnevno pregleda stotine milijonov kosov raznovrstnih izdelkov. Kot primer: v vsakem v Evropi izdelanem avtomobilu je vgrajenih nekaj deset različnih sestavnih delov, ki so bili pregledani s sistemi za optično kontrolo, ki jih je postavilo podjetje FDS Research.

Ventil: Katere so glavne značilnosti produktov podjetja FDS Research?

Dr. Trdič: Glavne značilnosti naših produktov so, da so namenjeni zahtevnim aplikacijam. Sistemi vsebujejo tudi po nekaj deset kamer in cele palete digitalno

programabilnih svetilnih teles ter vso pripadajočo krmilno elektroniko. Vse to poganja zelo kompleksna programska oprema, ki je rezultat lastnega razvoja.

Ventil: Ali lahko izpostavite nekaj pomembnih projektov?

Dr. Trdič: Težko je postavljati v ospredje posamezen projekt, ker ima vsak od njih neko svojo specifiko. Vsak projekt je svojstven in svojevrsten dosežek. Projekte gradimo na tehnologijah programske opreme in tehnik osvetljevanja, ki so rezultat našega znanja. Zagotovo je bil projekt skupnega

razvoja inteligentne kamere med FDS in Sony eden od zahtevnejših.

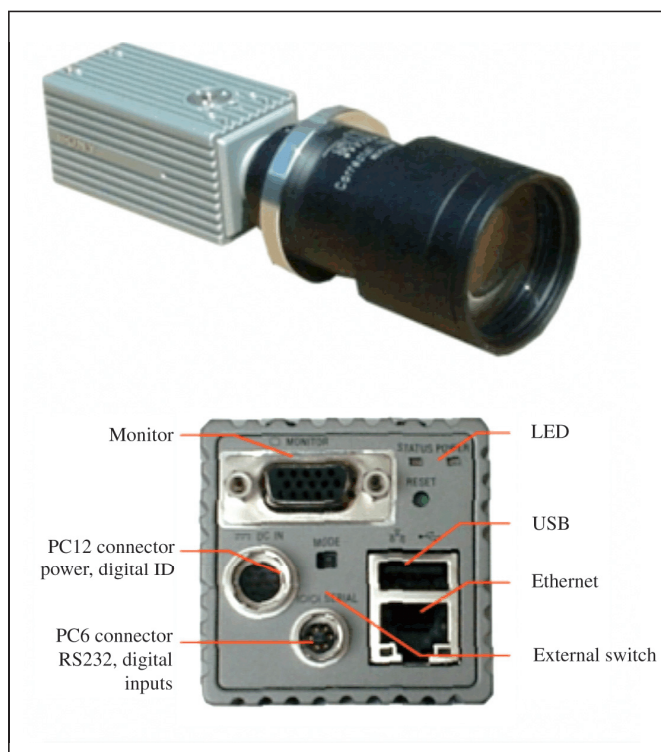
Ventil: Kakšen je vaš način dela pri izvajanju projekta in kje vidite pogoje za uspešno realizacijo projektov?

Dr. Trdič: Projekti so naš vsakdan. Pred pričetkom vsakega projekta izvedemo temeljito eksperimentalno fazo, ki da odgovor na tehnično in finančno izvedljivost. Temu sledijo projektiranje, konfiguriranje programske opreme, izvedba ter zagon. Paralelno nemalokrat poteka razvoj specifičnih segmentov programske opreme kakor tudi tehnik osvetljevanja.

Osnovni kriterij za preživetje vsakega podjetja je njegova konkurenčna sposobnost. Pri našem delu se konkurenčnost dosega z iskanjem izvirnih rešitev, visokim tehnološkim nivojem, hitrim razvojem ter prenosom znanja in izkušenj iz preteklih projektov.

Ventil: V preteklosti ste bili dobitnik nagrade za uspešne projekte, ali nam lahko poveste kaj več o tem?

Dr. Trdič: Res je, bilo jih je več. Med njimi pa je treba izpostaviti aplikacijo za regulacijo nataka taline pri proizvodnji kamene volne, ki je bila razvita za Termo, Škofja Loka. Računalnik je v realnem času obdeloval sliko iz videokamere, oprav-



Inteligentna kamera Sony SX1

SONY SX1 Inteligentna kamera – je sposobna zajemanja in procesiranja slike, analize podatkov, sprejemanja odločitev ter komunikacije z okoljem na osnovi slikovnih podatkov.

ljal razpoznavanje značilnosti proizvodnega procesa in na osnovi izračunanih rezultatov regulacijo procesa. Za tiste čase je bila to zagotovo izredna aplikacija, saj je zmagala na tekmovanju Windows World Open, za kar mi je Bill Gates osebno izročil kristalno piramido.



Nagrade in priznanja

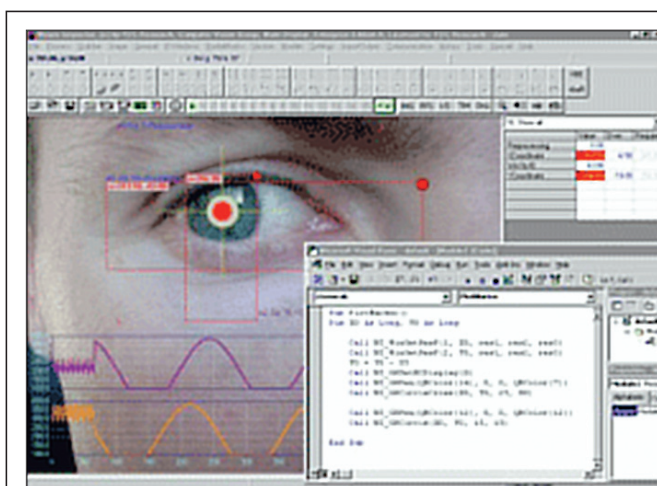
Druge nagrade:
Zoisova nagrada leta 1998, srebrna medalja na svetovni razstavi inovacij v Bruslju leta 1993 in bronasta na enaki razstavi leta 1994.

Ventil: Osnovni produkti so avtomatizirani sistemi z vključenim strojnim vidom ali drugimi tehnološko naprednimi senzorji. Kje vidite svoje prednosti?

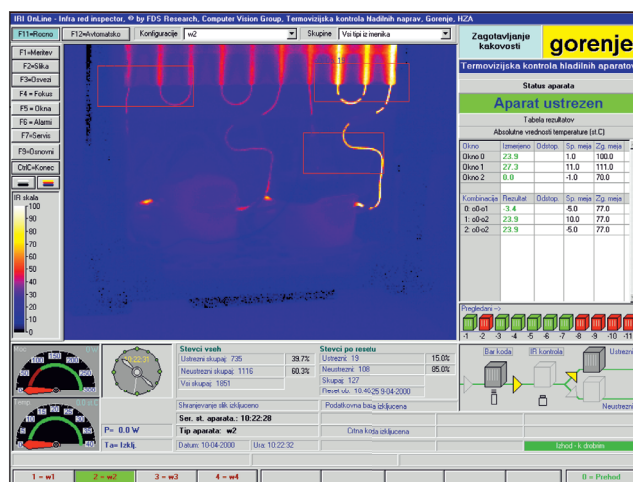
Dr. Trdič: Naše prednosti so visok tehnološki nivo, bogate izkušnje, konfigurabilno programsko okolje. Tisto, kar naša konkurenca kodira v obliki pisanja programske kode, mi konfiguriramo. Zaradi tega smo hitrejši in učinkovitejši. Naša tehnologija je na takem nivoju, da se na področju strojnega vida lahko lotimo skoraj vsakega projekta in smo ga sposobni konkurenčno izvesti. Prednosti so v tem, da se projektov ne lotevamo kot posameznih primerov, temveč vanje vključujemo že razvite segmente. Za primer: vse naše projekte poganja ista programska oprema, ki pa jo nenehno razvijamo. Za to poletje pripravljamo popolnoma prenovljeno različico.

Ventil: Ali je potrebno zagotavljati posebne pogoje za uspešno uvajanje takih sistemov v realno proizvodnjo?

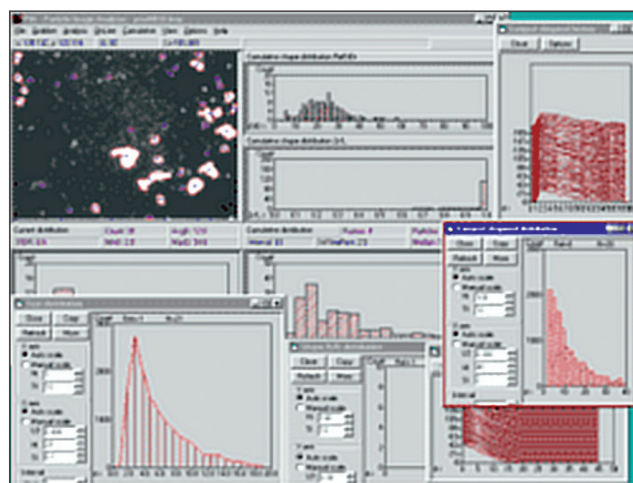
Dr. Trdič: Najpomembnejši razlog za vpeljavo avtomatskih optičnih kontrol je izločitev subjektivnega



»FDS Imaging Software« je integrirana rešitev za optični nadzor. Uporabniku omogoča postavitev kompleksnih rešitev v zelo kratkem času, podpira konfiguriranje cikla optične kontrole, krmiljenje vseh aktivatorjev in senzorjev brez programiranja.



IRI – Infra Red Inspector je programsko okolje za on-line termični nadzor procesov, kjer se nadzoruje temperatura. IRI neposredno podpira infra redeče kamere Flir Systems.

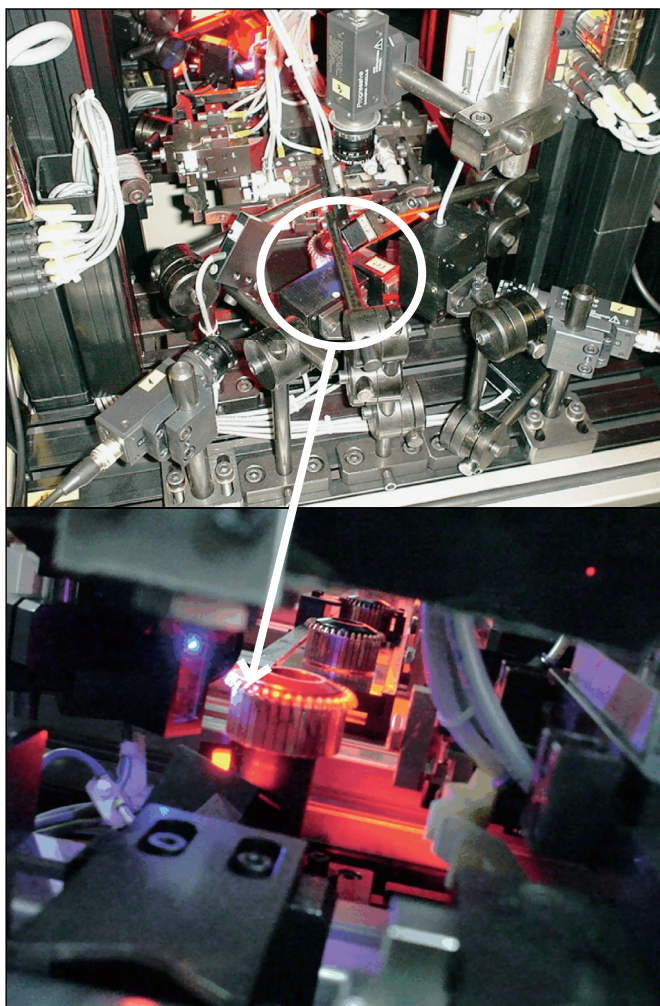


PIA – Particle Image Analyser, je programsko orodje, ki je načrtovano za sprotno analizo delcev posebno pri procesih kristalizacije. Opazovanje, analiza in shranjevanje podatkov o velikosti, obliki, porazdelitvi, trendu naraščanja ter drugi parametri delcev je v realnem času.

Programska oprema

faktorja človeka in s tem večanje zanesljivost postopka kontrole. Druga poglobitvena razloga sta hitrost in točnost. Primer: če proizvodni proces zagotavlja izdelavo enega izdelka na sekundo in je potrebno na vsakem izdelku preveriti več sto dimenzijskih parametrov, ki so

ključni za funkcionalnost izdelka, tega človek ne zmore. Pri proizvodnih procesih, kjer nastaja nekaj ali celo nekaj deset kosov izdelkov na sekundo, je edina možnost za zagotavljanje 100-odstotne kontrole uporaba brezkontaktnih metod, med katere spada tudi optična kontrola.



Kontrolno mesto z več kamerami za hitro in točno kontrolo

Ventil: Nam lahko kaj več poveste o novih smereh na področju razvoja kamer za računalniški vid?

Dr. Trdič: Razvoj na tem področju računalniškega vida je sestavljen iz dveh osnovnih smeri: ena je razvoj strojne opreme in druga razvoj programske opreme. Pri strojni opremi se veliko dela na področju inteligentnih kamer, gigabitnega ethernet komunikacijskega vmesnika, standardov IEEE1394b in c, na področju senzorjev in tehnik osvetljevanja ter optike.

Pri programski opremi je razvoj osredotočen na programsko-matematična modeliranja, vezana na adaptivna razpoznavanja slikovnih značilnosti, kot so na primer razpoznavanja delno vidnih objektov v variabilnih svetlobnih razmerah in ravno tako na področju adaptivnih modelov za analizo površinskih napak.

proces premalo zaveda. Ne vem, zakaj tako radi štejemo inženirje in potem to primerjamo z drugimi državami, ko pa število sploh ni pomembno. Pomembna je samo tržna vrednost znanja, ki ga bo inženir dobil na univerzi, zato govorjenje o številu brez realnih meril kakovosti ne pove kaj dosti.

Več uporabnega znanja bo imel inženir, hitrejši in kvalitetnejši bo opravil svoje delo, bolj konkurenčno bo podjetje. Za svoje delo bo lahko rezultatom primerno nagrajen. Prispeval bo k nacionalnemu razvoju. V izobraževalnem procesu je bistveno preveč teorije, ki se je ne da uporabiti, in premalo uporabnih znanj, ki so še kako pomembna za doseganje rezultatov. Zavedati se je potrebno dejstva, da vrednost znanja ni tista, kakršna je bila cena njegovega pridobivanja, temveč taka, kot je njegova tržna vrednost. To določa

Razvoj na področju programske opreme, gledano v kvalitativnem smislu, ni nikoli dokončna naloga, ker je končni cilj to, da bi se računalnik odločil enako kot človek. Do tega pa je zagotovo še zelo daleč.

Ventil: Za razvoj tako zahtevnih sistemov so potrebni kadri. O tem imate prav gotovo svoje videnje. Kakšno znanje in usposobljenost pričakujete od mladih strokovnjakov, ki bi lahko uspešno sodelovali z vami?

Dr. Trdič: Kvaliteten kader je zagotovo pojem, ki se ga izobraževalni proces



konkurenca, v današnji globalizaciji seveda konkurenca na svetovnih tržiščih.

Torej: če je nekdo visoko izobražen in si seveda želi imeti temu primerno plačo, mora s svojim delom prispevati toliko več kot tisti, ki te izobrazbe nima. Praktično vprašanje je, ali bo delo tistega, ki ima doktorat, na trgu res toliko več vredno, kot pa tistega, ki tega nima.

Ventil: Če mladi inženirji nimajo dovolj ali ustreznega znanja, kako bi oziroma kje bi si ga lahko pridobili?

Dr. Trdič: Zmanjšati teorijo, del izobraževalnega procesa bi moral potekati v podjetjih ne glede na to, ali gre za visokošolski ali univerzitetni program. Univerza bi morala aktivno sodelovati s podjetji in oblikovati izobraževalne programe skladno s potrebami podjetij.

Ventil: Vaša vizija nadaljnjega razvoja?

Dr. Trdič: Naš razvoj bo tudi naprej potekal v že začrtanih smereh. Še naprej bomo zelo veliko vlagali v razvoj programske opreme, ki zajema programsko-matematična modeliranja in nadaljnjo gradnjo konfigurabilnih programskih komponent za področje strojnega vida in robotike. Drug del razvoja bo posvečen optiki in svetilnim telesom ter pripadajočemu krmilju.

Tako razvite segmente bomo vključevali v projekte, večinoma s področja mehatronike, za potrebe avtomatskih optičnih kontrol in robotov, opremljenih s kamerami.

Hvala za pogovor!

Prispevek je pripravila
dr. Dragica Noe



CALL FOR PAPERS

September 9-13, 2007, Ljubljana, Slovenia



CALL FOR PAPERS



EUROSIM - Federation of European Simulation Societies

EUROSIM 2007

6th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation

September 9 - 13, 2007, LJUBLJANA, SLOVENIA

About EUROSIM:

EUROSIM is the Federation of European Simulation Societies and the EUROSIM congress organization (a triennial event) is one of the most important activities of the federation.

For more information about EUROSIM see:
www.eurosim.info

PROGRAMME:

The EUROSIM 2007 scientific programme consists of: Plenary lectures, Regular sessions, Special sessions, Posters, Students' competition and Tutorials. Papers will be published in two Proceedings Volumes: Volume 1: Book of Abstracts, Volume 2: DVD volume with full papers and multimedia files.

SCOPE AND TOPICS:

The scope includes all aspects of continuous, discrete (event) and hybrid modelling, simulation, identification and optimisation approaches. So the common denominator is problems solving with modelling and simulation in a way that can be useful also for solving other problems in similar or different areas. Contributions from technical (engineering) areas but also from nontechnical areas are welcome.

M&S methods and technologies: modelling and simulation of complex, large scale, distributed, hybrid, hierarchical, stochastic, control, expert, adaptive, fuzzy, decision support, multivariable, multiagent, reconfigurable, agent based, knowledge based, real time, queuing systems, scheduling, parallel processing concepts, high performance computing, M&S system architectures, neural networks, model validation and verification, simulation life-cycle evolution, genetic algorithms, man-in-the loop simulation, hardware-in-the loop simulation, nested simulation models, distributed enterprise simulation, data mining, bond graphs, simulation with Petri nets, discrete event simulation, statistic modelling, component based modelling, object oriented modelling, mathematical/numerical methods in simulation, graphical modelling, nano technology modelling, embedded and firmware modelling, middleware architecture modelling, visualisation, graphics and animation, modelling and simulation tools, WEB based simulation, human behaviour representation techniques, virtual reality and virtual environments, CAD/CAM/CIM/CAE, experiential digital media, future of M&S

M&S applications: aerospace, automotive systems and transportation, agriculture, architecture, biopharmacy, biomedicine, bioinformatics, genomics, business, applied chemistry, civil engineering, communications, ecological and environmental systems, economics, econometrics, economics of M&S, education, electrical engineering, geophysical systems, industrial processes, logistics, manufacturing systems, maintenance, reliability, marine systems, materials modelling and simulation, mechanical engineering, mechatronics, meteorology/climate, military systems, organisational processes, power systems, applied psychology, process engineering, social sciences, robotics, mobile robotics, seismism, traffic/transportation, training simulators, water management and treatment, systems biology, pulp&paper, computational fluid dynamics, supply chains, plant data and lifecycle management

VENUE:

University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering, Ljubljana, Slovenia



DEADLINES:

Proposal for special sessions and tutorials: **9 April 2007**

Submission of extended abstracts: **9 April 2007**

Submission of student full papers: **30 May 2007**

Notification of acceptance: **30 May 2007**

Early registration: **11 June 2007**

Submission of camera-ready papers: **9 July 2007**

Hotel Reservation: **27 July 2007**

CONTACTS:

Borut Zupančič, congress chair

Rihard Karba, IPC chair

University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering
Tržaška 25, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

Phone: +386 1 4768 306

E-mail: borut.zupancic@fe.uni-lj.si

E-mail: rihard.karba@fe.uni-lj.si

Alenka Kregar, registration, accommodation, excursions

Cankarjev dom, Cultural and Congress Centre

Prešernova 10, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

Phone: +386 1 241 7133

Fax: +386 1 241 7296

E-mail: alenka.kregar@cd-cc.si

CONGRESS COMMITTEE:

Borut Zupančič, president of EUROSIM, chair

Rihard Karba, president of SLOSIM

Tomaž Slivnik, Univ. of Lj., Fac. of El. Eng., dean

Felix Breiteneker, president of ASIM

INTERNATIONAL PROGRAMME COMMITTEE:

R. Karba (SI), chair

D. Al - Dabass (UK),

M. Alexik (SK),

M. Angel Piera (ES),

I. Bausch-Gall (DE),

L. Bobrowski (PL),

W. Borutsky (DE)

J. Božikov (HR),

F. Breiteneker (AT),

A. Bruzzone (IT),

P. Bunus (SE),

P. Cafuta (SI),

R. Cant (UK),

A. Carvalho Brito (PT),

G. Cedersund (SE),

F. Cellier (CH),

V. Čerić (HR),

E. Dahlquist (SE),

B. Elmegård (DK),

P. Fritzson (SE),

J.M. Giron-Sierra (ES),

Y. Hamam (FR),

F. Hartescu (RO),

A. Heemink (NL),

V. Hlupic (UK),

F. Javier Otamendi (ES),

A. Jávör (HU),

E. Jimenez (ES),

K. Jezernik (SI),

Đ. Juričić (SI),

K. Juslin (FI),

E. Juuso (FI),

H. Karatz (GR),

T. Kim (KR),

E. Kindler (CZ),

M. Kljajić (SI),

M. Klug (AT),

J. Kocijan (SI),

J. Kunovsky (CZ),

F. Lebon (FR),

B.H. Li (CN),

H.X. Lin (NL),

F. Maceri (IT),

W. Maurer (CH),

Y. Merkuryev (LV),

A. Munitić (HR),

D. Murray-Smith (UK),

S. Oharu (JP),

O. Ono (JP),

A. Orsoni (UK),

K. Panreck (DE),

T. Pawletta (DE),

M.A. Piera Eroles (ES),

H. Pierrel (FR),

J. Pollard (UK),

C.Z. Radulescu (RO),

M. Radulescu (RO),

F. Rocaries (FR),

P. Schwarz (DE),

M. Savastano (IT),

W. Smari (US),

F. Stanculescu (RO),

G. Szucs (HU),

M. Šnorek (CZ),

I. Troch (AT),

S. Wenzel (DE),

W. Wiechert (DE),

E. Williams (US),

R. Zobel (UK, TH),

B. Zupančič (SI),

L. Žlajpah (SI)

ORGANISERS:

- SLOSIM - Slovene Society for Simulation and Modelling
- University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering
- EUROSIM member societies: ASIM, CROSSIM, CSSS, DBSS, FRANCOSIM, HSS, ISCS, PSCS, SIMS, UKSIM, CEA SMSG, LSS, ROMSIM

CO-SPONSORS:

- CASS Chinese Association for System Simulation,
- ECMS European Council for Modelling and Simulation,
- JSST Japan Society for Simulation Technology,
- KSS Korea Society for Simulation,
- SCS The Society for Modeling and Simulation Int.,
- IASTED International Association of Science and Technology for Development
- ACSS Automatic Control Society of Slovenia

EXHIBITION:

Exhibitors with software, hardware and books from the area of M&S are cordially invited to participate.



<http://www.eurosim2007.org>

Študij mehatronike na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani

Peter BUTALA, Ivan VENGUST

V času, ko poteka preobrazba univerzitetnega študija, je potrebno temeljito razmisliti o tem, kako omogočiti mladim ljudem osvajanje širokega spektra znanj, hkrati pa tudi spoznavanje sodobnih metod dela in pridobivanje ustreznih delovnih izkušenj že v času študija. Prispevek obravnava projektno usmerjen pristop k izobraževanju na področju mehatronike na univerzitetni ravni. Mehatronika je tehniška disciplina, ki povezuje znanja strojništva, elektrotehnike in informatike. Za obvladovanje razvoja, operacij in vzdrževanja mehatronskih proizvodov in sistemov je potrebna široka paleta specifičnih in poglobljenih znanj z navedenih področij. Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani je bil program študija mehatronike uveden pred desetletjem in temelji na principu timskega projektnega dela študentov. Lahko rečemo, da gre za primer dobre prakse, ki jo potrjuje vrsta uspešno realiziranih študentskih projektov. S tem predstavlja dobro osnovo za pripravo novih, bolonjskih študijskih programov.

■ 1 Izhodišča

Mehatronika je relativno mlado interdisciplinarno področje tehnike, ki danes prodira tako v industrijo kot tudi v izobraževalni prostor na vseh nivojih izobraževanja – od poklicnega, srednješolskega, višješolskega do univerzitetnega in podiplomskega.

Mehatronika postaja vedno bolj aktualna v slovenskem gospodarstvu. Industrija vidi svojo perspektivo tudi v razvoju in proizvodnji mehatronskih produktov. To spoznanje se je pred časom jasno izkristaliziralo v okviru slovenske tehnološke platforme ERTRAC, kjer se združujejo razvita podjetja iz avtomobilske branže. Industrija ocenjuje, da se bo na področju mehatronike v bližnji prihodnosti odprlo večje število zahtevnih delovnih mest, za katera pa pričakuje visoko usposobljene mlade strokovnjake.

Doc. dr. Peter Butala, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; dr. Ivan Vengust, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, PS, d. o. o., Logatec

O tem, da je mehatronika interdisciplinarno in kompleksno področje, govori dejstvo, da je za obvladovanje razvoja, operacij in vzdrževanja mehatronskih produktov in sistemov potrebna široka paleta znanj od strojništva, elektrotehnike in elektronike do sodobnih informacijsko-komunikacijskih tehnologij, sistemskih teorij in metod odločanja. To pomeni, da morajo biti inženirji mehatronike dobro teoretično podkovani na vseh navedenih področjih. Danes je tudi jasno, da zgolj teoretično znanje ne zadošča za izzive sodobnega časa. To znanje je potrebno aplicirati, to je vgraditi v produkte, za kar so potrebni tudi trening raznih metod in orodij za delo in praktične izkušnje, pridobljene v projektnem, timske delu. Vse navedeno pa odpira vrsto novih izzivov za izobraževalne institucije.

Ker gre za sodobno področje tehnike, moramo tudi v izobraževalni proces vstopiti s sodobnimi, inovativnimi metodami poučevanja. Pionir slovenske mehatronike, zaslužni profesor in akademik dr. Janez Peklenik je pred leti vpeljal na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani koncept projekt-

nega izobraževanja na področju mehatronike [1]. Izkušnje iz dosežanega pedagoškega dela ter vrsta uspešno realiziranih študentskih projektov, pri katerih skupine študentov razvijejo in izdelajo prototip kompleksnega mehatronskega sistema, kažejo, da sta učenje z delom (ang. learning-by-doing) in timsko projektno delo trenutno najboljša načina izobraževanja na tako kompleksnem področju, kot je mehatronika.

■ 2 Projektno usmerjen študij mehatronike

Za opredelitev področja in pripadajočih znanj, ki so potrebna za učinkovito obravnavanje mehatronike, moramo izhajati iz konsistentne definicije te vede. V literaturi je zaslediti številne definicije, po preporočanju avtorjev pa mehatroniko najbolje opredeljuje sledeča: »Mehatronika je sinergijska povezava mehanskih sistemov z informacijskimi tehnologijami in kompleksnimi metodami odločanja v načrtovanju in operacijah industrijskih proizvodov in procesov« [2].

Ta definicija poudarja tri osnovne gradnike mehatronike. Poleg me-

hanskih sistemov so to informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT), ki vključujejo (1) elemente za procesiranje in shranjevanje informacij, kot so računalniki, mikroprocesorji, DSP-procesorji ipd., (2) elemente za komunikacijo in prenos informacij, kot so industrijska vodila, lokalne računalniške mreže, brezžična omrežja, internet ipd., ter (3) različna inženirska programska orodja za načrtovanje in razvoj, kot so računalniško podprto konstruiranje (CAD), računalniško podprta proizvodnja (CAM) ipd. V kategorijo kompleksnih metod odločanja, ki predstavljajo »mehki del« in se vgrajujejo v programsko opremo mehatronskih sistemov, pa sodijo metode tehnične kibernetike, krmilne teorije, adaptivnega krmiljenja, inteligentnega procesiranja, samoučenja ipd. V zadnjih letih je bil razvoj še posebej intenziven na zadnjih dveh naštetih področjih!

Iz navedenega lahko razberemo, da gre za resnično širok spekter novih in hitro razvijajočih se znanj. Zato sta temeljni vprašanji, katera znanja nuditi študentom in kako jim jih posredovati, da bodo imeli tako ustrezno teoretično podlago kot tudi praktične izkušnje in na ta način pridobili kompetence, ki jim bodo omogočale uspešno uveljavitev in opravljanje poklica.

Profesor Peklenik je v devetdesetih letih razvil koncept študija mehatronike, ki deloma temelji na projektni organiziranosti v okviru t. i. izobraževalnega delovnega sistema (IDS), ki povezuje tim študentov s timom mentorjev in instruktorjev s ciljem [1]:

- razviti in do prototipa izdelati visokotehnološki proizvod, pri tem pa
- vzbuditi v študentu kreativnost, originalnost razmišljanja in sistemski pristop pri iskanju razvojnih rešitev;
- omogočiti razumevanje celotnega procesa razvoja VT-proizvodov in tehnološke realizacije ter razmišljanje v globalnih dimenzijah;
- uporabljati znanja iz osnovnih inženirskih disciplin pri obravna-

vanju kompleksnih razvojnih in tehnoloških problemov;

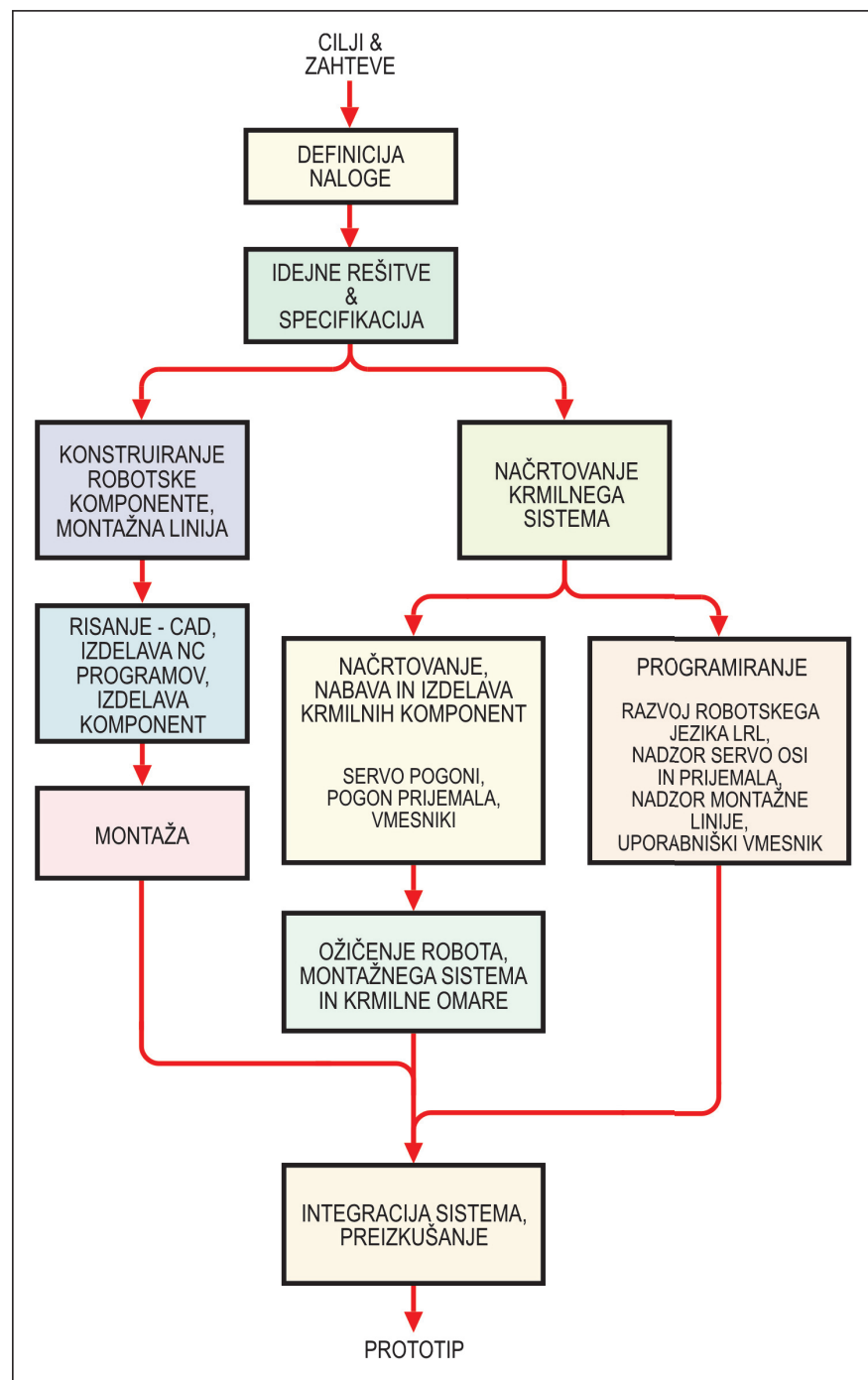
- naučiti se dela v timu in, kar je posebno pomembno,
- rešiti problem v predpisanem času.

Navedeni cilji so naravnani predvsem v razvoj vrste kognitivnih in funkcionalnih kompetenc študentov, da bodo sposobni učinkovitega obvladovanja razvoja in operacij kompleksnih mehatronskih sistemov s

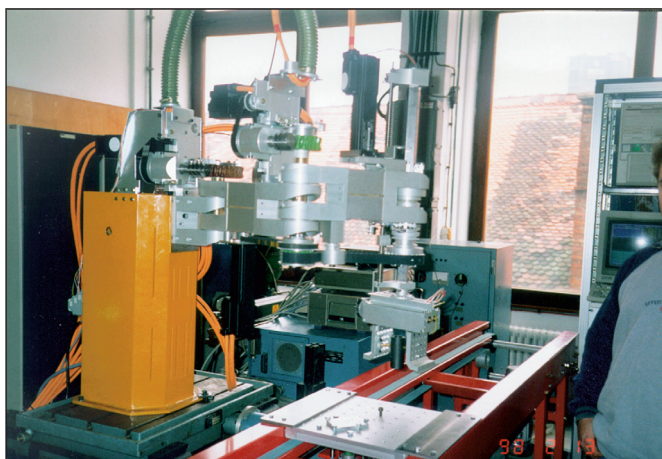
sodobnimi metodami in orodji in v industrijskih razmerah dela v globaliziranem okolju. To pa je ravno tisto, kar naša industrija potrebuje in pričakuje od univerz.

3 Študentski mehatronski projekti

Oglejmo si nekoliko podrobneje, kako poteka projektno delo študentov na študijski smeri Mehatronika, mikromehanski sistemi



Slika 1. Tipična sekvenca sočasnega razvoja kompleksnega mehatronskega sistema



Slika 2. Montažna celica s SCARA robotom [3]



Slika 3. CNC-stroj za lasersko rezanje pločevine [3]



Slika 4. Namizni CNC-gravirni stroj [5]

in avtomatizacija na univerzitetnem študiju Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani.

Na začetku semestra učitelji omenjene smeri seznanijo študente z okvirnimi temami projektnega seminarja. Študentje se potem odločijo za posamezno temo na osnovi lastnih preferenc in dogovora s kolegi.

Za vsako temo se oblikuje projektni tim, v katerem običajno sodeluje od tri do pet študentov. Velikost tima je odvisna od razpisane teme in velikosti generacije. Študentje izberejo iz svojih vrst vodjo projekta, ki ima predvsem vlogo načrtovanja in koordinacije dela.

Vsaka tema ima svoje specifične cilje, ki jih morajo študentje realizirati v določenem času. Cilji vključujejo tudi prototipiranje rešitev, ki so lahko zelo kompleksni mehatronski sistemi ali njihovi segmenti. Posebna pozornost se posveti kreiranju idejnih rešitev ter specifikaciji izbrane rešitve, kar je osnova za nadaljnji razvoj. Zaradi interdisciplinarnosti se projektni tim nato običajno strukturira v podtime, ki sočasno razvijajo mehanski sistem, krmilno elektroniko in programsko opremo

krmilnika. Posamezni podsistemi se razvijejo, nabavijo in izdelajo se ustrezne komponente, ki se nato sestavijo. Sledijo integracija in »oživljanje« sistema, poskusni zagon ter testiranje. Tipična sekvenca dela na projektu v treh paralelnih vejah je prikazana na *sliki 1*.

Pri delu se študentje specializirajo na posamezna področja mehatronike,

pač z ozirom na lastne preference. S sodelovanjem in izmenjavo informacij pa prenašajo svoje znanje na kolege v timu. Vzpodbujamo jih, da pri delu uporabljajo sodobna inženirska razvojna orodja, ki so na razpolago v laboratoriju. Tako se naučijo uporabe novih orodij. V okviru projektnega dela se študentje soočijo tudi z vrsto drugih aktivnosti, kot so nabava materiala, izdelava in kontrola komponent, NC-programiranje, montaža ipd. Tako se seznanijo z naravo teh procesov, spoznajo in razumejo proizvodnjo ipd., kar jim razširi obzorje. Pri tem imajo na razpolago različno strojno in programsko opremo, kar jim omogoča, da se samoorganizirajo in izvedejo večino projektnih aktivnosti sami.

Oprema in orodja so potrebni pogoji za projektno delo študentov. Drugi pogoj pa so motivirani študentje, zavestno pripravljeni sprejeti izziv in se vključiti v tovrstni način študija. To potrjujejo rezultati študentskih projektov. Nekaj zanimivih študentskih mehatronskih projektov je predstavljenih v nadaljevanju.

Slika 2 prikazuje robotsko montažno celico s 5-osnim SCARA robotom. Izdelan je bil mehanizem SCARA robota z AC-servopogoni, transport palet in robotski krmilnik na PC-računalniku. Za krmilnik je bil razvit robotski jezik. Na *sliki 3* je prikazan 3-osni CNC-stroj za laserski razrez pločevine. Poleg stroja s tremi DC-servopogoni je bil izdelan tudi na PC-računalniku temelječ CNC-krmilnik. Študentje so izdelali strojno in programsko opremo tega krmilnika. *Slika 4* prikazuje namizni CNC-stroj za graviranje. Pri tem projektu je bil uporabljen odprtokodni CNC-krmilnik EMC (www.linuxcnc.org).

Nekaj primerov uspešnih študentskih mehatronskih projektov je predstavljenih v literaturi [3–8].

4 Zaključek in diskusija

Koncept izobraževalnega delovnega sistema predstavlja vodilo, po katerem z manjšimi modifikacijami delamo že dobro desetletje, in predstavljata tudi osnovo pri razmišljanju

o bolonjskem programu študija mehatronike. Seveda ne smemo prezreti, da večji del študija, skozi katerega študentje osvajajo osnovna znanja in znanja stroke, poteka na klasični način. V zaključnih semestrih študija, to je od 7. do 9. semestra, pa se študentje vključijo v projektno organizirano delo.

Peklenikov koncept izobraževalnega delovnega sistema (IDS) rešuje vrsto pomanjkljivosti klasičnega univerzitetnega izobraževanja. Oglejmo si nekaj bistvenih izboljšav.

Klasično izobraževanje bazira na interakciji med sistemom poučevanja (učitelj) in študiranja (študent). Ta dva sistema sta le redko v interakciji, npr. med predavanji. Povratne zveze, ki služijo ocenjevanju, so zgolj občasne, npr. na izpitu. V času interakcij lahko prihaja do komunikacijskih težav, težav razumevanja ipd., kar so splošno poznani problemi integracije sistemov. IDS pa združuje študente in mentorje v enoten sistem, v katerem poteka nadziran proces izobraževanja z jasnimi cilji. Mentorji spremljajo delo študentov sproti in ga, po potrebi, usmerjajo v smislu nasvetov in sugestij. Pri tem prihaja do uporabe kot tudi do transferja znanja. S tem postaja izobraževanje sodoben, projektno usmerjen in timsko izvajen delovni proces, podoben razvojnemu procesu v industriji. Spreminja pa se tudi odnos med študenti in učitelji ter asistenti iz klasičnega konfrontiranega v sodelujočega.

Dobro je tudi znano, da imajo študentje težavo pri uporabi teoretičnih znanj na konkretnih problemih. Skozi projektno delo študentje nazorno spoznajo, kako uporabiti teoretično znanje na konkretnih inženirskih problemih. Študentje pogosto ne razumejo, da je potrebno konstrukcijske rešitve tudi izdelati z dosegljivimi tehnologijami, pri čemer igrajo pomembno vlogo stroški izdelave. Projektno delo, ki zahteva realizacijo prototipa proizvoda ali naprave, pa jih prisili tudi v tovrstno razmišljanje in razumevanje. Skozi projektno delo študentje spoznajo nepredvidljivost okolja,

ki se dostikrat pokaže, ko iščejo in nabavljajo ustrezne komponente na tržišču. Spoznajo tudi naravo proizvodnih procesov v delavnici, kjer izdelujejo posamezne komponente. Pri tem imajo tudi možnost, da sami izdelajo NC-programe za obdelavo ter obdelajo enostavnejšo komponento na stroju. Vse to jim obogodja bistveno boljše razumevanje realnih procesov, problemov motenj, komunikacij ipd.

Skozi projektno delo študentje spoznajo tudi organizacijo dela, vodenje projekta, delovanje v timu, vlogo odgovornosti posameznika do skupine, pomembnost dogovarjanja, izmenjave informacij ipd. To so vsebine, s katerimi se študentje pri klasičnem študiju srečujejo zgolj na teoretični ravni ali pa še to ne. V IDS pa dobijo konkretno življenjsko izkušnjo, ki jo sestavlja mozaik dobrih in slabih vtisov.

Izkušnje projektnega načina študija in njegove učinke na študente lahko strnemo v sledeča spoznanja:

Kompetentnost: poglobljeno znanje, obogateno z izkušnjami, pridobljenimi s projektnim delom. Boljše razumevanje kompleksnih sistemov, celotnega razvojnega ciklusa, vključno z izdelavo prototipa, timskega dela, projektnega vodenja, neterminističnega okolja, stohastične narave procesov ipd.

Profesionalno obnašanje: študentje senaučijo obnašanja v organiziranem okolju, prevzemanja odgovornosti, odločanja, obvladovanja časa ipd.

Kooperativnost, koordinacija in komunikacija: pri delu v timu se študentje naučijo sodelovanja, usklajevanja idej in rešitev, izmenjave informacij ipd. zaradi doseganja skupnega cilja. Te relacije so za večino študentov novost.

Kreativno, inovativno razmišljanje: ko se soočajo z novimi izzivi, za katere odgovori niso poznani vnaprej, so študentje prisiljeni misliti s svojo glavo in generirati in verificirati lastne ideje.

Sistemske pristop: mehatronika kot sistemska disciplina sili študente v sistemsko razmišljanje, strukturiranje problemov, identifikacijo relacij med elementi sistema in okolico, jasno interpretacijo rešitev ipd., kar jim odpira univerzalni pristop k obravnavanju kompleksnih problemov tudi na drugih področjih.

Samozaupanje: eden od najbolj impresivnih stranskih učinkov projektnega dela je pridobivanje samozaupanja študentov, ki rezultira iz uspešno zaključenih projektov. To jim daje občutek, da so sposobni spoprijeti se z zahtevnimi problemi.

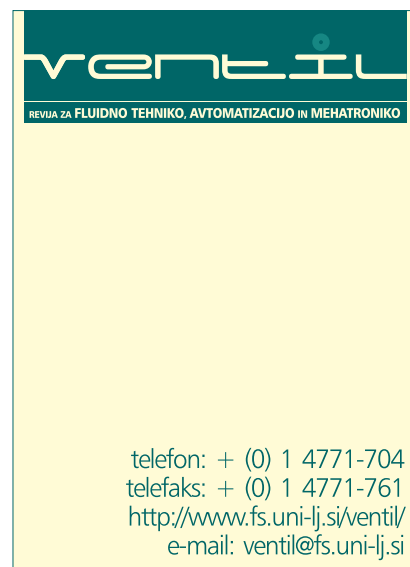
Glavni problemi, ki jih lahko zasledimo pri študentih pri projektnem delu, so v večini primerov povezani s pomanjkanjem motivacije in obvladovanjem časa. Slednje je za mentorje najtežje obvladljiva naloga, ki pa je zaradi primerljivih razmer v industriji zelo pomembna.

Problem lahko predstavljajo tudi stroški materiala in komponent, potrebnih za realizacijo prototipa. Zato je pomembno, da so cilji študentskih projektov usklajeni s cilji laboratorija oz. njegovih projektov, iz katerih se potem lahko financirajo omenjeni stroški. Takšna usklajenost projektov tudi rezultira v večjo motivacijo udeleženih pedagogov, saj so učinki lahko sinergijski. Cilji takega projekta so običajno zelo konkretni, študentje pa lahko doprinesejo izvirne ideje, ker se neobremenjeno soočijo z izzivom. Hkrati pa vidijo priložnost za svojo promocijo in samopotrjevanje, še posebej, če gre za mednarodni projekt.

Literatura

- [1] Peklenik J., 1996, A New Approach to Education of University Graduates for Complex World of Manufacturing, Manufacturing Education for the 21st Century, Vol. III, SME, San Diego, str. 11–14.
- [2] Tomizuka M., 2002, Mechatronics: from the 20th to 21st Century, Control Engineering Practice, Vol. 10, str. 877–886.
- [3] Butala P., Vengust I., Sluga A.,

- 2003, Project-oriented approach to education in mechatronics – some experiences. V: Bezjak J. (ur.). Technical creativity in school's curricula with the form of project learning "From idea to the product" – from the kindergarten to the technical faculty: proceedings: 1st international science symposium, Portorož, Pedagoška fakulteta, Ljubljana, str. 125–130.
- [4] Vengust I., Novak A., Novosel M., Butala P., 2004, Implementation of the open source programming code in mechatronic education, V: Bezjak J. (ur.). Technical creativity in school's curricula with the form of project learning "From idea to the product" – from the kindergarten to the technical faculty: proceedings: 2nd international science symposium, Portorož, Pedagoška fakulteta, Ljubljana, str. 100–106.
- [5] Vengust I., Butala P., 2005, A desktop CNC machine tool – an educational case study in mechatronics, V: Bezjak J. (ur.). Technical creativity in school's curricula with the form of project learning "From idea to the product" – from the kindergarten to the technical faculty: proceedings: 3rd international science symposium, Portorož, Pedagoška fakulteta, Ljubljana, str. 21–26.
- [6] Butala P., Vengust I., Sluga A., 2006, The challenge of new technologies for students innovation projects – the case of a WEB machining service. V: Bezjak J. (ur.). Technical creativity in school's curricula with the form of project learning "From idea to the product": from the kindergarten to the technical faculty: proceedings: 4th international science symposium, Portorož, Slovenia. Somar, Ljubljana, str. 25–31.
- [7] Butala P., Vengust I., Peklenik J., 2006, Project oriented education in mechatronics. V: Butala P., Hlebanja G. (ur.). 39th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems: The morphology of innovative manufacturing systems. Department of Control and Manufacturing Systems, Faculty of Mechanical Engineering, Ljubljana, str. 567–570.
- [8] Vengust I., Vrabič R., Kuščer L., Butala P., 2006, Virtualni CNC-sistem, Ventil, Vol. 12, No. 6, str. 376–383.



Mnenje iz industrije

Mehatronika in mehatroniki – Kaj in zakaj?

V zadnjem času pogosto slišimo izraza mehatronika in mehatronik. Kaj je to in čemu služi v industriji? Zgleda, da se tehnika vrača, vsaj na tem segmentu, nazaj na začetek. Tehnika v današnjem smislu na začetku ni bila ločena na strojništvo in elektrotehniko in kasneje še na elektroniko in računalništvo. Iz zgodovine nam je znan izraz 'Stara tehnika' za častitljivo zgradbo na Aškerčevi ulici v Ljubljani, kjer je domovala elektro-strojna fakulteta. Razvoj stroke je privedel do že zgoraj omenjenih smeri, ker je bil obseg znanja tak, da ena oseba ni obvladovala vseh področij. Ta delitev obstaja od najnižjih strokovnih nivojev pa do akademske sfere.

V realnem življenju pa to zgleda takole: na proizvodni napravi pride do težave, ki jo je treba odpraviti. Sofisticirane proizvodne naprave in linije so skupek mehanskih in elektronskih elementov, podprtih z ustreznim računalniškim programjem. Na linijo pride ukrepat mehanik, ki pogosto ugotovi, da je narobe nekaj z elektriko, elektroniko ali pa je napaka v računalniškem programu. Na koncu naj bi se ob napravi zbral cel konzilij in jo spravil v red. Minute tečejo in evri tudi! Opisana hipotetična situacija je privedla do tega, da so vedno bolj zaželeni delavci, ki obvladajo to kompleksno problematiko. Izobraževalni sistem do nedavna takih kadrov ni proizvajal. V naši firmi smo se že pred leti tega lotili tako, da smo strojne vzdrževalce dodatno izobrazili za nekatere enostavnejše posege tudi v nestrojniški del. Stvar se je obnesla. Odgovor izobraževalnega sistema na to je poklic mehatronika, ki ni modna muha, ampak realna potreba v naši industriji, ki se najbolj kaže na nižjih strokovnih nivojih. Potrebni pa so tudi strokovnjaki na višjih izobrazbenih nivojih, ki lahko s specialisti posameznih področij uspešno delajo tudi na področju razvoja in konstrukcije sodobnih tehnologij. Tak je pogled na mehatroniko iz industrije in mislim, da ima ta staro-nova veja tehnike lepo bodočnost.

Franci Kovačič, ETA Cerkno, d. o. o.,

Univerzitetni interdisciplinarni študij MEHATRONIKA na Univerzi v Mariboru – študij za prihodnost

Bogdan VALENTAN, Igor DRSTVENŠEK, Riko ŠAFARIČ

Univerza v Mariboru pod okriljem Fakultete za strojništvo (FS) in Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI) že več let uspešno izvaja interdisciplinarno študijsko smer mehatronika. Po skromnem začetku v šolskem letu 2000/01, ko se je v tretji letnik univerzitetnega programa Mehatronika vpisalo 12 študentov, smo v letošnjem šolskem letu imeli vpisanih 29 študentov interdisciplinarne študijske smeri mehatronika. Izredno dober odziv študentov in industrije je spodbudil fakulteti, da sta pripravili samostojni univerzitetni študijski program *mehatronika* in zanj pridobili akreditacijo Sveta za visoko šolstvo. Mladi imajo tako možnost v novem študijskem letu 2007/08 vpisati študijski program, ki jih bo vodil do novega samostojnega poklica univerzitetni diplomirani inženir mehatronike. Program je pripravljen po bolonjskem modelu in vključuje moderen didaktični način, v katerem je v ospredju projektno delo študentov, kar poudarja tudi njegov moto, ki je znana Konfucijeva misel: »Povej mi in bom pozabil, pokaži mi in si bom zapomnil, vključi me v delo, da bom znal.«

Kaj je mehatronika?

Izraz mehatronika se je pojavil v 70. letih prejšnjega stoletja kot izpeljanka iz besed mehanika in elektronika. Poudariti je hotel povezanost dveh ved v novo tehnično smer, ki predstavlja združevanje mehanskih in elektronskih sistemov. Mehatronika je zbir osnovnih znanj, postopkov in tehnik za razvoj, izdelavo in vzdrževanje sodobnih strojev, naprav in sistemov. Je izrazito interdisciplinarna tehniška disciplina, ki povezuje znanja klasičnih disciplin elektrotehnike in strojništva, dopolnjena z računalništvom in informatiko, v smislu funkcionalnosti novih izdelkov.

Bogdan Valentan, univ. dipl. inž., doc. dr. Igor Drstvenšek, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo; Prof. dr. Riko Šafarič, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

Mehatronika je predvsem nov način razmišljanja pri načrtovanju izdelkov in sistemov, ki omogoča celovito združitev strojegradnje in precizne mehanike, elektrotehnike in elektronike, avtomatskega vodenja, računalništva in informatike v osnovni proces načrtovanja. Pri tem inženir spozna sistem kot celoto, s čimer doseže večjo kakovost, zanesljivost, funkcionalnost in nižje proizvodne stroške izdelka.

Mehatronika v izobraževanju

Prva predavanja iz mehatronike so bila leta 1983 na specialističnem in podiplomskem študiju na japonski univerzi Toyosaki in nato na univerzi Tohoko, kjer so istega leta odprli tudi prvi oddelek za mehatroniko in precizno inženirstvo. Po letu 1985 se je študij mehatronike razširil v ZDA in Evropo nato pa tudi drugam po svetu.

Univerza v Mariboru je na pobudo gospodarstva začela vpeljevati študij mehatronike v izobraževalni

program v začetku 90. let prejšnjega stoletja, odobritev za študijsko smer mehatronike pa so dobili šele konec 90. let. Tako se je lahko v študijskem letu 2000/01 prva generacija študentov tretjega letnika univerzitetnega študija na Fakulteti za strojništvo in Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko odločila za nadaljevanje študija na mehatroniki. Študijska smer se izvaja na obeh fakultetah. V široki paleti izbirnih predmetov pa ima tudi predmete s področja ekonomije in podjetništva, kar omogoča študentom individualno specializacijo študija. Poseben poudarek študijske smeri mehatronika je na projektnem delu, saj študentje skoraj tretjino šolskih obveznosti delajo na realnih inženirskih projektih, ki jih običajno sofinancira slovensko gospodarstvo. Tako se študent že za časa študija sreča s timskim delom, mnogimi inženirskimi veščinami in si s tem pridobi svoje prve strokovne veščine in prepotrebno strokovno samozaupanje že med študijem [1].

Študij se izvaja po sodobnih didaktičnih metodah, podprtih s svetovnim

spletom, in v sodobno opremljenih prostorih fakultet. Projektno usmerjeno delo spodbuja skupinsko delo in partnerski odnos med profesorji in študenti. Od leta 2000 so študentje v sklopu projektnega dela realizirali več odmevnih projektov, med njimi tudi invalidski voziček z govornim upravljanjem, vozilo na hibridni pogon (slika 1), kolo na pomožni električni pogon in model terenskega vozila (slika 2). Študent ima možnost študija v tujini in opravljanja projektnih in diplomskih nalog na industrijskih objektih, po končani diplomi pa lahko nadaljuje študij na magistrski in doktorski stopnji po bolonjskem modelu.



Slika 1. Zasnova vozila študentov mehatronike v sklopu projektnega dela



Slika 2. Model terenskega vozila

3-letnega univerzitetnega študija za pridobitev strokovnega naziva univerzitetni diplomirani inženir mehatronike [2].

Temeljni cilj skupnega interdisciplinarnega univerzitetnega dodiplomskega programa *MEHATRONIKA* je izobraziti široko razgledanega diplomanta, ki bo poleg znanja in razumevanja izkazoval tudi samostojnost, ustvarjalnost, inovativnost in kritičnost pri reševanju problemov s področja mehatronike. Študenti tega programa se bodo s študijem usposobili za prenos pridobljenih teoretičnih in strokovnih znanj v prakso in za reševanje problemov v delovnih okoljih [2].

Mehatronika – poklic prihodnosti

Mehatronika v današnjem hitro se razvijajočem svetu tehnike predstavlja idealno sinergijo ved, s čimer zagotavlja trdno osnovo za kakovostni študij tudi v prihodnje. Skupaj z razvojem tehnike je nujen razvoj naprednih in učinkovitih študijskih programov, ki zagotavljajo perspektivne kadre za sodobno in v razvoj usmerjeno industrijo. Mehatronika je nedvomno tista, ki je že danes pripravljena na izzive prihodnosti.

Literatura

- [1] <http://www.ro.feri.uni-mb.si/tekma/Mehatr.brosura.pdf>
- [2] <http://mehatronika.uni-mb.si/>

Znanstvene in strokovne prireditve

■ Fluid Power Conference & Expo (Konferenca in razstava fluidne tehnike)

15.–16. 05. 2007
Tampa, Florida, USA

Informacije:

- kontaktna oseba: Sharon Gluvna
- tel.: + 216/931-9427
- e-pošta: sgluvna@penton.com

■ Scandinavian International Conference on Fluid Power (SICFP '07)

21.–23. 05. 2007
Tampere, Finska

Organizator:
Tampere University of Technology

Informacije:

- kontaktna oseba: Prof. Kari T. Koskien
- tel.: + 358 (0) 3 3115 2177
- e-pošta: sicfp07@tut.fi
- internet: [http:// www.iha.tut.fi/sicfp07/](http://www.iha.tut.fi/sicfp07/)

nadaljevanje na strani 112

Šolski center Ptuj in višješolski program mehatronika

Robert HARB

Šolski center Ptuj je nastal z združitvijo štirih samostojnih šol leta 1974. Istega leta se je začela intenzivirati ideja o gradnji večjega srednješolskega izobraževalnega središča, ki bi omogočilo povečanje vključenosti tiste populacije mladih, ki nadaljujejo poosnovnošolsko izobraževanje. V letih od 1979, ko so se vse štiri šole preselile na današnjo lokacijo, je zavod doživel množico razvojnih sprememb. V letih delovanja je število srednješolcev naraslo z začetnih 1500 na 3300 v šolskem letu 2000/01, število ponujenih programov se je povečalo na področjih, ki so bila zanimiva za mlade in regionalna podjetja. Velika prizadevanja in uspehi pri širitvi ponudbe pa so silili k dvoizmenskemu pouku.

samo za ptujsko občino, ampak za celotno Podravsko regijo. Na novi lokaciji smo pridobili 18 učilnic, 5 novo opremljenih predavalnic, od tega 1 konferenčno dvorano ter sodobno opremljene računalniške učilnice. Ptuj kot mesto se razvija v močno izobraževalno središče za programe prihodnosti. Danes sestavlja ŠC Ptuj pet pedagoško avtonomnih šol – organizacijskih enot, in sicer:

- Ekonomska šola,
- Poklicna in tehniška kmetijska šola,
- Poklicna in tehniška elektrošola,
- Poklicna in tehniška strojna šola,
- Višja strokovna šola.

Poklicno izobraževanje na vseh stopnjah bo v naslednjih letih zaznamovalo ponovna korenita prenova



Robert Harb, ravnatelj Višje strokovne šole Ptuj

vnem specialističnem izobraževanju, zmanjševanje strukturnih neskladij na trgu delovne sile (v nekaterih poklicih je pokritost potreb pod 50 %, delodajalci zaposlujejo neustrezen kader) pa tudi potrebe po prekvalifikacijah in dodatnih kvalifikacijah. Čeprav izvajamo aktivnosti, da na nacionalnem nivoju spremenimo trende v poklicnem izobraževanju, vidimo priložnosti predvsem v oblikovanju **izobraževalnega središča**, ki bo omogočilo interdisciplinarno sodelovanje ter sinergijo znanj in spretnosti učiteljev in strokovnjakov gospodarstva, posledično pa bodočim diplomantom pridobitev tistih znanj in spretnosti – kompetenc, ki jih potrebuje zahteven trg delovne sile jutrišnjega dne.

Na področju tehnike je odgovor v novem poklicu prihodnosti, to je **mehatronika**.

Višja strokovna šola je naredila velik korak v izobraževanju z ustanovitvijo višješolskega študija mehatronike, saj študij zajema nove trende znan-



Ptujski grad, v ozadju Šolski center Ptuj

Pridobitev novih prostorov na Vičavi v letu 2006 je velikega pomena, ne

Robert Harb, univ. dipl. inž.,
Šolski center Ptuj, Ptuj

izobraževalnih programov, organizacijske spremembe in posledice zmanjševanja velikosti generacij, ki zaključujejo osnovno šolo. Hkrati se bodo v prihodnje še povečevale potrebe po dodatnem stroko-

ja, ki jih zahteva sodoben trg dela v teoretičnem in praktičnem pomenu. Inženirji mehatronike morajo imeti vpogled v tri discipline: strojništvo, elektrotehniko in računalništvo. Program višješolskega študija mehatronike zajema temeljne, skupne in posebne strokovne predmete, ki uspešnega študenta izobrazijo v multidisciplinarno izobraženega strokovnjaka mehatronike. Povpraševanje po mehatroniku je veliko na domačem in tujem trgu dela. Iščejo ga v najrazličnejših podjetjih, v laboratorijih v raziskovalnih in razvojnih centrih visoke tehnologije, pri svetovanjih, oblikovanju vseh vrst, od avtomobilov do mikrovalovne pečice, komunali, računalniško vodenih strojih, avtomobilskih podsistemih, robotskih sistemih, menedžmentu in še kje. Trendi v obrti in gospodarstvu odpirajo nove možnosti zaposlitev in hkrati poudarjajo nujnost prestrukturiranja obstoječih kadrov. Rezultati analize potreb obrti in gospodarstva narekujejo izvajanje poklica mehatronika na poklicnem in višješolskem nivoju. Prav tako število vpisanih v redni in izredni študij nakazuje zanimanje in potrebo po funkcionalnih znanjih. V tem trenutku na Višji strokovni šoli, ŠC Ptuj, študira več kot sto rednih in 180 izrednih študentov mehatronike. To pa je številka, ki je nismo pričakovali niti največji optimisti.

Krepitev povezav z gospodarstvom na lokalni, državni kot tudi mednarodni ravni pa pomeni nov izziv za študenta, diplomanta in končno inženirja mehatronika. Pojem »akademskega« znanja želimo povsem izločiti s področja višješolskega izobraževanja. Naši študentje morajo pridobivati kompetence. Kompetence so mnogo več kot zgolj znanja, saj poleg tega vključujejo vse sposobnosti za uporabo znanja. Torej zmožnosti, ki so potrebne, da nekdo uspešno, učinkovito in v skladu s standardi delovne uspešnosti izvrši določeno nalogo, opravi delo ali odigra vlogo v poslovnem procesu. Kompetence obsegajo uporabo znanja. To pa so veščine, spretnosti, osebnostne in vedenjske značilnosti, prepričanja, vrednote in še kaj. Programi višjih strokovnih šol so zasnovani kot oblika terciarnega

izobraževanja in so izrazito poklicno naravnani. Prav po tem se razlikujejo od visokošolskega (univerzitetnega in visokošolskega strokovnega) študija. Kar 40 % programa je namenjenega praktičnemu usposabljanju v podjetjih in organizacijah. Programi so dveletni in omogočajo pridobitev višje strokovne izobrazbe VI. stopnje zahtevnosti. Študij je podkrepjen z učnim delovnim mestom, ki ga je verificirala Gospodarska zbornica Slovenije, saj študent osemsto ur od skupnih dva tisoč opravi v neposrednem, konkretnem delovnem okolju. Vsebine predmetov študija se med seboj povezujejo in dopolnjujejo, kar daje študentu možnost razmišljanja z različnih vidikov. Večino preostalih ur pa izvajamo v dobro opremljenih laboratorijih na Šolskem centru Ptuj.

Dobro opremljeni laboratoriji so po moji oceni ključni za kvaliteto izvedene laboratorijske vaje. Vsi, ki se ukvarjamo s tehniko, vemo, da je študij tehnike še posebej me-

hatronike kot interdisciplinarne vede izredno drag, saj je oprema laboratorija raznolika in zahtevna. Študij je zasnovan tako, da študentje delajo na projektih, gradijo izdelke in se pripravljajo na vseživljenjsko učenje. Vse to združuje študij mehatronike na Višji strokovni šoli Ptuj.

Naša vizija za prihodnost je, da postane Ptuj center mehatronike, zato so vse naše glavne aktivnosti usmerjene v posodabljanje in razvijanje novih programov. Namen teh programov je predvsem povečati zaposljivost v naši regiji, zato se intenzivno povezujemo z organizacijami in našimi poslovnimi partnerji. Na ta način prihajajo naši študentje v stik s podjetji in s tem se možnosti za zaposlitev še povečujejo. Naši predavatelji so strokovnjaki iz gospodarstva, ki svoje praktične izkušnje prenašajo na študente, s tem sledimo trendom razvitih gospodarstev.

Na področju višješolskega strokovnega izobraževanja bomo krepili sodelovanje s socialnimi partnerji, ustvarjali pogoje za povezovanje šol z gospodarstvom na lokalni in regionalni ravni ter skušali izboljšati kakovost in povečati privlačnost tehničnega izobraževanja. Spodbujali bomo tudi razvoj modernih izvedbenih oblik usposabljanja in izobraževanja predavateljev ter drugih izobraževalcev, kar bo prispevalo k dvigu kakovosti našega dela.

Na vseh ravneh bomo izvajali različne oblike izobraževanja in usposabljanja ter zagotovili uvajanje programov izobraževanja in celovit podporni sistem za vseživljenjsko učenje, ki se bo krepil z vzpostavljanjem mehanizmov za priznavanje različnih oblik izobraževanja in učenja (formalno, neformalno in priložnostno) na vseh ravneh. Usmerjali pa bomo tudi v različne načine spodbujanja in motiviranja za vključitev v različne sheme izobraževanja in usposabljanja.

Študenti višješolskega študija mehatronike na Ptuj se tako lahko prepustijo novemu znanju, izzivom in postanejo ljudje s prihodnostjo in ne za prihodnost.



Oprema laboratorijev na ŠC Ptuj

Izobraževanje na področju mehatronike v srednje- in višješolskih programih

Darko HRIBAR

■ 1 Uvod

Izobraževalni programi s področja mehatronike so nastali kot potreba gospodarstva. Mehatronika je v gospodarsko razvitih sistemih prisotna že nekaj desetletij, k nam pa je prišla z nekoliko časovnega zamika. Kakorkoli že, sedaj je tukaj in gospodarstvo je besedo mehatronika sprejelo, še bolj pa je sprejelo njeno filozofijo. Ker ne gre za združevanje področij strojništva, elektrotehnike in informatike, pač pa gre za zlivanje teh področij v eno. Kar pomeni, da je potrebno tako združiti tudi poklice oziroma izobrazbo. Ne moremo več imeti treh ljudi, ki se ukvarjajo z eno stvarjo – potrebujemo eno osebo, ki nekako v pravi in zadovoljivi meri obvlada vsa področja, ki se zlivajo v mehatroniki. Nema lokrat slišimo, da so poklici na področju mehatronike poklici prihodnosti.

V Sloveniji nastajajo izobraževalni programi na podlagi poklicnih standardov. Poklicni standard je dokument, v katerem gospodarski subjekti definirajo znanja in spretnosti, ki jih morajo imeti dijaki oziroma študenti, ko zaključijo izobraževanje. Ta dokument je podlaga bodisi za pripravo izobraževalnega programa bodisi za pripravo kataloga standar-

dov strokovnih znanj in spretnosti. Vse te dokumente pripravi Center Republike Slovenije za poklicno izobraževanje (CPI), potrjena pa oba strokovna sveta – Strokovni svet Republike Slovenije za poklicno in strokovno izobraževanje in Strokovni svet Republike Slovenije za splošno izobraževanje. Pri pripravi poklicnih standardov sodelujejo predstavniki iz gospodarstva in negospodarstva, vključeni pa sta tudi gospodarska in obrtna zbornica.

■ 2 Izobraževalni programi

Na področju srednjega in višješolskega izobraževanja se izvajajo trije izobraževalni programi: *mehatronik operater*, *tehnika mehatronike* in *mehatronika*. Oba programa na srednješolskem nivoju sta pripravljena v skladu z Novimi izhodišči za pripravo izobraževalnih programov, katerih glavne značilnosti lahko povzamemo v nekaj alinejah:

- "razpredmetenje" (vsaj v strokovnem delu),
- povezovanje splošnih in strokovnih vsebin,
- integracija ključnih kvalifikacij,
- učno-ciljno načrtovanje,
- povezovanje teorije in prakse,
- praktično usposabljanje z delom (minimalno 24 tednov),
- izvedbeni kurikulum,
- odprti kurikulum,
- projektno delo,
- timsko delo ...

Za gospodarstvo je eno pomembnejših določil novih izhodišč odprti kurikulum, ki mu je namenjenega približno 20 % vsega časa. Vsebine, ki se izvajajo, in cilji, ki se dosegajo znotraj odprtega kurikuluma, pa so stvar lokalnega okolja šole – šola skupaj s potrebami delodajalcev (tistih seveda, ki so pripravljeni in imajo interes sodelovati) določi, kaj bo izvajala znotraj odprtega dela kurikuluma. Izkušnje kažejo, da delodajalci v splošnem niso dovolj zainteresirani za sodelovanje. To je lahko posledica nepoznavanja sistema, saj do nedavnega velika večina ljudi v Sloveniji sploh ni vedela, da mehatronika obstaja oziroma da se na tem področju začne izobraževanje.

Izobraževalni program *mehatronik operater* je program srednjega poklicnega izobraževanja na IV. stopnji. Izobraževanje traja tri leta. Nastalo je na podlagi poklicnega standarda *mehatronik operater/mehatroničarka operaterka*.

Dela, ki naj bi jih opravljal mehatronik operater, so izraz potreb gospodarstva in so nekako v grobem opredeljena kot: upravljanje delovnih sredstev v proizvodnji, preventivno vzdrževanje (čiščenje in mazanje), sodelovanje v TPM procesu, poznavanje standardov kakovosti, poznavanje koncepta Poka Yoke, poznavanje koncepta 5S, poznavanje osnov krmilnikov, popravilo pnevmatičnih strojev in

Darko Hribar, univ. dipl. inž.,
Center Republike Slovenije za
poklicno izobraževanje, Ljubljana

naprav, vzdrževanje in popravila pnevmatičnih pripravnih grup, menjava raznih jermenov, ležajev, tekočih trakov, nastavitve strojev in naprav, varjenje strojnih delov, popravilo in vzdrževanje hidravličnih agregatov, akumulatorjev, črpalk, varnostnih ventilov, izdelava in vzdrževanje pnevmatičnih in hidravličnih cevovodov, preventivni pregledi in mazanje strojev in naprav, fine nastavitve, popravilo grelcev, kaloriferjev, manjša ključavničarska popravila, brušenje, demontaže, izdelava kovinske galanterije po delovnem nalogu, čiščenje strojnic, klim, ventilatorjev, pomoč pri demontaži in montaži elektromotorjev, čiščenje rezervnih delov, delavnice, delovnega mesta in odstranjevanje odpadkov, preverjanje pokazateljev na parnih vodih in zrakovodih, menjava olj, oljnih filtrov ter čiščenje rezervoarjev, vsakodnevno poročanje o stanju delovnih sredstev, preizkus varnostnih naprav, vodenje dnevnikov za TPM, pretakanje odpadnega olja, čiščenje okolice in delavnice. Mehatroniku operaterju pa naj bi zlasti privzgojili občutek za sredstvo, s katerim dela – da ga bo znal vzdrževati, poslušati, opravljati preventivne preglede, ter občutek za profesionalen odnos do sodelavcev in strank. Poseben poudarek pa je tudi na privzgoji zavesti za proces vseživljenjskega učenja, saj se tehnologija izredno hitro spreminja.

■ 3 Stanje na področju izobraževanja mehatronike

Slovenske šole so ga začele izvajati v šolskem letu 2005/06. Prvo leto so ga izvajale:

- Poklicna in tehniška elektrošola v Šolskem centru Ptuj,
- Poklicna in tehniška strojna šola v Šolskem centru Velenje,
- Strojna šola v Šolskem centru Celje,
- Strokovna in poklicna šola v Tehniškem šolskem centru Kranj in
- Srednja strojna in prometna šola v Tehniškem šolskem centru Nova Gorica.

Na omenjenih šolah so dijaki letos v drugem letniku.

V šolskem letu 2006/07 so ga začele izvajati še:

- Srednja šola Ravne na Koroškem,
- Srednja strojna šola v Šolskem centru Novo mesto,
- Srednja poklicna in tehniška šola Bežigrad in
- Gimnazija Jurija Vege Idrija.

Predvidoma bo program v šolskem letu 2007/08 uvrščen še na

- Srednjo tehniško šolo Koper in na
- Srednjo strojno in poslovno šolo Maribor.

Na V. stopnji je na podlagi poklicnega standarda *skrbnik/skrbnica procesnih naprav – mehatronik/mehatroničarka* nastal izobraževalni program tehnik mehatronike. Ta je poleg *tehnika oblikovanja* prvi program srednjega strokovnega izobraževanja v Sloveniji, ki je nastal po novih izhodiščih, zato se izvaja kot poskus. Traja štiri leta. Dijaki, ki bodo zaključili ta izobraževalni program, naj bi bili usposobljeni za širok spekter del in nalog, od programiranja in nastavljanja parametrov proizvodnih linij, sodelovanja v tehnoloških procesih do konstruiranja enostavnih mehatronskih sklopov. Poleg tega pa naj bi relativno dobro poznali vse, kar bo poznal *mehatronik operater*. Dobili bodo dokaj splošno izobrazbo s področij, ki jih združuje mehatronika. Na svojem delovnem mestu pa se bodo v tehnološkem procesu specializirali za popravila, ki jih opravljajo. V delovnem procesu bodo preživeli minimalno štiri tedne. Program se je začel izvajati v šolskem letu 2006/07. Šole, ki izvajajo izobraževalni program *tehnik mehatronike*:

- Poklicna in tehniška elektrošola v Šolskem centru Ptuj,
- Poklicna in tehniška elektro in računalniška šola v Šolskem centru Velenje,
- Strojna šola v Šolskem centru Celje,
- Strokovna in poklicna šola v Tehniškem šolskem centru Kranj in
- Srednja šola tehniških strok Šiška.

V šolskem letu 2007/08 pa naj bi se program predvidoma začel izvajati še na Srednji strojni in prometni šoli v Tehniškem šolskem centru Nova Gorica.

Program, ki se je začel izvajati v istem šolskem letu kot *mehatronik operater*, je višješolski izobraževalni program *mehatronika*. Nastal je na podlagi poklicnega standarda *mehatronik tehnolog/tehnologinja*. Inženirji mehatronike bodo usposobljeni za samostojno konstruiranje in projektiranje proizvodnih linij in mehatronskih naprav – od hidravličnih in pnevmatičnih izvršilnih členov z vsemi vrstami senzorjev do programiranja krmilnikov – skratka obravnava celotnega mehatronskega sklopa. Poleg tega naj bi ti dijaki dobro obvladali vso potrebno programsko opremo za načrtovanje in konstruiranje mehanskih sklopov, simulacijo električnih vezij, orodij za avtomatizacijo, zajem in obdelavo podatkov, krmiljenje, informacijske sisteme, računalniško komunikacijo ...

Prvo leto se je za redno vpisane študente višješolski program izvajal na višjih šolah šolskih centrov Ptuj, Velenje in Nova Gorica, za odrasle pa poleg teh še v Tehniškem šolskem

Tabela 1. Vpisani dijaki in študenti po programih in po letnikih

Program	1. letnik	2. letnik	1. in 2. letnik skupaj	Skupaj vseh
Srednja šola				
mehatronik operater	242	116	358	512
tehnik mehatronike	154	/	154	
Višja šola mehatronika				
redni	381	83	464	935
izredni	207	264	471	
Skupaj mehatronikov srednješolcev in višješolcev				1447

centru Kranj in Šolskem centru Celje. V tem šolskem letu pa se izvaja za redno vpisane tudi na višjih šolah zadnjih dveh navedenih šolskih centrov.

Če upoštevamo dejstvo, da je za pojem *mehatronika* še pred tremi leti vedela le peščica ljudi, je številka 1447 dijakov in študentov na področju mehatronike presenetljivo dober dosežek. Seveda do tega ni prišlo naključno. Vsak se je trudil govoriti o tem po svojih močeh: CPI je imel dvakrat prispevek v oddaji *Moja soseska*, ki jo vodi Sašo Hribar in ga posluša od 60.000 do 70.000 poslušalcev, z *RTV Slovenija* smo posneli prispevek o izobraževanju na področju mehatronike za oddajo *Modro*, objavljenih je bilo nekaj člankov v časopisu *Delo*, obveščali smo šolske svetovalne delavke in delavce, pripravili smo gradivo na temo mehatronike, ki so ga potem šole delile učencem in dijakom, šole oziroma šolski centri so o tem seznanjali lokalne osnovne šole, delodajalce ... In kot kaže, so naporu obrodili sadove. Seveda se je ob tem izkazalo tisto drugo, kar smo vsi pričakovali in se tega po tistem tudi vsi bali – na račun mehatronike se je zmanjšal vpis na strojne in elektrošole, kar samo po sebi ne bi bilo nič hudega, če slovensko gospodarstvo ne bi prav tako, kot potrebuje mehatronike, potrebovalo tudi električarje in strojnike, in to na vseh zahtevnostnih stopnjah. Vendar je to posledica dinamičnega procesa proizvodnje in storitev na svetovnem in ne samo na slovenskem nivoju.

Nova odkritja, novi izdelki, nove tehnologije terjajo porajanje novih poklicev, po drugi strani pa odmiranje nekaterih starih. Vendar je to tako kot vse drugo stvar evolucije in na to nimamo pravzaprav nobenega vpliva, to lahko zgolj sprejememo in sledimo ali pa nas ni (več).

■ 4 Zaključki

Problem, ki se pojavlja na področju mehatronike (če smo odkriti, je širši – pojavlja se večinoma na vseh področjih), je oprema. Opremljenost slovenskih šol je relativno dobra, vendar ne taka, kot bi si želeli. Šole se opremljajo z dveh naslovov: ena pot je preko Ministrstva za šolstvo in šport na podlagi projektov opremljanja, ki jih v sodelovanju s šolami pripravi CPI, vendar so ta sredstva zelo omejena – za leto 2007 je opremljanju vseh slovenskih šol na vseh področjih po projektih namenjen dober milijon evrov, hkrati pa šole z Ministrstva dobijo nekaj sredstev neposredno in s tem kupujejo opremo vsaka zase. Druga pot je lastno opremljanje šol iz virov, ki jih ustvarijo šole same ali pa s pomočjo sodelovanja gospodarstva, pri čemer ta zadnji način ni sistematičen, je bolj odraz dobrih stikov šole oziroma njenega ravnatelja ali direktorja z lokalnim okoljem. Vsekakor bi si nasploh na področju poklicnega in tehniškega izobraževanja želeli več in zmogljivejše opreme, vendar se je ob dejstvu, da je ta ponavadi zelo draga in da hkrati relativno hitro za-

stara, treba zavedati, da bomo do te opreme prihajali počasi in da je treba optimalno izkoristiti to, kar že imamo. Hkrati pa se pojavljajo tudi navezave šol, fakultet in podjetij, ki skupaj razvijajo didaktično opremo za usposabljanje dijakov in študentov, kar je vredno vse pozornosti in bi bilo smiselno spodbujati ter širiti tudi na druge inštitucije.

Z namenom povezovanja gospodarstva in izobraževanja bo CPI v kratkem sklical sestanek ravnateljic in ravnateljev šol za mehatroniko ter elektro in računalniških šol in predstavnikov Društva mehatronikov Slovenije, na katerem naj bi se oboji spoznali in drug drugemu povedali, s kakšnimi težavami se pri svojem delu srečujejo in česa bi si želeli "z druge strani".

CPI seveda pozorno spremlja in evalvira izvajanje novih izobraževalnih programov, kamor zagotovo in na prvem mestu sodijo izobraževalni programi na področju mehatronike, ki je pri nas v izobraževalnem sistemu povsem novo. Rezultati kažejo, da nove programe in Nova izhodišča izredno pozitivno sprejemajo in ocenjujejo tako učitelji kot delodajalci, ki v veliki večini izražajo navdušenje in zadovoljstvo tako nad novim področjem kot nad izobraževanjem po novih izhodiščih.

Za konec pa izjava enega najboljših učiteljev v programih mehatronike, ki mi jo je izrekel ob neki priložnosti: "Dosedaj sem bil učitelj, zdaj pa sem učitelj in sem električar in v tem uživam!" ■



Frekvenčni regulator **Commander SK**

- Za moči od 0,25 kW do 132 kW
- Vgrajen filter
- Možnost prigradnje internega PLK (Logic Stick)
- Smart Stick za kloniranje parametrov
- Vgrajen PID regulator
- Na zalogi
- Ugodna cena



Kalce 38b, 1370 Logatec
Tel: 01/750-85-10 E-mail: ps-log@ps-log.si
Fax: 01/750-85-29 www.ps-log.si

Izvajamo:

- konstrukcije in izvedbe specialnih strojev
- predelava strojev
- regulacija vrtenja motorjev
- krmiljenje strojev

Dobavljamo:

- servo pogone
- frekvenčne in vektorske regulatorje
- merilne sisteme s prikazovalniki
- pozicijske krmilnike
- planetne reduktorje



Prikazovalnik pozicije **Z-58**

- Univerzalni pozicijski prikazovalnik za inkrementalne in absolutne merilne sisteme
- 5 dekadni LED prikazovalnik, višina 14 mm
- Vmesnik RS232 in RS422
- Dva relejna izhoda
- Analogni vhod in izhod 0-10V ali 0-24mA

Vizualizacijska metoda merjenja deformacije lopatic aksialnih ventilatorjev *

Matjaž EBERLINC, Marko HOČEVAR, Stane PIVK, Brane ŠIROK

Izvleček: Lopatice ventilatorja se zaradi sil, ki delujejo nanje, med obratovanjem deformirajo. Stacionarne deformacije in fluktuacije lopatičnega vrha – temena okoli ravnotežne lege omogočajo oceno obremenitve lopatice na lokaciji pritrditve, v korenu in oceno vpliva deformacije na aerodinamske lastnosti ventilatorja. V prispevku je predstavljena metodologija merjenja deformacije lopatice aksialnih ventilatorjev, zasnovane na računalniško podprti vizualizaciji. Preizkus je bil izveden na aksialnem ventilatorju z osnovno in spremenjeno izvedbo vpetja lopatic. Merjenje je bilo opravljeno na za to namenjenem preizkuševališču na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani, kjer smo s kamero zajemali digitalizirane posnetke v izbranih časovnih intervalih. Deformacije ventilatorske lopatice so bile merjene v optimalni obratovalni točki ventilatorja za oba opazovana primera vpetja lopatic. Na temenu profila lopatice so bili vrednoteni odmiki izbranih točk – markerjev glede na referenčno točko na ohišju ventilatorja. V okolju programske opreme MatLab je bil izdelan program prepoznavanja markerjev in izračunavanja deformacij lopatic rotorja ventilatorja. Z razvito vizualizacijsko metodo je bila izvedena primerjalna analiza obeh načinov vpetja lopatic v pestu ventilatorja. Potrjena je bila primernost uporabljene eksperimentalne metode, ki omogoča enostavno in zanesljivo zaznavanje deformacij rotorskih lopatic.

Ključne besede: aksialni ventilator, lopatica, deformacija, vizualizacija,

1 Uvod

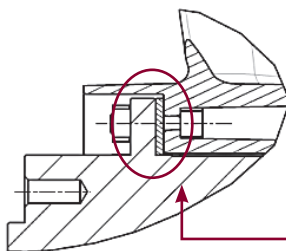
Ocene deformacij sestavnih elementov turbinskih strojev so izrednega

Matjaž Eberlinc, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; doc. dr. Marko Hočev var, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; Stane Pivk, univ. dipl. inž., Hidria Rotomatika, d. o. o., Idrija; prof. dr. Brane Širok, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

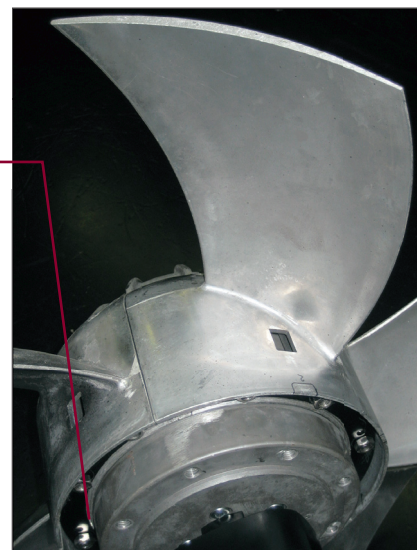
* Raziskave so bile sofinancirane iz evropskega sklada za regionalni razvoj v okviru projektov z naslovom *Razvoj inovacijskega okolja slovenske industrije za klimatisacijo, gretje in hlajenje; Razvoj elementov energetske varčnosti in okolju prijaznih KGH sistemov.*

pomena, saj lahko z njimi napovemo obremenitvena stanja in vplive deformacij na delovne karakteristi-

ke strojev. Kot primer je v prispevku predstavljen vpliv vpetja lopatic na pesto ventilatorja na deformacije lopatic, ki lahko zaradi obremenitev vodijo v porušitev ventilatorja. Na izbranem primeru aksialnega ventilatorja Ø630 mm s petimi profiliranimi lopaticami, je bilo pri osnovni izvedbi vpetja ocenjeno preseganje dopustnih deformacij [1]. Predložena je bila korekcija konstrukcijske rešitve, kot je prikazano na *sliki 1*. V področju pesta ventilatorja je bil dodan vijačni spoj konzolno vpetih lopatic na ko-

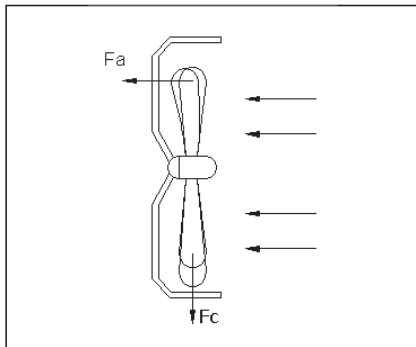


ksialni obroč, ki zmanjšuje deformacijo lopatic.



Slika 1. Konstrukcijska rešitev vpetja ojačitvene prirobnice med lopatico in motorjem ventilatorja [1]

Na lopatice v stacionarnem obratovalnem režimu delujeta centrifugalna in tlačna sila. Centrifugalna sila deluje zaradi rotirajočih mas in je usmerjena radialno s prijemališčem v težišču lopatice (slika 2), tlačna sila, pa je posledica tokovnih razmer v pretočnem traktu aksialne kaskade rotorja. Rezultanto tlačnih sil lahko razdelimo na aksialno in obodno komponento. Aksialno silo lahko ocenimo na osnovi tlačne razlike pred rotorjem ventilatorja in za njim in je posledica obratovalne točke, obodno komponento pa lahko ocenimo z momentom na gredi ventilatorja [2]. Pri tem je potrebno poudariti, da navedena integralna analiza ne poda prijemališča rezultante tlačnih sil, kar onemogoča oceno obremenitvenega stanja na mestih pritrditve lopatic. Prav tako je potrebno poudariti, da so ventilatorske lopatice izpostavljene tlačnim fluktuacijam kot posledica turbulentne narave toka. Tlačne motnje so značilen generator nihanja lopatic okoli ravnovesne lege. Intenziteta nihanja vpliva na napetostna stanja v spojih lopatic na pesto.

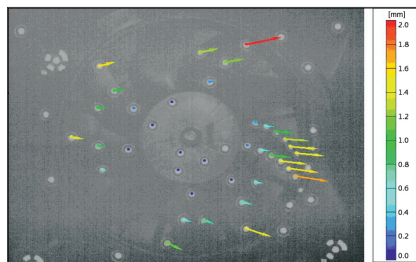


Slika 2. Deformacija zaradi aksialne in centrifugalne sile

Prav zaradi prisotnosti nestacionarnih obremenitev na lopaticah je napoved obremenitvenih stanj zelo omejena.

Ena od možnih metod napovedovanja obremenitvenih stanj je numerično modeliranje tokovnih razmer, kjer se modelirana tlačna porazdelitev iterativno vključuje preko robnih pogojev v numerični model napetostnih stanj v lopatici rotirajoče kaskade turbinskega stroja. Ta metoda je numerično zahtevna in nezanesljiva pri napovedovanju fluktuacijskih

učinkov lopatične strukture. Zato se v tehnični praksi pogosto uporabljajo eksperimentalne metode merjenja deformacij [6], [7]. V zadnjem času se pojavljajo tudi metode, ki temeljijo na računalniško podprti vizualizaciji deformacijskih stanj [8], ki omogočajo ocenjevanje časovno spremenljivih deformacij. Uporabna je metoda, ki je predstavljena v prispevku [3], kjer je bila uporabljena oprema podjetja GOM GmbH iz Braunschweiga [4]. Rezultati te metode so predstavljeni na sliki 3.



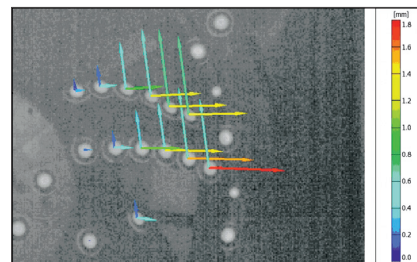
Slika 3. Analiza deformacije aksialnega ventilatorja v smeri z in z-x [4]

Ta metoda je bila uporabljena za ocenjevanje relativnih deformacij lopatic v prečni ravnini ventilatorja. V prispevku pa je analiza usmerjena predvsem v ocenjevanje absolutnih odmikov markerjev v meridianski ravnini pretočnega polja, ki omogoča določitev deformacij temena lopatice glede na referenčno točko, ki je izbrana na ohišju ventilatorja. Da bi na primeru aksialnih ventilatorjev ocenili kinematiko lopatic okoli spremenjenih ravnovesnih leg, smo razvili vizualizacijsko metodo, ki omogoča prepoznavanje lege markerjev v izbranih časovnih intervalih glede na referenčno točko. Ti podatki omogočajo v nadaljevanju statistično vrednotenje deformacijskih stanj na opazovani lopatici. Analiza je bila usmerjena v študijo deformacije ventilatorske lopatice v optimalnem delovnem režimu ventilatorja pri obeh konstrukcijskih izvedbah vpetja. Vizualizacija deformacij in fluktuacije lopatičnega vrha okoli ravnotežne lege omogoča oceno obremenitve lopatice na lokaciji pritrditve in oceno vpliva deformacij na aerodinamske lastnosti ventilatorja. Namreč, če so deformacije prevelike, se pojavita tudi vpliv spremenjene oblike lopatice in obtekanje toka, kar ima za posledico spremenjeno aerodinamsko karakteristiko ventilatorja.

Prispevek predstavlja zlasti računalniško podprto vizualizacijsko metodo na primeru aksialnih ventilatorjev, ki je zaradi univerzalnosti primerna tudi za druge podobne primere.

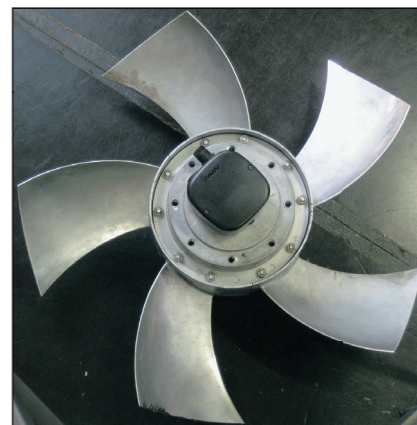
2 Potek meritev

V Laboratoriju za vodne in turbinske stroje na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani so bile opravljene meritve na ventilatorju Ø630 mm s petimi profiliranimi lopaticami z



osnovno rešitvijo vpetja lopatice v pesto ventilatorja (tip I – slika 4a) in spremenjeno izvedbo vpetja z dodatno pritrditvijo lopatic preko koaksialnega obroča (tip II – slika 4b). Obratovalni pogoji obeh ventilatorjev so bili enaki in so bili določeni z integralnimi parametri:

- vrtiljaji motorja ventilatorja: $n = 1344 \text{ min}^{-1}$,
- razlika statičnega tlaka na ventilatorju: $\Delta p_s = 241 \text{ Pa}$,
- gostota zraka: $\rho = 1,15 \text{ kg/m}^3$.



Slika 4a. Aksialni ventilator tip I, brez obroča

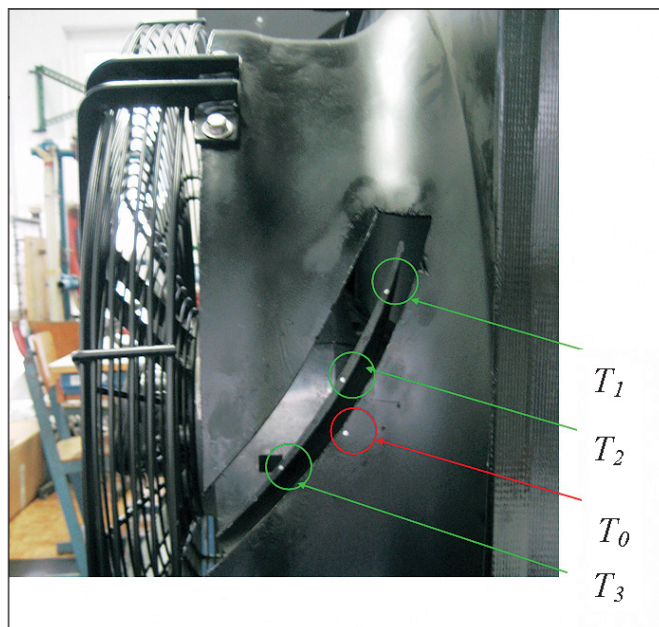
Poskus je bil opravljen na merilni postaji, ki jo prikazuje slika 5. Meritve so bile izvedene v skladu s priporočili standarda ISO 5151:1994 [13].



Slika 4b. Aksialni ventilator tip II, z obročem

Merjene so bile razlike statičnega tlaka na ventilatorju in vrtilne frekvence rotorja. Na osnovi teh podatkov je bilo moč nastaviti željeno delovno točko ventilatorja, pri kateri so bile izvedene meritve deformacij lopatic. Na ustju – ohišju ventilatorja je bila

izrezana odprtina, tako da je bilo vidno teme lopatice, kot je prikazano na sliki 6. Za zajemanje slik je bila uporabljena kamera Dragonfly Express IEEE-1394 [9], [10] z objektivom Pentax Precision Co. B25140, 25 mm. Kamera je bila prožena z induktivnim zaznavalom, ki je bilo tik ob pestu pred ventilatorjem. S tem je bila dosežena ponovljivost položaja lopatice pri prehodu skozi izrezano odprtino v ohišju ventilatorja glede na izbrano

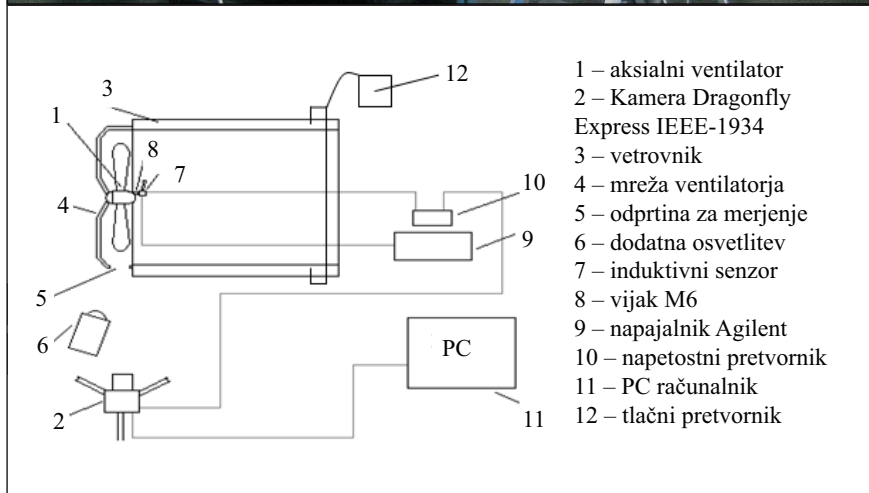


Slika 6. Položaj merjenja lopatice aksialnega ventilatorja

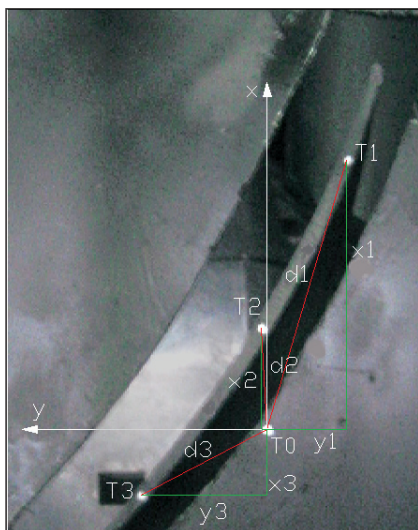
referenčno točko na ohišju (točka T_0 na sliki 6). Induktivno zaznavalo je bilo napajano z napajalnikom Agilent E3620A. Digitalizirani posnetki so bili posneti s proženjem kamere v izbranih časovnih intervalih, ki so pripadali izbrani poziciji lopatice. Za kontrolirano zajemanje digitaliziranih posnetkov je bil uporabljen programski paket LabView [11]. Posnetki pa so bili procesirani s pomočjo programskega paketa MatLab [12]. Za vsak obravnavani primer je bilo vzorčenih 150 zaporednih slik, kar zadošča za statistično oceno – časovno povprečne deformacije lopatice, histogram deformaciji in pripadajoči standardni odklon fluktuacij okoli srednje vrednosti.

Izbrane so bile 3 točke – markerji (T_1 , T_2 in T_3) na temenu lopatice, ki omogočajo oceno translatornih in rotacijskih odmikov izbranih točk glede na referenčno točko T_0 na sliki 6.

Odnos med stacionarno točko T_0 na ohišju ventilatorja in točkami T_1 , T_2 in T_3 na temenu lopatice je prikazan na sliki 7. Postavljen je koordinatni sistem z izhodiščem v točki T_0 . Točke na temenu lopatice T_i ($i = 1, 2, 3$) pa so glede na izbrani koordinatni sistem podane s koordinatama x_i , y_i . Položaj točk na temenu lopatice je določen v trenutku proženja kamere, ki se izvede z magnetnim induktivnim zaznavalom (slika 5, točka 7).



Slika 5. Shema preizkuševališča



Slika 7. Shematski prikaz načina izbire točk pri analizi, izdelan s programskim paketom AutoCad

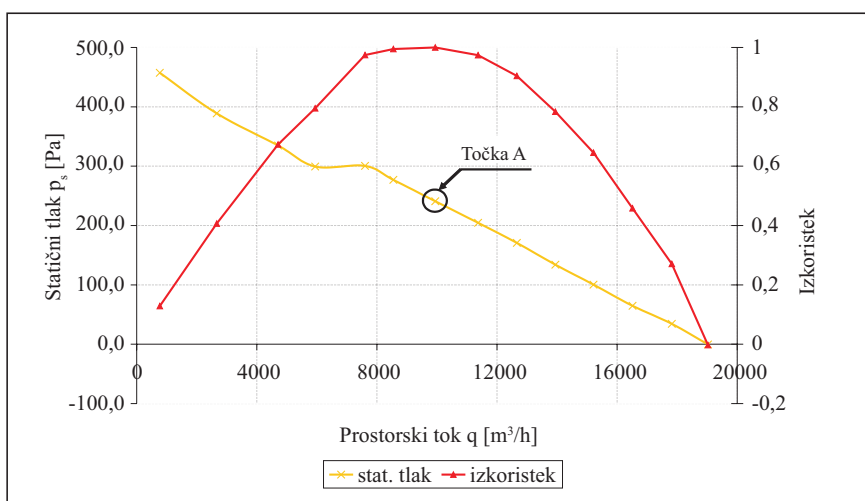
(»pikslov«). Čas zaklopa kamere je znašal 0,2 ms. Izbrani objektiv je imel zorni kot $8,23^\circ$. Kamera je bila postavljena pravokotno na os merjenja temena lopatice v razdalji 1 m od vetrovnika, kot je prikazano na sliki 5, točka 2. Uporabljen je bil asinhroni prenos podatkov. Za doseganje večjega barvnega kontrasta med površino temena ventilatorske lopatice in markerji je bil vrh lopatice pobarvan z mat črno barvo. Osvetlitev temena lopatice pa je bila izvedena tako, da je bil odboj svetlobe v izbranem polju najmanjši.

Negotovost meritve se nanaša predvsem na oceno vpliva časovnega zamika hitre kamere pri proženju in zajemanju digitalizirane slike lopatice. Preprostejša je ocena me-

tic pa lahko razčlenimo le na osnovi posameznih korakov predstavljene metode. Izhajamo iz obodne hitrosti temena lopatice, premera rotorja ventilatorja in frekvence zajemanja signala induktivnega senzorja, ki proži digitalno kamero. Največja možna absolutna merilna negotovost znaša $0,038^\circ$, kar lahko ob predvidenih največjih deformacijah lopatic za cca 3° ne presega relativne merilne negotovosti $u_v = 1,3\%$.

3 Analiza deformacij

Pri analizi deformacij ventilatorskih lopatic, ki je bila izvedena na osnovi merjenja razdalj med referenčno točko T_0 na ohišju ventilatorja in točkami – markerji T_1, T_2, T_3 na temenu ventilatorske lopatice, je bila uporabljena metoda računalniško podprte vizualizacije. Algoritmi prepoznavanja digitaliziranih slikovnih vzorcev – markerjev ter izračun položaja markerjev so bili izdelani v programskem okolju MatLab. Algoritem prepoznavanja položaja markerjev v prostoru in času je bil usmerjen v zaznavanje posameznega markerja na temenu lopatice in v nadaljevanju v določanje središčne točke markerja, ki podaja trenutno koordinato markerja glede na izhodiščno točko T_0 (slika 9). Področja izven merilnega območja smo v fazi obdelave podatkov izločili, kar je omogočilo hitrejšo obdelavo digitaliziranih slikovnih vzorcev [5].

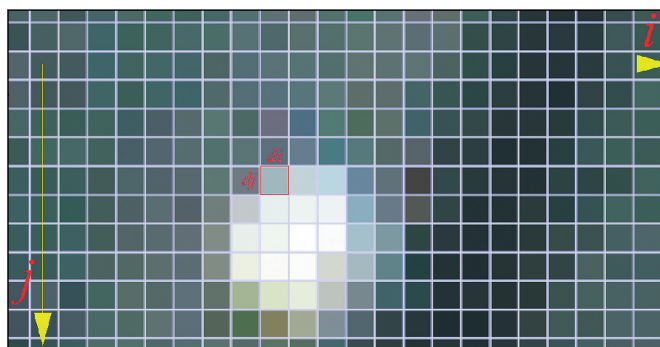


Slika 8. Integralna karakteristika aksialnega ventilatorja [1]

Da bi dosegli primerljivost rezultatov med obema izvedbama ventilatorja, je bil preizkus izveden pri enakih obratovalnih pogojih. Na sliki 8 je prikazana delovna karakteristika ventilatorja $\varnothing 630$ mm s petimi profiliranimi lopaticami, ki je bila izmerjena v podjetju Hidria Rotomatika [1]. V diagramu je podana delovna točka A, pri kateri so bile izvedene meritve deformacij. Iz diagrama je bila v točki A določena razlika statičnega tlaka Δp_s , ki je bila uporabljena kot referenčni parameter na vetrovniku (slika 5, točka 3). Tlačna razlika je bila merjena s tlačnim pretvornikom Endress + Hauser Deltabar S PMD75.

S hitro kamero je bila posneta 8-bitna slika, velikosti 640×484 elementov

rilne negotovosti določanja izbranih obratovalnih točk ventilatorja. Ta je pogojena predvsem z določanjem vrtilne frekvence, ki je v skladu z ISO/WD 5801 ocenjena z $u_N = 0,2\%$, merjenjem tlačne razlike na ventilatorju $u_p = 1,4\%$ in določanjem gostote v zračnem toku, ki je v primeru, da so upoštevani postopki po standardu, enaka $u = 0,4\%$. Merilno negotovost vizualizacijske metode deformacije lopa-



Slika 9. Povečan digitalizirani posnetek

Glede na to, da je bila digitalizacija izvedena z 8-bitno ločljivostjo, se vrednost celoštevilčne spremenljivke $E_p(i, j, t)$ v enačbi (1), ki predstavlja raven sivine celice (»pikslov«) (i, j) v času t , nahaja v razponu:

$$E_p(i, j, t) \in \{0, \dots, 255\} \quad (1)$$

Indeksa i in j elementa E digitalizirane slike predstavljata položaj elementa, kot je prikazano na sliki 9. V opazovanem polju so oblikovane celice – okna velikosti (d_i, d_j) , kjer d_i in d_j predstavljata velikost okna.

Za posamezno sliko v sekvenci digitaliziranih posnetkov temena lopatice je bila izračunana skalarna celoštevilčna funkcija $f(i, j)$, zapisana z enačbo (2):

$$f(i, j) = \frac{1}{d_i} \frac{1}{d_j} \sum_{i_p=1}^{d_i} \sum_{j_p=1}^{d_j} E_p \cdot (i_c + i_p, j_c + j_p) \quad (2)$$

kjer sta i_c in j_c koordinati izbranega okna. Vrednost sivine E_p v točki (i, j) ima mejne vrednosti od 0 (črna barva) do 255 (bela barva). V opazovanem območju slike 9 se funkcija $f(i, j)$ značilno spremeni pri prehodu iz črnega v belo polje, ki pripada markerjem – točkam T_0, T_1, T_2 in T_3 . Da bi določili robove markerjev, se v naslednjem koraku izračuna gradient spremenljivke $f(i, j)$:

$$\nabla f(i, j) = \begin{bmatrix} \nabla f_i(i, j) \\ \nabla f_j(i, j) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(i, j)}{\partial i} \\ \frac{\partial f(i, j)}{\partial j} \end{bmatrix} \quad (3)$$

kjer maksimalna skalarna vrednost enačbe (3) omogoča določitev roba markerjev:

$$\|\nabla f(i, j)\| = \max \left[\sqrt{\left(\frac{\partial f(i, j)}{\partial i} \right)^2} + \sqrt{\left(\frac{\partial f(i, j)}{\partial j} \right)^2} \right]_{i=kons, j=kons} \quad (4)$$

Točke v enačbi (4) s koordinatami (i_k, j_k) tvorijo sklenjeno zvezno krivuljo konture markerja, kjer je N število elementov, ki jo tvorijo. Postopek določitve konture markerja pa je enak za vse opazovane točke T_0, T_1, T_2 in T_3 . V zadnjem koraku je izračunano težišče konture izbranega markerja $T_{k'}$ ki je podan z enačbo (5):

$$T_{k,i} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N i_k$$

$$T_{k,j} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N j_k$$

$$k \in \{1, 2, 3\} \quad (5)$$

Tako položaj kot razdalje med markerji na temenu lopatice in markerjem T_0 na ohišju ventilatorja se spreminjajo s časom. Iz analiz časovno zaporednih digitaliziranih posnetkov se lahko izvede vrednotenje fluktuacij odmikov markerjev, kar omogoča oceno povprečenih deformacij temena lopatice in oceno intenzivnosti fluktuacij trenutnih odmikov opazovanih točk glede na časovno povprečeno deformacijsko sliko.

Za pretvorbo enot iz elementov slike (»piksel«) v dolžinsko enoto (mm) je bilo iz digitaliziranega posnetka v primeru, ko je ventilator miroval, in izmerjene razdalje med dvema točkama na ohišju ventilatorja

izračunano razmerje $l = 0,284$ po enačbi (6):

$$x_k = T_{k,i} \cdot l,$$

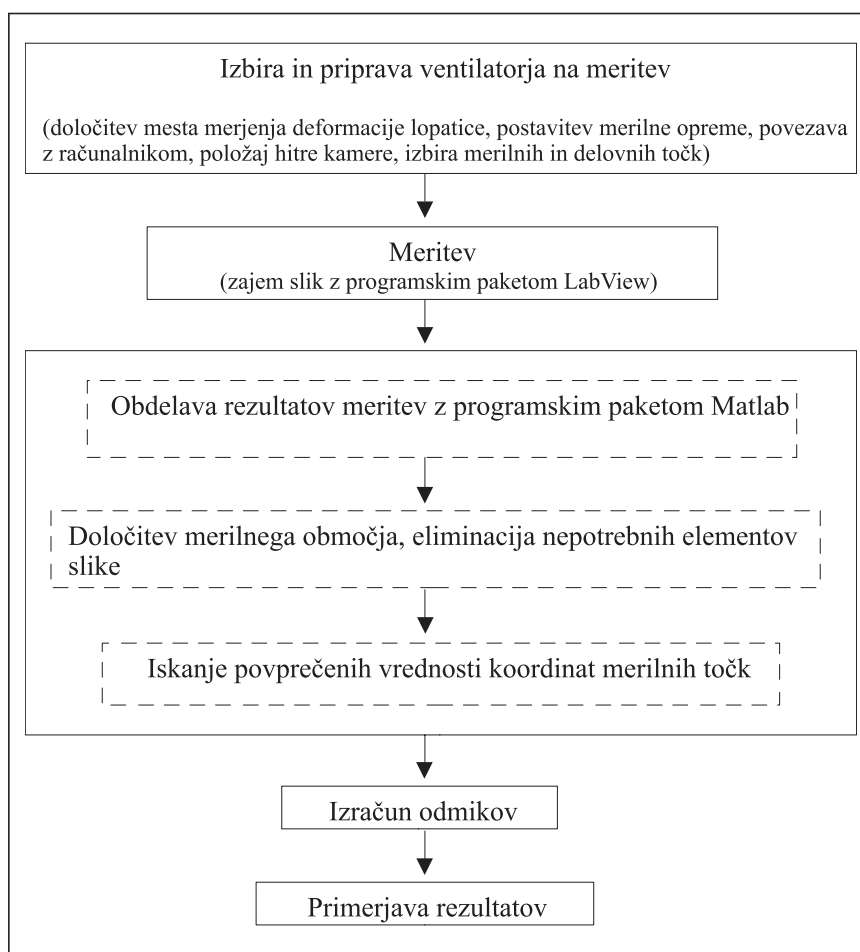
$$y_k = T_{k,j} \cdot l, \quad (6)$$

kjer sta vrednosti za x_k in y_k podani v mm.

Na osnovi predstavljenih algoritmov so bile v prispevku izračunane srednje vrednosti odmikov temena lopatice in pripadajoči histogrami ter standardni odkloni odmikov od srednje vrednosti deformacij. Celoten postopek merjenja in obdelave podatkov je prikazan na blokovnem diagramu (slika 10).

4 Rezultati meritev

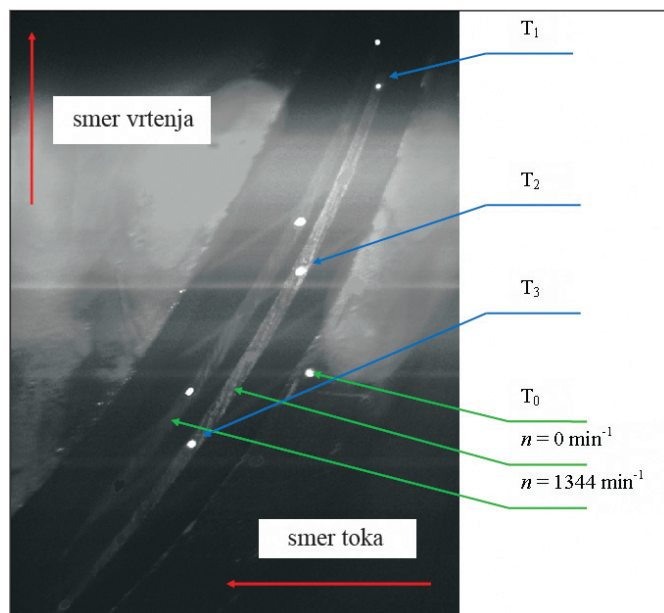
Pri obratovalnih pogojih, ki so podani s točko A na delovni karakteristiki ventilatorja, ki je prikazana na sliki 8, sta bili posneti dve sekvenci digitaliziranih posnetkov. Prva sekvenca je bila posneta z osnovno rešitvijo vpetja lopatice v pestu ventilatorja



Slika 10. Blokveni diagram poteka meritev in obdelave podatkov

(tip I – slika 4a), druga sekvenca pa je bila posneta na spremenjeni izvedbi vpetja z dodatno pritrditvijo lopatic preko koaksialnega obroča (tip II – slika 4b).

Na *sliki 11* je prikazana kvalitativna primerjava rotorja ventilatorja v mirovanju ($n = 0 \text{ mm}^{-1}$) in rotorja ventilatorja pri $n = 1344 \text{ mm}^{-1}$ v delovni točki A (*slika 8*). Za lažji prikaz odmika lopatice sta posnetka lopatic v dveh različnih delovnih točkah združena s pomočjo programskega paketa MatLab v eno sliko, kot to prikazuje *slika 11*. Na *sliki* so prikazani položaji me-rilnih točk T_1 , T_2 in T_3 .



Slika 11. Primerjava položaja lopatic aksialnega ventilatorja v dveh delovnih točkah ($n = 0$ in 1344 min^{-1})

Prikazana je referenčna točka T_0 na ustju ventilatorja, ki miruje v obeh delovnih točkah ventilatorja. Na *sliki* je označena tudi smer vrtenja lopatice in smer zračnega toka skozi ventilator. Na *sliki* se vidi odklik lopatice vzdolž njenega temena. Vidna je značilna deformacija lopatice, ki se odraža tako v odkliku kot v zasuku njenega temena.

Kvantitativna analiza temelji na metodologiji določanja položajev markerjev glede na referenčno točko T_0 , kot je to predstavljeno v poglavju 3. V prvem koraku so določene dolžine med merjeno in referenčno točko. Izračunane so bile dolžine med točkami T_1 , T_2 , T_3 in točko T_0 v dveh delovnih točkah

ventilatorja ($n = 0$ in 1344 min^{-1}) za primer tipa I in tipa II, kot je predstavljeno na *sliki 7*. Časovno povprečni odkliki in standardni odkloni so podani v normirani obliki (enačba 7):

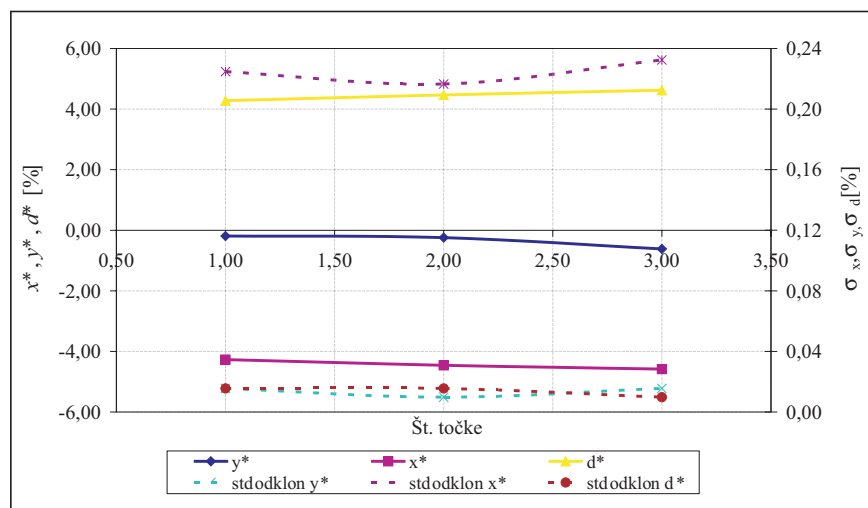
$$\begin{aligned} x^* &= \frac{x}{R_o} \cdot 100\%, y^* = \frac{y}{R_o} \cdot 100\%, d^* \\ &= \frac{d}{R_o} \cdot 100\%, \\ \sigma_x^* &= \frac{\sigma_x}{R_o} \cdot 100\%, \sigma_y^* = \frac{\sigma_y}{R_o} \cdot 100\%, \sigma_d^* \\ &= \frac{\sigma_d}{R_o} \cdot 100\%, \end{aligned} \quad (7)$$

kjer je R_o polmer rotorja ventilatorja.

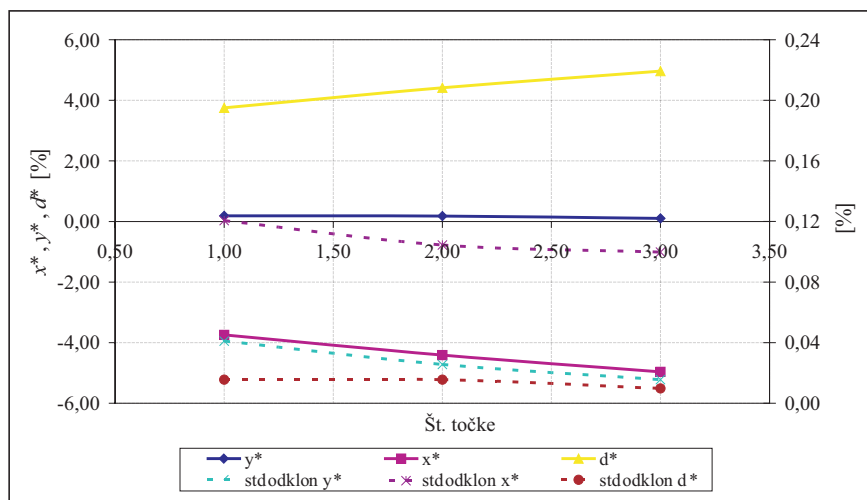
Na *sliki 12* in *13* so predstavljeni normirani odkliki markerjev za oba primera vpetja lopatic ventilatorja tipa I in tipa II. Na osnovni osi so podani časovno povprečni odkliki x^* , y^* in d^* za točke T_1 , T_2 in T_3 . Na sekundarni osi pa so podani pripadajoči normirani standardni odkloni σ_x^* , σ_y^* , σ_d^* .

Pri ventilatorju tip I in tip II je bil zaznan podoben odklik v vseh smereh koordinatnega sistema (*slika 7*). V smeri abscisne osi x je zaznan odklik temena lopatice proti smeri izstopajočega toka. Na vstopnem robu lopatice je zaznan manjši odklik kot na izstopnem robu lopatice. Ta pojav vpliva na spremembo vstopnega kota lopatice in posredno na aerodinamsko karakteristiko ventilatorja. V smeri osi y (*slika 7*) so odkliki minimalni, kar je posledica vpetja in oblike lopatice. Skupni odklik d^* , ki je sestavljen iz odklika v obeh zgoraj navedenih smereh, je predstavljen na *sliki 12* in *13*. Ob primerjavi deformacij na obeh opazovanih konstrukcijskih rešitvah, ki so prikazane na *sliki 12* in *13*, lahko ugotovimo, da so odkliki pri spremenjenih konstrukcijskih rešitvi z obročem (*slika 4b*) manjši. Ta razlika ni značilna.

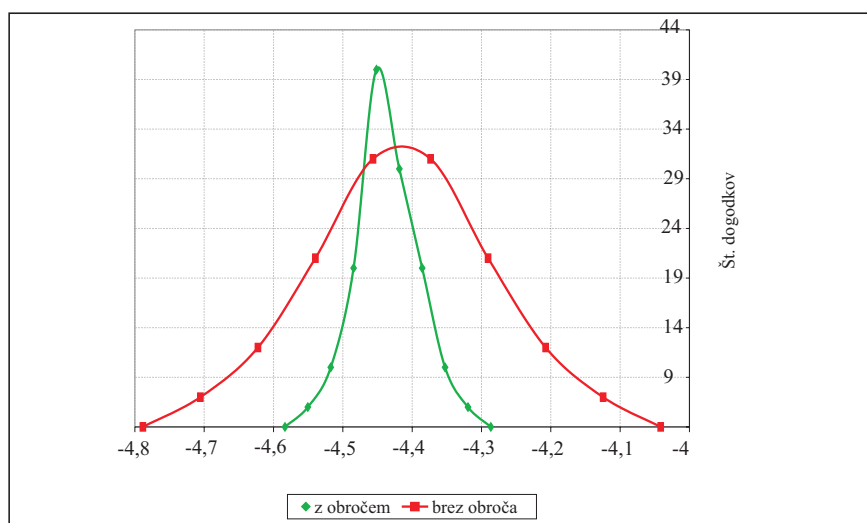
Razlika med obema izvedbama vpetja pa je opazna pri analizi fluktuacij odklikov okoli ravnovesnih leg. Na *sliki 14* je predstavljena primerjava med histogramoma fluktuacij odklikov obeh tipov v točki T_2 v smeri osi x . Iz histograma je enako kot na *sliki 12* in *13* razvidno neznačilno zmanjšanje srednjega odklika lopatice in zmanjšanje fluktuacij odklikov v primeru korigiranja vpetja lopatice z obročem. Zmanjšana fluktuacija bistveno prispeva k zmanjšanju napetostnih stanj v korenu lopatice, kar potrjuje smotrnost uvajanja nove konstrukcijske rešitve vpetja.



Slika 12. Odmiki in standardni odkloni za tri merilne točke v dveh delovnih točkah ($n = 0$ in 1344 min^{-1}) za ventilator tipa I brez obroča



Slika 13. Odmiki in standardni odkloni za tri merilne točke v dveh delovnih točkah ($n = 0$ in 1344 min^{-1}) za ventilator tipa II z obročem



Slika 14. Histogram porazdelitve časovno povprečenih odmikov v normirani obliki za merilno točko 2 v x-meri

5 Sklep

V prispevku smo prikazali smotrnost konstrukcijske rešitve vpetja lopatice na rotor ventilatorja, ki smo mu dodali ojačitveni obroč, ki zmanjšuje deformacije ventilatorske lopatice. S tem namenom smo predstavili metodologijo merjenja deformacije lopatice aksialnega ventilatorja in razvili eksperimentalno metodo, ki je bila zasnovana na računalniško podprti vizualizaciji. Metoda temelji na zajemanju digitaliziranih posnetkov temena lopatice, prepoznavanju slikovnih struktur – markerjev in določanju deformacij temena lopatice. Z razvito vizualizacijsko metodo je bila izvedena primerjalna analiza obeh načinov vpetja lopatic v pestu ventilatorja. Potrjena je bila

primernost uporabljene eksperimentalne metode, ki omogoča enostavno in zanesljivo zaznavanje deformacij rotorskih lopatic. Ta metoda je primerna za podobne tehnične aplikacije.

Literatura

- [1] PIVK, Stane, MAGAJNE, Aleš, TOMINEC, Uroš. *Meritve aerodinamskih lastnosti aksialnih ventilatorjev premera 630 mm*: julij 2006. Sp. Idrija, Hidria Rotomatika, d. o. o.
- [2] Wallis, R. Allan. *Axial flow fans and ducts*, John Wiley & sons, 1983.
- [3] Tvrtkovi, D., Baršič, Z., Hercigonja, T. *Primjena optičkih metoda merjenja dimenzija*

kod revitalizaciji hidroenergetskih postrojenja, NDT - Competence & Safety, HDKBR/CrSNDT, Zagreb, 2004.

- [4] GOM, Optical Measuring Techniques, *High Speed Deformation Analysis of a Cooling Fan*, <http://www.gom.com/>.
- [5] ŠIROK, Brane, BAJCAR, Tom, DULAR, Matevž. Reverse flow phenomenon in a rotating diffuser. *J. flow vis. image process*, 2002, letn. 9, no. 2/3, str. 193–210. [COBISS.SI-ID6030875]
- [6] KUNC, Robert, PREBIL, Ivan, HOČEVAR, Marko, ŠIROK, Brane. Trdnostna analiza rotorja ventilatorja borbenega vozila = Strength analysis of a combat vehicle fan rotor. *Stroj. vestn.*, 1999, letn. 45, št. 12, str. 533–541. [COBISS.SI-ID 3530011]
- [7] ŠIROK, Brane, HOČEVAR, Marko, ZUPAN, Samo, PREBIL, Ivan. Študija dinamičnih karakteristik sklopa radialnega rotorja in vleženja ventilatorja hladilnega sistema borbenih vozil M 84 in T 72 = Study of radial rotor and bearing arrangement dynamic properties of the combat vehicles M 84 and 72 cooling system fan. *Stroj. vestn.*, 1999, letn. 45, št. 11, str. 432–441. [COBISS.SI-ID 3450907]
- [8] ŠIROK, Brane, POTOČAR, Erik, NOVAK, Matej. Analiza kinematike toka za utripajočim profilom spremenljive geometrijske oblike z uporabo računalniške vizualizacije = Analysis of the flow kinematics behind a pulsating adaptive airfoil using computer-aided visualisation. *Stroj. vestn.*, 2000, letn. 46, št. 6, str. 330–341. [COBISS.SI-ID 3894043]
- [9] Dragonfly Express™, IEEE-1394b Digital Camera System Manual, Point Grey Research Inc. 2006, Document revised June 15, 2006.
- [10] OVERTON, M. *Numerical Computing with IEEE Floating Point Arithmetic*, SIAM, Philadelphia, 2001.
- [11] National Instruments LabVIEW™, User Manual, Part

Number 320999E-01, April
2003 Edition.
[12] HIGHAM, D. J., HIGHAM, N.
J. *MATLAB Guide*, SIAM, Phila-
delphia, 2000.

[13] ISO 5151:1994: *Non-duct-
ed air conditioners and heat
pumps – Testing and rating for
performance*



Visualization method for measuring the deformation of axial-flow fan blades

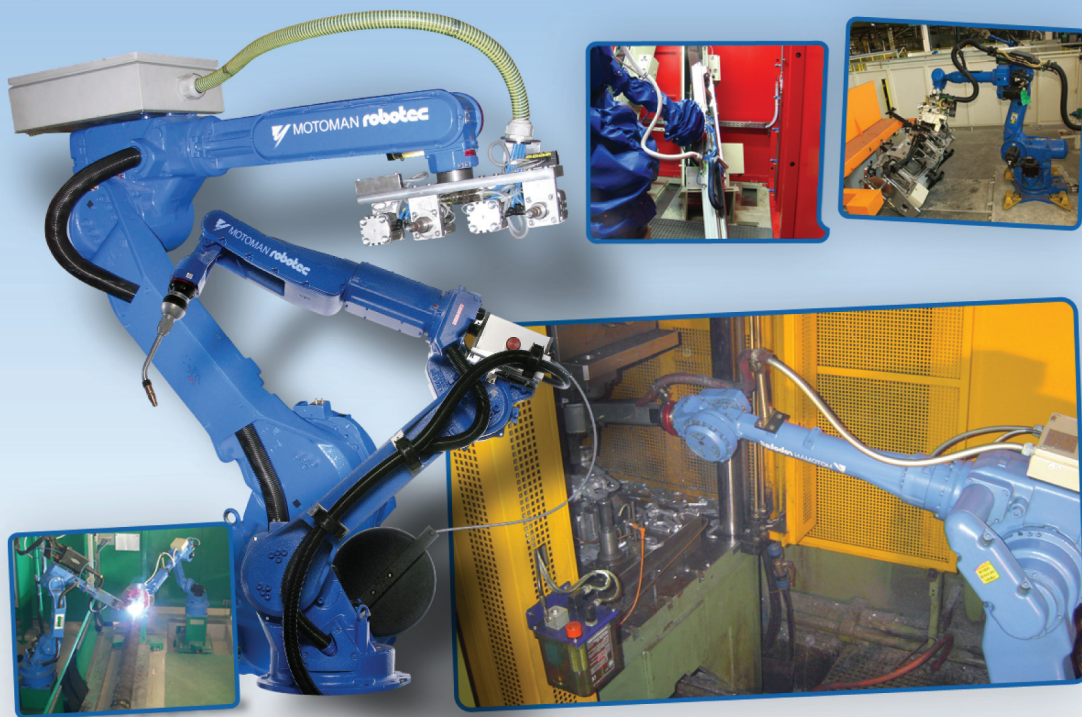
Abstract: Axial-flow fan blades deform during operation due to the various forces that act on them. The steady-state deformation and fluctuation of the blade peak, i.e., the vertex around the poise position, allow us to evaluate the volume of load, where the blade is fixed on the rotor, and assess the influence of the deformation on the aerodynamic characteristics of the axial-flow fan. In the paper we present the methodology for measuring the deformation of the axial-flow fan blade, which is supported by a computer-based visualization. The experiment was carried out on an axial-flow fan, with both basic and modified constructions, where the blade is fixed to the rotor. Measurements were carried out on the measuring station at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana, where using a high-speed camera we obtained digital pictures at selected time intervals. The deformations of the axial-flow fan blade were measured at the optimal working point for the axial-flow fan with the basic and modified constructions. On the blade vertex, we evaluated the deviation of the measuring point, in terms of the reference point that is on the fan casing. We have written software in Matlab to recognize the measuring points and to calculate the blade deformation on the vertex of the axial fan blade. With the help of the developed visualization method, we compared results that we got from the axial-flow fan with the basic and modified constructions. The experimental method used in this paper can easily and reliably detect the deformation of the axial-flow fan blade.

Keywords: axial-flow fan, blade, deformation, visualization,



MOTOMAN robotec d.o.o.

Podjetje za trženje, projektiranje ter gradnjo industrijskih robotskih in fleksibilnih sistemov



VODILNI SVETOVNI PROIZVAJALEC ROBOTOV

MOTOMAN ROBOTEC s proizvodnjo
18.000 robotov letno nudi široko
paletu implementacij robotov v
različna tehnološka okolja

- .varjenja (MIG/MAG, uporovno, TIG)
- .rezanja (laser, plazma, vodni curek)
- .brušenja oz. površinske obdelave
- .strege (CNC obdelovalnih strojev, stružnic)
- .tlačni liv
- .čiščenja odlitkov oz. pobiranja srha
- .montaže
- .paletiranja

Naša strokovna ekipa vam nudi
celovito rešitev od idejne izvedbe
projekta do zagona, usposabljanja
in servisiranja.



Naslov: Lepovče 23, 1310 Ribnica, SLOVENIJA
Telefon: + 386 (0)1 83 72 410 + 386 (0)1 83 72 350
Telefax: + 386 (0)1 83 61 243 / www.motomanrobotec.si
E-mail: info@motomanrobotec.si

Razvoj odklanjala za rastrsko vodenje žarka pri laserskem označevanju

Aleš BABNIK, Aleš BIZJAK, Janez DIACI

Izveček: Prispevek predstavlja razvoj optomehatronskega sistema, ki omogoča izdelavo rastrskih vzorcev pri laserskem označevanju. Sistem deluje tako, da v eni osi odklanjamo obdelovalni laserski žarek s pomočjo poligonskega zrcala v obliki šesterokotne prizme, ki se vrti s konstantno kotno hitrostjo. Vsak laserski blisk povzroči na površini obdelovanca označbo v obliki točke. Z odklankanjem žarka dosežemo, da so točkaste označbe razvrščene enakomerno v ravni črti – vrstici. Pomična miza, ki je pod odklanjalom, omogoča pomik obdelovanca pravokotno na vrstico. Rezultat obojega je dvorazsežna rastrska (matrična) označba z do dvesto točkami v smeri odklankanja žarka. Razvili smo mikroprocesorski krmilnik sistema, ki omogoča usklajeno delovanje laserja, odklanjala ter pomične mize in s tem izdelavo točkovne oznake na obdelovancu na poljubnem mestu rastra. Sistem je bil preizkušen z označevanjem eno- in dvodimenzionalnih rastrskih označb. Testi so pokazali, da je rastrsko vodenje žarka izvedljivo in zelo primerno za hitro označevanje preprostih označb na obdelovance, ki so že vključeni v nek proces obdelave na tekočem traku.

Gljučne besede: lasersko označevanje, odklanjala žarka, rastrsko vodenje žarka, optomehatronski sistem,

■ 1 Uvod

Zaradi vedno ostrejših zahtev glede kvalitete izdelkov in polizdelkov na področju proizvodnega strojništva mora sodobni proizvodni proces zagotoviti zmožnost sledenja posameznega izdelka z ustreznim označevanjem. Lasersko označevanje je proces, ki zagotavlja neizbrisno oznako poljubne vsebine, oznaka pa ne vpliva na mehanske lastnosti označene komponente [1]. Zaradi tega se laserske označevalne naprave v proizvodnem strojništvu vse pogosteje uporabljajo,

čeprav je začetna investicija praviloma višja kot pri alternativnih tehnologijah označevanja izdelkov.

Lasersko označevanje se v praksi najpogosteje izvaja z vodenjem laserskega žarka po površini obdelovanca bodisi z dvodimenzionalnim odklankanjem žarka ali pa s kombinacijo odklankanja žarka v eni smeri in premikanjem obdelovanca v drugi smeri. S tem dosežemo hitrosti označevanja, primerljive hitrostim ostalih označevalnih tehnik. Dvoosno premikanje obdelovanca, ki je običajno pri drugih laserskih obdelovalnih procesih, se pri označevanju ne uporablja zaradi prenizkih hitrosti vodenja žarka [2]. Za odklankanje žarka se pretežno uporabljajo mehanski sistemi, med njimi pa prevladujejo odklanjala z galvomotorji. V posebnih primerih, ko so zahtevane zelo visoke hitrosti označevanja, se uporabljajo tudi

akustično-optični [3] in holografski odklonski sistemi [4].

V obstoječih industrijskih sistemih za lasersko označevanje prevladujejo odklanjala z dvema nihajočima zrcaloma, ki vodita žarek po obdelovancu v dveh medsebojno neodvisnih in pravokotnih oseh [5]. Izstopni laserski žarek se s pomočjo posebne zbiralne leče fokusira na površini obdelovanca. Ta način odklankanja zagotavlja najvišjo stopnjo univerzalnosti na račun nekoliko nižje hitrosti vodenja ter velikosti delovnega območja.

Obstajata dva osnovna načina vodenja laserskega žarka v dvorazsežnem prostoru: vektorski in rastrski [6]. Pri vektorskem načinu vodimo laserski žarek vzdolž vektorjev – daljic poljubnih smeri. Kontura in polnitev označbe sta tako sestavljeni iz množice vektorjev, ki jih izrisuje

Dr. Aleš Babnik, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aleš Bizjak, univ. dipl. inž., I.H.S., d. o. o., Krško, izr. prof. dr. Janez Diaci, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

žarek. Vektorsko vodenje je možno izvajati le z dvoosnimi odklanjalji.

Osnovna ideja rastrskega načina vodenja pa je v tem, da žarek premikamo po obdelovancu po vzporednih ravni črtah – vrsticah in pri tem prižigamo oziroma ugašamo laserski žarek glede na zahtevano označbo. Odklanjanje žarka v smeri vrstice je mogoče izvesti tudi z vrtljivim poligonskim zrcalom, medtem ko lahko pomik v smeri pravokotno na vrstico izvaja obdelovanec sam [7]. Ta način vodenja žarka je zanimiv zato, ker omogoča doseganje večje hitrosti označevanja v primeru enostavnih črkovnih oziroma številskih oznak in ne zahteva zapletenega krmilnega sistema.

V prispevku predstavljamo zasnovu in razvoj mikroprocesorsko vodenega krmilnika, ki omogoča sinhrono izvajanje ključnih operacij: vrtenje poligonskega zrcala, pomikanje obdelovanca in prižiganje laserskega žarka tako, da je možna izvedba enostavnih oznak. Delovanje krmilnika in sistema za rastrsko vodenje žarka smo preizkusili in okarakterizirali na laboratorijskem laserskem označevalnem sistemu [8].

■ 2 Zasnova in razvoj sistema

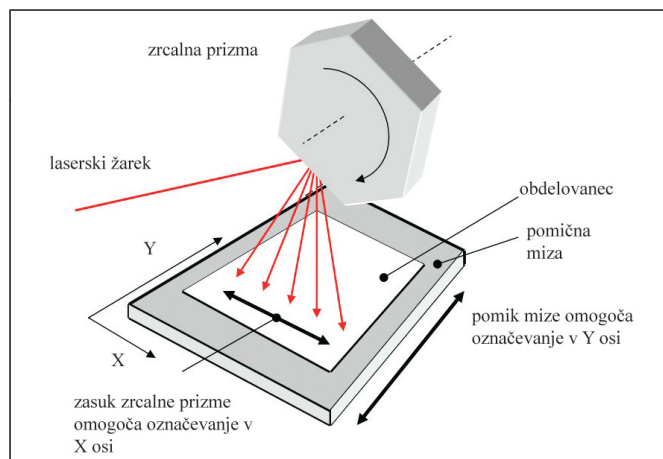
Vrteče se poligonsko zrcalo je uveljavljen način odklanjanja laserskega žarka, saj se množično uporablja v laserskih tiskalnikih [4, 7]. Delovanje odklanjalja temelji na odboju laserskega žarka na ravni zrcalni površini rotirajoče prizme v smeri proti obdelovancu. Kot odboja je odvisen od trenutnega naklona zrcalne površine, zato z vrtenjem prizme odbiti žarek potuje po površini obdelovanca s hitrostjo, ki je odvisna od hitrosti vrtenja prizme.

Ena izmed temeljnih odločitev pri snovanju odklanjalja s poligonskim zrcalom je izbira poligonske prizme (števila stranic poligona in karakteristična dimenzija – npr. dolžina stranice) [7]. Ta izbira mora biti usklajena s premerom žarka in njegovim karakterističnim vpadnim kotom tako, da je območje odklonskega kota odbitega žarka čim večje (slika

2). V idealnem premeru (neskončno tanek žarek in geometrijsko pravilna prizma) je največje možno območje odklonskega kota žarka določeno s številom stranic N poligonske prizme:

$$-360^\circ/N < \varphi < +360^\circ/N \quad (1) \quad \Delta\varphi = 2\Delta\theta \quad (2)$$

Zaradi končnih dimenzij realnih žarkov, izdelovalnih toleranc prizme in aberacij optičnega sistema za odklanjalom je dejansko dosegljivo območje odklonskega kota žarka vselej manjše od teoretičnega. Razliko med njima imenujemo mrtvi kot. V območju mrtvega kota odbiti žarek bodisi ne zadane obdelovanca ali pa je kot odbitega žarka glede na obdelovanec tolikšen, da povzroči prevelike optične napake. Analiza je pokazala, da je za naš primer šest odbojnih ploskev (šesterostrana prizma) optimalna rešitev, ko razpoložljivi kot zavzema skoraj celotno delovno širino na obdelovancu, hkrati pa je mrtvi kot ob straneh minimalen. Slika 1 prikazuje izbrano zasnovu kinematskega podsistema s šesterostrano prizmo v funkciji odklanjala žarka.



Slika 1. Zasnova kinematskega podsistema naprave za rastrsko lasersko označevanje. Prelet laserskega žarka vzdolž osi X predstavlja eno delovno vrstico, s pomikom mize vzdolž osi Y lahko realiziramo dvorazsežno polje delovnih vrstic.

Z vidika zasnove odklanjala s prizmo je ključna povezava med kotom zasuoka prizme in pomikom s laserskega žarka po površini obdelovanca. Slika 2 ilustrira geometrijska razmerja pri vrtenju odklonske prizme. Zaradi nazornosti je namesto celotne prizme prikazan le enakostranični trikotnik, ki predstavlja 1/6 celotne prizme. S

prikazom prizme v dveh položajih ilustriramo znano zakonitost, da zasuk prizme za kot $\Delta\theta$ povzroči odklon (spremembo smeri) odbitega žarka za kot $\Delta\varphi$, pri čemer velja:

$$\Delta\varphi = 2\Delta\theta \quad (2)$$

Pomembno je opozoriti, da je pomik s žarka po obdelovancu povezan ne le z odklonom $\Delta\varphi$ žarka, temveč tudi s pomikom vpadne točke P vzdolž zrcalne stranice prizme med vrtenjem.

Podrobna teoretična analiza pokaže [7], da je vsaj na prvi pogled funkcija $s = s(\theta)$ močno nelinearna. Ob upoštevanju konkretnih geometrijskih parametrov našega sistema in predvidenih največjih odklonov pa se izkaže, da znašajo največji odstopki od linearnosti le nekaj odstotkov. Glede na to, da je bil v tej fazi raziskave predvsem cilj pokazati izvedljivost ideje rastrskega označevanja na podlagi delujočega prototipa, smo se odločili, da pri razvoju algoritmov vodenja žarka in programske opreme nelinearnost

zanemarimo. S tem se algoritmi vodenja bistveno poenostavijo. Analiza vplivov nelinearnosti in na tej osnovi morebitna nadgradnja algoritmov pa sta umestni v kasnejši fazi izpopolnitve prototipa.

Na podlagi navedene linearizacije lahko zapišemo zvezo med pomikom Δs laserskega žar-

ka med dvema točkama na površini obdelovanca in ustreznim zasukom $\Delta\theta$ prizme v obliki:

$$\Delta s = k\Delta\theta \quad (3)$$

kjer je k konstanta, ki je določena z geometrijskimi parametri sistema. Če zagotovimo, da se prizma vrti s

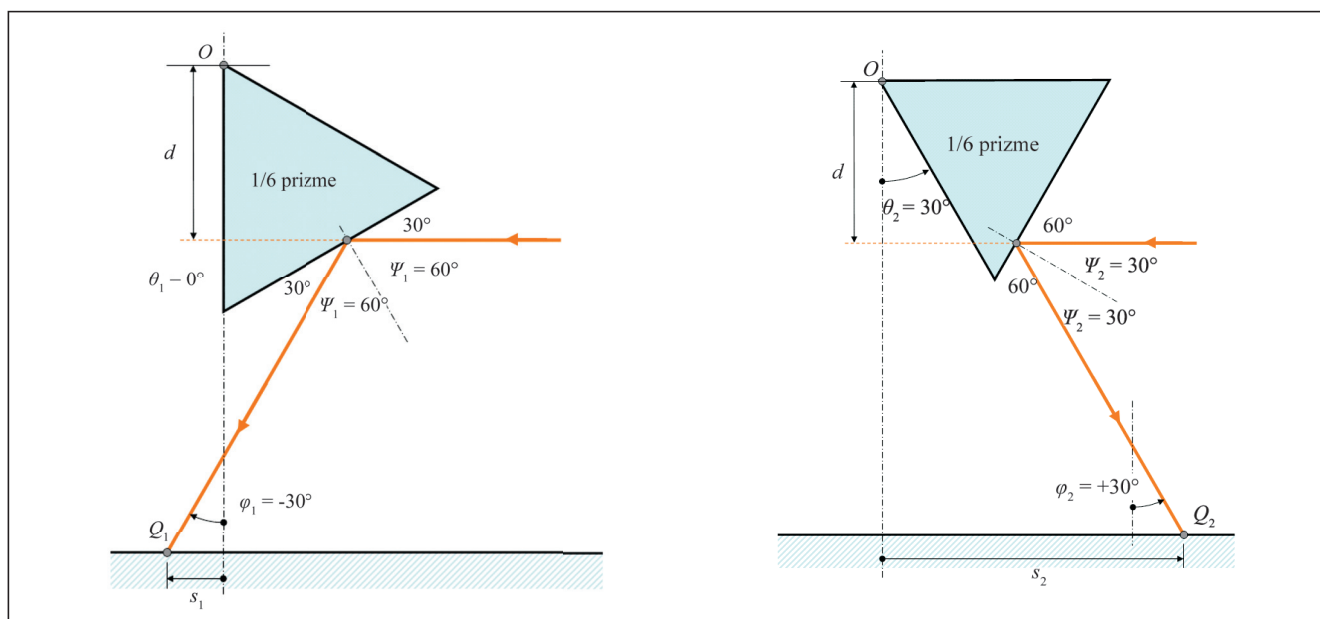
konstantno kotno hitrostjo $\omega = d\theta/dt$, potem velja:

$$\Delta s = k\omega\Delta t \quad (4)$$

iz česar sledi, da je želene pomike Δs žarka mogoče realizirati z zagotovitvijo primerne (konstantne) kotne hitrosti in časovnega intervala Δt med posameznimi bliski označevalnega laserja. Oboje je izvedljivo s pomočjo sodobnih mikrokrmilnikov.

površine (»fasete«) na prizmi. V tem položaju je obdelovalni žarek izklopljen, kazalni žarek pa vodimo preko dveh referenčnih zrcal na fotodiodo. V tem položaju ta odda referenčni pulzni signal, ki določa sistemskemu krmilniku časovni trenutek začetka vrstice v rastru, kar omogoča sinhronizacijo celotnega sistema. Naloga sistemskega krmilnika je, da glede na izbrano kotno hitrost in referenčni signal prižiga obdelovalni žarek skladno z zapisom posamezne

seveda prične s tolikšno zakasnitvijo, da se žarek nahaja izven območja mrtvega kota θ_m . F-theta leča je posebna vrsta lečja, ki se uporablja v sistemih vodenja žarka z gibljivimi zrcali, v katerih je leča za odklanjalom [5]. F-theta leča omogoča, da je gorišče žarka na površini obdelovanca ne glede na kot, pod katerim vpada žarek na lečo. Zrcalo na vstopu žarka v odklanjalo omogoča natančno nastavitve vpadnega kota žarka na faseto.



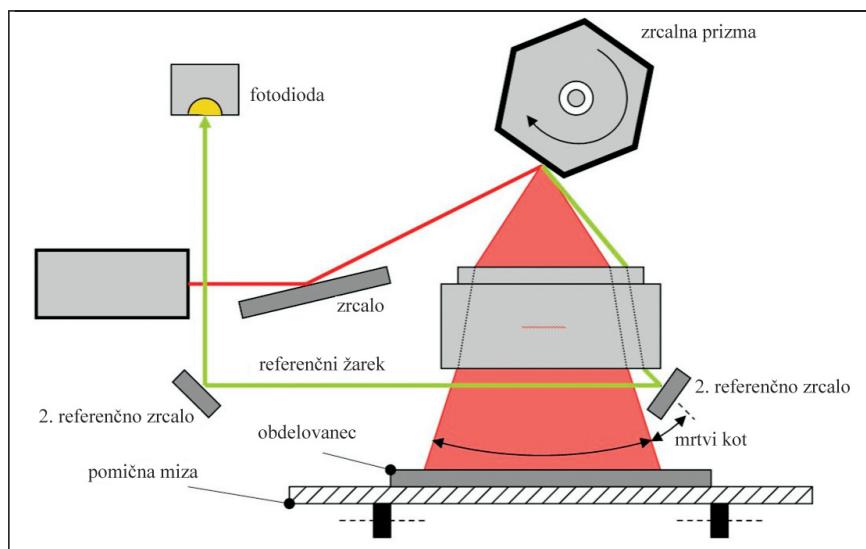
Slika 2. Ilustracija geometrijskih razmer pri vrtenju odklonske prizme. Zasuk prizme za kot $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 30^\circ$ povzroči spremembo smeri odbitega žarka za kot $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 30^\circ - (-30^\circ) = 60^\circ = 2\Delta\theta$. Vpadna točka P potuje med vrtenjem prizme po njeni zrcalni površini.

Slika 3 shematično prikazuje zasnovo sistema. Blok z označbo »LASER« v realnosti sestavljata dva laserska izvora. Osnovni izvor je obdelovalni laser tipa Nd:YAG, ki oddaja svetlobo v kratkih bliskih valovne dolžine 1064 nm. Ta svetloba očem ni vidna, zato je običajno dodan kontinuirni kazalni laser, ki oddaja vidno svetlobo, njegov žarek pa je uravnan kolinearno z žarkom obdelovalnega laserja. S tem kazalni žarek operaterju pokaže mesto, kamor bo vpadel obdelovalni žarek.

Na spodnji sliki so z rdečo barvo označeni položaji, ki jih lahko zavzameta oba žarka, z zeleno pa ključni položaj, ki ga lahko zavzame le kazalni žarek. To je položaj, ko žarek vpadne na začetek nove zrcalne

vrstice oznake. Tvorjenje prožilnih pulzov obdelovalnega laserja se

Največjo dopustno kotno hitrost ω_m prizme ocenimo na podlagi dveh



Slika 3. Shema zasnove sistema za rastrsko označevanje

parametrov: števila N_{TO} točkovnih oznak v vrstici in največje frekvence f_{lm} ponavljanja obdelovalnih laserskih bliskov (repeticije), ki jo omogoča laserski izvor v načinu z zunanjim sproženjem. Kot razvojni cilj smo si zadali, da odklonski sistem lahko označi do $N_{TO} = 200$ točkovnih oznak v vrstici, ciljni obdelovalni laser, za katerega smo razvili aplikacijo, pa je določal repeticijo $f_{lm} = 5$ kHz, pri kateri je njegova učinkovitost najvišja oziroma označba najizrazitejša. Pri teh pogojih je najkrajši čas izdelave T_{vm} ene vrstice:

$$T_{vm} = N_{TO} / f_{lm} = 200 / 5000 \text{ s} = 40 \text{ ms} \quad (5)$$

Kot zasuka $\Delta\theta_v$ 6-strane prizme za izdelavo ene vrstice ocenimo na $55^\circ = 0,96$ rad ob upoštevanju ocene velikosti mrtvega kota $\theta_m = 5^\circ$. Največjo dopustno kotno hitrost prizme dobimo iz:

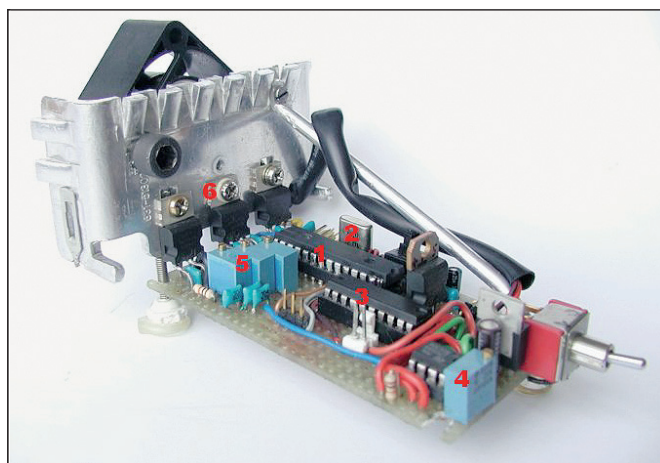
$$\omega_m = \Delta\theta_v / T_{vm} = 0,96 / 0,04 \text{ rad/s} = 24,0 \text{ rad/s} = 3,8 \text{ vrt/s} = 229 \text{ vrt/min} \quad (6)$$

V zvezi z enačbo 4 je bilo omenjeno, da je želene pomike Δs žarka mogoče realizirati z zagotovitvijo primerne (konstantne) kotne hitrosti prizme in časovnega intervala Δt med posameznimi obdelovalnimi laserskimi bliski. Pri praktični realizaciji sistema smo se odločili, da ti dve ključni nalogi porazdelimo med dva mikrokrmilnika. S tem smo zagotovili dovolj procesorske moči za vsako izmed njiju in s tem večjo točnost in bolj zanesljivo delovanje sistema. Krmilno enoto odklonskega sistema tako sestavljata dva povezana krmilnika: glavni krmilnik in krmilnik motorja.

Glavni krmilnik PIC18F252 sprejema ukaze iz osebnega računalnika (PC), jih posreduje preko I²C vodila krmilniku motorja, zaznava referenčni signal fotodiode, prekodira označevani vzorec v pulze za krmiljenje laserja in določa časovne intervale med posameznimi obdelovalnimi laserskimi bliski. Frekvenca notranje ure 10 MHz in izvedba programske kode s prekinitvenimi rutinami zagotavlja zadostno hitrost in časovno

točnost pretvorbe podatkov o oznaki v zaporedje prožilnih pulzov.

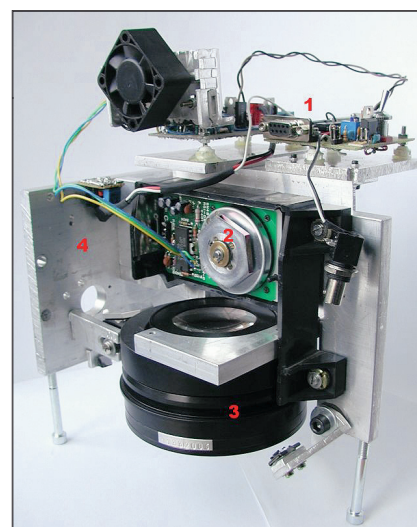
Za zagotovitev rotacije prizme smo uporabili trifazni brezkrtačni motor (BLDC) [9], ki ga poganjamo kot sinhroni AC-motor. Za njegov pogon je bil razvit in izdelan krmilnik (slika 4), ki generira tri sinusne signale želene frekvence, ki so medsebojno časovno zakasneni za tretjino periode. Cilj razvoja krmilnika je bil zagotoviti nastavljivo in čim bolj konstantno kotno hitrost kot tudi zmožnost postopne spremembe frekvence signalov ob zagonu ali spremembi želene kotne hitrosti, tako da ji motor lahko sledi. Njegov osrednji element je mikrokrmilnik tipa PIC18F2520 (1) z ustrezno programsko kodo [10]. Takt mu narekuje kristalni oscilator s frekvenco 10 MHz (2). Povzeto med digitalnim mikrokrmilnikom in analogno okolico omogoča digitalno-analogni pretvornik tipa TLC7226 (3). Amplituda izhodnih signalov iz pretvornika se nastavlja bodisi s skupnim potenciometrom



Slika 4. Fotografija krmilnika motorja.

(4), ki hkrati spreminja amplitudo vsem trem signalom, ali pa s tremi posameznimi potenciometri (5), ki nastavljajo vsak svoj signal in omogočajo fino nastavitve amplitud posameznih izhodov. Vsak izmed treh signalov se pred izhodom na zanko motorja tokovno ojača preko ojačevalnikov (6), ki so aktivno hlajeni s skupnim hladilnim rebrom in ventilatorjem.

Slika 5 prikazuje fotografijo izdelanega prototipa krmilnika in odklanjala žarka rastrskega označevalnika z označe-

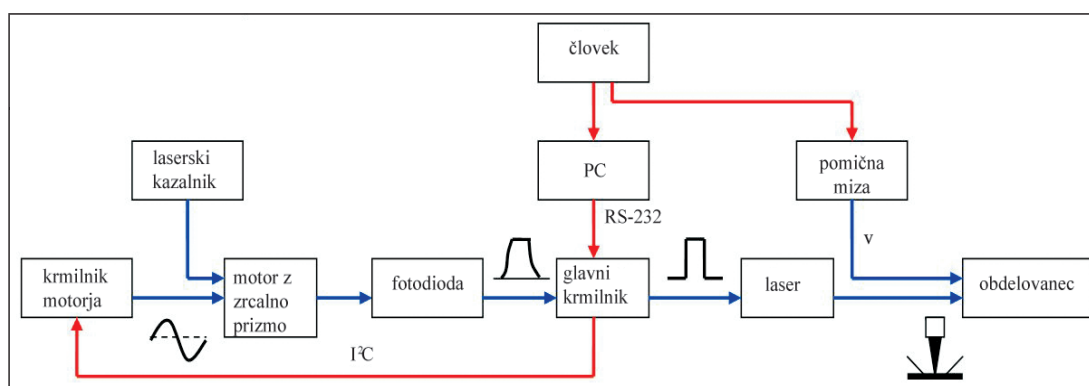


Slika 5. Fotografija prototipa krmilnika in odklanjala žarka rastrskega označevalnika; (1) mikropcesorska krmilna enota, (2) elektromotor, ki ima na gredi nameščeno šesterokotno zrcalno prizmo, (3) f-Theta leča in (4) aluminijasto ogrodje.

nimi najpomembnejšimi funkcijskimi sklopi. Slika 6 prikazuje blokovno shemo rastrskega označevalnika.

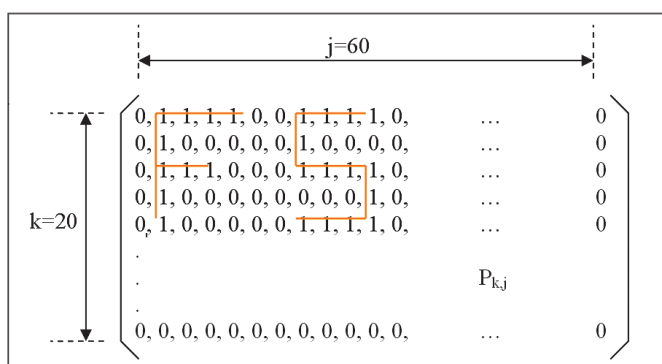
Rastrska oznaka je sestavljena iz množice posameznih točkovnih oznak, ki so razvrščene v vzporednih vrsticah. Vzorec, ki ga želimo označiti, je v glavnem krmilniku predstavljen kot dvo-razsežno polje, katerega elementi so binarne vrednosti

('0' ali '1'). Primer zapisa takšne označbe je prikazan na sliki 7. Gre za označbo, ki je sestavljena iz 20 vrstic, v vsaki od njih pa je v rastru po 60 točk. Primer realizacije takšne označbe je prikazan na sliki 9. Glavni krmilnik pregleduje polje oznake od točke do točke, vrstico za vrstico. Če v polju najde element, ki je enak '1', v ustreznem trenutku sproži obdelovalni laserski blisk, ki na površini obdelovanca povzroči točkovno oznako. S preverjanjem elementov polja, pravilnim upravljanjem časovnih zakasnitev in sproženjem



Slika 6. Blokovni diagram označevalnika

bliskov označevalnega laserja lahko torej označimo zelene točke rastra v posamezni vrstici.



Slika 7. Predstavitev rastrske oznake v glavnem krmilniku. Element '1' na določenem mestu dvorazseženega polja pomeni, da naj bo na tistem mestu rastra točkasta laserska oznaka. Element '0' pomeni, da tam oznake ni.

Pri naslednjem prožilnem pulzu, ki ga pošlje fotodioda ob preletu kazalnika, krmilnik prične s preverjanjem naslednje vrstice polja, ob tem pa pomilčna miza, ki je nameščena pod odklanjalom, pomakne obdelovanec pravokotno glede na smer odklajanja laserskega žarka za razdaljo enega polja rastra. Tako se postopno izrisuje vrstica za vrstico – do celotne oznake.

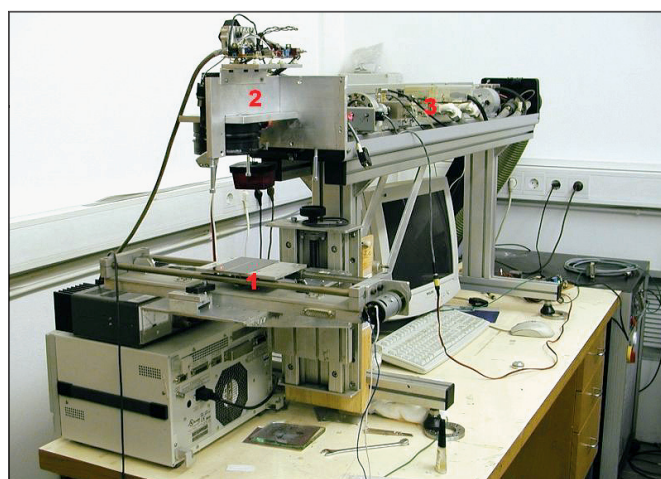
3 Testiranje sistema

Na osnovi razvitega prototipnega odklanjala žarka smo zgradili eksperimentalni rastrski označevalni sistem, ki je prikazan na sliki 8. Sestavljen je iz treh delov: (1) pomilčne mize z obdelovancem, (2) odklanjala s krmilnikom in (3) laserskega izvora.

Uporabljen je bil označevalni Nd:YAG laser tipa Fotona YAG22 z naslednji-

mi karakteristikami: valovna dolžina: 1064 nm, način delovanja: bliskovno z zunanjim sproženjem, trajanje bliska: ~100 ns, repeticija: do 5 kHz (najvišja učinkovitost), prečna struktura žarka: TEM₀₀, povprečna moč: do 16 W, premer žarka na odklonski prizmi: ~3 mm.

Poizkusno označevanje je bilo opravljeno na črno eloksiranih aluminijskih ploščicah.



Slika 8. Fotografija eksperimentalnega rastrskega označevalnega sistema: (1) pomilčna miza, (2) laserska odklonska glava, (3) laserski izvor.

Površina teh vzorcev ima namreč dovolj nizek prag za nastanek lasersko povzročene oznake. S tem je bila zagotovljena zadostna vidnost tudi v primeru nižjih gostot ener-

gij. Širina testnih obdelovancev (~15 cm) je odgovarjala velikosti delovnega območja odklanjala.

Slika 9 prikazuje testno rastrsko označbo. Analiza vodoravnih črt pokaže, da so razdalje

med točkami praktično enake po vsej dolžini črte, kar potrjuje upravičenost predpostavke o linearizaciji zveze med pomikom Δs laserskega žarka med dvema točkama na površini obdelovanca in ustreznim zasukom $\Delta \theta$ prizme (enačba 3). Medtem ko je leva navpična črta praktično ravna, pa izkazujejo točke na desni navpični črti precejšnja odstopanja od navpičnice. Dodatna testiranja so pokazala, da so ta odstopanja rezultat fluktuacij kotne hitrosti prizme, ki so povezane z dinamiko sistema prizma-motor-podnožje, ki je deloma povezana tudi z nezadostno uravnoteženostjo rotorja. V teku so raziskave, ki naj bi pokazale izboljšavo prototipa, s katero bi omenjene pomanjkljivosti odpravili. Laserske točkovne označbe

niso popolnoma pravih oblik, kot bi si jih želeli in pričakovali. To je deloma posledica označevanja s premajhno gostoto energije laserskih bliskov – ta je bila le malo nad pragom za nastanek oznake za uporabljene obdelovance. Večje gostote energije bi dale točkovne označbe pravilnejših oblik.

Gostoto moči je omejeval material odbojne površine uporabljene prizme, saj bi večja gostota moči predvidoma poškodovala zrcalne ploskve. Višina prizme 4 mm (di-

menzija v smeri osi vrtenja) prav tako ni dovoljevala optične razširitve (povečanje premera) vstopnega obdelovalnega žarka, kar je običajen postopek za izboljšanje kvalitete žarka v fokusu. Del razlogov za nepravilne oblike točkovnih označbe lahko nosi tudi nezadostna optična kvaliteta zrcalnih površin prizme.

Kot je značilno za rastrske označevalne sisteme, čas za izdelavo oznake ni odvisen od zahtevnosti in prečne velikosti oznake, temveč le od njene vzdolžne velikosti (števila vrstic). Obdelovalni žarek namreč prepotuje celotno vrstico označbe ne glede na vsebino označbe. Prototipno odklanjalo je pri danih parametrih (repeticija obdelovalnega laserja, kotna hitrost prizme) izrisalo eno vrstico v 40 ms (enačba 5) oziro-

4 Zaključek

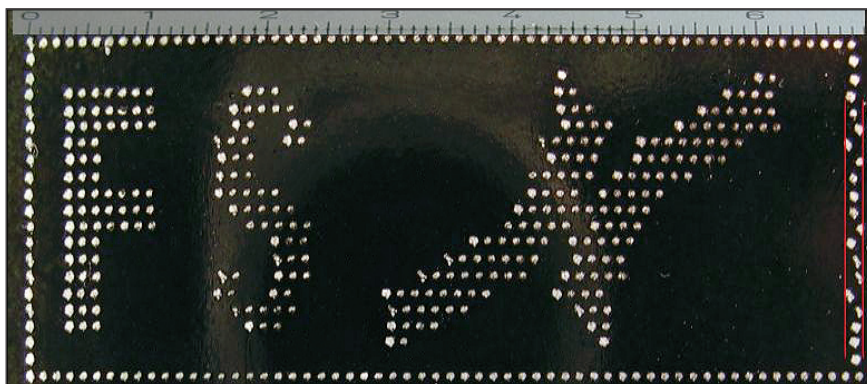
Razvit, izdelan in preizkušen je bil laserski označevalni sistem, ki bazira na rastrskem načinu vodenja obdelovalnega žarka. Označba je sestavljena iz točk, ki so razvrščene v vzporednih ravni črtah – vrsticah. Odklanjanje žarka v smeri vrstice je izvedeno z vrtljivim poligonskim zrcalom, medtem ko pomik v smeri pravokotno na vrstico izvaja obdelovanec sam. Postopek je posebno uporaben za označevanje izdelkov, ki potujejo na tekočem traku.

Ta način vodenja žarka je posebej uporaben za izdelavo enostavnih črkovnih oziroma številskih oznak (datum proizvodnje, identifikacijske številke ...). V primerjavi s klasičnimi dvoosnimi označevalnimi sistemi

brizgalnimi matričnimi tiskalniki, in hkrati obstojnejša od tiskane.

Literatura

- [1] J. T. Luxon: Industrial lasers and their applications, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1985.
- [2] D. Schuocker: High power lasers in production engineering, Technische Universität Wien, Austria, 1999.
- [3] http://www.quanta-tech.com/Acousto_optic_products/deflectors.php.
- [4] D. C. O'Shea: Elements of Modern Optical Design, John Wiley & Sons, Inc., Atlanta, Georgia, 1985.
- [5] J. Wilson, J. F. B. Hawkes: Laser: Principles and Applications, Prentice Hall, 1987.
- [6] <http://www.globalspec.com/GSISGroupGeneralScanning/ref/HowtoChooseGalvo.htm>.
- [7] Gerald Marshall (ed.): The Handbook Of Optical And Laser Scanning, Marcel Dekker, New York, NY, 2004.
- [8] A. Bizjak: Opto-mehatronski sistem za rastrsko vodenje žarka pri laserskem označevanju, Ljubljana, Fakulteta za strojništvo, Prešernove nagrade študentom za leto 2006.
- [9] Microchip: Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals, http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1523.
- [10] Peter Moreton: Industrial Brushless Servomotors, Reed Educational and Professional Publishing Ltd., 2000.



Slika 9. Primer izdelane rastrske označbe.

ma celotno označbo na *sliki 8* v 840 ms. Dimenzijske lastnosti označbe so razvidne s slike, na kateri je prikazano tudi dolžinsko merilo.

omogoča opisani sistem doseganje večje hitrosti označevanja in ne zahteva zapletenega krmilnega sistema. Označba je oblikovno enakovredna oznakam, ki se tiskajo z

Development of a raster-scanning beam deflector for a laser marking machine

Abstract: This article presents the development of a new opto-mechatronic system that makes possible the laser marking of raster patterns consisting of several dotted lines. The processing laser beam in our new system is deflected in one direction by a hexagonal mirror prism rotating at a constant angular velocity. Each laser pulse produces a dot-shaped mark (a "laser dot") on the surface of the workpiece. By scanning the beam along a straight line we achieve a linear, uniformly distributed pattern of laser dots. The linear translation stage below the beam deflector moves the workpiece in a direction perpendicular to the line. The result is a two-dimensional raster (matrix) pattern consisting of an arbitrary number of lines with up to 200 laser dots per line. We have developed a microprocessor-based marking-system controller that coordinates the operation of the laser source, the laser-beam deflector and the linear translator in such a way that it is possible to produce arbitrary dotted raster patterns. The system was tested by marking one- and two-dimensional patterns. The tests showed that the system is suitable for the rapid production of simple dotted patterns on workpieces that are moving on production belts.

Keywords: laser marking, beam deflector, raster scanning, opto-mechatronic system,

Uvajanje reguliranih pogonov v podzemnih premogovnikih *

Gregor EDELBAHER, Branko FOŠNER

Izvleček: Uporaba reguliranih pogonov je postala z razvojem sodobnih postopkov vodenja izmeničnih elektromotorjev, ki za svoje delovanje ne potrebujejo mehanskega senzorja hitrosti, širše zanimiva tudi na področju podzemnih premogovnikov. Zaradi delovanja v eksplozijsko ogroženem okolju uporaba komercialno dobavljivih pretvornikov ni možna. Prispevek podaja možna področja in konkreten primer uporabe reguliranega pogona, ki je plod lastnega znanja, v premogovniku Velenje.

Ključne besede: brezsenzorsko vodenje, eksplozijsko nevarno okolje, asinhronski motor,

Uvod

Na področju podzemne proizvodnje premoga se uporablja vrsta procesnih naprav (rudniški kombajni, transporterji, črpalke, ventilatorji itd.), ki lahko le s svojo robustnostjo ustrezajo zahtevam procesa. Večina naprav je gnanih z asinhronskimi elektromotorji s kratkostično kletko, ki so konstrukcijsko enostavni, imajo dober izkoristek in so hkrati dokaj ceneni glede na ostale vrste elektromotorjev. Običajno so priključeni neposredno na električno omrežje in tako delujejo z bolj ali manj konstanto hitrostjo, za kar mehanski senzor hitrosti, ki bi negativno vplival na

robustnost pogona, ni potreben. Slabosti asinhronskega motorja (ASM) pa sta potrebna jalova moč za magnetenje in velik zagonski tok. Zagonski tok ASM, ki se zaganja neposredno iz električnega omrežja, doseže 5- do 7-kratno vrednost nazivnega toka [1]. Ustrezno temu morajo biti dimenzionirani tako električni viri kakor tudi električni vodniki.

Osnovno izhodišče je bilo razviti za premogovniške razmere primerno pretvorniško napravo v eksplozijsko varni oz. 'Ex' izvedbi, primerno za pogon obstoječih elektromotornih pogonov, ki ne bi imela negativnih lastnosti pogonov s konstantno hitrostjo in bi hkrati omogočala regulirano delovanje. Seveda zmanjšanje robustnosti pogona ni dopustno, zato uporaba dodatnega mehanskega senzorja hitrosti, ki je običajno potreben v reguliranih pogonih, ne pride v poštev. Tako bi z minimalnim vlaganjem dosegli največji možen ekonomski kot tudi tehnični učinek.

Takšna pretvorniška naprava omogoča tudi večjo integracijo motornih pogonov v informacijsko zanko procesa [2]. Analiza možnosti uporabe reguliranih pogonov s spremenljivo hitrostjo v podzemnih premogovnikih je pokazala širok spekter upo-

rabnosti. Osnovna področja uporabe so vse vrste transporterjev; od verižnih do transporterjev s trakom, črpalke za pripravo hidravličnega medija, črpalke za vodo kakor tudi prezračevanje jame.

Teorija delovanja

Teorija delovanja asinhronskega motorja je kompleksnejša kot pri enosmernem motorju, zato bo na tem mestu opisana zelo poenostavljena. Bistveno je razumevanje osnovnega principa delovanja, podrobnejše opise pa je mogoče najti v literaturi [3], ki se z asinhronskim motorjem veliko ukvarja. V poenostavljenem modelu predstavimo ASM kot transformator z vrtljivim sekundarjem (rotorjem). Primarno navitje (stator) je priključeno na vir napajanja, skozi kratko sklenjeno rotorsko navitje pa teče inducirani sekundarni tok. Vrtilni navor je rezultat delovanja sekundarnih (rotorskih) tokov in magnetnega sklepa v zračni reži motorja. Statorska navitja so porazdeljena po statorju s ciljem proizvajanja sinusno porazdeljenega vrtilnega polja. Ko nanje priključimo trifazno izmenično napetost, nastane vrtljivo izmenično statorsko magnetno polje, ki zaradi medsebojnega delovanja z rotorskim magnetnim

Dr. Gregor Edelbaher, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko; Branko Fošner, univ. dipl. inž., Premogovnik Velenje, d. d., Velenje

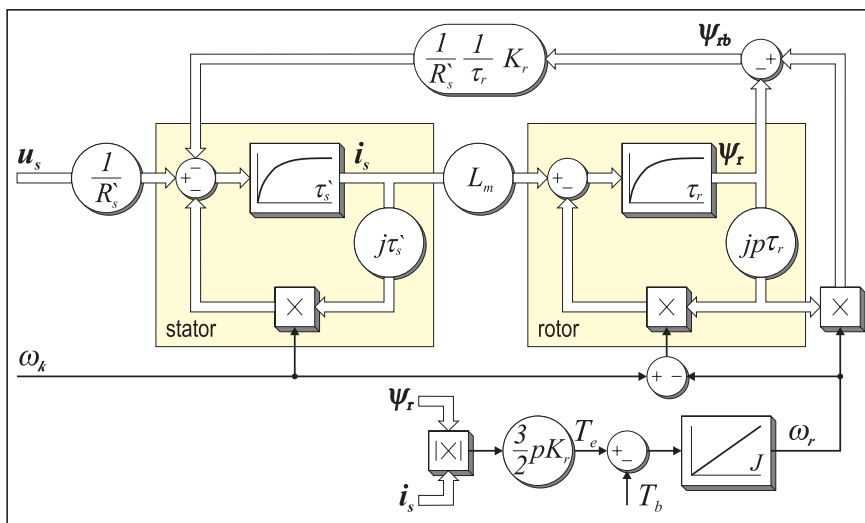
* Projekt je bil sofinanciran iz evropskega sklada za regionalni razvoj v okviru projektov z naslovom Avtomatizacija strojev in naprav, s podporo Ministrstva za razvoj Republike Slovenije in Premogovnika Velenje

poljem zavrti rotor. Vendar se rotor ne vrti natančno s frekvenco statorskega polja, temveč za njim zaostaja za t. i. slipno frekvenco.

Dinamični model asinhronskega motorja [3] v stacionarnih statorskih (a-b) koordinatah z izraženim statorskim tokom in rotorskim magnetnim sklepom prikazuje *slika 1*. Uporaba kompleksnih prostorskih kazalcev omogoča predstavitev ASM kot dinamičnega sistema samo tretjega reda

ter dopušča izčrpano ponazoritev motorja kakor tudi struktur vodenja s pomočjo signalnih grafov [4].

V prikazanem dinamičnem modelu je ω_r kotna hitrost rotorja, kompleksna prostorska kazalca $\psi_s = \psi_{sa} + j\psi_{sb}$ in $\psi_r = \psi_{ra} + j\psi_{rb}$ sta statorski in rotorski magnetni sklep, $u_s = u_{sa} + j u_{sb}$ in $i_s = i_{sa} + j i_{sb}$ sta statorska napetost in tok, T_e električni navor, T_b navor obremenjevanja, J vztrajnostni moment rotorja z bremenom, p pa je število polovih parov.



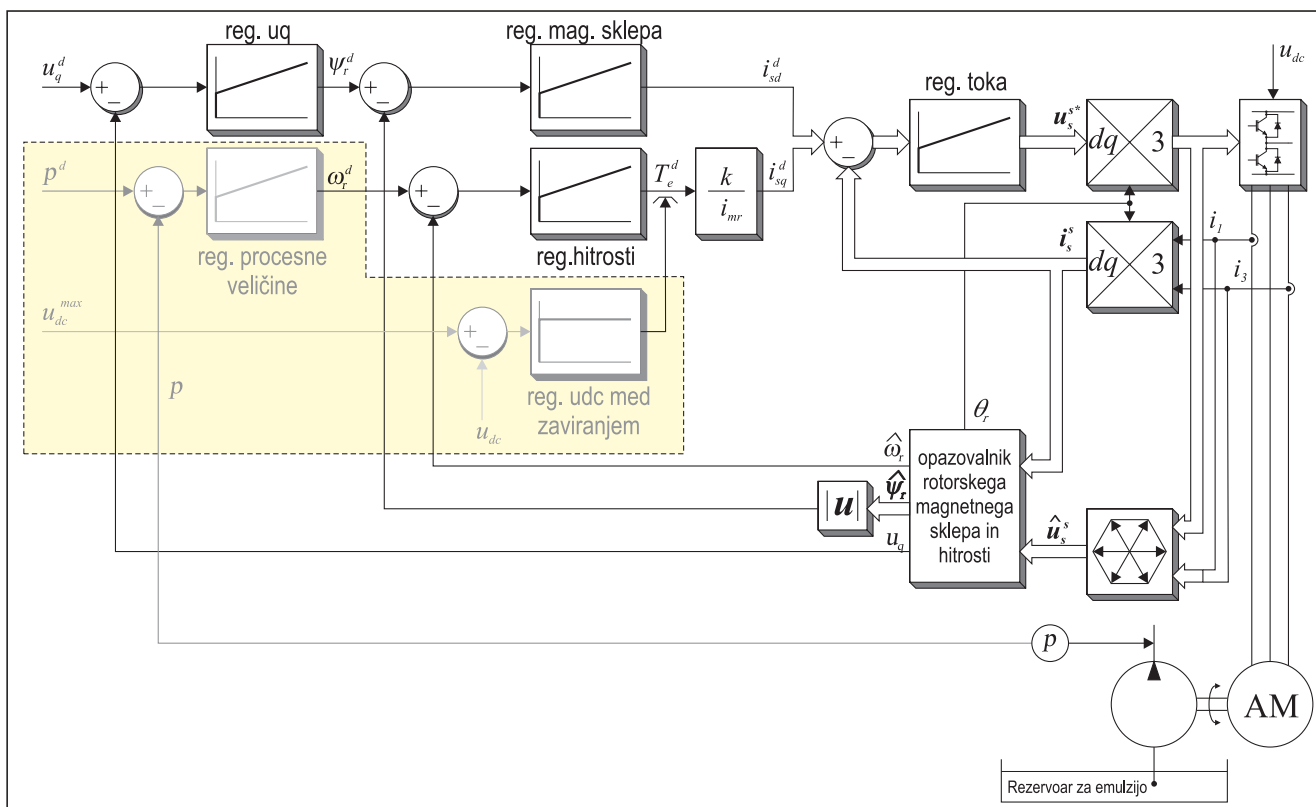
Slika 1. Kompleksni signalni diagram asinhronskega motorja

Vodenje brez senzorja hitrosti

Slika 2 predstavlja vektorsko regulacijo ASM z opazovalnikom rotorskega magnetnega sklepa, ki omogoča vodenje ASM brez senzorja hitrosti. Klasična vektorska regulacija je danes še vedno prva izbira v visoko zmogljivih pogonih, kjer so zahtevane dobre dinamične lastnosti ob visokem nivoju zanesljivosti delovanja, kar je še zlasti pomembno v industrijskih obratih.

Princip vektorske regulacije [5] temelji na tem, da so komponente toka, ki napajajo ASM, orientirane tako, da je mogoče medsebojno ločiti magnetilno komponento toka od komponente, ki skrbi za proizvodnjo navora. S tem je mogoče ločeno nadzirati navor in magnetni sklep, podobno kot pri tuje vzbujanem enosmernem motorju. Seveda je potrebno poznati orientacijo rotorskega magnetnega sklepa.

Vendar rotorskega magnetnega sklepa brez posega v konstrukcijo motorja ne moremo neposredno meriti. Zato ga določimo z uporabo matematičnega modela rotorja. Kot



Slika 2. Signalni diagram vektorskega vodenja asinhronskega motorja brez senzorja hitrosti

je razvidno s slike 1, je za njegovo določitev potrebno poznati statorski tok in rotorsko hitrost. Statorski tok je možno neposredni meriti, meritev hitrosti motorja pa je zaradi negativnih lastnosti, ki jih vnašata senzor hitrosti in dodatni signalni kabel, v premogovniških aplikacijah še posebej nezaželena.

V strokovni literaturi je poznanih več metod, ki omogočajo določitev rotorskega magnetnega sklepa brez senzorja hitrosti [6]. V grobem jih delimo na modelne metode, ki temeljijo na inducirani napetosti, in na metode, ki izkoriščajo izražene lastnosti motorja. Pregled in primerjavo posameznih metod je moč najti v literaturi [7]. Modelnim metodam je skupno, da imajo težave pri nizkih hitrostih, kjer je inducirana napetost zelo majhna in se s tem izgubi povratna povezava med rotorjem in statorjem [8]. Problem je strukturni in se mu ni mogoče ogniti pri statorski frekvenci nič. Metode, ki izkoriščajo izražene lastnosti oz. nepravilnosti rotorja motorja, teh težav nimajo, vendar morajo biti merljive, zato je njihova uporaba dokaj omejena.

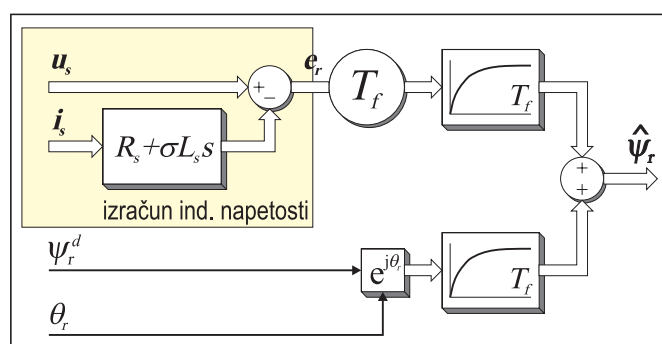
Pri uporabljenem vodenju je statorsko navitje napajano s tokom (napetostni pretvornik z digitalno regulacijo toka). Referenčna toka za vektorsko vodenje izračunata kaskadna regulatorja magnetnega sklepa in hitrosti. Odvisno od aplikacije se lahko osnovno vodenje razširi z dodatnim regulatorjem procesne veličine (npr. tlaka) in regulatorjem napetosti enosmerne zbiralke, kadar vračanje energije v električno omrežje ni možno.

Ocenjevanje rotorskega magnetnega sklepa

Uporabljeni ocenjevalnik rotorskega magnetnega sklepa, kot ga je predlagal Ohtani [9], zmanjšuje vpliv statorske upornosti pri nizki obratovalni hitrosti. Ocenjevalnik je zgrajen na osnovi vezja dveh členov prvega reda, ki iz inducirane napetosti in referenčnega rotorskega magnetnega sklepa izračuna ocenjen rotorski magnetni sklep in hitrost, tudi pri zelo nizkih hitrostih. Ocenjevalnik rotorskega magnetnega sklepa upo-

rablja parameter T_r , ki določa časovno konstanto obeh členov prvega reda. S postavitvijo parametra ocenjevalnika rotorskega magnetnega sklepa enako rotorski časovni konstanti se vpliv statorske upornosti na ocenjevanje rotorskega magnetnega sklepa zmanjša.

Struktura opazovalnika z obema členoma prvega reda je predstavljena na *sliki 3*. Inducirana napetost rotorja e_r je vhod v člen $T_r/(1 + T_r s)$, medtem ko je referenčni rotorski magnetni sklep ψ_{rd} vhod v drugi člen $1/(1 + T_r s)$. Vsota obeh členov predstavlja ocenjeno vrednost rotorskega magnetnega sklepa.



Slika 3. Ocenjevalnik rotorskega magnetnega sklepa

Kot izračunanega kompleksnega prostorskega kazalca rotorskega magnetnega sklepa predstavlja transformacijski kot θ_r med sinhronskimi d-q in stacionarnimi a-b koordinatami.

Ocenjeno mehansko hitrost rotorja izračunamo iz ocenjene električne kotne hitrosti (1) in ocenjene slipne frekvence (2) z uporabo izraza (3).

$$\hat{\omega}_e = \frac{\hat{\psi}_{ra} e_{rb} - \hat{\psi}_{rb} e_{ra}}{\hat{\psi}_{ra}^2 + \hat{\psi}_{rb}^2} \quad (1)$$

$$\hat{\omega}_{sl} = \frac{R_r}{L_r} L_m \frac{i_{sq}}{\psi_{rd}} \quad (2)$$

$$\hat{\omega}_m = \frac{\hat{\omega}_e - \hat{\omega}_{sl}}{p} \quad (3)$$

Tabela 1. Osnovni podatki pretvornika

Nazivna moč	164 kW
Napajalna napetost	3 x 500 V AC
Nazivni tok	190 A rms
Največja dopustna napetost enosmerne zbiralke	800 V DC
Napajalna napetost	500 V AC
Stikalna frekvenca	5 kHz

Pretvorniška naprava

Frekvenčno spremenljivi izmenični pogoni so danes na voljo od par sto vatov pa do zelo velikih moči (okrog 15 MW). Za tako velike moči se pogosto uporabljajo naravno komutirani pretvorniki, ponavadi za pogon sinhronskih strojev. V pogonih do približno 750 kW pa se v glavnem uporabljajo tranzistorsko bazirani, pulznoširinsko modulirani pretvorniki z napetostnim izhodom, ki služijo za pogon asinhronskih motorjev. Osnovna topologija pulznoširinsko moduliranega pretvornika z napetostnim izhodom je prikazana na *sliki 4*.

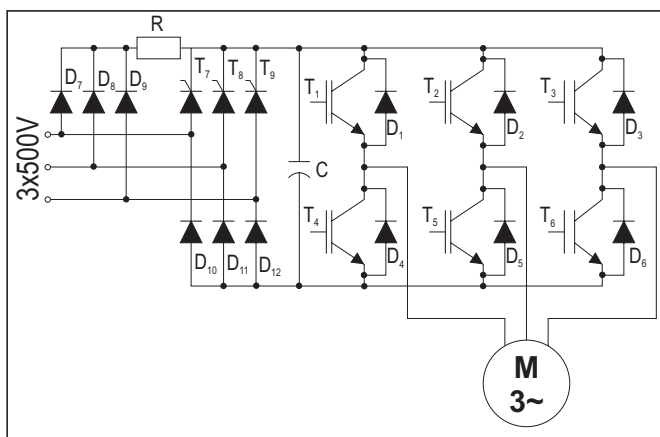
Naloga pretvorniškega mostiča je, da realizira želeno napetost na statorskem navitju motorja (oz. tok skozi navitje) s preklapljanjem stikalnih elementov T1–T6. Omrežna napetost se s pomočjo diod D7–D12

usmeri in zgleda s filtrsko stopnjo, ki povezuje omrežno in motorsko stran pretvornika.

Slika 5 prikazuje izvedbo vodno hlajenega močnostnega pretvornika, primerne za uporabo v eksplozijsko nevarnem okolju. Ta je zasnovan na osnovi DSP-2 motornega regulatorja [10]. Nekaj najbolj osnovnih podatkov pretvornika podaja *tabela 1*.

Delovanje

Izmed različnih možnih aplikacij je bila izbrana oprema visokotlačne črpalke (*slika 6*) za proizvodnjo hidravličnega medija za vodenje odkopnega podporja. Procesna shema sistema je podana na *sliki 7*. Nadzor



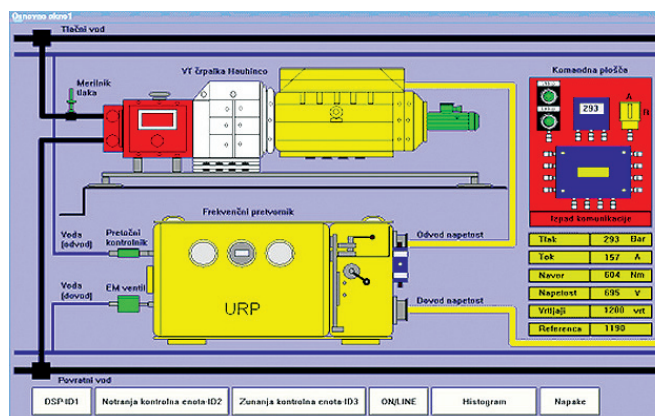
Slika 4. Osnovna topologija pulznoširinsko moduliranega pretvornika



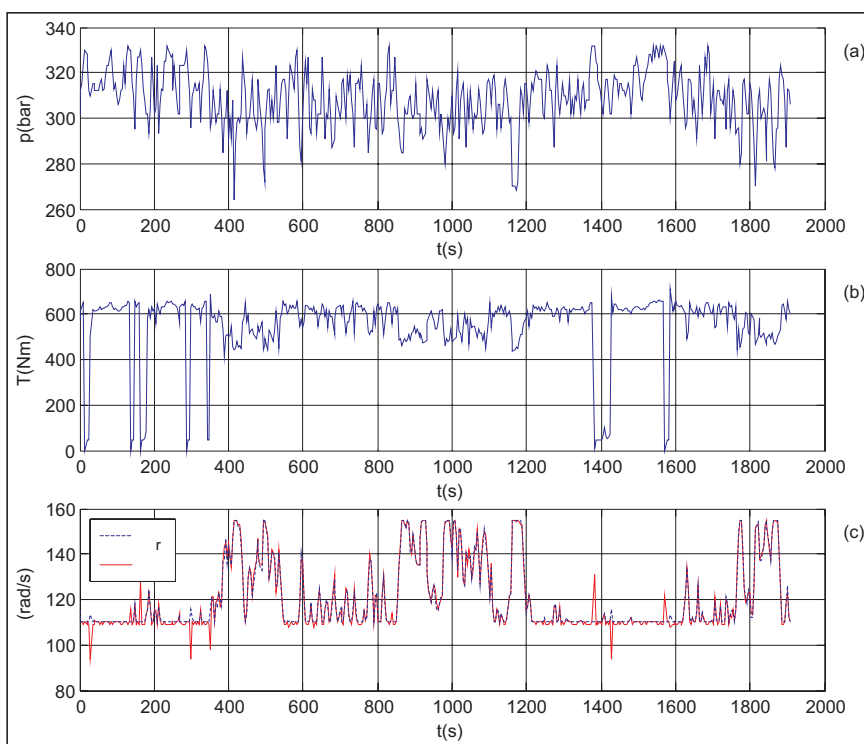
Slika 5. Izvedba močnega pretvornika v eksplozijsko varnem Ex-ohišju



Slika 6. Hidravlična črpalka Hauhinco 3K125-50



Slika 7. Daljinski nadzor sistema



Slika 8. Grafični prikaz delovanja

sistema z vsemi pomembnimi parametri je bil možen iz nadzornega centra. Naloga vodenja sistema je bila vzdrževanje konstantnega tlaka (310 bar) hidravličnega medija (slika 8a). Zaradi visokih dinamičnih zahtev hidravličnega omrežja je bilo potrebno zagotoviti dovolj visoko dinamiko tlačnega regulatorja. Izhod iz tlačnega regulatorja je uporabljen za regulacijo mehanske hitrosti (slika 8c) in navora (slika 8b) motorja. Dopusno področje delovanja je, zaradi izvedbe mazanja črpalke, omejeno med 1000 in 1500 1/min.

Odzivnost regulatorja je bila primerna spremembi tlaka emulzije v omrežju (slika 8). V primeru zadostne količine medija, ki je bil proizveden z eno črpalko (210L/min), je regulacija tlaka obvladovala razmere (desni del diagrama). Ko je bila poraba večja, je tlak padal, četudi so bili obrati EM maksimalni. V takšnem primeru je bilo potrebno vključiti dodatno črpalko, s čimer se je potreba regu-

lirane črpalke zmanjšala in je obratovala z minimalnimi vrtljaji.

Zaključek

Obstaja več razlogov, ki narekujejo uporabo reguliranih motornih pogonov v rudniških aplikacijah. V težkih rudniških razmerah so še posebej uporabni regulirani pogoni brez mehanskega senzorja hitrosti. Eden izmed glavnih razlogov je znižanje porabe električne energije in povečanje zanesljivosti delovanja glede na izvedbe z mehanskim senzorjem hitrosti.

Iz navedenega je razvidno, da je bil pričakovani cilj z izdelanim in preskušenim pretvorniškim sistemom na izbranem objektu kljub nekaterim omejitvam dosežen. To se kaže predvsem v zmanjšanju zagonskega toka EM črpalke, zmanjšanju porabe električne energije, povečanju življenjske dobe črpalke ter zmanjšanju kvarnih tlačnih konic v omrežju, ki nastajajo pri vključevanju obtočnega načina delovanja črpalke pri doseganju zelenega tlaka v klasičnem načinu obratovanja.

Viri

- [1] I. Zagradišnik, B. Slemnik. Električni rotacijski stroji. Maribor: FERi, 2001. ISBN 86-435-0382-7.
- [2] Field oriented control in digital implementation, a stable platform for drives in future mechatronics applications. Schumacher, W. Virginia, USA: s. n., november 2003. IECON 2003. Str. 1003–1007.
- [3] D. Dolinar, P. Jereb. Splošna teorija električnih strojev: izbrana poglavja iz dinamičnega modeliranja. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 1995.
- [4] The representation of ac machine dynamics by complex signal flow graphs. Holtz, J. Junij 1995, IEEE Transactions on Industrial Electronics, zv. 42(3), str. 263–271.
- [5] Leonhard, W. Control of Electric Drives. 3. izdaja. Berlin: Springer Verlag, 2001. ISBN 3-540-41820-2.
- [6] Vas, P. Sensorless vector and direct torque control. S. l.: Oxford University Press, 1998.
- [7] Holtz, J. Methods for Speed Sensorless Control of AC Drives. [Ured.] A. Kawamura, K. Matsuse, K. Rajashekera. Sensorless Control of AC Motor Drives. S. l.: IEEE Press, 1996, str. 21–29. ISBN 0-7803-1046-2.
- [8] Brezsenzorska regulacija asinhronskega motorja za nizke hitrosti. G. Edelbaher, K. Jezernik. 2003, Elektrotehniški vestnik, zv. 70 (5), str. 261–266.
- [9] Ohtani, T. Vector control of induction motor without shaft encoder. [red.] A. Kawamura, K. Matsuse, K. Rajashakera. Sensorless control of AC motor drives. 1996, str. 105–112.
- [10] Programming of the DSP2 board with the Matlab/Simulink. D. Hercog, M. Ćurković, G. Edelbaher, E. Urlep. Maribor, Slovenija: IEEE, 2003. IEEE ICIT 2003, str. 709–713.

Control of Induction Machines in Mining Applications

Abstract: A power inverter applying a speed-sensorless induction-motor control is presented in the paper. It was designed with the aim to use it in applications positioned in the ex-environment of underground mines. The applied hardware and the control technique are presented. Direct field-oriented control, using the rotor flux and a speed observer is used. The operation is described with experimental results, which were obtained from actual operation in the Velenje coal mine.

Keywords: sensorless control, Ex-environment, induction machine,

nadaljevanje s strani 88

■ SENSOR + TEST Messtechnik – Messe (Sejem merilne tehnike)

22.–24. 05. 2007
Nürnberg, BRD

Informacije:

- AMA Service GmbH, Von-Münchausen – Str. 49, 31515 Wunstorf, BRD
- tel.: + 05033-2639-0
- faks: + 05033-1056
- e-pošta: info@sensorfairs.de
- interneta: www.sensorfairs.de

■ 51st National Conference on Fluid Power (during IFPE 2008) (Ameriška nacionalna konferenca o fluidni tehniki 2008)

Organizator:
National Fluid Power Association – NFPA

Predvidena tematika:

- Hidravlični in pnevmatični prenos moči (sistemi/simulacije/analize)
- Hidravlični fluidi
- Fluidnotehni pogoni in krmilja (sestavine/vezja)
- Električni in mehanski pogoni (elektromotorji/sklopke/zavore/pomožna oprema)

nadaljevanje na strani 128

Vitka proizvodnja s podporo tehnologije APS

Uvajati vitko proizvodnjo ob ignoriranju napredka sodobnih orodij za podporo planiranja lahko označimo za svojevrsten ludizem!

Se še spomnimo lekcij iz zgodovine industrializacije? Za revolucijo so zgodovinarji označili prehod z ročnega dela na proizvodnjo s pomočjo tovarniških strojev. Takrat so kapitalisti začeli skokovito večati produktivnost in korenito nižati stroške izdelave. Uvedba strojev je hkrati pomenila množično izgubo delovnih mest in nižje mezde. V nezadovoljni množici prizadetih se je znašel Ned Ludd, ki je razbil mehanske statve. S tem je ludizem postal sinonim za (ne)upravičeno nasprotovanje tehnološkim spremembam.

Kaj pa ima ludizem opraviti s konceptom vitke proizvodnje v povezavi z informacijsko tehnologijo današnjih dni?

James Womack, ameriški guru vitke proizvodnje in avtor skovank s pridevnikom 'lean' (vitko), je pred desetletji prvi iskal vzroke uspeha japonske avtomobilske industrije (Toyota). Womack od takrat za osnovni elemente vitke proizvodnje šteje proces kot sosledje korakov, ki morajo biti izvedeni v pravem vrstnem redu, ob pravem času, v pravi količini ter na pravi način, da dosežemo vrednost, ki jo kupec priznava. Poleg tega Womack v koncept vitke proizvodnje vključuje stalno zmanjševanje izmeta ter gibkost in pripravljenost na spremembe.

V zadnjih desetih letih smo v slovenskih podjetjih preizkušali širok nabor pristopov za preživetje, povečanje konkurenčnosti in rast. Pogosto smo prepletali koncept vitke proizvodnje, višanje produktivnosti, ISO-standarde, prenove poslovanja, stalne izboljšave in še marsikaj bi lahko našteali. S koncem tisočletja je svoje dodal razmah poslovne informatike. Vendar v današnjem dinamičnem

globalnem gospodarstvu ne smemo prezreti možnosti, ki jih za podporo vitkih iniciativ prinaša pojav tehnologije APS (kratica v angleščini pomeni *Advanced Planning and Scheduling*, v slovenščino ga prevajamo kot 'napredno planiranje in razvrščanje').

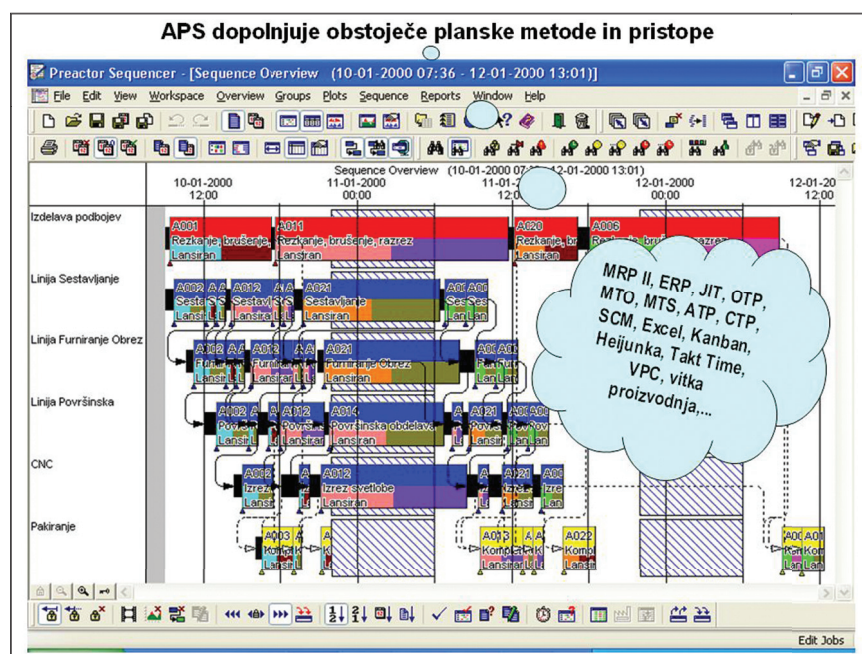
Angleški strokovnjak Graham Hackwell iz podjetja Preactor International trdi, da uporaba tehnologije APS omogoča najvitkejšo proizvodnjo, kar ste jih kdaj videli. Podjetja različnih dejavnosti in značilnosti z APS podpirajo planiranje v vseh časovnih horizontih ter za različne stopnje podrobnosti. S to tehnologijo podjetja dopolnjujejo tradicionalne planske pristope in s tem dobijo odziven in učinkovit proces planiranja. Velika in srednja podjetja dosegajo največje učinke pri uporabi tehnologije APS za podporo podrobnega razvrščanja proizvodnih operacij. V primeru spremenjenih okoliščin se hitro odzovejo z novim zavezujočim planom za posamezen stroj.

Poglejmo primer skozi proizvodni program, kot ga običajno razdelijo svetovalci za vitko proizvodnjo. Po tej delitvi približno 6 % izdelkov iz proizvodnega programa stalno zaseda do 50 % zmogljivosti. Za planiranje

in spremljanje tega dela se zdi logična izbira celične organiziranosti, šaržne proizvodnje in 'pull' sistem s karticami (*kanban*). Vendar nam Graham Hackwell zastavlja vprašanje, kaj je merilo vitkosti proizvodnje. Če danes nehamo sprejemati naročila in proizvajamo naprej, koliko medfazne zaloge bomo imeli po odpremi zadnjega naročila? Najvitkejši odgovor je – nič. V našem primeru pa bi bili vsi kanbani polni.

Vprašati se moramo še po ostalih izdelkih, ki niso dnevno v proizvodnji. Nekateri od njih se občasno ponavljajo, pogosto so dobičkonosni, po definiciji pa je povpraševanje po njih spremenljivo. Če je podjetje proizvodne zmogljivosti prilagodilo stalnim izdelkom, pojavljanje drugih izdelkov že zaradi različnih operacijskih časov precej vpliva na učinkovitost. In ravno v taki situaciji tehnologija APS podpre vitko proizvajanje:

- z omejevanjem časov nastavitve, ki so odvisni od predhodne operacije, ter čakalnih časov (aktivnosti brez dodane vrednosti),
- z nižanjem zalog (kar je posledica krajših pretočnih časov),
- s povečano učinkovitostjo planerja, ki s 'kaj-če' zmogljivostmi preverja scenarije za izvedbo proizvodnje glede na morebitne spremenjene razmere.



Sistem APS s samodejnim razvrščanjem operacij in interaktivno plansko tablo dopolnjuje obstoječe planiranje

Pred zaključkom pogledjmo, kdo bi lahko bili tehnološki skeptiki v primeru tehnologije APS:

- planerji proizvodnje in oskrbovalnih verig, ker bi jim orodje APS odvzelo delo,
- izvajalci proizvodnega procesa, ker bi se morali podrežati globalnemu optimumu,
- informatiki in organizatorji, ker bi morali skozi prenovo procesov,
- menedžerji zaradi novih stroškov,
- svetovalci za vitko proizvodnjo, ker želijo oblikovati čim bolj pregledne procese, ki potrebujejo kolikor se da malo informacij, in jih šele potem avtomatizirati,
- zagovorniki celovitih (poslovno) informacijskih rešitev, ki vidijo orodja APS kot konkurenco in ne kot dopolnitev sistema ERP/MRP.

Proizvajalci in sistemski integratorji odgovarjajo na zadržanost do tehnologije APS s prilagodljivostjo, nadgradljivostjo, integritetnostjo ter cenovno učinkovitostjo orodij in rešitev. Našteto potrjujejo uspešni uporabniki, tudi v Sloveniji.

Tehnologija APS

Tehnologija APS vključuje programsko orodje, metodologije, tehnologije ter sisteme za izvajanje naprednega planiranja in razvrščanja proizvodnje ter oskrbovalnih verig. Podjetja različnih dejavnosti in značilnosti s tehnologijo APS podpirajo planiranje v različnih časovnih horizontih ter za različne stopnje podrobnosti.

Sistemi APS

Sistemi APS združujejo nove koncepte informacijskih tehnologij, teorijo menedžmenta in kompleksne optimizacijske algoritme. Delujejo v trenutnem času. Dopolnjujejo integrirano informacijsko arhitekturo proizvodnih podjetij.

Preactor® APS

Programsko orodje za napredno planiranje in razvrščanje, ki mu zaupa tudi Toyota. Več informacij poiščite na www.preactor.com.

Mihael Krošl, INEA, d. o. o., Ljubljana

Hidravlične »varovalke« omogočajo varovanje in krmiljenje

Hidravlične »varovalke« (varovalni ventili) delujejo podobno kot varovalke ali varnostna stikala v električnih vezjih. V preobremenjenem električnem vezju prekomeren električni tok »sežge« varovalni element v varovalki ali sproži samodejno varnostno stikalo. S tem se zavarujejo življenja osebja in/ali preprečujejo poškodbe opreme. Podobno »hidravlična varovalka« zagotavlja varnost hidravličnega vezja z zaznavanjem poškodbe hidravličnega voda in zapiranjem. Osnovna izvedba takšne »varovalke« je protipovratni ventil, ki se ob ustreznem signalu takoj zapre – v splošnem hitra sprememba tlaka ali toka. Takšna »varovalka« se največkrat uporablja, če je potrebno preprečiti nevarnost telesnih poškodb osebja ali resnih poškodb opreme. Uporablja pa se tudi za preprečevanje večjih izlivov hidravličnega fluida v primeru porušitve hidravličnih cevovodov, ki je še posebno verjetna pri uporabi gibkih cevi.

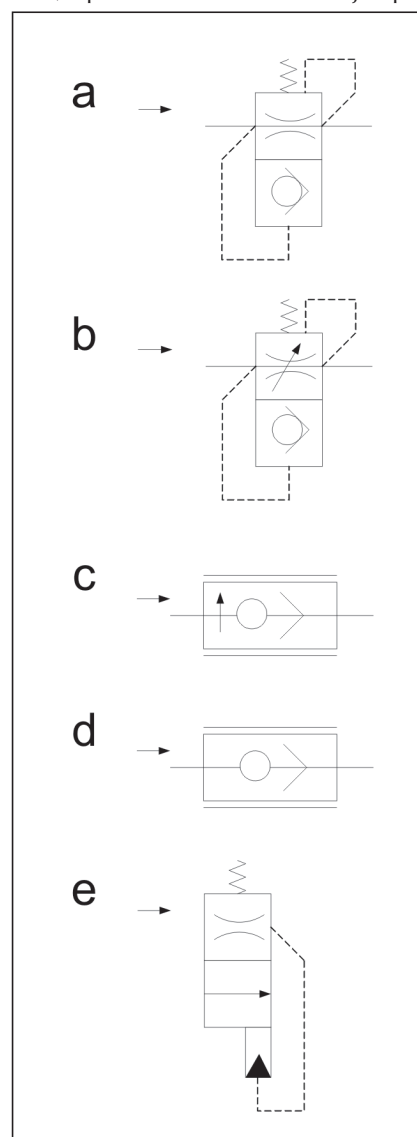
Zakaj »hidravlične varovalke« v uporabi niso tako običajne kot podobne električne sestavine? Po zakonskih predpisih niso enoznačno predpisane! Stroški so torej verjetno prvo opravičilo, čeprav so navadno lahko celo manjši od 100 evrov. Toda njihova neuporaba lahko povzroča tudi škodo, vredno nekaj tisoč evrov ali več, da pri tem nevarnosti telesnih poškodb sploh ne upoštevamo.

Poleg stroškov lahko »varovalke« povzročajo dodatno neprijetnost tudi ob njihovem nenadzorovanem delovanju (zapiranj), takrat ko to ni zaželeno! To je lahko drugi razlog za njihovo neuporabo. Seveda se takšne neprijetnosti lahko preprečijo z izbiro prave in zanesljive izvedbe.

Izvedbe in delovanje

V splošnem pomenu razumemo s poimenovanjem »hidravlična varovalka« tri znane značilne izvedbe: hitrostna, količinska in tlačna varovalka.

Hitrostna varovalka deluje z zaznavanjem toka skozi krmilno dušilko, pri katerem padec tlaka preseže določeno vrednost (navadno okoli 0,35 MPa). S prednapeto vzmetjo obremenjeni sedežni ventil zapre tok v poškodovano vezje (shema a). Takšna varovalka predpostavlja potencialno dovolj velik tok za nastavljeno tlačno razliko. Navadno je za začetek valovanja potreben 30 % večji tok od imenskega. Običajno ta ne povzroča nihanja ventila, ki je sicer lahko posledica nenadnega zadrževanja ali zagona, aktiviranja ventilov, spremembe smeri motorja ipd.



Hidravlična varovalka: a – hitrostna varovalka s samodejnim vračanjem, fiksna; b – hitrostna varovalka s samodejnim vračanjem, nastavljiva; c – količinska varovalka s samodejnim vračanjem; d – količinska varovalka, vračanje s povratnim tokom; e – tlačna varovalka, z regulacijo tlaka in omejevanjem toka

Povratni tok skozi ventil je sicer prost. Vračanje v izhodiščno lego pa je, v odvisnosti od zahtev, lahko samodejno s spremembo smeri toka ali z brisanjem tlačnega signala.

Hitrostna varovalka s spremenljivo dušilko (shema b) omogoča optimalno nastavitve lastnosti.

Količinska varovalka se uporablja pri vezjih z omejeno prostornino, npr. za aktiviranje sklopke ali blokirnega mehanizma. Takšna varovalka zaznava tok skozi dve dušilki, dimenzionirani za določeno prostornino (navadno manj kot 1,6 L). Glej shemi c in d.

Tlačna varovalka deluje z zaznavanjem

tlaka na nizkotlačni strani (tlak obremenitve). Potencialni tok skozi varovalko (tlačnoomejevalni ventil) mora biti omejen tako, da izhodni tlak ne preseže tlaka aktiviranja (glej shemo e).

Dodatne funkcije

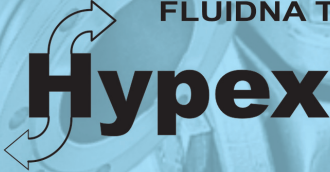
Za preprečitev nihanja ventila pri hitrostni varovalki se lahko vgradi kasnitveno vezje, ki za približno 0,2 s zadrži zapiranje ventila in s tem prepreči neprijetnosti pri delovanju ob navedenih spremembah toka.

Uporaba pri dvigalnih napravah in napravah z velikimi masami v gibanju včasih zahteva vezja z velikim zavornim učinkom. Nekateri primeri

uporabe pa z druge strani vključujejo tudi zahteve po zelo visokem varnostnem tlaku (tudi do 8-kratne vrednosti imenskega tlaka), visoki hitrosti in drugih posebnih lastnostih vezja. Takšne zahteve se lahko rešujejo z vgradnjo nastavljive dušilke v hitrostno varovalko, s katero se omejijo udarci na pojemke, manjše od 0,3 g in čase zapiranja reda 0,2 s.

Na koncu poudarimo, da je za ustrezno izbiro »hidravlične varovalke« najprej potrebno popolno in jasno razumevanje izvedbe in delovanja naprave – stroja – sistema.

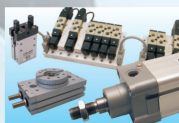
*Po H & P 60(2007)1 – str. 13
prireديل Anton Stušek*



Hypex

FLUIDNA TEHNIKA - AVTOMATIZACIJA - INDUSTRIJSKA OPREMA

INDUSTRIJSKA PNEVMATIKA

MERILNA TEHNIKA IN SENZORIKA



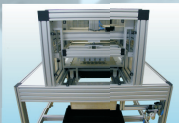

PROCESNA TEHNIKA



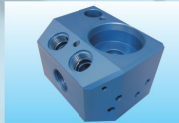

LINEARNA TEHNIKA




PROFILNA TEHNIKA IN STROJEGRADNJA

STORITVE




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

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

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

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

konstrukcijski alu profili, delovna oprema, ogrodja strojev

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

LiteBatch – orodje za vodenje šaržnih procesov na standardni PLC-opremi

Šaržne procese srečujemo na nekaterih področjih farmacevtske industrije, biotehnologije, kemične, kovinske in prehranske industrije. Primerni so pri pogostih spremembah specifikacij proizvoda in pri proizvodnji manjših količin proizvodov, za katere je značilna velika dodana vrednost.

Pri vodenju šaržnih procesov se uporablja kombinacija zveznega vodenja posameznih enot in sekvenčnega vodenja šarž, zato je vodenje šaržnih procesov zahtevnejše od vodenja čistih zveznih ali čistih sekvenčnih procesov.

Dobra lastnost šaržnih procesov je njihova velika fleksibilnost, saj je mogoče z isto opremo proizvajati širši spekter proizvodov. Seveda pa moramo za to fleksibilnost plačati ustrezno ceno – ti sistemi so bolj kompleksni, še posebej njihova programska oprema. Zaradi te kompleksnosti se je pojavila potreba po izdelavi konsistentnih modelov za vodenje šaržnih procesov in njihovi standardizaciji. Rezultat tega je ameriški standard ANSI/ISA S88.01-1995, ki uvaja referenčne modele, terminologijo in koncepte za opis šaržne proizvodnje in vodenja šaržnih procesov.

Na trgu obstaja določeno število standardnih orodij za vodenje šaržnih procesov, ki so zasnovana na standardu S88.01 in uporabljajo recepte kot osnovni opis proizvodnih postopkov. To omogoča veliko fleksibilnost, modularnost in ponovno uporabljivost proizvodnih postopkov.

Slabosti orodij, ki so danes na trgu, sta njihova kompleksnost in visoka cena pri nakupu in uvajanju v proizvodnjo. To zmanjšuje njihovo uporabnost v procesih, kjer je ekonomsko neupravičeno uporabiti takšne kompleksne rešitve.

Velikapomanjkljivost jetudi izvajanje šaržnega vodenja na namenskem PC-računalniku – šaržnem strežniku.

PC-računalnik je na splošno poznan kot šibek člen v sistemu vodenja, kajti njegova odpoved, v tem primeru šaržnega strežnika, pomeni tudi odpoved postopkovnega vodenja procesa in zaustavitev proizvodnega postopka.

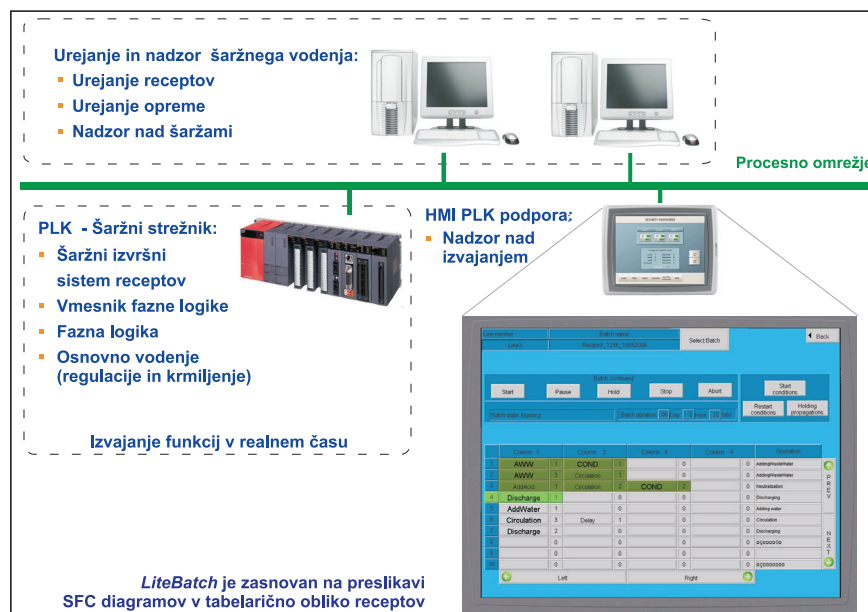
Podjetje INEA iz Ljubljane je zato skupaj z Institutom Jožef Stefan razvilo lastno rešitev *LiteBatch*, ki sledi zahtevam mednarodnega standarda S88.01, po drugi strani pa je enostavno za uporabo in zato uporabno tudi pri procesih, kjer draga in zahtevna orodja niso primerna. Poleg enostavnosti je bilo vodilo pri razvoju rešitve *LiteBatch* tudi to, da se v sprotnem izvajanju vodenja šaržnega procesa izloči nezanesljiv člen – PC-računalnik z njegovo osnovno funkcijo šaržnega strežnika. Njegove funkcije so prenesene na krmilnik PLC, ki je danes najbolj standarden in zanesljiv element avtomatizacije v industriji. S prenosom krmilnih funkcij iz računalnika na industrijski krmilnik se je znatno povečala zanesljivost celotnega sistema vodenja. PC-računalnik je v rešitvi *LiteBatch* uporabljen le v nekritičnih delih vodenja, to je pri načrtovanju in urejanju receptov, urejanju opreme in nadzoru nad izvajanjem vodenja. Vse to so nekritični in posredni nivoji vodenja, ki ob odpovedi opreme ne povzročijo izpada proizvodnega postopka. Bistvene lastnosti sistema *LiteBatch* lahko strnemo v naslednjih točkah:

- simultano izvajanje množice receptov,
- dinamično kreiranje receptov in upravljanje z njimi,
- kreiranje šarž na podlagi razpisanih delovnih nalogov in kontrola nad izvajanjem šarž,
- avtomatsko izvrševanje receptov na PLC-platformi brez računalnika v kontrolni zanki,
- preverjanje konsistentnosti med receptom in fizičnim modelom procesa,
- pregled nad izjemnimi situacijami, vzroki zadržanj, okvarami in zagonskimi pogoji,
- enostavno razumljiva tabelarična predstavitev receptov,
- podpora za sočasne in izbirne razvejitve v receptih,
- nadzor šaržnega vodenja je mogoč tudi preko industrijskega operatorskega panela.

Enostavna dvonivojska arhitektura sistema *LiteBatch* zagotavlja hitro in enostavno implementacijo. Je enostavno in razumljivo, pa kljub temu zmogljivo orodje za vodenje šaržnih procesov.

Viri:

INEA, d. o. o., Stegne 11, 1000 Ljubljana, tel.: 01 513 81 17, fax: 01 513 81 70, internet: www.inea.si, e-mail: igor.steiner@inea.si, dr. Igor Steiner; Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenija, tel.: 01 477 39 00, faks.: 01 251 93 85, g. Giovanni Godena;



Arhitektura sistema vodenja šaržnih procesov na standardni PLC-opremi

Pozicioniranje na enostaven način s programskim modulom POZ-PRO

Namen članka je predstavitev univerzalnega AC-servoregulatorja Unidrive SP z vgrajenim pozicionirnim programskim modulom. V našem podjetju je bil omenjeni modul narejen z namenom, da uporabniku na kar se da enostaven način omogoči izdelavo aplikacij, kjer se zahteva visoko dinamično in natančno pozicioniranje.

Kratka predstavitev univerzalnega AC-servoregulatorja Unidrive SP

Eno izmed vodilnih podjetij na področju elektropogonov, podjetje Control Techniques iz Anglije, je kot zadnji proizvod s področja AC-servoregulatorjev dalo na tržišče univerzalni servoregulator Unidrive SP.

Nekaj osnovnih lastnosti regulatorja:

- deluje lahko v več režimih delovanja, in sicer kot:
- servoregulator,
- odprtozančni frekvenčni regulator,
- zaprtozančni frekvenčni regulator,
- regeneracijska enota;
- vgrajen PID-regulator,
- vgrajen krmilnik PLC z brezplačno programsko opremo SyPTLite,
- vgrajen RFI-filter za krajše razdalje kablov,
- varnostni vklopni vhod (zadostuje standardu EN954-1 – varnostna kategorija 3),
- univerzalni priklop za 14 različnih dajalnikov,
- RS485 priklop (protokola MODBUS in ANSI),
- možnost nadgraditve z do tremi razširitvenimi moduli,
- 4VDC napajanje krmilne elektronike,
- 48VDC varnostno napajanje.

Boštjan Kim, dipl. inž., PS, d. o. o., Logatec



Slika 1. Regulator Unidrive SP

Razširitveni moduli

Ena izmed velikih prednosti AC-servoregulatorja je v tem, da poleg osnovnih lastnosti, ki jih mora imeti servoregulator, ta s pomočjo razširitvenih modulov zmore veliko več, kot smo do sedaj pričakovali od običajnih servoregulatorjev.

Vrste razširitvenih modulov:

- modul z dodatnim procesorjem s CTNet-komunikacijo (izvaja program, ki ga napišemo v programskem paketu SyPTPro),
- modul z razširitvenimi digitalno/analognimi vhodi/izhodi,
- komunikacijski moduli s protokoli: PROFIBUS-DP, DeviceNet, INTERBUS, CAN, CANopen,
- modul za dodatni dajalnik (inkrementalni dajalnik),
- univerzalni modul za dodatni dajalnik (14 tipov dajalnikov),
- modul za rezolver.

Programski paket SyPTPro

V programskem paketu SyPTPro lahko v logiki Ladder ali s funkcijskimi bloki ali v kombinaciji obojega napišemo program, ki se izvaja v razširitvenem modulu z dodatnim procesorjem.

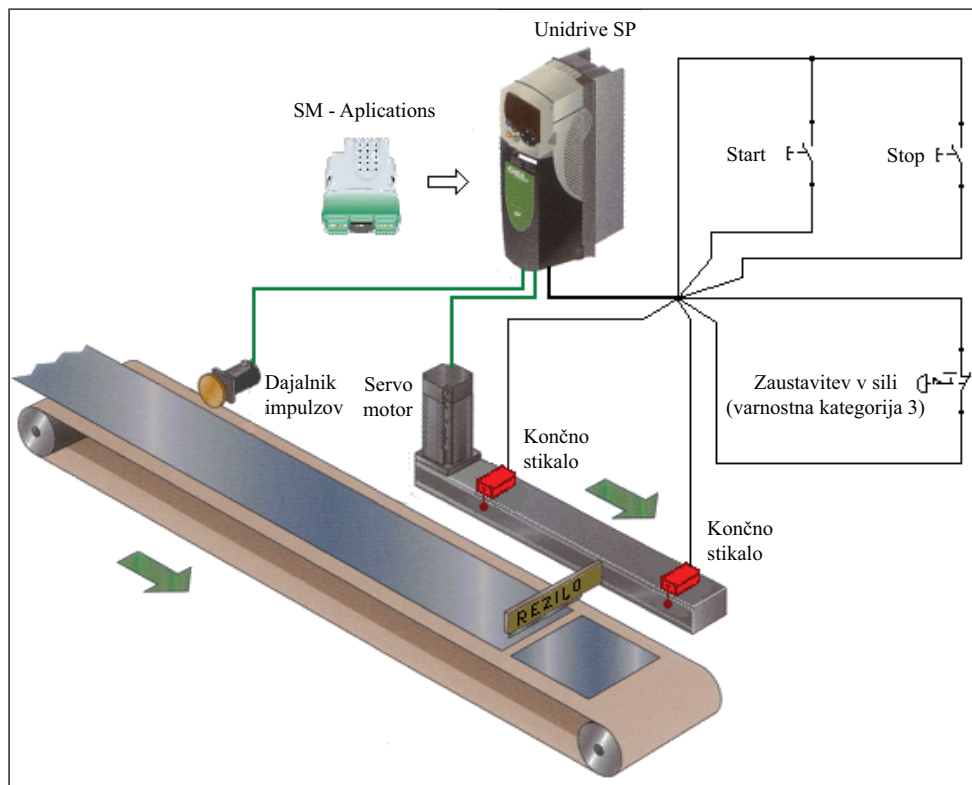
Programski paket SyPTPro vsebuje funkcijske pozicijske bloke, matematične funkcije, števec, časovnike, ...

Iz vsega zgoraj opisanega lahko ugotovimo, da s servoregulatorjem Unidrive SP, z dodatnimi razširitvenimi moduli, kot so dodatni procesor, dodatni vhodi/izhodi in komunikacijski moduli ter programskim paketom SyPTPro lahko izdelamo vrsto aplikacij, ne da bi potrebovali dodatni PLC. Z običajnim servoregulatorjem bi za enake aplikacije potrebovali še zmogljiv PLC in modul za pozicioniranje.

Programski modul za enostavno pozicioniranje

vhodov in izhodov, ki jih boste morali potrebovali pri vaši aplikaciji.

- vpis želenih pozicij in hitrosti pomika na samem regulatorju ter proženje pozicioniranja preko digitalnih vhodov regulatorja;
- komunikacijo z regulatorjem preko mreže PROFIBUS-DP, kjer lahko:
- neciklično dostopate do vseh parametrov v regulatorju (berete in nastavljate),
- ciklično preko kontrolne besede upravljate regulator,
- ciklično preko statusne besede spremljate stanje regulatorja,
- ciklično nastavljate pozicijo in hitrost pomikov,
- ciklično spremljate trenutno pozicijo in status regulatorja.



Slika 2. Enostavnejše krmiljenje regulatorja preko digitalnih vhodov

Programski modul za pozicioniranje je program, napisan v programskem paketu SyPTPro. Izvaja se v razširitvenem modulu z dodatnim procesorjem. Namenjen je za pozicioniranje s servoregulatorjem. Regulatorju je od sedaj potrebno poslati le želeno pozicijo in hitrost pomika, vse ostalo opravi sam.

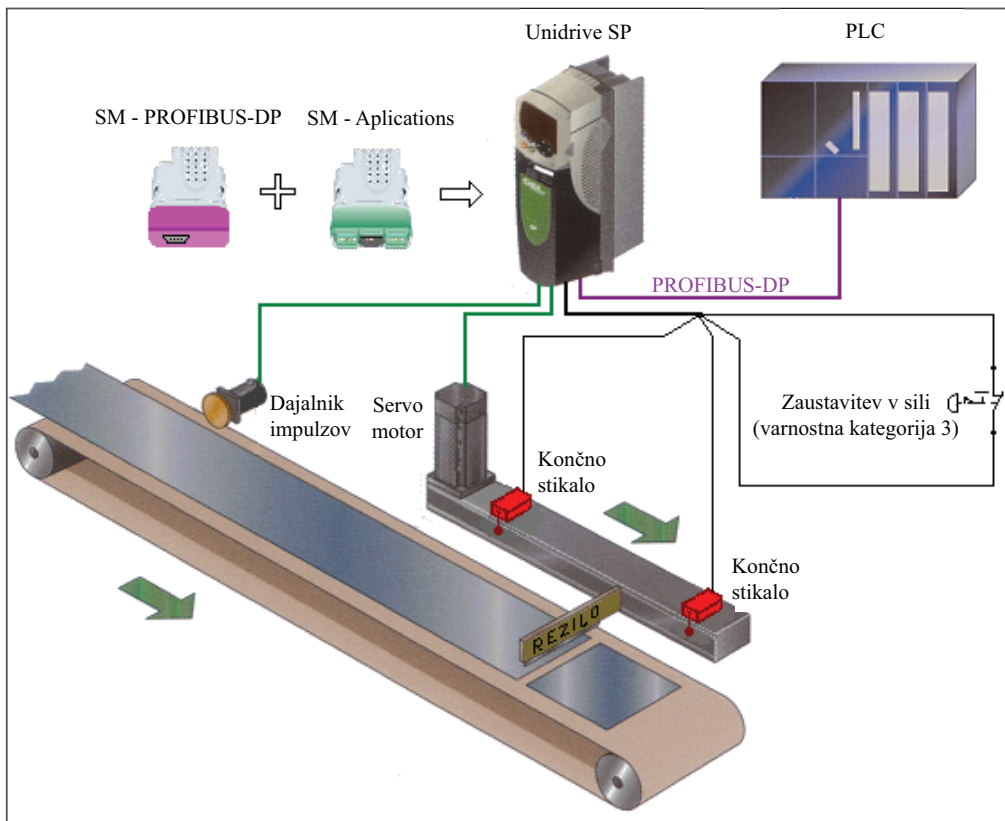
Omenjeni programski modul je brezplačen in je na vašo željo že naložen v procesor.

Dobavljiv je tudi odprt programski modul, ki ga lahko s programskim paketom SyPTPro prilagodite vašim potrebam, lahko pa vam ga mi prilagodimo za vašo konkretno aplikacijo. Z brezplačnim programskim paketom SyPTLite pa lahko sami, v logiki Ladder, sprogramirate nekaj dodatnih digitalnih

Na voljo imate dve vrsti programskega modula:

Prednosti

- Omogoča zaprtozračno pozicioniranje z visoko dinamiko.
- Cenovno ugodna rešitev – programski modul je brezplačen.



Slika 3. Fleksibilnejše krmiljenje regulatorja preko mreže PROFIBUS-DP

- Neomejeno število osi, ki se krmilijo preko PLC-krmilnika.
- Programiranje pozicionerja ni potrebno.
- Vključuje vse potrebne režime za pozicioniranje:
- iskanje referenčne točke,
- relativno/absolutno pozicioniranje,
- očni režim dela,
- obdelava limitnih stikal.
- Enostavna dostopnost – programski modul in pripadajoča navodila so na razpolago na naši internetni strani www.ps-log.si.

Potrebna strojna oprema

Za pozicioniranje ene servoosi potrebujete:

- regulator Unidrive SP s servomotorjem UNIMOTOR ali TETRA,
- tastatura LCD¹ ali LED² za regulator Unidrive SP (na tastaturi LCD lahko imena parametrov prevedete v slovenščino),
- modul SM-Applications (razširitveni modul s procesorjem, ki se vgradi v regulator),
- modul SM-PROFIBUS-DP (razširitveni modul za komunikacijo, ki se vgradi v regulator),²
- krmilnik PLC s komunikacijo PROFIBUS-DP.2

Če je več servoosi, je potrebno le vse regulatorje povezati v mrežo PROFIBUS-DP, krmiljenje vseh osi pa poteka še vedno z enim PLC-krmilnikom.

Zaključek

Zaradi obsežnosti teme so v članku navedene le bistvene lastnosti regulatorja in pozicionirnega programskega modula. Vsekakor gre za celoto, ki je cenovno ugodna, predvsem pa vam prihrani veliko truda in časa, ki bi ga drugače potrebovali za programiranje raznih pozicionirnih modulov. Za več informacij obiščite spletno stran www.ps-log.si.

¹ Samo v primeru, če boste regulator upravljali preko digitalnih vhodov.

² Samo v primeru, če boste regulator upravljali z zunanjim PLC-jem.

National Instruments predstavlja LabVIEW SignalExpress za enostavno izvajanje meritev

Interaktivna programska oprema kot standardna rešitev za beleženje podatkov, izvajanje primerjalnih laboratorijskih meritev in didaktično delo.

National Instruments je predstavil razširitev grafične platforme za konstrukcijo sistemov National Instruments LabVIEW in objavil interaktivno merilno programsko opremo LabVIEW SignalExpress, ki bo poenostavila beleženje podatkov, kontroliranje instrumentov in didaktično delo. LabVIEW SignalExpress, ki temelji na osnovnih meritvenih, analitičnih in poročevalskih zmogljivostih grafičnega programiranja NI LabVIEW, je priročno orodje s funkcionalnostjo vleci-spusti za nadzor na stotine merilnih naprav.

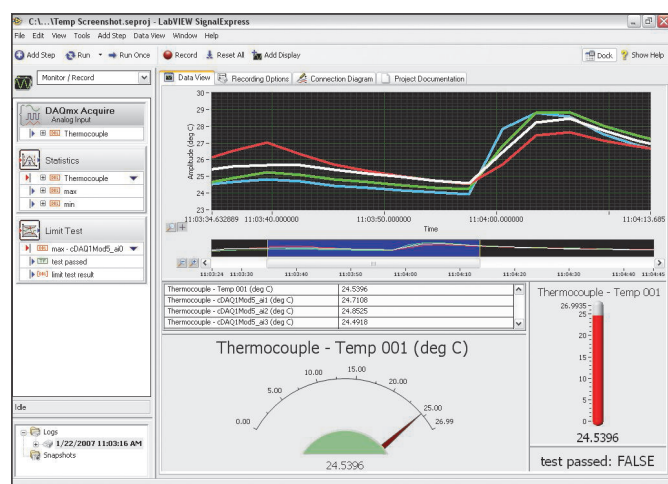
»National Instruments je LabVIEW razvil z namenom, da inženirjem in znanstvenikom omogoči ustvarjanje aplikacij za samodejno izvajanje meritev po meri uporabnika,« je dejal Jeff Kodosky, avtor LabVIEW-ja ter soustanovitelj in strokovni sodelavec korporacije National Instruments. »S tem, ko se je družina LabVIEW povečala za novega člana LabVIEW SignalExpress, smo izvajanje najpogostejših meritvenih opravil dodatno poenostavili, obenem pa našim uporabnikom jasno pokazali, kako popolnoma izkoristiti vse zmogljivosti celotne platforme LabVIEW-ja.«

Hitro ustvarjanje sistemov za beleženje podatkov

Inženirji in znanstveniki pogosto razvijejo sisteme za beleženje podatkov, ki zbirajo

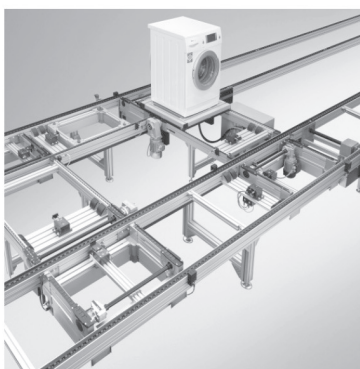
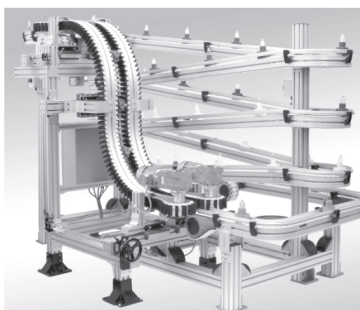
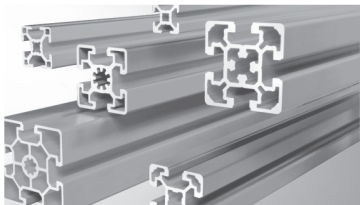
podatke o meritvah in jih shranjujejo na trdi disk ali v bazo podatkov. Z le nekaj miškinimi kliki v LabVIEW SignalExpressu lahko hitro izvedejo meritve v realnem času, dobljene podatke zapišejo na trdi disk in jih izvozijo v aplikacijo za delo s preglednicami, kot je denimo Microsoft Excel. LabVIEW SignalExpress ponuja tudi podporne funkcije pri beleženju podatkov, kot sta nadzor z zvočnim opozarjanjem in beleženje pogojev. Ker temelji programska oprema na tehnologiji LabVIEW Express, lahko inženirji generirajo grafično programsko kodo LabVIEW z enim samim miškinim klikom ter tako svoje aplikacije razširijo in hkrati ohranijo originalne uporabniške vmesnike ali dodajo logiko po meri za izvajanje zahtevnejšega beleženja podatkov.

LabVIEW SignalExpress, ki je združljiv z več kot 270 napravami za zajemanje podatkov, se v modularni sistem za zajemanje podatkov NI CompactDAQ, ki deluje preko USB-vmesnika, namesti po standardu »vstavi in poženi« že z enim klikom. NI CompactDAQ z več kot 30 moduli uporabnikom omogoča enostavno integracijo številnih meritev, kot so RTD, tokovni V/I-signal, digitalni V/I-signal visoke gostote, hitri analogni V/I-signal in visoko precizni analogni V/I-signal. Kombinacija platforme »vstavi in poženi« NI CompactDAQ z USB vmesnikom in LabVIEW SignalExpressa predstavlja celovito in priročno rešitev za beleženje podatkov, ki lahko občutno skrajša čas, potreben za namestitvev in izvedbo meritev.



LabVIEW SignalExpress uporablja Express tehnologijo in s tem ponuja interaktivno LabVIEW doživetje

Rexroth Bosch Group



OPL automation

OPL avtomatizacija, d.o.o.
Dobrave 2
SI-1236 Trzin, Slovenija

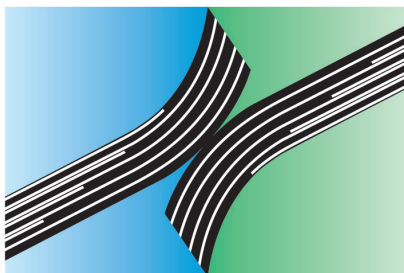
Tel. +386 (0) 1 560 22 40
Tel. +386 (0) 1 560 22 41
Mobil. +386 (0) 41 667 999
E-mail: opl.trzin@siol.net
www.opl.si

Povečanje produktivnosti primerjalnih laboratorijskih meritev

Uporaba laboratorijskih instrumentov za večkratno izvajanje istih meritev ali uporaba več instrumentov za testiranja, kot je na primer merjenje odzivov na dražljaje, pogosto zahteva utrudljivo ročno uravnavanje regulatorjev in gumbov na instrumentu. Z LabVIEW SignalExpressom lahko inženirji z lahkoto avtomatizirajo zajemanje, analiziranje in shranjevanje podatkov iz več kot štiristo modularnih in samostojnih instrumentov. Z uporabo LabVIEW SignalExpressa je mogoče avtomatizirati mnoge običajne naloge pri izvajanju meritev, na primer karakterizacijo vezja, frekvenčno nihanje in beleženje podatkov, ter si tako v laboratoriju prihraniti dragoceni čas.

Z več kot dvesto analitičnimi in obdelovalnimi funkcijami v LabVIEW SignalExpressu, kamor spadajo tudi frekvenčne, časovne in statistične analize, lahko inženirji dodatno povečajo svojo produktivnost pri izvajanju meritev, saj se dobljeni podatki analizirajo sproti. Po zaslugi sprotnega analiziranja podatkov že med procesom zajemanja lahko inženirji prej odkrijejo konstrukcijske napake in napake meritev ter takoj ustrezno ukrepajo, kar odpravlja potrebo po vnovičnem izvajanju meritev. Meritve lahko nato ponovno uporabijo v proizvodnji, saj je z LabVIEW SignalExpressom mogoče samodejno generirati grafično kodo LabVIEW.

Univerza v Ljubljani Fakulteta za strojništvo



Učinkovitejši učni proces s kombinacijo dejanskih podatkov in teorije

Profesorji strojništva so pogosto postavljeni pred izziv, kako študentom pomagati teoretično znanje, ki ga osvojijo v učilnici, razumeti in uporabiti na praktični aplikaciji. Študenti si po zaslugi interaktivnega okolja LabVIEW SignalExpress lažje vizualizirajo teoretično znanje in tako bolje dojemajo njegovo uporabo v praksi. Profesorji strojništva lahko z LabVIEW SignalExpressom študentom omogočijo, da zajemanje in analiziranje podatkov o meritvah v praksi spoznajo že v učilnici ali laboratoriju, ne da bi sploh poznali koncepte programiranja.

Študenti strojništva lahko simulacijske podatke iz širokega izbora različnih simulacijskih paketov, kot je na primer zelo razširjena interaktivna programska oprema za SPICE-simulacijo in analizo vezij National Instruments Multisim, uvozijo v LabVIEW SignalExpress in primerjajo z dejanskimi podatki. Kombinacija visoko zmogljivih funkcij za zajem in simulacijo vezij v NI Multisimu ter meritvenih zmogljivosti LabVIEW SignalExpressa omogoča enostavnejše primerjanje simulacijskih in dejanskih vrednosti, kar prinaša učinkovitejše konstruiranje in kakovostnejše rezultate.

Predstavitev LabVIEW SignalExpressa in tehnične podatke si lahko ogledate na spletni strani www.ni.com/signalexpress. Na spletni strani www.ni.com/signalexpress-eval lahko na svoj računalnik tudi brezplačno prenesete omejeno različico programske opreme LabVIEW SignalExpress LE.

Vir: National Instruments, d. o. o., Kosovelova ulica 15, 3000 Celje, Slovenija, tel.: +386 3 425 42 00, faks: +386 3 425 42 12, brezplačna telefonska št.: 080080844, e-mail: ni.slovenia@ni.com, ga. Maja Pavlovič

National Instruments platformi NI CompactDAQ dodal 19 novih V/I-modulov in LabVIEW SignalExpress

NI povečuje zmogljivosti beleženja podatkov prek USB-vmesnika za pospešeno izvajanje meritev in je skoraj potrojil število V/I-modulov za NI CompactDAQ, ko je modularnemu sistemu za zajemanje podatkov prek USB-vmesnika dodal več novih ključnih meritvenih funkcij in zmogljivosti. Poleg tega je vsaki platformi NI CompactDAQ serijsko priložena nova programska oprema za beleženje podatkov National Instruments LabVIEW SignalExpress, ki omogoča hitro zajemanje, analiziranje in predstavitev podatkov v interaktivnem, neprogramskem okolju. Nova programska oprema skupaj s široko izbiro V/I-modulov predstavlja enostavno, celovito in zmogljivo rešitev za beleženje podatkov, dobljenih pri meritvah električnih in senzorskih vrednosti v laboratoriju, na terenu in proizvodni liniji.

NI CompactDAQ ima uporabniku prijazen USB-vmesnik za priklop na računalnik, v enotnem, uporabniško nastavljivem sistemu pa združuje možnosti priklopa različnih senzorjev, oblikovanja signala in analogno-digitalnih pretvorb. Inženirji in znanstveniki imajo sedaj pri konstruiranju sistemov na voljo 19 novih modulov, vključno s tokovnim ± 20 mA V/I-signalom ter hitrimi, visokonapetostnimi in kanalnimi izoliranimi analognimi vhodi, vhodi RTD-senzorjev in digitalnim V/I-signalom visoke gostote kot tudi univerzalnim vhodnim modulom. Vsi moduli so medsebojno hitro zamenljivi in imajo vgrajeno izolacijo za zaščito sistema in uporabnika.

Po zaslugi kompaktne (25 x 9 x 9 cm) in trpežne zasnove je NI CompactDAQ nepogrešljiv pri delu na terenu. Z naznačeno zaščito pred udarci 30 g, delovanjem v temperaturnem območju od -20 °C do 55 °C, zaščito pred natezanjem kabla in prilagodljivim izmeničnim ali enosmernim

napajanjem je NI CompactDAQ odlična izbira tudi za konstruktorje strojev v industrijskih okoljih.

Poleg tega vsebuje NI CompactDAQ tehnologijo strujanja signalov NI, da lahko inženirji zajemajo in generirajo hitre dvosmerne signale valovnih oblik pri 6,4 MS/s.

NI LabVIEW SignalExpress dopolnjuje platformo NI CompactDAQ z dodatno fleksibilnostjo, hitrostjo in enostavno uporabo. Programska oprema za beleženje podatkov občutno pospeši izvajanje meritev in ne zahteva nobenega programiranja. Naj gre za projekte beleženja podatkov v vozilu, na terenu ali v laboratoriju, inženirji lahko platformo NI CompactDAQ hitro priključijo na namizni ali prenosni računalnik, izberejo modul in si v LabVIEW SignalExpressu v nekaj sekundah že ogledujejo aktualne podatke. Podatke lahko nato po načelu vleci-spusti enostavno izvozijo v preglednico ali drugo zunanjo aplikacijo. Tako kot strojna oprema NI CompactDAQ je tudi ta programska oprema nadgradljiva, da omogoči izvajanje obsežnejšega in zahtevnejšega zajemanja podatkov. Zahvaljujoč naprednim funkcijam LabVIEW SignalExpressa lahko inženirji določijo pogoje dogodkov in zvočna opozorila, izbirajo med več kot dvesto analitičnimi in obdelovalnimi funkcijami ter generirajo novo kodo v LabVIEW-ju za prilagoditev funkcionalnosti po meri.

»Platforma NI CompactDAQ je med uporabniki zelo priljubljena, saj v enem sistemu združuje številne razširjene funkcije. NI CompactDAQ z USB-vmesnikom in funkcionalnostjo vstavi in poženi ter več kot 30 hitro izmenljivimi moduli je glede namestitve in uporabe med najenostavnejšimi in najhitrejšimi



LabVIEW SignalExpress ponuja optimizirano povezljivost z NI CompactDAQ-om in ostalimi namiznimi instrumenti

zapisovalniki podatkov na tržišču,« je dejal Pete Zogas, namestnik direktorja prodaje in trženja pri National Instruments. »Spremljevalna programska oprema LabVIEW SignalExpress znatno skrajša čas, potreben za izvedbo meritev, kar bi moralo še dodatno povečati priljubljenost platforme NI CompactDAQ, saj je konfiguracija programske opreme enako enostavna kot namestitev strojne opreme.«

Za uporabnike NI CompactDAQ bo nadvse koristen pripomoček tudi gonilna programska oprema NI-DAQmx s servisi za izvajanje meritev – interaktivni nabor orodij za beleženje podatkov ter čarovnikom podobnih razvojnih vmesnikov za urejanje konfiguracij, ki omogoča enostavno namestitev in konfiguracijo strojne opreme. Tudi za programerje je poskrbljeno – gonilna programska oprema NI-DAQmx podpira sinhronizacijo več naprav, samodejno generiranje kode in vključuje odprt visokonivojski programski vmesnik, ki zagotavlja isto okolje za programiranje na različnih napravah ter v različnih programskih jezikih in operacijskih sistemih.

Vir: National Instruments, d. o. o., Kosovelova ulica 15, 3000 Celje, Slovenija, tel.: +386 3 425 42 00, faks: +386 3 425 42 12, brezplačna telefonska št.: 080080844, e-mail: ni.slovenia@ni.com, ga. Maja Pavlovič



Parker-Balstonovi generatorji dušika

Za uporabnike, ki potrebujejo stalen izvor čistega dušika v plinastem stanju brez odvečnega menjavanja plinskih jeklenk, je podjetje Parker-Hannifin izdelalo skupino avtonomnih generatorjev dušika, ki z izkoriščanjem lastnosti poroznih membranskih vlaken ločujejo kisik in dušik iz okoliskega zraka.



Tovrstni generatorji dušika proizvajajo 95–99,5-odstotni čisti dušik v plinastem stanju pri tlaku 8 barov in pretoku 2–233 litrov/min. Delci trdnih nečistoč v izpustu ne presegajo velikosti 0,01 µm, izpust pa zadostuje tudi industrijskemu standardu za sterilne pline. Generatorje dušika je

mogoče nadgraditi z analizatorjem vsebnosti kisika.

Vir: HIDEX, d. o. o., Ljubljanska c. 4, 8000 Novo mesto, tel.: 07 / 33 21 707, faks: 07 / 33 76 171, internet: www.hidex.si, e-mail: hydraulics@hidex.si

Podjetje Domel zastopa proizvajalca robotov STÄUBLI

Podjetje DOMEL, d. d., je v letu 2006 pridobilo zastopstvo nemškega proizvajalca robotov STÄUBLI. V času celjskega sejma Livarstvo in Forma Tool, od 17.–20. 4., je prikazan praktični primer delovanja šestosnega robota TX60L omenjenega proizvajalca. Podjetje STÄUBLI predstavlja svojega robota v povezavi s proizvajalcem strojev za tlačno litje termoplastov DR. BOY G.m.b.H. & CO.KG iz Nemčije.

Robot v tem primeru ni le posluževalec samega stroja, ampak tudi nadaljnjih obdelovalnih operacij. S tem je



omogočena popolna avtomatizacija delovnega postopka znotraj delovne celice. Za informacije o prodajnem programu, tehničnih karakteristikah in cenah robotov STÄUBLI se lahko obrnete na zastopstvo DOMEL, d. d., iz Železnikov.

Vir: DOMEL, d. d., Otoki 21, 4228 Železniki, tel.: 04 51 17 355, faks: 04 51 17 106, internet: www.domel.si, e-mail: brane.cencic@domel.si, g. Brane Čenčič

LiteBatch

Orodje za vodenje šaržnih procesov na standardni PLK opremi

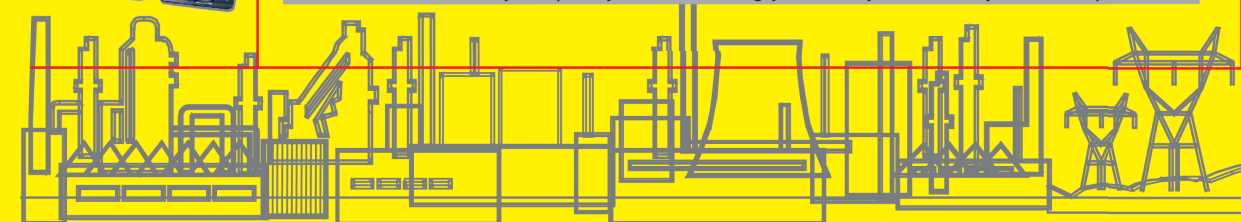


Vodenje šaržnega procesa po standardu S88.01

Izvajanje na standardni PLK opremi brez PC računalnika v kontrolni zanki

Simultano izvrševanje množice receptov

Enostavno in razumljivo, pa kljub temu zmogljivo orodje za vodenje šaržnih procesov



INEA

INEA d.o.o., Stegne 11, 1000 Ljubljana, Telefon: 01 / 5138-100. Telefax: 01 / 5138-170, Internet: www.inea.si. E-mail: PC.sales@inea.

FP-TECH, d. o. o. – inovativnost in prilagodljivost vodili pri razvoju posebnih strojev

Boris KREVZEL

■ 1 O podjetju

FP-TECH, d. o. o., je majhno inovativno in fleksibilno podjetje, ki razvija in izdeluje specialne stroje in naprave za potrebe industrije bele tehnike, elektro-, strojne in avtomobilske industrije.

Začetki dejavnosti podjetja segajo v leto 1985, ko se je sedanji direktor po devetih letih službovanja v Gorenju zaposlil kot inovator v svobodnem poklicu. 1990 se je podjetje formalno ustanovilo in zaživel leta 1992. 1998. je podjetje kupilo lastne poslovne prostore in jih kasneje tudi razširilo. V začetku se je ukvarjalo z izdelavo mešalnih magnetnih ventilov in pnevmatskih naprav za natikanje faston konektorjev. Proizvodni program se je v naslednjih letih širil in danes obsega gradnjo namenskih strojev in naprav, vpenjalnih priprav, šablon za lepljenje, strežnih naprav, manipulatorjev,

delovnih miz ipd. Izdeluje tudi namenske komponente za fluidno tehniko. Trenutno je v podjetju redno zaposlenih pet ljudi.

V prispevku je v nadaljevanju prikazana naprava za avtomatsko vstavljanje slepih matic. Uvodoma so opredeljene zahteve, tehnologija slepih matic in v nadaljevanju realizacija naprave. S prispevkom želimo prikazati tudi širino tehničnih rešitev v avtomatizaciji proizvodnje, kar je značilnost podjetja.

■ 2 Opredelitev zahtev za razvoj naprave

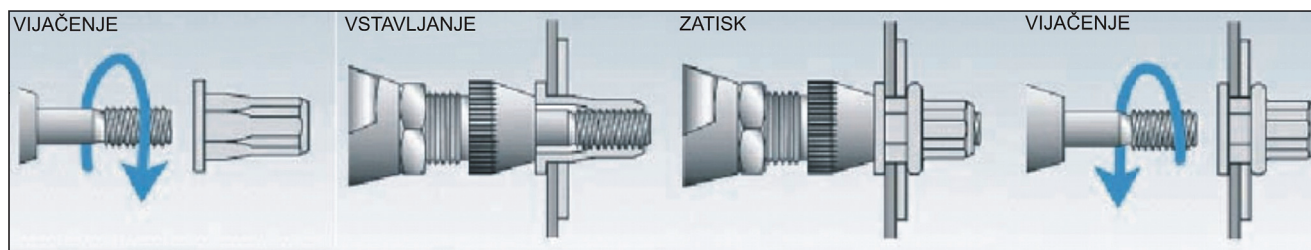
Cilj projekta je bil razvoj, izdelava, montaža in zagon naprave za avtomatizirani zatisk 20 kosov slepih matic M6 v nosilni del sredinske konzole iz plastike ABS/PC za vozilo Jaguar XK. 18 matic se vstavi na zgornjo površino, ena na desno in ena na levo stran konzole. Delavec mora na

montaže je omejen na tri minute. Vstavljanje konzole je ročno. Naprava mora biti izvedena tako, da je mogoč transport z viličarjem. Razvoj naprave je razdeljen v več korakov:

- oblikovanje ponudbe z grobim opisom koncepta izdelave naprave,
- pridobitev naročila,
- razvoj naprave po fazah: dokončna določitev koncepta sistema, razvoj nosilne konstrukcije in vpenjalnih naprav, izdelava komponent, montaža, prvi zagon in poskusno obratovanje, kontrola izdelka in pridobitev varnostnih potrdil,
- predprevzem naprave pri proizvajalcu,
- montaža in zagon pri kupcu,
- prevzem naprave,
- šolanje delavcev in vzdrževalcev.

■ 3 Tehnologija slepih matic

Slepe matice se uporabljajo na izdelkih, kjer zaradi tankih sten ni mogoče izde-



Slika 1. Potek vstavljanja slepih matic

Boris Krevzel, FP-TECH, d. o. o.,
Šmartno ob Paki

konzolo z že vstavljenimi maticami priviti še štiri sestavne dele. Dnevno je potrebno izdelati 71 konzol, kar znaša 1420 slepih matic. Skupni čas

lati navoja: v avtomobilski, pohištveni, prehranjevalni industriji, v navtiki, elektronskih in klimatskih napravah.

Montaža matice je enostavna (slika 1). Potrebno jo je naviti na navojno steblo, vstaviti v predvideno luknjo na izdelku, zatisniti in odviti. Lahko je ročna, polavtomatska ali avtomatska.

4 Razvoj naprave

4.1 Določitev izhodišč

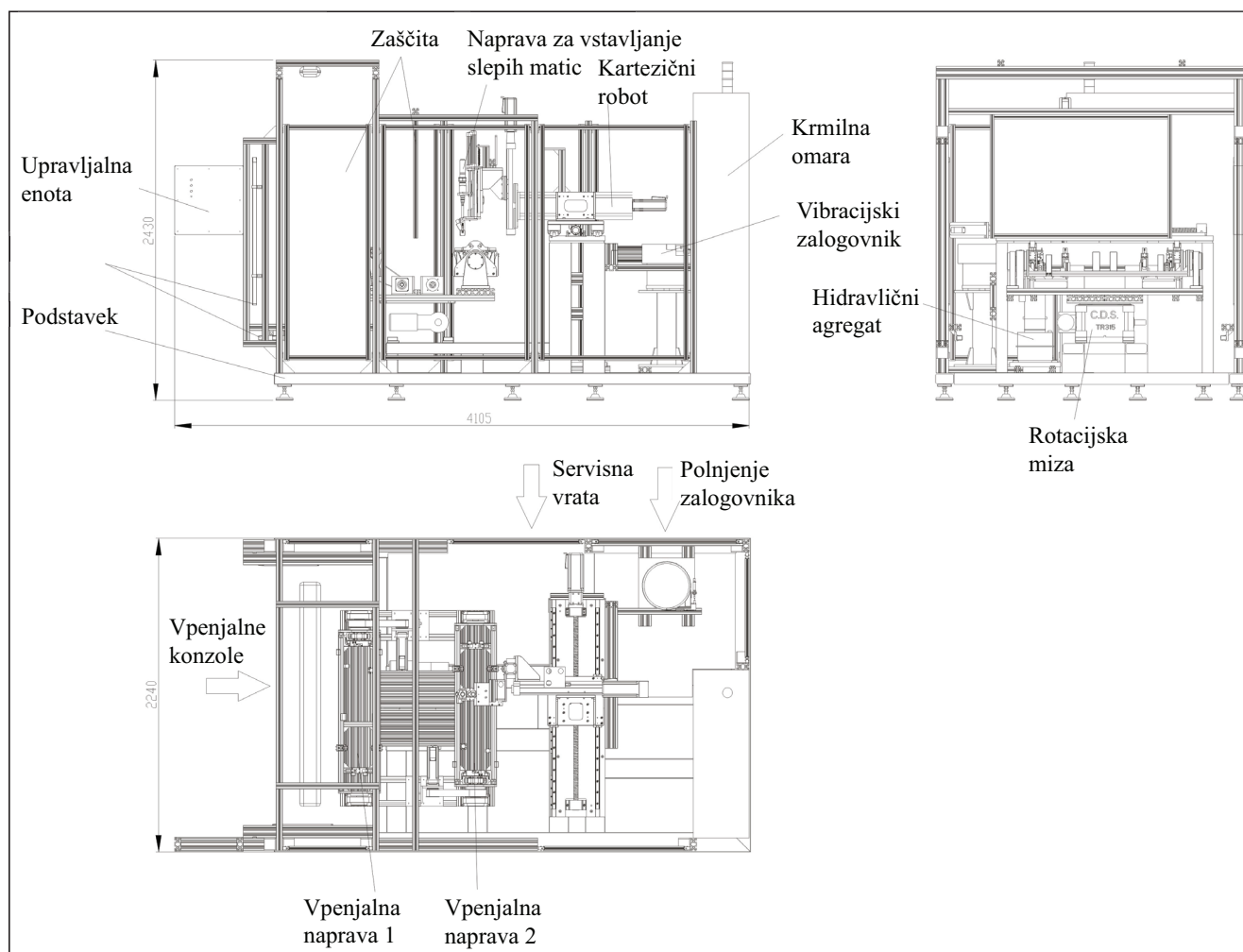
Postopek montaže smo definirali skupaj z naročnikom:

- Sedaj je konzola v vpenjalni napravi #1 zakovičena in delavec pritisne tipko ROTACIJA MIZE.
- Vstopi v cono nevarnosti in privije predvidene sestavne dele za montažo. Pri vstavljanju in montaži delov si delavec pomaga z rotacijo vpenjalne naprave.
- Po končani montaži delavec izstopi iz cone nevarnosti in stisne tipko IZPENJANJE. Končani izdelek ročno odloži na predvi-

obračalna miza z dvema vpenjalnima napravama, na drugi pa kartezični robot z avtomatsko napravo za vstavljanje slepih matic.

4.2 Zgradba naprave

Napravo sestavljajo podstavek, vpenjalna naprava, kartezični robot, enota za vstavljanje slepih matic, krmilje ter ustrezna zaščita (slika 2).



Slika 2. Koncept zgradbe naprave

- Delavec vstavi in pozicionira konzolo v vpenjalno napravo #1.
- Izstopi iz cone nevarnosti in na upravljalnem panelu pritisne tipko VPENJAJ. Ker je to prvi izdelek, je naslednji ukaz ROTACIJA MIZE.
- Delavec vstavi in pozicionira konzolo v vpenjalno napravo #2. Izstopi iz cone nevarnosti in na upravljalnem panelu pritisne tipko VPENJAJ.

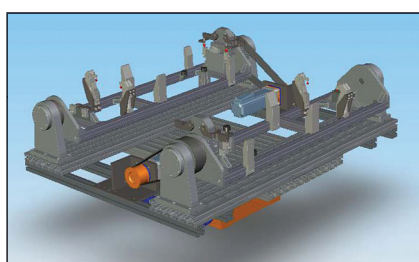
- deno mesto, vzame novega in ga vstavi in pozicionira v vpenjalno napravo #1.
- Izstopi iz cone nevarnosti in na upravljalnem panelu pritisne tipko VPENJAJ.

Pri razvoju smo izhajali iz postopka montaže, na osnovi katerega je nastala skica, kjer je bil narisani celotni koncept naprave z masivnim ogrođjem, na katerem je bila na eni strani

Podstavek smo skonstruirali kot jekleno varjeno konstrukcijo iz standardnih jeklenih profilov. Nosilno osnovo tvorijo obdelane, dovolj trdne, toge in za vijačenje pripravljene pritrdilne površine.

Vpenjalna naprava (slika 3) je vijačna, na straneh preko gredi uležajena in s pomočjo jermenskega pogona gnana aluminijasta konstrukcija, na kateri so bazne površine za vijačenje.

je podlog, podpor, naslonov, pozicionerjev in standardnih vpenjalnih spon podjetij DESTACO in TUNKERS. Prisotnost konzole na vpenjalni napravi kontroliramo s senzorji. Obe vpenjalni napravi sta privijačeni na H-mizo, ta je preko nosilne plošče zatičena in vijačena na precizno rotacijsko mizo s krivuljo. Ta pa je prav tako zatičena in vijačena na pripravljene površine na podstavku. Miza se zavrti za 180° v eno in v drugo smer v 1,5 s. Notranja stran mize je pri kartezičnem robotu, kjer se izvaja operacija zatiskanja slepih matic, zunanji del mize pa je pri



Slika 3. Vpenjalna naprava

posluževalcu, kjer potekata montaža in menjava konzole. S stikali se kontrolira položaj mize. Ko je delavec v nevarnem območju, ga varujejo svetlobne zaves, nameščene na zaščitni ograji.

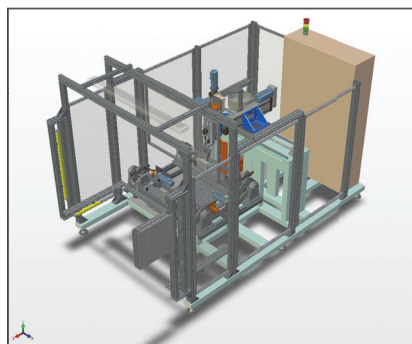
Kartezični robot je preko masivne nosilne plošče zatičen in privijačen na pripravljene površine podstavka. Osi stroja so izdelane iz standardnih elementov podjetja BOSCH REXROTH. Os X je sestavljena iz navojnega vretena, vpetja in uležajenja, dveh tračnic in štirih vozičkov, pritrjenih na ploščo, kar tvori nosilni voziček. Os Y je linearni modul CKK 25-200, os Z pa linearni modul CKK 20-145. Vse osi so med sabo s kotniki fiksno zatičene in vijačene.

Naprava za vstavlanje slepih matic sestavljajo naslednji sklopi:

- glava za vstavlanje,
- vibracijski dodajalnik,
- hidravlični agregat.

Glava za vstavlanje je preko kompenzacijske vzmeti pritrjena na os Z kartezičnega robota. Hidravlični agregat, ki napaja vlečni cilinder glave za vstavlanje, je fiksno pritrjen na podstavek. Prav tako je na

podstavek pritrjen vibracijski dodajalnik, ki preko cevi z maticami polni glavo enote za vstavlanje.



Slika 4. Zaščita naprave

Zaščita naprave (slika 4) je koncipirana kot aktivna zaščita, ki preprečuje poseg v delovno območje stroja z vseh strani, razen s strani vlaganja izdelkov. Poseg v to delovno območje je varovan s fotozaveso. Z leve strani so vrata za vzdrževalne posege in manjša vrata za polnjenje zalogovnika. Mehanske zaščite so

izdelane iz zaščitne mreže in aluminijastih profilov.

5 Zaključek

Naprava za avtomatsko vstavlanje slepih matic je postavljena v podjetju Dräxlmaier Ltd. v Birminghamu. Je plod timskega dela devetih strokovnjakov in je v ponos našemu podjetju. V polnem obratovanju je bil dosežen za 22 sek. krajši čas, kot ga je zahteval naročnik. Za razvoj in izdelavo smo potrebovali šest mesecev, za testiranja in nastavljanje parametrov pa dva meseca. Pri naročniku smo v treh dneh vzpostavili proizvodnjo.

Sredinske konzole, ki je nameščena v vozilu Jaguar XK, ne smemo prikazati zaradi pogodbe o varovanju skrivnosti naročnika.

GOSPODARSKA ZBORNICA SLOVENIJE
ZDRUŽENJE KOVINSKE INDUSTRIJE
FLUIDNA TEHNIKA

Programska oprema za projektiranje v fluidni tehniki

ePLAN
fluid



Kreiranje shem:

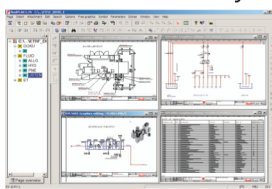
- avtomatska povezava in oštevilčevanje komponent
- knjižnice simbolov za pnevmatiko, hidravliko....
- knjižnice vodilnih proizvajalcev: FESTO, REXROTH, VOGEL,...
- medpovezave za strani in komponente
- medpovezave med fluidnim in električnim delom projekta

Samodejna evaluacija in generiranje dokumentacije

- seznami povezav, kosovnice, vsebina, lista revizij...
- preliminarne kosovnice

Integracija FESTO kataloga

- direktna povezava s FESTO katalogom
- detaljni opis in izbira komponent s pripadajočimi simboli
- skupna baza simbolov v skladu s standardom ISO 1219
- fluidPLAN CPX makroji

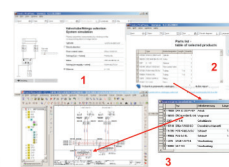


Vmesniki:

- grafični uvoz in izvoz: DXF/DWG, BMP, JPG, XLS, TXT, PDF...
- "X-parts" za izvoz elementov v MS Excel
- FESTO in ePLAN P8 vmesnik
- certificiran SAP in Navision vmesnik

Integrirano delo z projekti

- administracija projektov
- inteligentno arhiviranje
- samodejno prevajanje v tuje jezike
- implementacija zunanjih dokumentov



v sodelovanju

FESTO in **ePLAN**

EXOR ETI
inženiring za energetiko, transport in industrijo d.o.o.

licence, vzdrževanje, tehnična podpora, šolanje, svetovanje
Stegne 7, SI-1000 Ljubljana • tel.: 01/511 10 95 • fax: 01/511 30 79
GSM: 031/368 783 • info@exor-eti.si
www.exor-eti.si

INOJET – sistem za rezanje z vodo

Srečko KLEMENC

Postopek rezanja z vodo je poznan že precej časa. Njegova posebnost ni samo način rezanja, ampak tudi dejstvo, da se z vodo razreže skoraj vsak material. Povsod kjer se uporablja rezanje, obrezovanje ali izrezovanje.

■ Uvod

Podjetje Inoteh iz Bistrice ob Dravi se je leta 2000 lotilo razvoja stroja za rezanje z vodo in uspelo. Nastal je fleksibilen modularni sistem INOJET, ki nudi optimalne rešitve za zahtevane naloge. Sistem omogoča izrezovanje najzahtevnejših dvodimenzionalnih likov, ki si jih zamisli oblikovalec. Z vodnim razrezom izrezani izdelki so brezhibni. Imajo sorazmerno gladek rez, nimajo ostrih robov (srha), niso upognjeni in ne pregreti. Vodni razrez poveča kvaliteto izdelkov, zmanjša stroške, poveča zmogljivost podjetja, je okoljsko neoporečen in poveča konkurenčnost.

Raznolikost materialov, načinov rezanja in potreb proizvodnje je konstruktorju narekovala razvoj različnih sistemov. Če se nekateri materiali lahko režejo s hitrostjo 50 ali več metrov na minuto, je pri drugih dovolj že nekaj centimetrov. V določeni proizvodnji je treba rezati velike in težke obdelovance, v drugi so zaželeni veliki serije istih izdelkov, v tretji unikati ipd. V nekaterih proizvodnih sistemih je potrebno avtomatično dovajanje materiala, v drugih avtomatično odzemanje izdelkov in odpada ali pa oboje. Univerzalni sistem, ki je za vse do-

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

ber, je tudi za vse pomanjkljiv. Z leti razvoja so se pri Inotehu "vremena razjasnila". Izluščile so se štiri osnovne izvedbe, od katerih je ena določena za individualne namene in patentiran transportni sistem s prijemali za neprekinjeno dovajanje materiala za razrez. INOJET ponuja

Voda kot orodje

Sila vodnega curka, ki z veliko hitrostjo udarja na majhno površino snovi, deluje kot vodna erozija. Erozija snovi, na katero je usmerjen curek vode, se dogaja v mikropodročju. Curek obdelujočega materiala ne razreže,



Slika 1. INOJET – portalna izvedba z dvostransko pomično mizo

celotno rešitev najsodobnejše tehnologije vodnega razreza z lepim videzom.

Sistem INOJET lahko reže plošče in v bale navite materiale (ki jih samodejno odvija) ali obrezuje polizdelke. Debelina materiala je lahko do 250 mm. Globina in hitrost rezanja sta odvisni od vrste in strukture materiala. Poraba vode je 1,7 do 7,6 l/minuto rezanja. Voda mora imeti čistočo pitne vode (vodovod) in ne sme biti pretrda. Električna zmogljivost sistema znaša od 12 do 80 kW. CNC-krmiljenje upravlja visokozmogljivostni industrijski računalnik. Poseben program omogoča optimalen izkoristek materiala – gnezdenje.

ampak ga razkroji na zelo majhni površini v globino do 300 mm. Curek dobi za to potrebno kinetično energijo v šobi iz safirja ali diamanta. Visokotlačni agregat ustvari vodni tlak do 4200 barov. Ta tlak povzroči, da voda zapusti šobo s hitrostjo 800 do 900 m/sekundo (ali 2,5-kratno hitrostjo zvoka) in se pri tem pomeša z zrakom in abrazivom. Ta curek prebije material v premeru 0,15–2,5 mm.

Obstajajo agregati, ki ustvarijo 8000 in več barov tlaka, vendar se ti zaradi kratke obstojnosti v industriji le redko uporabljajo.



Slika 2. Rezanje granita

Cilj

Cilji rezanja z vodo so: dobiti neporečne izdelke, rezanje zahtevnih in ostrokotnih likov, zelo ozkih reber, materialov, za katere doslej še ni zadovoljivih sistemov (različne naravne in mineralne volne, kovinsko in plastično satovje, večslojni materiali, steklo, titan, baker, aluminij, materiali, ki pri visoki temperaturi oddajajo strupene pline ali spreminjajo strukturo in trdnost), doseči sorazmerno gladko površino reza brez srha in zmanjšati stroške obdelave.

Uporaba

Vodni razrez se uporablja: V obdelovalni industriji za rezanje vseh vrst kovin, lesnih polizdelkov, vezanih materialov, stekla, izolacijskih materialov, kot so mineralna in steklena volna, stiropor in mavčne plošče, nadalje materialov za tesnila, gume, različne plastike, vlaknastih snovi, več-

plastnih snovi, plastificirane pločevine, in materialov z visokim sijajem. V gradbeništvu se režejo keramika, marmor in granit, v drugih strokah še lepenka, usnje, tekstil, zamrznjena in druga hrana ter penaste snovi, kot so nekateri poliuretani.

Prednosti

Za vodni razrez ne potrebujemo orodja in vpenjalnih naprav. Ker gre za hladno rezanje, odpadejo vsi stranski učinki, ki spreminjajo strukturo in obliko materiala. Površina reza je lahko groba ali gladka – odvisno od hitrosti rezanja, robovi so ostri in brez srha, špranja reza je ozka, kar omogoča izdelavo likov z ostrimi notranjimi koti in filigransko majhnih izdelkov. Dober izkoristek materiala. Izdelki so brez deformacij, brez zažganih robov in brez mikrorazpok. Vodni curek zaradi razkrojnega učinka pritiska na material le z majhno silo (cca 20–150 N), zato je zelo primeren za rezanje na pritisk občutljivih materialov. Pri rezanju umetnih mas se ne pojavljajo smrad in strupeni plini. Ogljikova jekla se ne zakalijo. Teh-



Slika 3. Rezane kamene volne

nologija rezanja je okolju prijazna. Poraba energije je majhna.

Gospodarnost

Sistem je rentabilen tudi pri izdelavi unikatov ali zelo majhnih serij in je idealen za tako imenovano »just in time« proizvodnjo. Stroški obratovanja se delijo na stroške za vzdrževanje visokotlačnega agregata (ca 38 %), porabo električne energije (ok. 37 %), vzdrževanje rezalnega sistema (ok. 24 %) in porabo rezilne vode (ok. 1 %). Navedeni podatek velja za Če-Ve-eR (čisti vodni rez), pri abrazivnem razrezu (A-Ve-eR) je razmerje nekoliko drugačno.

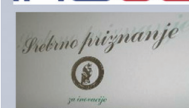
Sistem je primeren tako za majhno kot za največje industrijsko podjetje.

INOJET

CNC sistem za hladno rezanje vseh materialov: jekla, barvnih kovin, kamna, stekla, umetnih mas, gume in hrane. Rezanje je brez toplotnih učinkov. Rezalno orodje je voda.



INOJET



nudi za vsako področje rezanja optimalno in celovito rešitev. Od zamisli in izvedbe, do zagona in servisiranja.

Nove knjige

[1] Amaral Affonso, L. O.: **Machinery Failure Analysis Handbook** – Zanesljivost strojev je ključnega pomena za optimalno in gospodarsko učinkovito delovanje. Vsebina priročnika omogoča premišljeno zmanjšanje stroškov zaradi pogostosti odpovedi s preglednimi postopki njihove analize in preprečevanja. Avtor nazorno predstavlja, kako zagotoviti učinkovito vzdrževanje pri različnih vrstah strojev. Vzdrževalcem in varnostnim inženirjem pokaže, kako predvidevati in preprečevati nevarnosti odpovedi. Najprej obravnava osnovne vzroke odpovedi

(konstruiranje, gradiva, izdelava in sestavljanje), v nadaljevanju pa značilne pojave odpovedi (trdnostni zlomi, obraba, korozija). Podrobneje obdela odpovedi pri tipičnih strojnih elementih (gredi, ležaji, vijaki, zatiči, tesnilke itd.). Na koncu pa potem poudari še izreden pomen ustreznosti postopkov in tehnične dokumentacije za nakup, preskušanje, vgradnjo, uporabo, vzdrževanje. – *Zal.:* Gulf Publishing Co., 2 Greenway Plaza, Suite 1020, Houston, TX 77046; *ISBN:* 1-933762-08-X; *obseg:* 308 strani; *cena:* 155,00 USD.

[2] Bolton, W.: **Engineering Science** (peta izdaja) – Učbenik (Tehniške

znanosti) predstavlja izvirni pristop, ki ga študentje potrebujejo pri študiju tehniških ved. Avtor poudarja temeljna načela mehanike, elektrike in elektronike, ki so nujna za uspešen študij večine predmetov. Gradivo je ilustrirano s številnimi zgledi in vprašanji ter ustreznimi odgovori na koncu knjige. Učbenik bo nad vse dobrodošel vsem učiteljem in študentom tehnike. – *Zal.:* Newnes, an Elsevier imprint, 30 Corporate Dr., Suite 40, Burlington, MA 01803, USA; 2006; *ISBN:* 0-7516-8083-0; *obseg:* 430 strani, *cena:* 35,95 USD (broširano).

[3] Jackson, M. J.: **Micro and Nanomanufacturing** – Knjiga odgovarja na osnovna vprašanja laboratorijske tehnologije izdelave mikro- in nanoizdelkov iz različnih materialov v okviru raziskav in razvoja tovrstne tehnike. Inženirji bodo spoznali izdelovalne postopke na mikro- in nanoravni. Prikazani sta mikroobdelava in rentgenska litografija pri izdelavi polprevodnikov. Opisani so tudi izdelava modelov za mikropreoblikovanje, tehnologija tankih plasti, obdelava s pulziranjem vodnega curka in drugi posebni obdelovalni postopki. – *Zal.:* Springer-Verlag, 233 Spring Str., New York, NY 10013, USA; *ISBN:* 0-387-25874-4; *obseg:* 702 strani; *cena:* 99,00 USD.



VAŠ PARTNER pri HIDRAVLIKI in PNEVMATIKI

Podjetje TRG d.o.o.

LJUBLJANA
CELOVŠKA 150
T: 01/500 14 40, F: 01/519 42 64
E: info@podjetje-trg.si

PE MARIBOR
TRŽAŠKA 65
T: 02/331 74 42, F: 02/320 00 01
E: trg-mb@siol.net

PE LUCIJA
LIMINJANSKA 107
T: 05 / 677 72 88, F: 05/ 677 72 89
E: trg-lucija@elkatv.si





www.podjetje-trg.si

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

Integralni sezname standardov SIST EN, SIST EN ISO in SIST ISO za področja fluidne tehnike (stanje 1. 11. 2006)

(nadaljevanje objave v Ventil 13(2007)1 – str. 60)

Seznam standardov SIST EN – stanje november 2006

(dopolnilo od zap. št. 50 naprej)

Št.	Oznaka dokumenta	Leto izdaje	Slovenski naslov	Izvirni – angleški naslov
51	SIST EN 26554:2000	2000	Prirobnični avtomatični izločevalniki kondenzata - Vgradne dolžine (ISO 6554:1980)	Flanged automatic steam traps - Face-to-face dimensions (ISO 6554:1980)
52	SIST EN 26704:2000	2000	Avtomatični izločevalniki kondenzata - Klasifikacija (ISO 6704:1982)	Automatic steam traps - Classification (ISO 6704:1982)
53	SIST EN 26948:2000	2000	Avtomatični izločevalniki kondenzata - Tehnološko in funkcijsko preskušanje (ISO 6948:1981)	Automatic steam traps - Production and performance characteristic tests (ISO 6948:1981)
54	SIST EN 27841:2000	2000	Avtomatični izločevalniki kondenzata - Ugotavljanje izgube pare - Preskusne metode (ISO 7841:1988)	Automatic steam traps - Determination of steam loss - Test methods (ISO 7841:1988)
55	SIST EN 27842:2000	2000	Avtomatični izločevalniki kondenzata - Ugotavljanje pretočnosti - Preskusne metode (ISO 7842:1988)	Automatic steam traps - Determination of discharge capacity - Test methods (ISO 7842:1988)

Seznam standardov SIST EN ISO – stanje november 2006

Št.	Oznaka dokumenta	Leto izdaje	Slovenski naslov	Izvirni – angleški naslov
1.	SIST EN ISO 4126-2:2003/AC:2004	2004	Varnostne naprave pred previsokim tlakom - 2. del: Naprave z razpočnimi membranami (ISO 4126-2:2003)	Safety devices for protection against excessive pressure - Part 2: Bursting disc safety devices (ISO 4126-2:2003)
2.	SIST EN ISO 4126-7:2004	2004	Varnostna oprema proti prekoračitvi tlaka – 7. del: Splošni podatki (ISO 4126-7:2004)	Safety devices for protection against excessive pressure - Part 7: Common data (ISO 4126-7:2004)
3.	SIST EN ISO 4126-6:2004	2004	Varnostna oprema proti prekoračitvi tlaka - 6. del: Uporaba, izbira in vgradnja razpočnih membran (ISO 4126-6:2003)	Safety devices for protection against excessive pressure - Part 6: Application, selection and installation of bursting disc safety devices (ISO 4126-6:2003)
4.	SIST EN ISO 4126-5:2004	2004	Varnostna oprema proti prekoračitvi tlaka – 5. del: Krmiljeni varnostni sistemi za sproščanje tlaka (CSPRS) (ISO 4126-5:2004)	Safety devices for protection against excessive pressure - Part 5: Controlled safety pressure relief systems (CSPRS) (ISO 4126-5:2004)

5.	SIST EN ISO 4126-4:2004	2004	Varnostna oprema proti prekoračitvi tlaka - 4. del: Predkrmiljeni varnostni ventili (ISO 4126-4:2004)	Safety devices for protection against excessive pressure - Part 4: Pilot operated safety valves (ISO 4126-4:2004)
6.	SIST EN ISO 4126-2:2003	2003	Varnostne naprave pred previsokim tlakom - 2. del: Naprave z razpočnimi membranami (ISO 4126-2:2003)	Safety devices for protection against excessive pressure - Part 2: Bursting disc safety devices (ISO 4126-2:2003)
7.	SIST EN ISO 4126-1:2004	2004	Varnostne naprave pred previsokim tlakom - 1. del: Varnostni ventili (ISO 4126-1:2004)	Safety devices for protection against excessive pressure - Part 1: Safety valves (ISO 4126-1:2004)
8.	SIST EN ISO 4126-3:2006	2006	Varnostna oprema proti nedovoljenemu previsokemu tlaku - 3. del: Varnostni ventili in razpo ne ploš e v kombinaciji (ISO 4126-3:2006)	Safety devices for protection against excessive pressure - Part 3: Safety valves and bursting disc safety devices in combination (ISO 4126-3:2006)
9.	SIST EN ISO 5210:2000	2000	Industrijski ventili - Priključki vrtilnih pogonov na ventilih (ISO 5210:1991)	Industrial valves - Multi-turn valve actuator attachments (ISO 5210:1991)
10.	SIST EN ISO 5211:2001	2001	Industrijski ventili - Pritrditve zasunih pogonov na ventilih (ISO 5211:2001)	Industrial valves - Part-turn actuator attachments (ISO 5211:2001)
11.	SIST EN ISO 10434:2004	2004	Jekleni zasuni s prirobnimi zgornjim delom za naftno industrijo, petrokemijo in podobno industrijo (ISO 10434:2004)	Bolted bonnet steel gate valves for the petroleum, petrochemical and allied industries (ISO 10434:2004)
12.	SIST EN ISO 10497:2004	2004	Preskušanje ventilov - Zahteve za protipožarno preskušanje	Testing of valves - Fire type-testing requirements (ISO 10497:2004)
13.	SIST EN ISO 15848-1:2006	2006	Industrijski ventili - Meritve, preskusi in postopki kvalificiranja pobeglih emisij - 1. del: Klasifikacijski sistem in kvalifikacijski postopki za preskušanje tipa ventilov (ISO 15848-1:2006)	Industrial valves - Measurement, test and qualification procedures for fugitive emissions - Part 1: Classification system and qualification procedures for type testing of valves (ISO 15848-1:2006)
14.	SIST EN ISO 16135:2006	2006	Industrijski ventili - Krogelni ventili iz plastomernih materialov (ISO 16135:2006)	Industrial valves - Ball valves of thermoplastics materials (ISO 16135:2006)
15.	SIST EN ISO 16136:2006	2006	Industrijski ventili - Zaporne lopute iz plastomernih materialov (ISO 16136:2006)	Industrial valves - Butterfly valves of thermoplastics materials (ISO 16136:2006)
16.	SIST EN ISO 16137:2006	2006	Industrijski ventili - Protipovratni ventili iz plastomernih materialov (ISO 16137:2006)	Industrial valves - Check valves of thermoplastics materials (ISO 16137:2006)
17.	SIST EN ISO 16138:2006	2006	Industrijski ventili - Ventili z opnami iz plastomernih materialov (ISO 16138:2006)	Industrial valves - Diaphragm valves of thermoplastics materials (ISO 16138:2006)
18.	SIST EN ISO 16139:2006	2006	Industrijski ventili - Zasuni iz plastomernih materialov (ISO 16139:2006)	Industrial valves - Gate valves of thermoplastics materials (ISO 16139:2006)
19.	SIST EN ISO 17292:2004	2004	Kovinski krogelni ventili za naftno industrijo, petrokemijo in podobno industrijo (ISO 17292:2004)	Metal ball valves for petroleum, petrochemical and allied industries (ISO 17292:2004)
20.	SIST EN ISO 21787:2006	2006	Industrijski ventili - Zaporni ventili iz plastomernih materialov (ISO 21787:2006)	Industrial valves - Globe valves of thermoplastics materials (ISO 21787:2006)

Seznam standardov SIST ISO – stanje november 2006

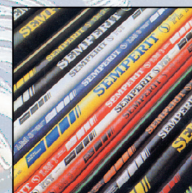
Št.	Oznaka dokumenta	Leto izdaje	Slovenski naslov	Izvirni – angleški naslov
1.	SIST ISO 1219-1:1998	1998	Fluidna tehnika - Grafični simboli in sheme - 1. del: Grafični simboli	
2.	SIST ISO 1219-2:2000	2000	Fluidna tehnika - Grafični simboli in sheme - 2. del: Sheme	
3.	SIST ISO 1629:2000	2000	Gume in lateksi - Nomenklatura	Rubbers and latices - Nomenclature
4.	SIST ISO 2941:1998	1998	Fluidna tehnika - Hidravlika - Filtrski vložki - Preskušanje zrušilne trdnosti	Hydraulic fluid power - Filter elements - Verification of collapse/burst resistance
5.	SIST ISO 2942:1998	1998	Fluidna tehnika - Hidravlika - Filtrski vložki - Dokazilo kakovosti izdelave in ugotavljanje tlaka začetnega mehurjenja	Hydraulic fluid power - Filter elements - Verification of fabrication integrity and determination of the first bubble point
6.	SIST ISO 2943:2000	2000	Fluidna tehnika - Hidravlika - Filtrski vložki - Potrditev združljivosti gradiv s fluidi	Hydraulic fluid power - Filter elements - Verification of material compatibility with fluids
7.	SIST ISO 2944:2001	2001	Fluidna tehnika - Imenski tlaki	Fluid power systems and components - Nominal pressures

HIIB, Kranj, d.o.o.

Savska c. 22, 4000 Kranj, Slovenija, tel.N.C.: 04/280 2300, fax: 04/280 2321
<http://www.hib.si>, E-mail: info@hib.si

PROIZVODNI PROGRAM:

- Visokotlačne hidravlične cevi
- Industrijske cevi
- Priključki za hidravlične in industrijske cevi
- Hitre spojke za hidravliko in pnevmatiko
- Komponente za hidravliko
- Komponente za pnevmatiko
- Transportni trakovi
- Klinasti jermeni
- Tehnična guma



Zastopamo: SEMPERIT (Avstrija), HABASIT (Švica)
SALAMI (Italija), DNP (Italija), ZEC (Italija), MERLETT (Italija)
AEROQUIP (Nemčija), NORRES (Nemčija), LUDECKE (Nemčija)

Poslovne enote:

LJUBLJANA, Središka ul. 4, 1000 Ljubljana,
tel.: 01/542 70 60, fax: 01/542 70 65

CELJE, Lava 7a, 3000 Celje,
tel.: 03/545 30 59, fax: 03/545 32 00

PTUJ, Rajšpova ul. 16, 2250 Ptuj,
tel.: 02/776 50 71, fax: 02/776 50 70

MARIBOR, HPS d.o.o., Ob nasipu 36,
2342 Ruše, tel.: 02/668 85 36, fax: 02/668 85 37

SLOVENJ GRADEC, Kov. galant. ŠTRUC, Pod bregom 4,
2380 Sl. Gradec, tel.: 02/883 86 90, fax: 02/883 86 91

BREŽICE, Sečen Ivan s.p., Samova ul. 8, 8250 Brežice,
tel.: 07/496 66 50, fax: 07/496 66 52

KOČEVJE, Protos d.o.o., Reška cesta 13, 1330 Kočevje,
tel./fax: 01/895 49 12

SEMIČ, Kovinostrugarstvo Martin Radoš, Cerovec 3,
8333 Semič, tel.: 07/306 33 20

8.	SIST ISO 2942:2005	2005	Fluidna tehnika – Hidravlika – Filtrski vložki – Overjanje kakovosti izdelave in ugotavljanje tlaka začetnega mehurjenja	Hydraulic fluid power - Filter elements - Verification of fabrication integrity and determination of the first bubble point
9.	SIST ISO 3019-2:2002	2002	Fluidna tehnika - Hidravlika - Mere in označbe prigradnih prirobnic ter gredi črpalk in motorjev - 2. del: Metrske vrste	Hydraulic fluid power - Dimensions and identification code for mounting flanges and shaft ends of displacement pumps and motors - Part 2: Metric series
10.	SIST ISO 3019-1:2002	2002	Fluidna tehnika - Hidravlika - Mere in označbe prigradnih prirobnic ter gredi črpalk in motorjev - 1. del: Colske vrste v metrskih enotah	Hydraulic fluid power - Dimensions and identification code for mounting flanges and shaft ends of displacement pumps and motors - Part 1: Inch series shown in metric units
11.	SIST ISO 3320:1995	1995	Fluidna tehnika - Premeri valjev in batnic - Metrska vrsta	Fluid power systems and components - Cylinder bores and piston rod diameters - Metric series
12.	SIST ISO 3321:1995	1995	Fluidna tehnika - Premeri valjev in batnic - Colska vrsta	Fluid power systems and components - Cylinder bores and piston rod diameters - Inch series
13.	SIST ISO 3322:1995	1995	Fluidna tehnika - Valji - Nazivni tlaki	Fluid power systems and components - Cylinders - Nominal pressures
14.	SIST ISO 3601-3:1995	1995	Fluidni sistemi - Tesnilke - Tesnilke O - 3. del: Prezemna kakovostna merila	Fluid systems - Sealing devices - O rings - Part 3: Quality acceptance criteria

40 let razvijamo in proizvajamo elektromagnetne ventile



JAKŠA

MAGNETNI VENTILI



- 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, tel.: (0)1 53 73 066 fax: (0)1 53 73 067, e-mail: info@jaksa.si

15.	SIST ISO 3601-5:2003	2003	Fluidni sistemi - Tesnilke O - 5. del: Elastomerni materiali, primerni za industrijsko uporabo	Fluid power systems - O-rings - Part 5: Suitability of elastomeric materials for industrial applications
16.	SIST ISO 3601-1:2003	2003	Fluidni sistemi - Tesnilke O - 1. del: Notranji premeri, preseki, tolerance in merska identifikacijska oznaka	Fluid power systems - O-rings - Part 1: Inside diameters, cross-sections, tolerances and size identification code
17.	SIST ISO 3662:1995	1995	Fluidna tehnika - Hidravlika - Črpalke in motorji - Geometrične iztisnine	Hydraulic fluid power - Pumps and motors - Geometric displacements
18.	SIST ISO 3722:1997	1997	Fluidna tehnika - Hidravlika - Posode za vzorčenje fluidov - Vrednotenje in nadzor metod čiščenja	Hydraulic fluid power - Fluid sample containers - Qualifying and controlling cleaning methods

(nadaljevanje sledi v Ventilu 13 (2007) 3)

nadaljevanje s strani 112

sklopke/zavore/pomožna oprema)
– Simpozij o elektronskem krmiljenju

Informacije:

– kontaktna oseba: Carrie Schwarz

– tel.: + (414) 778-3347
– e-pošta: ctschwarz@nfpa.com
ali Karen Boehme
– tel.: +(414) 778-3345
– e-pošta: kboehme@nfpa.com

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Laboratorij LASIM
najavlja
posvet
**AVTOMATIZACIJA
STREGE IN MONTAŽE 2007 – ASM '07**

v četrtek, 15. 11. 2007, ob 9. uri

v prostorih GZS, Dimičeva ulica 13, Ljubljana.

Posvet **Avtomatizacija strege in montaže 2007** bo srečanje, na katerem bodo obravnavane številne aktualne teme s področja avtomatizacije proizvodnje, s posebnim poudarkom na avtomatizaciji strege in montaže. Mednje sodijo teme kot so ekonomski vidiki fleksibilnosti v strežnih in montažnih sistemih, cost engineering in avtomatizacija strege in montaže, logistično usmerjena montaža, celostni pristop k razvoju izdelkov, načrtovanje in prenova strežnih in montažnih sistemov, podprto z metodami digitalne resničnosti ter simulacijo, kakor tudi druge zanimive teme. Predstavljeni bodo tudi primeri avtomatizacije strege in montaže iz realnega okolja.

V tej prvi najavi posveta vabimo vse zainteresirane strokovnjake, ki se želijo s prispevki oz. predstavitvami aktivno vključiti v izvedbo posveta ASM '07, naj se z idejami in predlogi javijo na elektronski naslov:
asm07@fs.uni-lj.si.



LE-TEHNIKA®

VSE ZA HIDRAVLIKO IN PNEVMATIKO

ODGONI ZA KAMIONE

LE-TEHNIKA d.o.o.
 Šuceva 27, Kranj
 tel.: 04 20 20 200
 faks: 04 21 21 22
<http://www.le-tehnika.si/hyd>
 e-mail: hydraulic@le-tehnika.si

Zanimivosti na spletnih straneh

- [1] www.colfaxcorp.com – [Vijačne črpalke vseh vrst] – Na spletnih straneh firme Colfax Corporation, kamor spadajo svetovno znane trgovske znamke za področje vijačnih črpalk IMO in Allweiler, so na voljo vsi tehnični podatki in številni primeri uporabe različnih vrst in izvedb vijačnih črpalk. Na voljo so tudi podatki o geografski razpršenosti zastopniških podjetij in pooblaščenih dobaviteljev.
- [2] www.hydraulicspneumatics.com – [Nove knjige iz založbe H & P] – V spletni knjigarni revije Hydraulics & Pneumatics je na voljo vse več popularnih in zanimivih knjig s področja fluidne tehnike. Največ povpraševanja je po priročnikih za projektiranje hidravličnih in pnevmatičnih naprav ter obsežnih publikacijah s standardi, enačbami, specifikacijami, preglednicami za pretvarjanje enot, izčrpnimi slovarji ipd.
- [3] www.numatics.de – [Časopis »pneumaTicker«] – Uveljavljena firma Numatics GmbH je na svojih spletnih straneh pričela z rednim izdajanjem elektronskega časopisa za področje pnevmatike z naslovom »pneumaTicker«. V njem so kratki in jedrnaty članki o zanimivih novostih na različnih področjih industrije in gospodarstva sploh. Z navedbo vašega e-naslova dobite časopis brezplačno.
- [4] www.vdma-products.com – [Podjetja in izdelki nemške strojne industrije] – Nemško združenje strojne industrije VDMA na svojih spletnih straneh predstavlja sezname 21 000 podjetij, ki se ukvarjajo z dobavo in izdelavo strojev in naprav, ter preko 22 000 gesel za iskanje različnih izdelkov. Zainteresirani se lahko neposredno obrnejo na ponudnike ter zahtevajo ustrezne kataloge in druge informacije.

Bled, Slovenija, September 11th – 14th 2007

ICIT&MPT 2007

6th International Conference on Industrial Tools and Material Processing Technologies

Seznam oglaševalcev

DOMEL, d. d., Železniki	71	INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi	127
ENERPAC GmbH, Germany	76	JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	132
EXOR ETI, d. o. o., Ljubljana	125	KLADIVAR, d. d., Žiri	66
FDS RESEARCH, d. o. o., Ljubljana	88	LAMA, d. d., Dekani	65
FESTO, d. o. o., Trzin	65, 136	LE-TEHNIKA, d. o. o., Kranj	134
HAWE HIDRAVLIKA, d. o. o., Petrovče	68	MOTOMAN ROBOTEC, d. o. o., Ribnica	101
HIB, d. o. o., Kranj	131	OLMA, d. d., Ljubljana	65
HYDAC, d. o. o., Maribor	65	OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin	65, 120
HYPEX, d. o. o., Lesce	115	PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	65
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGREN, Lesce	65	PODJETJE TRG, d. o. o., Ljubljana	128
INEA, d. o. o., Ljubljana	122	PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	135
		PS, d. o. o., Logatec	93