



OPL

FESTO

PH
POCLAIN HYDRAULICS
Podain Driving Values for the Future

OLMA
LUBRICANTS

Parker

IMI
Precision Engineering

SICK
Sensor Intelligence.

MIEL **OMRON**
DISTRIBUTOR
Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo

VISTA
HIDRAVLIKA

PS
PS LOGATEC

S3C

OMEGA
AIR

- Ventil na obisku
- Polioksimetilni zobniki
- Strojni vid – zaznavanje napak na pletenem plašču
- Matematični modeli sinhronskega generatorja
- Odjem toplote v vročevodnem sistemu
- Lasersko varjenje
- Iz prakse za prakso
- Letalstvo – 83. bis člen čikaške konvencije
- Bionika - mehatronika

Industrijska olja in maziva



OLMA
www.olma.si



FESTO

**Vi želite strokovno znanje.
Vi iščete inovacije.
Mi smo specialisti v vaši panogi.**

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

Festo, d.o.o. Ljubljana
Blatnica 8
SI-1236 Trzin
Telefon: 01/ 530-21-00
Telefax: 01/ 530-21-25
Hot line: 031/766947
info_si@festo.com
www.festo.si

Delo s strokovnjaki, ki razumejo vašo panogo. Že desetletja določamo trende v avtomatizaciji, z izkušnjami in osredotočenostjo gradimo poti k maksimalni produktivnosti. Naše izkušnje so ključ do vašega uspeha: od svetovanja do razvoja, treninga, seminarjev in izdelkov. To je kompetentnost v pravem pomenu besede.

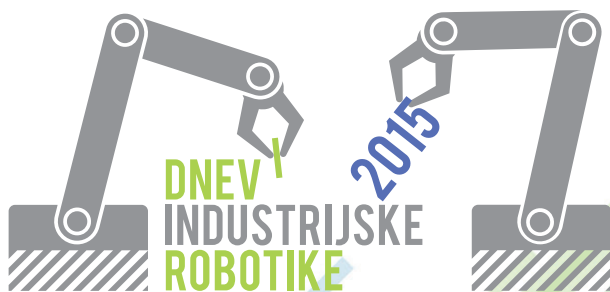
Impresum	5
Beseda uredništva	5
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	6
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	16
Seznam oglaševalcev	86

Naslovna stran:

OPL Avtomatizacija, d. o. o. BOSCH Automation Koncesionar za Slovenijo IOC Trzin, Dobrave 2 1236 Trzin Tel.: + (0)1 560 22 40 Fax: + (0)1 562 12 50	SICK, d. o. o. Cesta dveh cesarjev 403 1000 Ljubljana Tel.: + (0)1 47 69 990 Fax: + (0)1 47 69 946 office@sick.si www.sick.si
FESTO, d. o. o. IOC Trzin, Blatnica 8 1236 Trzin Tel.: + (0)1 530 21 10 Fax: + (0)1 530 21 25	MIEL Elektronika, d. o. o. Efenkova cesta 61, 3320 Velenje Tel.: +386 3 898 57 50 Fax: +386 3 898 57 60 www.miel.si www.omron-automation.com
OLMA, d. d., Ljubljana Poljska pot 2, 1000 Ljubljana Tel.: + (0)1 58 73 600 Fax: + (0)1 54 63 200 komerciala@olma.si	VISTA Hidravlika, d. o. o. Kosovelova ulica 14 4226 Žiri Tel.: 04 5050 600 Faks: 04 5191 900 www.vista-hidravlika.si
Poclain Hydraulics, d. o. o. Industrijska ulica 2, 4226 Žiri Tel.: +386 (04) 51 59 100 Fax: +386 (04) 51 59 122 info-slovenia@poclain-hydraulics.com www.poclain-hydraulics.com	PS, d. o. o., Logatec Kalce 30 b SI-1370 Logatec Tel.: 01 750 85 26, Faks: 01 750 85 29 www.ps-log.si
PARKER HANNIFIN Corporation Podružnica v Novem mestu Velika Bučna vas 7 8000 Novo mesto Tel.: + (0)7 337 66 50 Fax: + (0)7 337 66 51	S3C, d. o. o. Tržaška c. 116, 1000 Ljubljana Tel.: +386 1 423 22 22 Faks: +386 1 423 22 00 www.landefeld.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	OMEGA AIR, d. o. o. C. Dolomitskega odreda 10 1000 Ljubljana Tel.: +386 (0)1 200 68 63 Faks: +386 (0)1 200 68 50 www.omega-air.si

■ VENTIL NA OBISKU Varesi, d. o. o. - <i>Sodobna in kakovostna oprema</i> je tudi na varilskem področju za <i>slovensko industrijo nujna in potrebna</i>	10
■ PREDSTAVITEV OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana	28
■ POLIMERI <i>Jean HABIMANA, Céline CHEVALLIER, Frederic GUBBELS, Barbara MEUNIER, Claude LETOUCHE: Using Silicone Masterbatch for Controlling the Friction Coefficient of Polyacetal gears</i>	30
■ STROJNI VID <i>Miha PIPAN, Andrej KOS, Niko HERAKOVIČ: Zaznavanje napak na pletenem plašču s prilagodljivim algoritmom</i>	36
■ SINHRONSKI GENERATORJI <i>Jožef RITONJA, Martin PETRUN: Matematični modeli sinhronskega generatorja</i>	42
■ DALJINSKO OGREVANJE <i>Ervin STRMČNIK, Primož POTOČNIK, Edvard GOVEKAR: Raziskava in razvoj empiričnih modelov za napovedovanje odjema toplote v vročevodnem sistemu</i>	50
■ LASERSKO VARJENJE <i>Damjan KLOBČAR, Janez TUŠEK: Priporočila za lasersko varjenje v industrijskem okolju</i>	56
■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO <i>Stojan DROBNIC: Prednosti linearnih vodil brez mazanja na primeru 3d-tiskalnika</i>	64
■ LETALSTVO <i>Aleksander ČIČEROV: Prenos nalog in obveznosti po 83. bis členu čikaške konvencije</i>	68
■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE <i>Energijsko učinkovit modul MSE6-E2M (FESTO)</i> <i>Visokozmogljivi frekvenčni regulatorji UNIDRIVE M100–M400 (PS)</i> <i>Elektronski preobremenitveni rele Allen-Bradley E300 (TEHNA)</i>	74 75 76
■ NOVOSTI NA TRGU <i>Spremljanje stanja olja, ki vsebuje mehurčke zraka (HYDAC)</i> <i>Operatorski paneli serije NA Sysmac (MIEL Elektronika)</i> <i>Redundantni varnostni ventil za odzračitev Parker P33T – CAT 4 (PARKER HANNIFIN)</i> <i>Avtomatizirano odkrivanje razpok v procesu preoblikovanja z optičnim senzorjem Inspector I40 (SICK)</i>	77 77 78 79
■ BIONIKA - MEHATRONIKA <i>Marjan SKUBIC: Rekuperacija, shranjevanje in sproščanje energije na osnovi naravnega modela</i> <i>Janez ŠKRLEC, Robert HARB: Razvojni trendi mehatronike in vedno večja miniaturizacija ter energetska varčnost</i>	80 83
■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA Nove knjige	85
■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI Zanimivosti na spletnih straneh	86





Roboti so iz leta v leto bolj razviti, zato jih lahko uporabimo za čedalje bolj zahtevne naloge. Zaradi njihove natančnosti ter ponovljivosti pa se širijo na razna področja v industriji. Če vas področje robotike zanima, ste vabljeni na **Dneve industrijske robotike 2015 - DIR 2015**, ki bodo tokrat potekali že deveto leto zapored.

DIR bo potekal v tednu **od 30. marca do 3. aprila 2015** v prostorih **Fakultete za elektrotehniko**. Dogodek bo razdeljen v štiri sklope: predavanja, aplikacije, ekskurzija in tekmovanje.

PREDAVANJA

Prvi dan bodo na sporedu različna predavanja, kjer boste lahko prisluhnili strokovnjakom na področju robotike. Glavno predavanje bo vodil dr. Jadran Lenarčič, direktor inštituta Jožef Stefan. Stanje robotike nam bosta predstavili podjetji Yaskawa Slovenija d.o.o. in ABB, ki sta med vodilnimi izdelovalci robotov. Zanimivo bo tudi predavanje podjetja OneDrone, ki nam bodo podrobneje prikazali kvadrokopterje.

APLIKACIJE

Od torka do četrтка bodo potekale predstavitve aplikacij. Letos bo predstavljenih osem izvirnih in atraktivnih aplikacij, ki so plod študentskega znanja in domišljije.

Da si boste aplikacije ogledali podkrepljeni in odžejani, vam bo kavo in mafine ponudil **robotski natakar**, dvoročni robot Yaskawa SDA10 pa vam bo pripravil okusen brezalkoholen **robotski koktajl**.

Pri **sestavljanju LEGO kock** se bosta združila kar dva robota, Fanuc in ABB.

Tudi pri **aplikaciji spajkanja** bosta dva robota. Prvi bo vstavljal komponente v tiskano vezje, drugi pa jih bo nato prispajkal.

Prijavljeni na aplikacijo **Stäubli – sprejanje majic**, bodo lahko odnesli domov majico s svojo fotografijo.

Bolj industrijska aplikacija bo **izrez 3D modelov**, kjer bo robot s pomočjo žarilne nitke iz stiropora izrezal 3D model, načrtovan v CAD programu.

Če želite doživeti **virtualno resničnost**, boste lahko testirali kako lahko simulator in 3D očala Oculus Rift pretentata možgane.

Na aplikaciji **vođenje robota na daljavo** pa boste lahko tekmovali v premagovanju poligona, kjer bo zmagal najhitrejši. Za vođenje boste uporabili robot Omega, s katerim boste upravljali mobilno platformo Kuka Youbot.

EKSKURZIJA

Zadnji dan se bomo odpravili na strokovno ekskurzijo, kjer bomo obiskali podjetji BSH in Odelo. Tam si bomo lahko ogledali uporabo robotov v praksi.



TEKMOVANJE RobotChallenge

Pred samim dogodkom bo potekalo tekmovanje Robotchallenge, katerega tematika bo načrtovanje robotskih celic v okolju RobotStudio. Predhodnega znanja ne potrebujete, saj bo organizirano tudi uvodno predavanje, kjer vam bomo predstavili vse ključne informacije. Udeleženci bodo nato dobili naloge, ki jih bodo morali rešiti na čim boljši način v določenem času. Tri najboljše rešitve bodo bogato nagrajene.

INDUSTRIJSKI PARTNERJI

ZLATI POKROVITELJI



ICI ELEKTRONIKA

SREBRNI POKROVITELJI



BRONASTI POKROVITELJI



MEDIJSKI PARTNERJI

Celoten program DIR je odprt za vse obiskovalce, udeležba pa je brezplačna. Na ogled lepo vabimo tudi srednje in osnovne šole. Nekateri deli dogodka potrebujejo prijavo. Več informacij o prijavah in samem dogodku lahko najdete na spletni strani www.dnevirobotike.si. Število mest je omejeno, tako da priporočamo čimprejšnjo prijavo.

© Ventil 21 (2015) 1. Tiskano v Sloveniji.
Vse pravice pridržane.
© Ventil 21 (2015) 1. Printed in Slovenia.
All rights reserved.

Impresum

Internet:
http://www.revija-ventil.si

e-mail:
ventil@fs.uni-lj.si

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

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

Letnik	21	Volume
Letnica	2015	Year
Številka	1	Number

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

Ustanovitelj:
SDFT in GZS – ZKI-FT

Izdajatelj:
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Glavni in odgovorni urednik:
prof. dr. Janez TUŠEK

Pomočnik urednika:
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:
Roman PUTRIH

Znanstven-strokovni svet:
prof. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
izr. prof. dr. Ivan BAJSIČ, FS Ljubljana
doc. dr. Andrej BOMBAC, FS Ljubljana
prof. dr. Peter BUTALA, FS Ljubljana
prof. dr. Alexander CZINKI, Fachhochschule Aschaffenburg,
ZR Nemčija
doc. dr. Edvard DETIČEK, FS Maribor
prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana
prof. dr. Jože DUHOVNİK, FS Ljubljana
izr. prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
mag. Franc JEROMEN, GZS – ZKI-FT, je upokojen
izr. prof. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana
prof. dr. Peter KOPACEK, TU Dunaj, Avstrija
mag. Milan KOPAC, POCLAIN HYDRAULICS, Žiri
izr. prof. dr. Darko LOVREC, FS Maribor
izr. prof. dr. Santiago T. PUENTE MENDEZ, University of
Alicante, Španija
doc. dr. Franc MAJDIČ, FS Ljubljana
prof. dr. Hubertus MURRENHOF, RWTH Aachen, ZR Nemčija
prof. dr. Gojko NIKOLIČ, Univerza v Zagrebu, Hrvaška
izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
Martin PIVK, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo, Škofja Loka
prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana
Janez SKRLEC, inž., Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana
prof. dr. Željko ŠITUM, Fakultet strojarstva i brodogradnje
Zagreb, Hrvaška
prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:
Narobe Studio, d.o.o., Ljubljana

Lektoriranje:
Marjeta HUMAR, prof., Brigita Orel

Računalniška obdelava in grafična priprava za tisk:
Grafex, d.o.o., Izlake

Tisk:
PRESENT, d. o. o., Ljubljana

Marketing in distribucija:
Roman PUTRIH

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

Naklada:
1500 izvodov

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

Revijo sofinancira Javna agencija za raziskovalno
dejavnost Republike Slovenije (ARRS).

Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.

Na podlagi 25. člena Zakona o davku na dodano
vrednost spada revija med izdelke, za katere se plačuje
8,5-odstotni davek na dodano vrednost.

Privatizacija



V zadnjih mesecih se je razplamtela prava vojna med zagovorniki in nasprotniki prodaje državnih podjetij. Nastali sta dve listi državljanov, na katerih se podpisujejo tisti za prodajo in tisti proti njej. Pri tem bi bila zanimiva, kar bi bila naloga raziskovalnih novinarjev, analiza posameznih podpisnikov na eni in drugi listi. Že bežen pregled imen podpisnikov da zanimive ugotovitve. Zanimivo je, da so proti prodaji le nekateri politiki, sindikati, odvetniki, zaposleni v državnih podjetjih in predvsem lastniki raznih zasebnih institucij, ki opravljajo storitve za državna podjetja.

Prav gotovo je res, da prodaja premoženja za nikogar ni lahka odločitev. To še posebno velja za Slovence. Od vseh Evropejcev imamo največ stanovanj v svoji lasti in najmanj v najemu. Podobno velja za zemljo, vrtove, vinograde in tudi za gozdove. To pomeni, da imamo zelo radi lastnino in da se od nje ne ločimo, če ni nujno potrebno. Iz tega lahko razumemo tiste, ki so proti prodaji.

Toda pri tem nastopi bistveno vprašanje, ali smo državljani res lastniki državnih podjetij, kot smo na primer svoje njive, gozda ali vrta, ali jih bomo s prodajo izgubili, kot izgubi prodajalec avta, stanovanja ali njive vse pravice do te lastnine.

Ocenjujem, da ta primerjava ni primerna.

Vsa podjetja, ki poslujejo v Sloveniji, so slovenska podjetja ne glede na lastnika in morajo poslovati po naših zakonih in plačevati vse davke in prispevke za zaposlene. Kolikor je znano, do sedaj niso plačevala prispevkov za socialno zavarovanje za zaposlene podjetja, ki so bila v lasti Slovencev. Ni podatka in verjetno ni primera, da bi to v Sloveniji počel tuj lastnik.

S prodajo državnih podjetij ne bomo navadni državljani nič izgubili. Izgubili bodo predvsem politiki, odvetniki in drugi, ki imajo zasebne ustanove in preko političnih ali osebnih zvez opravljajo za državna podjetja svetovanja, analize itd. Vprašanje je, koliko je imel prvi podpisnik proti prodaji državnih podjetij dr. Mencinger s svojim zasebnim podjetjem v zadnjih dvajsetih letih prometa samo z NLB. Ali pa: koliko so imeli s Telekomom prometa nekateri odvetniki itd. Poznane so milijonske študije švicarskih ustanov za Telekom s posredovanjem in zaslužkom g. Peklarja. Te analize v pisni obliki pa so po poročanju slovenskih medijev vredne toliko kot slaba študentska seminarska naloga. Ali celo več: zakaj novinarji ne raziščejo, koliko ima Telekom ljudi na plačilni listi in koliko jih vsak dan tja hodi v službo itd., itd.

Popolnoma razumem mladega politika, ki je na zadnjih volitvah s svojo všečno retoriko prepričal 7 % volivcev, da se zavzema za državna podjetja. Zaveda se, da je sposoben samo za politiko. In če mu slučajno na volitvah ne uspe, se bo po zvezah zaposlil v državnem podjetju. Tudi kot politiku mu je državna lastnina neka materialna garancija za njegovo delovanje.

Vse študije prodanih podjetij v zadnjem desetletju kažejo, da državna podjetja moramo prodati. Analiza desetih slovenskih podjetij, ki so danes v lasti tujih lastnikov, pokaže, da so pred prodajo v državni proračun plačala 25 milijonov evrov prispevkov, danes pa 75 milijonov evrov.

Zanimivo je, da dr. Mencinger na vprašanje novinarja, če pozna slab primer prodaje slovenskega podjetja tujcem, ni znal odgovoriti. Pa ne gre za to, da takšnega primera ne bi bilo, ampak to pomeni, da se on očitno ne zanima za podjetja v tuji lasti. Velika večina teh prodanih podjetij je zelo uspešnih. Naj ponovno navedem nekaj primerov. Slovenska industrija jekla je bila stalno v izgubah, dokler ni bila prodana tujcem. Od takrat naprej poslujejo z dobičkom in večino dobička vlagajo v razvoj. Na Ravnah razvijajo nova orodna jekla, na Jesenicah nova nerjavna jekla in nove dodatne materiale za varjenje. Podobno velja za Hello Saturnus v Ljubljani, bivši Saturnus, ki ni samo eno izmed šestdesetih podjetij mednarodne korporacije Hella lux, ampak je eden izmed štirih razvojnih centrov v tej korporaciji, ki zaposluje številne slovenske inženirje in doktorje znanosti s področja tehnike in naravoslovja. Zelo podobno velja za BSH Nazarje, ki je bilo pred prodajo nemškemu lastniku v velikih težavah, od takrat pa to podjetje niza uspeh za uspehom. Podobno velja še za številna slovenska podjetja, prodana tujim lastnikom.

Iz vsega doživetega v Sloveniji v zadnjih letih v povezavi s privatizacijo je le ena resnična ugotovitev: slovenski nacionalni interes je le osebni interes vplivnih slovenskih posameznikov za njihovo materialno korist.

Janez Tušek

Dan odprtih vrat v tovarni Poclain Hydraulics v Žireh

21. septembra 1949 je bilo ustanovljeno **Splošno remontno podjetje Žiri**, ki se je 11. maja 1956 preimenovalo v Kovinsko obrtno podjetje **KLADIVAR Žiri**. Kladivar je 14. novembra 2007 prevzela francoska skupina Poclain Hydraulics Group, 11. septembra 2012 pa se je preimenoval v **Poclain Hydraulics, d. o. o.** Prav v teh dneh tako tovarna praznuje 65-letnico obstoja.

Kratka predstavitev tovarne:

- letni obseg prodaje znaša približno 25 M evrov;
- zaposluje 280 delavcev, od tega 20 % z univerzitetno izobrazbo;
- razpolaga s približno 12.000 m² pokritih površin;
- obvladuje procese razvoja, proizvodnje in prodaje izdelkov, za katere ima spričevala po standardih ISO 9001, ISO 14001 in OHSAS 18001;
- glavni proizvod so hidravlične sestavine in naprave: SKD 28.120.

Tovarna se je neprestano razvijala, za kar so zaslužne že štiri generacije »kladivarcev« in sedaj »poklenovcev«. Vseh skupaj je bilo do danes zaposlenih že kar 1245 oseb. Vsaka generacija je dodala svoj delež, ki je bil močno odvisen od političnih, ekonomskih in tržnih razmer. Na tej poti je bilo potrebno preživeti tri velike krize poslovanja in do sedaj nas še ni zlomilo. Čeprav Kladivar v Žireh nikdar ni imel posebnega imidža, je v njem vedno obstajala posebna notranja energija v obliki inovativnosti, pripadnosti tovarni in želje po znanju, napredku in rasti.

Resnični imidž vsake tovarne so njeni proizvodi.

Kratka predstavitev razvoja proizvodov od začetka do danes:

1949– 1960 kleparska in ključavničarska dela na zgradbah, popravila;

1960– 1970 začetek izdelave šestil, indikatorjev napetosti, vibracijskih dodajalnikov, elektromagnetov za hidravlične razvodnike, črpalnih elementov za radialno batno črpalko;

1970– 1990 začetek izdelave naprav za avtomatizacijo proizvodnje, preprostejših hidravličnih sestavin, ročnih pnevmatskih ventilov za firmo Festo, hidravličnih pogonskih agregatov, mazalnikov, potnih ventilov, hidravličnih valjev, proporcionalnih krmilnih ventilov s pripadajočo elektroniko, hidravličnih učnih pripomočkov;

1990– 2011 hidravlične sestavine, sistemi in storitve, pnevmatske sestavine in sestavine centralnega mazanja;

2014– hidravlični ventili za odprte in zaprte tokokroge, zavorni ventili, hidravlične naprave, deli za hidravlične motorje in črpalke, hidravlična preskuševališča.

Kot je bilo že navedeno, je tovarno leta 2007, ko je bila v večinski lasti državnih skladov, prevzela francoska skupina Poclain Hydraulics. Namen nakupa je bil povečati razvojne in proizvodne kompetence skupine na področju hidravličnih ventilov. Po koncu velike ekonomske krize v letu 2009 je novi lastnik pričel petletni investicijski cikel v tovarno v Žireh, ki je obsegal vlaganje v razvoj proizvoda, proizvodjalno opremo in infrastrukturo. Obseg vlaganj je znašal približno 13 M evrov.

Rezultat sistematičnega vlaganja je sodobna proizvodjalna oprema za izdelavo delov, montažo in preskuse ter novi proizvodni in logistični prostori. Popolnoma na novo so bili zgrajeni tudi prostori za razvoj in validacijo proizvodov.



Dan odprtih vrat Poclain Hydraulics, d. o. o.: med obiskovalci je bilo zelo veliko mladih



Na dnevu odprtih vrat so bili obiskovalcem predstavljeni izdelki celotne skupine Poclain Hydraulics

Veliko znanja, energije in sredstev je bilo vloženih tudi v reorganizacijo procesa razvoja in izdelave proizvoda. Za to sta bila oblikovana dva posebna projekta, in sicer:

- **vitki razvoj** – Lean product and process development: s tem projektom se vpeljujejo metode, ki vodijo k učinkovitejšemu delu v procesu razvoja in industrializacije proizvoda, končna cilja pa sta nižji stroški razvoja in krajši čas do redne industrijske proizvodnje;

- **proizvodna odličnost:** projekt je v veliki meri povzet po modelu poslovne odličnosti EFQM (European Foundation for Quality Management). S pomočjo sistematičnega pristopa smo v zadnjih letih v celoten proces nastajanja proizvoda vpeljevali naslednje metode dela in organizacije procesa:

- **APQP** – **A**dvanced **P**roduct **Q**uality **P**lanning,
- **VSM** – **V**alue **S**tream **M**apping,
- **5S** – **S**ort, **S**treighten, **S**hine, **S**tandardize, **S**ustaine in **2S** – **S**afety, **S**ecurity,
- **SMED** – **S**ingle **M**inute **E**xchange of **D**ie,
- **LFM** – **L**ean **F**low **M**anagement,
- **1PF** – **O**ne **P**iece **F**low,
- **SIM** – **S**hort **I**nterval **M**anagement,
- **QRQC** – **Q**uick **R**esponse **Q**uality **C**ontrol.

Pri tem nismo pozabili na varnost in varovanje okolja. Prav zadnja investicija je bila namenjena izdelavi centralnega zbirnega mesta za vse odpadke.

Vse to smo lahko izvajali samo z izobraženimi, usposobljenimi in kompetentnimi sodelavci. Tudi vanje je bilo vloženih veliko sredstev.

Po vseh navedenih naporih, vloženih v razvoj tovarne, je napočil čas, da to pokažemo tudi širšemu okolju. Ocenili smo, da smo dosegli, da smo postali globalno popolnoma primerljiva tovarna v panogi in da je prav, da to pokažemo tudi drugim. Priložnost se je pokazala jeseni 2014, ko je tovarna praznovala 65 let obstoja in 27. 09. organizirala dan odprtih vrat.

Tovarna Poclain Hydraulics, d. o. o., je del globalno organizirane in delujoče skupine Poclain Hydraulics. Marketinški in razvojni oddelek tovarne v Žireh delujeta v popolnoma globalnem okolju. Proizvode, vgrajene v druge izdelke ali kot samostojen proizvod, pošiljamo na vse celine sveta. Kljub temu smo se odločili, da dan odprtih vrat organiziramo kot lokalni dogodek. Živimo in delamo v geografsko dokaj zaprtem okolju, iz katerega še vedno črpamo večino človeških virov, zato

je bil ta dan namenjen predvsem temu okolju. Čutili smo dolžnost, da se mu po petnajstih letih ponovno prijazno in ponosno predstavimo. Povabljeni so bili vsi občani, nekdanji zaposleni, lokalni dobavitelji, predstavniki lokalne skupnosti in predvsem naši zaposleni, njihovi sorodniki in prijatelji.

Ogled tovarne so vodili naši inženirji, ki so predstavili celoten proces razvoja in proizvodnje. Trajal je približno eno uro. Po ogledu je bil obiskovalcem ponujen tudi skromen prigrizek. Kdor je hotel, si je lahko ogledal kratek film o zgodovini tovarne. Prvi kadri filma sežejo v začetek 70. let, ko je celoten proces potekal še v preurejeni »zadružniški štali«. Iz tega se je rodila tudi misel tega dne, da je bila to najboljša naložba v »štalo« v Sloveniji. Naključje je hotelo, da je letos ravno petdeset let od odprtja zadružnih hlevov, v katerih so bile baje že takrat »francoske« krave.

Okrog tisoč obiskovalcev nas je obiskalo, kar je močno preseгло naša pričakovanja. Večina od njih je bila predvsem zelo prijetno presenečena nad našo organizacijo dela in poslovnim uspehom, saj ljudje v okolici niso vedeli, kaj vse smo mi počeli vsa ta leta za starimi in novimi zidovi. Mi pa smo bili veseli, da smo jim končno lahko pokazali globalno primerljivo tovarno tudi v Žireh.

Lepi trenutki so že za nami, pred nami pa naporno obdobje, ki ne obeta rasti. Toda Poclain Hydraulics je pripravljen na nove izzive, ki jih prinašajo vse bolj dinamične in nezanesljive tržne razmere.

Mag. Milan Kopač, direktor



Sejem IFAM in INTRONIKA 2015

V organizaciji podjetja ICM Celje je na Celjskem sejmišču od 28. do 30. januarja 2015 potekal sejem IFAM in INTRONIKA 2015 s celovito predstavitvijo stanja tehnike na področju avtomatizacije in mehatronike ter industrijske in profesionalne elektronike. Številni razstavljalci iz Slovenije in treh drugih evropskih držav (Avstrije, Madžarske in Srbije) so predstavili integralne ponudbe izdelkov in tehnologij, zastopniško pa še vrsto poznanih dobaviteljev tovrstne opreme iz več kot dvanajstih drugih držav sveta.



Utrinek iz razstavnih prostorov

Med izdelki in tehnologijami so bila tematsko predstavljena naslednja področja:

- avtomatizacija,
- krmilno-regulacijska tehnika,
- mehatronika,
- merjenje in preskušanje v industriji,
- napajanje (z energijo) – viri in omrežja,
- pogonska tehnika,
- pozicionirni sistemi in vpenjala,
- programska oprema,
- proizvodna informatika,
- računalniški vid,
- raziskave in razvoj,
- robotika,
- senzorika,
- strega in montaža,
- varnostna tehnika,
- vzdrževanje,
- električna vozila,
- mediji in publikacije,
- izobraževalne ustanove
- in združenja (Obrtna zbornica Slovenije, Sekcija elektronikov in mehatronikov).

Vzporedno z razstavami je potekal tudi bogat obsejemski program predavanj. Predstavljeni so bili naslednji prispevki:

- D. Žlaus.: Vpliv digitalizirane Zemlje na naše vsakdanje življenje (Inštitut za računalništvo in informacijske tehnologije),
- A. Zamuda: Satelitska navigacija avtonomnih robotskih morskih sond okoli Kanarskih otokov in optimizacija trajektorij z evolucijskimi algoritmi (Inštitut za računalništvo in informacijske tehnologije),
- P. Planinšič, M. Malajner, D. Gleich: Rudarske tehnike za lokalizacijo in detekcijo objektov (Inštitut za avtomatiko),
- S. Pevec: Mikroobdelava optičnih vlaken s selektivnim jedkanjem (Inštitut za avtomatiko),
- M. Marksel, B. Božičnik: HYPSTAIR: bodoči izzivi na področju majhnih letal (Inštitut za robotiko),
- A. Rojko: Spletno izobraževanje (Inštitut za robotiko),
- D. Verber: Superračunalnik v žepu (Inštitut za informatiko),
- A. Orgulan: Osebo orientirana razsvetljava (Inštitut za močnostno elektrotehniko),
- M. Beković: Merilni sistemi za karakterizacijo magnetnih tekočin v visokofrekvenčnem magnetnem polju (Inštitut za močnostno elektrotehniko).

Na sejmu smo lahko videli izredno bogat razvoj in ponudbo sodobnih senzorjev in merilnikov (tudi domačih podjetij) ter različne moderne

elektronske opreme za industrijsko avtomatizacijo. Pri tem še posebno izstopa ponudba močnostne elektronike, vključno z napajalniki in elementi za gradnjo električnih in elektronskih omrežij. Predstavljeni so bili industrijski roboti vodilnih svetovnih proizvajalcev za vgradnjo v robotizirane obdelovalne in montažne celice. Seveda je bila opazna tudi bogata ponudba opreme za računalniško vodenje in nadzor proizvodnih procesov ter označevanje. Programi sestavin in enot strojniškega dela mehatronike so bili skromni, sicer pa je to predvsem sejem elektronike.

Letos je bila vsebina sejma dopolnjena s predstavitvijo nekaterih srednjih šol, ki spadajo v združenje srednjih šol za mehatroniko. V okviru strokovnega sejma INTRONIKA je bil organiziran tudi 1. Salon električnih vozil z možnostjo demonstracijskih voženj, ki je obogatil program in dogajanje. Že konstantno sodelovanje s FERI iz Maribora pa je v tem letu prineslo dodatne dopolnitve in vsebine.

Sejem je po videnem uspel. Tudi v prihodnjem letu lahko pričakujemo novosti in pestro ponudbo na sejmu IFAM in INTRONIKA 2016, ki ga organizatorji že najavljajo.

*Dr. Mihael Debevec
UL, Fakulteta za strojništvo*

Partnerstvo med podjetjem Daihen Varstroj in Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani

V četrtek, 18. 12., je na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani potekala slavnostna predaja zadnje

generacije vira varilnega toka Welbee P500L Laboratoriju za varjenje. Slavnostno sta vir varilnega toka predala g. Shinya Okamoto, podpredsednik uprave Daihen Varstroj, in prof. dr. Tomoyuki Ueyama, pridruženi podpredsednik Daihen Corporation. Prodekan prof. dr. Mitjan Kalin in vodja laboratorija za varjenje prof. dr. Janez Tušek sta ob prejemu

donacije poudarila velik pomen tovrstnega sodelovanja podjetja in velike možnosti, ki jih prinaša podarjena oprema za pedagoško dejavnost, raziskave in razvoj.

Podelitvi je sledilo predavanje prof. dr. Ueyame z naslovom Varilni postopki in oprema (Welding process and equipment), ki se ga je udeležilo večje število študentov Fakultete za strojništvo in predavateljev. Dogodek je povezoval doc. dr. Damjan Klobčar.

Na sliki od leve proti desni: prof. dr. Mitjan Kalin, UL, FS - prodekan za pedagoško dejavnost II. in III. stopnje, prof. dr. Tomoyuki Ueyama, pridruženi podpredsednik Daihen Corporation, prof. dr. Janez Tušek, vodja Laboratorija za varjenje – UL, FS in Shinya Okamoto, podpredsednik uprave Daihen Varstroj

*Doc. dr. Damjan Klobčar
Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za strojništvo*



VSE ZA VARJENJE IN REZANJE NA ENEM MESTU

NOVO

Certificiranje varilnih izvorov po DIN EN 50504 in DIN EN 60974-4 tudi na terenu



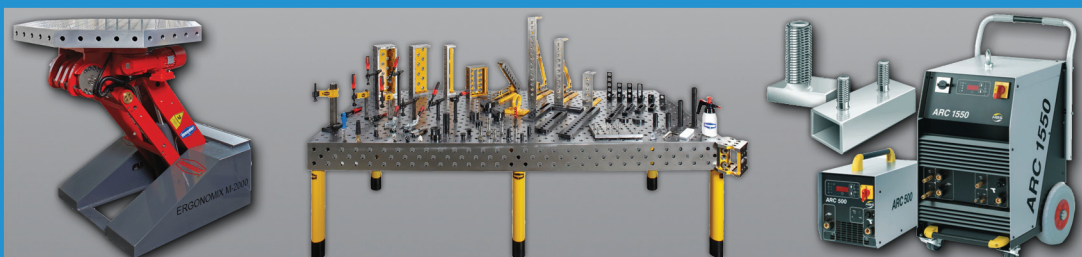
AVTOMATIZACIJA



VARILNI IZVORI



OPREMA



Sodobna in kakovostna oprema je tudi na varilskem področju za slovensko industrijo nujna in potrebna

Janez TUŠEK

Ob vse hitrejšem razvoju novih strojev, opreme in naprav se morajo tudi predstavniki, prodajalci in serviserji te opreme stalno izobraževati in spremljati vse novosti, da jih lahko posredujejo svojim strankam in morebitnim kupcem. Na tem področju je podjetje **Varesi** prav gotovo lahko zgled marsikateremu zastopniku tujih firm. Podjetje Varesi je mlado, prodorno in uspešno podjetje. Svoj uspeh gradijo na trdem delu, na odličnem servisu svojih proizvodov in na konkurenčnih cenah tako proizvodov, ki jih prodajajo kot tudi servisnih storitvah, ki jih sami nudijo.

Spoštovani direktor podjetja Varesi, d. o. o., prosim vas, da za bralce revije VENTIL odgovorite na nekaj vprašanj, da bolje spoznamo vaše zelo uspešno podjetje, njegovo dejavnost, poslanstvo in pomen v slovenskem in globalnem prostoru

Ventil: Prosim, da na kratko predstavite vaše podjetje, njegovo zgodovino, ustanovitelje, dejavnost, število zaposlenih, vaše trge, kupce in podobno. Katere tuja podjetja zastopate in katerim podjetjem oziroma dejavnostim so vaši proizvodi namenjeni?

Peter Veselič: Podjetje Varesi je mlado, ustanovljeno je bilo konec leta 2008 in je specializirano za

dobavo varilne in rezalne opreme. Na samem začetku je bil poudarek bolj na servisiranju varilne opreme kot na prodaji, saj je bilo podjetje ustanovljeno z minimalnim kapitalom. Z vsakodnevnim trdim delom in skrbjo omogočiti stranki nemoten proizvodni proces smo danes eden največjih dobaviteljev varilne opreme na slovenskem trgu. Trenutno imamo že deset zaposlenih, večinoma mlad kader z več kot de-

set let izkušenj na področju varjenja in servisne dejavnosti. Največjo pozornost posvečamo kakovosti izdelkov, servisu, tehnološkim rešitvam in seveda poprodajnim aktivnostim. Ekskluzivno zastopamo v svetovnem merilu vrhunske blagovne znamke, kot so npr.: LORCH – Nemčija, HBS – Nemčija, DEMMELER – Nemčija, PERKEO – Nemčija, CEBORA – Italija, TELWIN – Italija, TRANSLAS – Nizozemska, ..., nekatere od teh tudi na področju bivše države. Naši proizvodi so namenjeni predvsem kovinski industriji, zadovoljimo pa potrebe slehernega kupca.



Kolektiv podjetja Varesi





Lorch-ova nova serija MicorMIG

Ventil: Dejavnost vašega podjetja bi lahko uvrstili v področje spajanja materialov. Prosim vas, pojasnite, katera področja s spajanja materialov pokrivata oziroma katero opremo in za katera področja tržite na slovenskem prostoru.

Peter Veselič: Glavni del predstavlja elektrooblačno varjenje. Za najzahtevnejše kupce ponujamo dve blagovni znamki.

- **LORCH** (Nemčija) je eno najbolj inovativnih podjetij v svetu, znano po svoji zanesljivosti, robustnosti in predvsem po inovativnih varilnih postopkih MIG/MAG (SpeedArc, SpeedPulse, SpeedTwinPulse, SpeedRoot, SpeedCold) za povečanje produktivnosti in patentirani tehnologiji MICOR. Lorch je tudi prvi v svetu predstavil baterijski varilni izvor za varjenje z oplaščeno elektrodo, primeren za dela na težko dostopnem terenu.
- **CEBORA** (Italija) je vodilni proizvajalec v Italiji, znan predvsem po plazemskih rezalnikih, tako prenosnih inverterskih kot izvorih za CNC »Hi Definition« razrez. Visok ugled uživa tudi v avtomobilski industriji (Ferrari, Maserati,

BMW, Mercedes-Benz, Nissan, Maybach, Rover ...).

Z ostalimi znamkami (Telwin, Fimer, ...), ki so tudi cenovno dostopnejše, pokrivamo manj zahtevne kupce

Tržimo tudi opremo za kapacitivno in induktivno varjenje čepov in

vijakov. Tu zastopamo priznanega nemškega proizvajalca HBS.

Manjši del predstavljajo *plamensko varjenje, mehko spajkanje in trdo spajkanje*. Tu zastopamo najstarejše nemško podjetje **PERKEO** s skoraj stoletno tradicijo, ki slovi predvsem po robustnosti in zanesljivosti, saj je oprema ob pravilni uporabi praktično večna.

Ventil: Živimo v kriznih časih, v gospodarski krizi in recesiji. Ste predvsem trgovska organizacija, kar je v kriznih časih še težje. Kako vaše podjetje preživlja ta čas, kako se otapate recesije in kakšen je vaš nasvet za izhod iz gospodarske krize?

Peter Veselič: Podjetje Varesi je bilo ustanovljeno v času največje krize z minimalnim kapitalom. Lahko povem, da je bila to za nas največja priložnost in hkrati izziv, saj se v času krize trgi reformirajo. Kriza velikokrat pripomore k »očiščenju trga«, prekinjajo se stare naveze, nastane določen preplah, posledično postane trg bolj transparenten. Vsako leto beležimo visoko rast in smo v naši panogi najhitreje rastoče podjetje, kar pa ni posledica zadolženosti pri bankah. Naše podjetje nima nobenega kredita,



Cebora

poslujemo preudarno, kar pomeni, da porabimo največ toliko, kot pridelamo. Čeprav nismo obremenjeni z bančnimi krediti, pa smo sami velikokrat v vlogi banke, ko kreditiramo oziroma stojimo ob strani našim kupcem in tudi državi. Lani smo dosegli najvišjo možno bonitetno oceno AAA. Z ureditvijo plačilne discipline in podporo države vsaj pri plačilu DDV-ja bi se stanje v smislu likvidnosti precej izboljšalo, kar bi zagotovo pripomoglo k hitrejšemu izhodu iz krize. Skratka, z doseženimi rezultati smo zelo zadovoljni tudi v tem kriznem obdobju, časa konjunktura še nismo izkusili.

Ventil: Vse razvite države v svetu, Evropska skupnost in tudi Slovenija namenjajo kar nekaj denarja za raziskave in razvoj oziroma za sofinanciranje raziskovalnih projektov. Ali se vaše podjetje prijavlja na javne razpise za raziskovalne projekte, kako je na tem področju uspešno in kaj vi menite o takšnem načinu sofinanciranja raziskovalno-razvojnega dela? Oziroma: kaj na splošno menite o državnih subvencijah podjetjem?

Peter Veselič: Do sedaj nismo sodelovali na takšnih razpisih niti nismo bili deležni kakršnikoli državnih pomoči oziroma subvencij. Kot

ponudnik opreme pa smo uspešno sodelovali v kar nekaj projektih, kjer so bili naši partnerji prejemniki nepovratnih sredstev.

Ventil: V Sloveniji je poznano, da je sodelovanje med univerzitetno sfero in industrijo zelo skromno. Kakšno je vaše sodelovanje z univerzitetnimi in drugimi raziskovalnimi institucijami?

Peter Veselič: Zelo dobro sodelujemo z Inštitutom za varjenje v Ljubljani in Mariboru, kjer imamo dvanajst varilnih aparatov za atestiranje varilcev in njihove interne potrebe. V Ljubljani smo opremili celotno TIG-varilnico z varilnimi izvori LORCH. Lansko leto smo organizirali dvodnevno strokovno ekskurzijo za vse, ki so zaključili šolanje za mednarodnega varilnega inženirja (IWE). Peljali smo jih v podjetje LORCH, kjer smo jim predstavili organizacijo podjetja, potek proizvodnje, praktični preizkus varjenja s posebnimi postopki, ... Za razvedrilo pa smo si ogledali muzej tovarne Mercedes-Benz.

Sodelujemo tudi s Strojno fakulteto v Ljubljani, kjer so razvili poseben postopek notranjega odreza cevi z erozijo (seveda v kombinaciji z našimi varilnimi izvori in nekaterimi šolskimi centri).

Ventil: V vašem podjetju so zaposleni predvsem strokovnjaki s tehničnega področja. Ali v tem času zaposlujete in kakšne kadre glede na smer in stopnjo izobrazbe potrebujete oziroma želite zaposliti?

Peter Veselič: Kot sem že omenil, nas je trenutno že deset zaposlenih. Vsako leto v povprečju zaposlimo vsaj enega človeka. Tudi v letošnjem letu nameravamo okrepiti ekipo. Iščejo predvsem mlad kader, strojne tehnike oziroma inženirje, samostojne komercialiste za delo na terenu. Glede na to, da iščejo predvsem mlad kader, je težko najti že izoblikovan profil s tehničnim znanjem in veščinami v prodaji. Največji poudarek dajemo tehničnemu znanju in praksi, zato



Lorch – kalibrirna enota

posvetimo veliko pozornost tudi dodatnemu izobraževanju kadrov.

Ventil: Samo slovenski trg je za vsako uspešno podjetje premajhen. To še posebno velja za podjetja, ki tržijo tehnični proizvod. Kje so vaši trgi in kupci? Kako osvajate trge v tujini?

Peter Veselič: Naše podjetje naredi več kot 90 % realizacije na domačem trgu. Kot ste omenili, tržimo tehnične proizvode, namenjene industriji, za katere je pomembno, da brezhibno delujejo in ne ustavljajo proizvodnega procesa. Reakcijski časi so tu ključnega pomena. Trenutno z obstoječo strukturo ne moremo zagotavljati enake servisne podpore na tujih trgih. Zaenkrat smo prisotni le na hrvaškem trgu, kjer ekskluzivno zastopamo blagovno znamko Cebora, tu in tam pa dobimo naročilo iz drugih držav. Tega je zelo malo.

Ventil: V današnjem času brez inovacij, patentov in izboljšav dolgoročno ne more preživeti nobeno podjetje. Kako vi vodite to področje, kako motivirate zaposlene, ali delate tudi na področju inovacij in izboljšav pri vas v podjetju in pri strankah?

Peter Veselič: Glede inovacij in izboljšav v podjetju je pomemben konstanten dialog med zaposlenimi. Vsaka ideja je lahko pomembna in jo je potrebno pretehtati. V podjetju Varesi se dnevno pogovarjamo o tem, kako izboljšati sistem znotraj samega podjetja, kako optimizirati proizvodni proces naših kupcev, izbirati opremo za boljše in hitrejše delovanje. Vsak predlog vzamemo resno in ga skrbno preučimo.

Pomembno je, da vsak od zaposlenih čim bolj osredotočeno opravlja svoje delo, da je izobražen tako v teoretičnem kot v praktičnem smislu in da svoje delo opravlja z veseljem. Če človeka nekaj veseli, bo to delo opravljal kvalitetno in posledično pripomogel k rasti tako podjetja kot osebnostno. Stremimo k temu, da je delo dinamično in zanimivo.



Lorch robot

Vse več smo prisotni tudi na področju avtomatizacije varilnih/rezalnih procesov, kjer je ravno tako pomemben odnos z našimi dobavitelji. S skupnimi idejami in izmenjavo izkušenj smo uspešno zaključili že kar nekaj velikih projektov.

Izpostavil bi tudi, da poskušamo čim bolj optimizirati in izkoristiti programsko opremo. S pravilno uporabo lahko prihranimo veliko časa in denarja.

Ventil: Zagotavljanje kakovosti je v vseh dejavnostih močno povezano z raznimi certifikati, atesti, dovoljenji in podobno. Vrednost vseh teh »papirjev« je v največji meri odvisna od ugleda institucije, ki jih izda. Kako je to rešeno v vašem podjetju? Katere »papirje« imajo vaši proizvodi, ki jih tržite?

Peter Veselič: Seveda poleg vsakega prodanega izdelka predložimo vso potrebno dokumentacijo. Recimo poleg vsakega varilnega aparata priložimo slovenska navodila o uporabi izdelka, izjavo o skladnosti in izpolnjeno garancijsko izjavo. Več dokumentacije je običajno predložene ali zahtevane pri artiklih, ki so povezani z zaščito in zdravjem uporabnika.

Lahko se pohvalimo, da imamo trenutno najsodobnejšo napravo za kalibriranje varilnih izvorov. S to napravo opravimo tako varnostni pregled varilnega izvora po standardu DIN EN 60974-4 kot kalibracijo po standardu DIN EN 50504, za katere izdamo tudi certifikat v slovenskem jeziku. Storitve opravljamo v podjetju Varesi in tudi na terenu.

Ventil: Glede na to, da se na slovenskem trgu soočate z močno konkurenco in da ste predstavnik relativno nove tuje znamke virov varilnega toka, vas prosim, da pojasnite, kaj so vaše prednosti v primerjavi s konkurenco in mogoče kaj slabosti.

Peter Veselič: Kot našo največjo prednost pred konkurenco bi izpostavil del naše vizije, da poskušamo stranki ponuditi vse, kar dnevno potrebuje za brezhibno delovanje proizvodnje. To pomeni, da ne ponujamo samo opreme za varjenje in rezanje, kar je naša primarna dejavnost, ampak tudi zaščitno opremo, ročno orodje, tehnične pline, stroje za obdelavo kovin, ... Kar pomeni, da predlagamo, a ne vztrajamo samo pri določenih artiklih in blagovnih znamkah, temveč se poskušamo prilagajati tržišču. Po čemer stranka povprašuje, mi dobavimo.

Še bolj pomembna kot sama prodaja pa je poprodajna aktivnost na terenu. Pri nas pravimo, da s stranko dihamo. To pomeni, da poleg dobave opreme stranki nudimo kvaliteten in cenovno ugoden servis. Da sam servis stranki ne predstavlja večjega stroška, saj v večini primerov elektroniko popravimo, je ena naših glavnih prednosti. Poleg tega pa izvajamo tudi rešitve na področju same tehnologije varjenja, obsežne predstavitve in učenje varjenja.

Blagovna znamka varilnih izvorov LORCH je res nova na slovenskem

tržišču, saj jo zastopamo šele dobri dve leti. Gre za eno vodilnih podjetij v Nemčiji z več kot 60-letno tradicijo. Do pred petnajstimi leti so delovali predvsem na tržišču Nemčije, Švice in Avstrije. Kot prednosti lahko še enkrat omenim zanesljivost, robustnost, inovativnost in patentirane varilne postopke za povečanje produktivnosti (SpeedArc, SpeedPulse, SpeedTwinPulse, SpeedRoot, SpeedCold) in triletno tovarniško garancijo na vse komponente, brez drobnega tiska, kar pet let pa na glavni usmerniški del in transformator. V dveh letih smo

dosegli odlične rezultate, naši kupci pa so ponosni, ker uporabljajo varilne izvore LORCH.

Ventil: Spoštovani direktor, v imenu bralcev revije Ventil se vam zahvaljujemo za vaše odgovore in vam želimo še veliko uspehov pri vašem nadaljnjem delu.

Prof. dr. Janez Tušek
Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za strojništvo



Univerza v Mariboru
Fakulteta za Strojništvo
Laboratorij za Oljno Hidravliko



University of Maribor
Faculty of Mechanical Engineering
Oil Hydraulics Laboratory

MARIBOR, 17. & 18. SEPTEMBER 2015

jubilejna mednarodna konferenca

Fluidna Tehnika 2015

Vabilo

Mednarodna konferenca Fluidna Tehnika 2015 je osrednji bienalni strokovni dogodek s področja hidravlike in pnevmatike v Sloveniji in JV delu Evrope. Z že 20 letno tradicijo je brez dvoma pravi barometer dogajanja na področju uporabe te tehnike pri nas in v svetu.

Poslanstvo konferenc FLUIDNA TEHNIKA je predstaviti nova spoznanja in dosežke domačih in tujih strokovnjakov, pospešiti prenos najnovejših raziskovalno-razvojnih dosežkov ter spoznanj v vsakodnevno prakso, kot tudi predstaviti nove proizvode in storitve z vseh področij tehnike, kjer sta prisotni hidravlika ali pnevmatika.

Vabimo vas, da kot avtor prispevka, kot razstavljaivec ali kot pokrovitelj konference najavite svoje sodelovanje.

Podrobnejše informacije o konferenci, tematikah, okvirnem programu in spremljajočih dogodkih, kot tudi vse informacije o načinu prijave, lahko najdete na domači spletni strani konference.

jubilee international conference

Fluid Power 2015

Invitation

The International Fluid Power 2015 Conference is a two day event which is, by its content, intended for all those professionally-involved with hydraulic or pneumatic power devices.

The gathering of internationally-recognised experts at this conference in Maribor has been a tradition since 1995, and is organised by the Faculty of Mechanical Engineering at the University of Maribor.

The main purpose of the conference Fluid Power is to introduce the latest achievements and results of research and development work, to offer insights into daily practice, as well as to present new products and services over a wide-range of applications.

We would like to invite you to participate as an author, exhibitor or sponsor of the conference.

Visit the conference web-site for more information.



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

9. bienalna konferenca: Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu

Konferenca bo

Vabilo

Organizatorja:

Društvo avtomatikov Slovenije
Univerza v Mariboru, FERI

9. in 10. aprila 2015
v Mariboru

Vabimo vas na bienalno konferenco Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu AIG'15, ki jo s pomočjo članov društva in pokroviteljev konference organizira Društvo avtomatikov Slovenije v sodelovanju z Inštitutom za avtomatiko na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Konferenca AIG je osrednji dogodek vseh avtomatikov v Sloveniji. Stalni cilj konference AIG je skrb za strokovno rast avtomatikov in avtomatike kot stroke. Pri tem je pomembno, da dajemo priložnost predvsem strokovnjakom in razvojnim ter raziskovalnim skupinam iz gospodarstva, da predstavijo svoje strokovne rezultate in se primerjajo s kolegi ter s partnerji. To je posebej pomembno, ker želimo pospešiti prenos in diseminacijo znanja ter dvigniti delež visoko tehnološko razvitih rešitev v končnih izdelkih. Teme predavanj bodo osredotočene na avtomatizacijo industrijskih obratov, avtomatizacijo poslovnih zgradb, hiš in objektov, avtomatizacijo v logistiki in prometu ter avtomatizacijo v energetiki. Na konferenci bomo poslušali vabljena predavanja domačih in tujih strokovnjakov kakor tudi strokovna in znanstvena predavanja ostalih udeležencev. Oba dneva bo potekala razstava pokroviteljev, na kateri pričakujemo okoli 200 udeležencev in 20 podjetij.

Predsednik konference:

prof.dr. Boris Tovornik

O organizatorju

Društvo avtomatikov Slovenije je bilo ustanovljeno leta 1989 z namenom prispevati k razvoju in napredku avtomatike kot znanstveno-tehnične discipline, skrbeti za dvig strokovne ravni svojih članov, stimulirati zanimanje javnosti za avtomatiko s pomočjo različnih medijev in sredstev sodobnih komunikacij, vzpodbujati vzgojo kadrov s področja avtomatike in sodelovati pri načrtovanju vzgojno-izobraževalnih programov, vzpodbujati sodelovanje raziskovalnih institucij, univerz, delovnih organizacij in posameznih strokovnjakov pri strokovnih raziskavah s področja avtomatike, poglobljati sodelovanje med člani društva ter sodelovati z drugimi strokovnimi organizacijami doma in v tujini, vzpodbujati intenzivnost izumiteljstva, racionalizatorstvo, konstruktorstvo, tehnično ustvarjalnost in raziskovalno dejavnost ter podpirati objavljane strokovnih člankov in izdajanje strokovne in znanstvene literature s področja dejavnosti društva.

Izvedba konference

Prvi dan je namenjen predavanjem in razpravi o izkušnjah s pridobivanjem sredstev iz fondov EU s primeri dobre prakse, ki so nastali na tej osnovi. Nadaljevali bomo z okroglo mizo in jo zaključili s podelitvijo nagrad za najboljša diplomska dela, ki jih podeljuje tehnološka mreža Tehnologija vodenja procesov. Hkrati bo potekala predstavitev študentskih člankov in v nadaljevanju borza kadrov, na katero bomo povabili študente z univerz v Ljubljani in Mariboru.

Zaključek prvega dne bo skupna večerja in družabno srečanje s podelitvijo nagrade za najboljši študentski članek.

Drugi dan je namenjen predstavitvam člankov s področja avtomatike, robotike, mehatronike in industrijske informatike.

Časovni mejniki

Prijava prispevkov (naslov članka in povzetek): 15. 1. 2015

Obvestilo o izboru: 1. 2. 2015

Oddaja člankov: 1. 3. 2015

Prijava udeležbe: do začetka konference

Cenik konference

Kotizacija za udeležence: 200 EUR

Vključuje: vstop na predavanja, ogled razstave, večerjo in družabno srečanje na prvem dnevu konference, zbornik referatov in priložene materiale.

Za prijave in informacije smo vam na voljo:

dr. Boris Tovornik, boris.tovornik@guest.um.si, tel. 041 742 327
dr. Nenad Muškinja, nenad.muskinja@um.si, tel. 02 220 7162
ali na spletu: <http://www.aig.si/15>

Osem let uspešnega sodelovanja z Institutom Jožef Stefan

Leta 2006 je Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije uspel veliki met, saj se je povezala z Institutom Jožef Stefan, našim največjim znanstvenoraziskovalnim inštitutom v Sloveniji. O tem za drobno gospodarstvo pomembnem koraku smo se pogovarjali s pobudnikom povezovanja med gospodarstvom in znanostjo Janezom Škrlecem, predsednikom odbora za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije in dolgoletnim članom Sveta za znanost in tehnologijo RS.

Zdelo se je nemogoče, da bi se lahko povezali z Institutom Jožef Stefan

Janez Škrlec se spominja leta 2005, ko so stekli prvi pogovori med Obrtno-podjetniško zbornico Slovenije in Institutom Jožef Stefan o možnosti medsebojnega sodelovanja: »Na svojo pobudo sem se takrat srečal z vrhunskim znanstvenikom Instituta Jožef Stefan **prof. dr. Draganom Mihailovićem** in mu izrazil željo, da bi začeli sodelovati na področju novih materialov in nanotehnologije. Na veliko presenečenje je profesor

Mihailović moj predlog z navdušenjem sprejel in ga podprl ter me nemudoma predstavil žal danes že pokojni znanstvenici prof. dr. Mariji Kosec, takratni vodji odseka K5 (za elektronsko keramiko). Koščeva je v tistem času vodila tudi znanstveni svet IJS in je veljala za veliko podpornico povezovanja znanosti in gospodarstva. Ob podpori, ki sem jo dobil od omenjenih dveh znanstvenikov, sem imel odprto pot tudi do direktorja Instituta Jožef Stefan **prof. dr. Jadrana Lenarčiča**. Prav on pa je bil tisti, ki je lahko odločil, ali bo do sodelovanja na nivoju celotnega inštituta sploh prišlo ali ne? Leta 2006, torej natanko pred osmimi leti, je prišlo na nek način do zgodovinskega podpisa dogovora o sodelovanju med Institutom Jožef Stefan in Obrtno-podjetniško zbornico Slovenije. V teh letih je bilo sodelovanje zelo intenzivno, saj smo skupaj uspešno izvedli več kot 50 strokovnih dogodkov in različnih srečanj. Med uspešnejše dogodke zagotovo sodijo nanotehnološki dnevi. Odlično sodelovanje pa je v teh letih bilo tudi na skupnih sejamskih predstavitev. Leta 2013 in 2014 smo skupaj prejeli celo srebrno in zlato priznanje Celjskega sejma v okviru mednarodnega sejma MOS.

Naše sodelovanje se je prav s pomočjo Instituta Jožef Stefan razširilo še v Center odličnosti Namaste in Center odličnosti za nanoznanost in nanotehnologijo Nanocenter. Kljub dobrim rezultatom našega sodelovanja pa je bilo tudi veliko ovir in različnih preprek, ki so že nekakšna stalnica v Sloveniji na področju povezovanja gospodarstva in znanosti. Po osmih letih smo na točki, ko bo sodelovanje potrebno še nadgraditi, za uspešnost tega procesa pa bo potrebna celovita podpora, tako znotraj OZS kot v Institutu Jožef Stefan in širše. Učinkovito sodelovanje med gospodarstvom in znanostjo je namreč ključnega pomena za razvoj celotne slovenske družbe. Sam se zavedam, da bo uspešnost sodelovanja gospodarstva in znanosti tudi v prihodnje precej odvisna od posameznikov, ki imajo vizijo in so za skupno dobro pripravljeni žrtvovati veliko truda, energije in časa. Na strani Instituta Jožef Stefan je to zagotovo direktor profesor Jadran Lenarčič, ki mu gre vsekakor posebna zahvala. V teh letih pa se je izjemno izkazala tudi prof. dr. Maja Remškar in še nekateri drugi. Na strani OZS pa je to seveda odbor za znanost in tehnologijo, ki letos prav tako obeležuje 8 let uspešnega delovanja. Svojevrstno podporo navedenim aktivnostim pa dajejo tudi mediji, še zlasti revija Ventil, IRT 3000 in drugi,« zaključuje naš sogovornik Janez Škrlec.

OZS uspešno sodeluje tudi z drugimi

Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije sodeluje tudi z Univerzo v Mariboru, še zlasti s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko. Dobro sodeluje tudi s Fakulteto za elektrotehniko in Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani, Univerzo v Novi Gorici in s Kemijskim inštitutom v Ljubljani ter Nacionalnim inštitutom za biologijo.

www.ozs.si



Direktor Instituta Jožef Stefan prof. dr. Jadran Lenarčič (na sliki desno) se pogosto udeležuje skupnih dogodkov, ki jih organizirata OZS, Institut Jožef Stefan in še drugi partnerji

V spomin direktorju Kemijskega inštituta prof. dr. Janku Jamniku

Pretreseni in globoko užalosteni smo sprejeli novico o tragičnem dogodku, v katerem je umrl direktor Kemijskega inštituta **prof. dr. Janko Jamnik**.

Šele dve dobri leti minevata, odkar je Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije na pobudo odbora za znanost in tehnologijo uspela podpisati dogovor o medsebojnem sodelovanju. Dogovor o sodelovanju je za Kemijski inštitut podpisal prav profesor Jamnik, ki je verjel v možnost dobrega sodelovanja med obrtništvom, podjetništvom in znanstveno sfero. Kot predsednik odbora za znanost in tehnologijo pri OZS sem pred nekaj leti navezal prve stike s Kemijskim inštitutom. Profesorja Jamnika sem poznal kot velikega in cenjenega znanstvenika, ki se je vrnil iz Max Planckovega inštituta. V nekaj letih pa sem ga spoznal kot zelo prijetnega, iskrenega človeka, ki ni skrival naklonjenosti in simpatij do gospodarstva. Izjemno pozitiven odnos je imel tudi do obrtništva in pomena povezovanja gospodarstva in znanosti. V zadnjih štirih letih se je redno udeleževal naših skupnih strokovnih dogodkov, kot so bili nanotehnoški dnevi, srečanja gospodarstva in znanosti. Udeleževal



Prof. dr. Janko Jamnik kot slavnostni govornik na Nanotehnoškem dnevu Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije

se je tudi naših skupnih sejmskih predstavitev na sejmiših LOS v Ljubljani in mednarodnih sejmiših MOS v Celju. Z velikim navdušenjem je pohvalil naše sodelovanje na sejmu MOS, ko smo prejeli srebrno in zlato priznanje. Pogosto je bil slavnostni govornik na srečanjih gospodarstva in znanosti in na nanotehnoških dnevih. V mnogih razgovorih, ki sva jih imela, je poudarjal prav pomen malih in mikropodjetij. Verjel je, da lahko le s skupnimi močmi Slovenijo povlečemo iz krize. Zavedal se je, da znanost ni sama sebi namen, ampak

je največji dosežek vsake družbe, da se znanje, inovacije in znanstveni dosežki implementirajo v gospodarstvu kot proizvodi ali storitve z visoko dodano vrednostjo. Znanost in gospodarstvo sta izgubila velikega človeka, odbor za znanost in tehnologijo pri OZS pa velikega zaveznika povezovanja znanosti, obrti in podjetništva. Prof. dr. Janko Jamnik bo ostal globoko v našem spominu

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

Dan odprtih vrat na Institutu "JOŽEF STEFAN"

Sobota, 28. marec 2014, 9.00–14.00

Vabimo vas, da se udeležite dneva odprtih vrat na Institutu "Jožef Stefan", kjer boste izvedeli več o delu in sestavi Instituta, raziskovalci pa vam bodo predstavili dejavnosti posameznih laboratorijev.

Obiskovalce vabimo, da se ob polni uri (ob 9^h, 10^h, 11^h, 12^h in 13^h) zberejo pri vratarju na glavnem vhodu IJS (Jamova 39 – Vič – ali Reaktorski center v Podgorici – Brinje) in si izberejo in ogledajo enega od programov ogledov laboratorijev Instituta, ki traja eno uro.

Vsako polno uro od 10^h do 13^h bo organiziran brezplačen prevoz (odhod z Jamove 39) na Reaktorski center – enota IJS v Podgorici, kjer si bodo obiskovalci lahko ogledali pospeševalnik, laboratorije Odseka za znanosti o okolju in razstavo o jedrski tehnologiji.

Več informacij: www.ijs.si/ijsw/DOV/marec/

Pred velikimi tehnološkimi izzivi

V naslednjih letih nas čaka izjemno veliko tehnoloških novosti, čeprav o kakšni tehnološki singularnosti še zdaleč ne bomo govorili. Zagotovo pa bomo v naslednjih letih pričali izjemnim dosežkom na področju informacijsko-komunikacijskih in proizvodnih tehnologij, povečani industrijski avtomatizaciji in robotizaciji, razvoju in uporabi interneta stvari, razvoju novih pametnih materialov, nanotehnoloških produktov, razvoju 4D-tiskanja ipd.

Inteligentni objekti

Danes uporabljamo vedno več različnih tehnologij v sodobnih bivalnih in poslovnih prostorih, skladiščih in transportnih objektih. Te tehnologije so: klimatske naprave in prezračevalni sistemi, varovanje in zaščita objektov, razsvetljava, multimedijske tehnologije in drugo. Doslej so bili ti sistemi običajno slabo povezani med seboj in so pogosto ustvarjali težave pri delovanju, usklajevanju, upravljanju in vzdrževanju. Veliko težav je bilo povezanih tudi z različnostjo tehnologij in pomanjkanjem potrebnih standardov. V naslednjih letih bomo pričali večjemu usklajevanju tehnologij in uvajanju enotnejših standardov, predvsem pa bodo slovenski standardi skoraj povsem harmonizirani z evropsko zakonodajo. S tem bomo zagotovili večji pretok informacij, bolj funkcionalne naprave in sisteme, ki bodo vodili v celostni pristop in v graditev različnih inteligentnih objektov.

Hitrejši razvoj električne mobilnosti

Vse bolj se krepí optimizem za doseganje zastavljenega cilja, po katerem bo leta 2020 na svetovnih cestah 20 milijonov električnih avtomobilov. Lani se je prodaja električnih avtomobilov globalno podvojila. Ob tem so se na določenih trgih električni

avtomobili uveljavili do te mere, da dosegajo že povsem zgledne prodajne deleže. V Sloveniji se bo v naslednjih letih razširila proizvodnja komponent za izdelavo električnih vozil, predvsem elektromotorjev, mehatronskih sklopov in akumulatorjev. Pričakujemo lahko, da se bo Slovenija intenzivno odzvala tudi v proizvodnji drugih pomembnih gradnikov električnih vozil in razvoju celovite mreže električnih polnilnic.

Generator razvoja bo avtomobilska industrija

Pomemben generator razvoja bo zagotovo avtomobilska industrija. Ker je Slovenija močno povezana s tujo avtomobilsko industrijo, predvsem kot pomemben dobavitelj posameznih sklopov in sestavnih delov, bo razvoj v naslednjih letih šel predvsem v smeri informacijske podpore logističnim procesom v proizvodnih podjetjih in informacijskim rešitvam

za povečanje učinkovitosti proizvodnje. V zaostrenih pogojih poslovanja na mednarodnih trgih je vedno več zahtev po sledenju izdelkom, in to skozi njihov celotni življenjski cikel, predvsem zaradi izpolnjevanja specifičnih zahtev branže, okoljskih zahtev tehnološkega izdelka in velikokrat eksplicitne zahteve kupca. V prihodnjih letih bo tako poudarek na uvedbi informacijsko podprtega spremljanja izdelka, kar pomeni, da se bodo razvili standardni gradniki za avtomatsko identifikacijo izdelka, tehnološke rešitve za sledenje izdelka po njegovi distribucijski poti. Razvile se bodo kompleksne informacijske rešitve sledenja izdelka skozi njegov celotni življenjski cikel, ki bodo integrirane v poslovnoinformacijske sisteme podjetij. Nesporno bo izjemno velik poudarek na povečanju učinkovitosti, konkurenčnosti, zanesljivosti in varnosti proizvodnih procesov. Ko pogledamo v tehnološko prihodnost, nam je seveda jasno, da je pred nami tudi nova doba ra-



Tehnološki razvoj na nekaterih področjih prehiteva celo napovedi tehnoloških analitikov

čunalništva, še zlasti nesluten tehnološki napredek mobilnega računalništva, kognitivnega računalništva v oblaku. Ne moremo si zatiskati oči pred dejstvom, da bo vse to vplivalo na razvoj novih poslovnih modelov in povsem drugačno uporabo informacijskih rešitev, tudi v Sloveniji. Ni skrivnost, da inovacije, ideje in razvoj sodobne programske opreme omogočajo povsem nove pristope pri ustvarjanju poslovne vrednosti.

4D-tiskanje veliko obeta

Na splošno lahko rečemo, da 4D-tiskanje poskuša kombinirati pametne materiale s 3D-tiskanjem. V proizvodnji bi to pomenilo, da lahko prilagodimo in spremenimo obliko, smer in lastnosti oblikovanja. Pri 4D-konceptu je 3D-tiskanju dodan še element časa. Vse predelovalne panoge bodo v prihodnje dodale ta element v proizvodnjo oziroma ga bodo poskušale vključevati v proizvodni proces. Prav tako že danes skoraj vse industrije vsaj razmišljajo o pametnih materialih. 4D-tiskanje je v osnovi 3D-tiskanje, izdelek pa je natisnjen predmet, ki je sposoben samostojne

sestave ali preoblikovanja glede na čas in spremembe v okolju, v katero je postavljen. Glavni nosilci razvoja 4D-tiska prihajajo iz medicinskih krogov, saj je 3D-tisk z živimi celicami, ki po tiskanju rastejo, po definiciji prav 4D-tiskanje. Dostopnost različnih materialov že nekaj časa omogoča širok nabor funkcionalnosti natisnjenih predmetov. 4D-tiskanje omogoča prvi vpogled v programljivost materialov s poenostavljenim postopkom proizvodnje in pasivno energetsko transformacijo. Učinkovitost 4D-tiskanja se bo povečala tudi z uporabo novih pametnih materialov in nanotehnologije.

Poudarek bo na razvoju novih izdelkov

Do leta 2020 lahko pričakujemo, da se bo Slovenija še bolj učinkovito vključila v razvoj in izdelavo novih tehnoloških izdelkov, kot so pametni senzorji, specialni mehatronski sistemi in namensko razviti in izdelani krmilniki. Razvoj mehatronskih sistemov v avtomobilski industriji narekujejo vse večje zahteve po zanesljivosti, udobju, varnosti, ener-

getski učinkovitosti in ekologiji. V Sloveniji lahko v naslednjih letih pričakujemo intenzivnejšo uporabo pametnih materialov in nanomaterialov. Pričakujemo lahko še intenzivnejši razvoj elektroklorikov in že prve tovrstne izdelke, predvsem kot gradnike hladilno-grelnih sistemov.

Slovenija ima veliko znanja, uspešno sledi tehnološkemu trendu. Njena največja težava je neprilučno poslovno okolje, preveč obdavčeno delo, premalo namenskega financiranja razvoja v nove izdelke in storitve z visoko dodano vrednostjo ter premalo povezovanja med gospodarstvom in znanostjo. Če Slovenija ne bo takoj razbremenila gospodarstva, bodo nove tehnologije in tehnološki razvoj odšli v tujino. Z njimi pa bodo odšli tudi najboljši kadri. Slovenija bo v naslednjih letih uspešna, če bodo izpolnjeni pogoji, da bodo podjetja lahko razvijala nove izdelke in posodabljala proizvodnjo ter zaposlovala izobražen inženirski kader.

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



Komunikacijski sistem LabVIEW prinaša revolucijo na področje brezžičnih prototipov za programsko določene radijske sisteme

Podjetje NI (Nasdaq: NATI), ponudnik rešitev, ki inženirjem in znanstvenikom pomagajo pri reševanju največjih inženirskih izzivov na svetu, je napovedalo programski paket *LabVIEW Communications System Design Suite*, ki združuje strojno opremo za *programsko določene radijske sisteme (SDR)* s celovitim postopkom načrtovanja, kar inženirjem omogoča izdelavo prototipov sistemov 5G.

Prototipe brezžičnih sistemov so prej načrtovale ločene razvojne ekipe z različnimi razvojnimi orodji. Okolje LabVIEW Communications omogoča celotni ekipi, da idejo od algoritma do naprave *FPGA* razvije v obliki ene visokonivojske predstavitve. Ta pristop daje načrtovalcem

svobodo, da se posvetijo inovacijam in ne izvedbi, kar povečuje hitrost in kakovost njihovih prototipov.

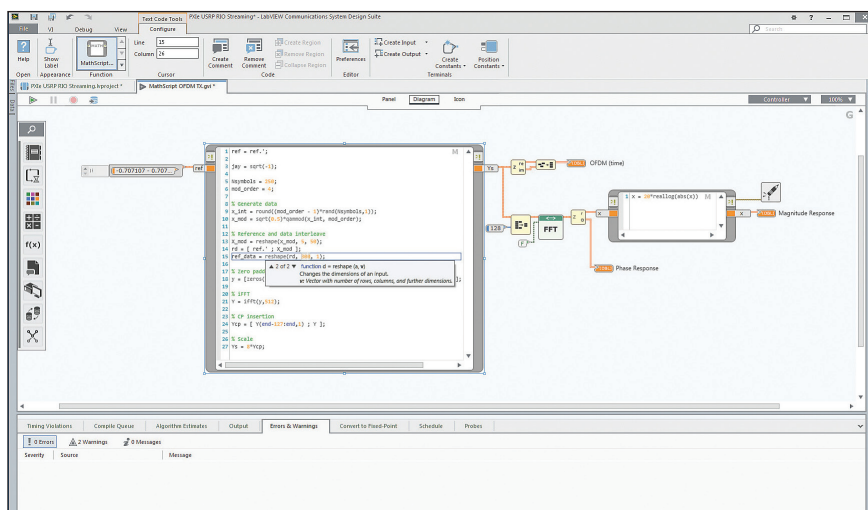
»Nenasitno povpraševanje brezžičnih uporabnikov po pasovni širini je brezžično skupnost prisililo v intenzivno iskanje novih načinov povečevanja zmogljivosti omrežij,« je dejal Gerhard Fettweis, predsednik oddelka Vodafone na Tehnični univerzi v Dresdnu. »V TU Dresden se veliko ukvarjamo z raziskavami sistemov 5G, pri tem pa uporabljamo integracijo strojne in programske opreme, ki jo ponuja podjetje NI. Z našim sodelovanjem in uporabo platforme NI so raziskovalci iz TU Dresden bistveno skrajšali čas prehoda od koncepta do prototipa. Delujoči prototip smo imeli že v šestih tednih. V preteklosti bi nam tak postopek z uporabo drugih standardnih orodij vzel več kot dve leti.«

Jessy Cavazos, direktorica za industrijsko preizkušanje in merjenje v podjetju Frost & Sullivan, pravi: »SDR je zdaj standard za izdelavo prototipov brezžičnih sistemov naslednje generacije. Z dodajanjem naprav *FPGA* v arhitekturo *x86* se je povečala prilagodljivost platforme, vendar pa se je s tem povečala tudi potreba po posebnih znanjih in orodjih. Okolje LabVIEW Communications izkorišča obstoječo IP skupaj z algoritmi v jezikih C in .m, tako da lahko načrtovalci vedno izberejo pravi jezik za pravo nalogo v istem razvojnem okolju.«

Programski paket LabVIEW Communications je optimiziran za platformo SDR, saj ima strojni opremi prilagojeno okolje, ki omogoča obvladovanje fizične konfiguracije, strojnih omejitev in dokumentiranja sistema v funkcionalnem dia-



Paket LabVIEW Communications System Design Suite, ki združuje strojno opremo za programsko določene radijske sisteme (SDR) s celovitim postopkom načrtovanja, kar inženirjem omogoča izdelavo prototipov sistemov 5G



Okolje LabVIEW Communications omogoča celotni ekipi, da idejo od algoritma do naprave FPGA razvije v obliki ene visokonivojske predstavitve

gramu programske opreme. S tem se prilagodljivost strojne opreme pridruži programski opremi, tako da imajo načrtovalci dostop do vseh delov platforme SDR. Tako globoko integrirana rešitev pomaga načrtovalcem doseči optimalno zmogljivost, saj odpravi potrebo po ročni preslikavi algoritmov med različnimi strojnimi arhitekturami.

»Programski paket LabVIEW Communications vključuje vgrajena aplikacijska ogrodja za WiFi in LTE, ki omogočajo načrtovalcem brezžičnih prototipov, da se posvetijo inovacijam na posameznih delih obstoječih standardov in ne oblikovanju celotnega novega algoritma,« je povedal James Kimery, direktor za RF in komunikacije v podjetju

NI. »Določenim akademskim in industrijskim raziskovalcem v našem programu vodilnih uporabnikov je uspelo čas do izvedbe potrjenega prototipa skrajšati na polovico.«

Shelley Gretlein, direktorica trženja programske opreme v podjetju NI, dodaja: »Število brezžičnih naprav še vedno eksponentno raste kljub omejitvam obstoječih orodij za izdelavo prototipov. Programski paket LabVIEW Communications pomaga premostiti vrzel med trenutno izvedbo tehnologije 4G in prihodnjimi standardi 5G, ki jih je treba še doreči. Podjetje NI stalno vnaša inovacije v svojo platformo SDR, ki jo sestavljata prilagodljiva strojna oprema in zmogljiva programska oprema za izdelavo prototipov, tako da bomo omogočili nastanek komunikacijskih sistemov nove generacije.«

Tehnične podrobnosti lahko vidite na naslovu: www.ni.com/labview-communications

<http://slovenia.ni.com/>

HYDROTECHNIK



MERILNE NAPRAVE



MERILNI PRIKLJUČKI



TIPALA

TEHNIČNA DOVRŠENOST V MERILNI TEHNIKI

la&co

Sinergija premikanja!
Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.

LA & Co d.o.o.
Limbuška cesta 42
2000 Maribor
Tel.: 02/42-92-660
www.la-co.si

COPA-DATA je prejela certifikat SIL 2

COPA-DATA je prejela certifikat Safety Integrity Level 2 (SIL 2 – Nivo integritete varnostnega sistema 2) in tako izpolnjuje zahteve v skladu z mednarodnim standardom IEC 61508 za zanesljivost varnostnih funkcij in operativnih zmogljivosti. Podjetja, ki uporabljajo zenon, lahko pridobijo certifikat SIL 2 za svoje sisteme in infrastrukturo. Ta certifikat je izvedel TÜV SÜD kot neodvisna tretja oseba.



Safety Integrity Level (SIL) služi za oceno zanesljivosti in varnosti električnih, elektronskih in programabilnih elektronskih sistemov. SIL opredeljuje potencialno nevarnost, ki izhaja iz ljudi, sistemov in procesov, ter merila za zahtevano varnost glede na nevarnosti. Obstajajo štiri varnostne stopnje, pri čemer ima stopnja 4 najvišjo integritetno varnost in stopnja 1 najnižjo. Specifikacije in koncepti delovanja sistemov, ki so povezani z varnostjo, temeljijo na standardu IEC 61508, in izhajajo iz različnih delno industrijsko specifičnih norm, kot je EN 50129 za železniške aplikacije.

Zmanjševanje tveganj, izboljšanje varnosti

Varnostne funkcije služijo za zaščito ljudi, okolja in sredstev, izognitev motnjam v delovanju in proizvodnji. Tipične varnostne funkcije so: izklop v sili, off stikala ali spremljanje nevarnih gibanj. Če podjetja delujejo z opremo in funkcijami, povezanimi z varnostjo, morajo določiti »nivo

integritete varnostnega sistema« za posamezne varnostne funkcije z analizo možnih nevarnosti. V to analizo sta vključena odpoved in obnašanje napake sistema, na primer: ali je redundantnost sistema vključena v zasnovo sistema. Glede na določitev SIL lahko inženirji v tovarni izberejo primerne komponente in sisteme za njihovo opremo, ki ustrezajo ravni varnostnih zahtev.

Zanesljiv partner

Certificiranje SIL 2 je izvedel TÜV SÜD z železnicami iz Münchna kot neodvisnim in nevtralnim telesom. Certificirani so bili procesi COPA-DATA, postopki, orodja, standardi kakovosti in dokumentacija za dokazovanje njihove primernosti za sisteme, povezane z varnostjo.

»Pomembno je, da tista podjetja, ki poslujejo z industrijsko opremo ali z opremo za prometno infrastrukturo,

zagotavljajo in upoštevajo varno delovanje sistemov v skladu z mednarodnimi standardi. Tako COPA-DATA s certifikatom TÜV SÜD potrjuje, da je programska oprema zenon, ki upravlja s procesi in sistemi, v skladu s SIL 2. S tem zagotavlja dodatno podporo uporabnikom pri certificiranju njihovih sistemov,« pojasnjuje Reinhard Mayr, produktni vodja pri COPA-DATA.

Povzetek

Programska oprema zenon, ki jo proizvaja COPA-DATA, s certifikatom *Safety Integrity Level 2* (SIL 2) potrjuje dejstvo, da se zenon lahko uporablja za varnostno kritične aplikacije 2. stopnje varnostne integritete sistema.



COPADATA
do it your way

www.copadata.com | www.exor-eti.si



NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

Vodnik skozi množico informacij

- proizvodnja in logistika • obdelava nekovin • orodjarstvo in strojogradnja
- vzdrževanje in tehnična diagnostika • varjenje in rezanje • napredne tehnologije

Povprašajte za cenik oglaševalskega prostora! | e-pošta: info@irt3000.si | www.irt3000.com

VSAKA DVA MESECA
NA VEČ KOT
140 STRANEH



PRIHODNOST JE PRIŠLA

NAJVEČJI SEJMI
NAJPOMEMBNEJŠIH
PODROBNOSTI

Celjski sejem, 21.–24. april 2015

13. **FORMA TOOL**

orodja, orodjarstvo, stroji

7. **GRAF&PACK**

grafika, papir, stroji, embalaža, pakiranje

11. **PLAGKEM**

plastika, guma, kemija

6. **VARJENJE in LIVARSTVO**

vse za varjenje in rezanje, livarski stroji,
oprema in materiali

Mednarodni strokovni sejmi
povezanih industrijskih panog.

Referenčen pregled inovacij, novosti, dosežkov,
tehnologij, materialov, trendov in izzivov.

→ Zaradi velikega zanimanja razstavljalcev v 2015
še dve dodatni sejmski dvorani!

Strokovne prireditve in poslovna srečanja.

Rezervirajte si termin za strokovno razpravo s svojimi stanovskimi kolegi:

→ Izzivi embalažne panoge – razvoj aktivne, inteligentne in nanoembalaže
(od regulative EU do prakse) (torek, 21. april)

→ O aktualnih trendih v grafični industriji (torek, 21. april)

→ Dan plastičarstva (sreda, 22. april)

→ Dan livarstva (sreda, 22. april)

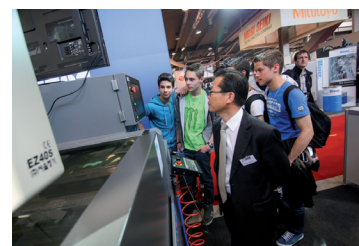
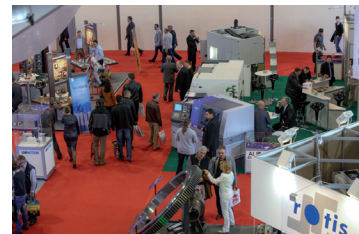
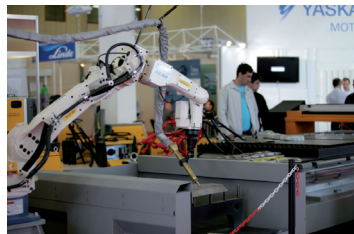
→ Dan kovinske industrije (četrtek, 23. april)

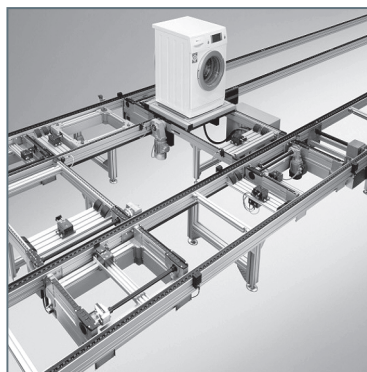
- Kako povečati dodano vrednost v orodjarski industriji?
- Kako usmeriti mlade v orodjarsko industrijo?

→ Tehnološki dan: Obdelava zelo trdnih materialov (četrtek, 23. april)

→ **FORMA TOOL 3M = Metal Meet & Match**, 2. mednarodno poslovno mreženje kovinske
industrije in industrije plastike s poudarkom na avtomobilski industriji (četrtek, 23. april)

→ Dan varilne tehnike: Razvojni trendi na področju spajanja materialov & tekmovanje varilcev
(petek, 24. april)



Rexroth**ORGATEX®****LEANPRODUCTS®****BOSCH****OPL**
automation

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

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

Slovenija še korak bližje k polnopravnemu članstvu v **Metrski konvenciji**

V četrtek, 15. 1. 2015, je Vlada RS na svoji redni seji sprejela pobudo Urada RS za meroslovje za pristop Republike Slovenije k Metrski konvenciji. V sredo, 21. 1. 2015, pa je bila pobuda potrjena tudi na Odboru za zunanjo politiko Državnega zbora RS.

S tem se bo Republika Slovenija po 24 letih ponovno polnopravno vključila v Metrsko konvencijo, v katero je trenutno vključenih že 55 držav, 41 držav pa ima status pridružene članice. Metrsko konvencijo je že leta 1875 v Parizu podpisalo 17 držav. Dopolnjena in spremenjena leta 1921 predstavlja osnovo mednarodnega sporazuma o uporabi merskih enot, danes znanih v okviru SI sistema enot. Pristop k Metrski konvenciji bo Republiki Sloveniji poleg možnosti odločanja v njenih organih omogočil tudi sodelovanje Urada RS za meroslovje ter z njegove strani priznanih nosilcev nacionalnih etalonov v ključnih primerjavah CIPM (Mednarodna konferenca za uteži in mere), ki so nujno potrebne za zagotavljanje svetovno primerljivih meritev v RS. Prav tako bo lahko slovenski meroslovni sistem zagotavljal sledljivost na področjih mase, električnih veličin, časa in frekvence ter ionizirajočega sevanja neposredno, na najvišjem nivoju in brezplačno preko BIPM (Mednarodni urad za uteži in mere).

Pomen meroslovja v sodobni družbi

Z meroslovjem in merjenji se v življenju srečujemo vsak dan, na vsakem koraku, čeprav se tega niti ne zavedamo. Merjenja predstavljajo nepogrešljiv in pomemben del vsakega industrijskega in tudi drugih poslovnih procesov. Meroslovje podpira kakovost izdelkov in učinkovitost procesov preko hitrih, točnih in zanesljivih merenj, s čimer omogoča dvig produktivnosti. Merjenja igrajo ključno



Konvencija

vlogo pri sprejemanju znanstvenih in tehnoloških inovacij, pri zasnovi in učinkoviti proizvodnji izdelkov, ki so skladni s potrebami trga, in pri ugotavljanju ter preprečevanju neskladnih izdelkov. Meroslovje zagotavlja osnovno podporo za zdravstvo in varnost, varstvo okolja in zdravo hrano ter je osnova za pošteno trgovanje na nacionalni in mednarodni ravni.

V razvitih ekonomskih sistemih, še posebej v državah, ki usmerjajo svoje napore v obstoj in prodor na tuje trge, med katere sodi tudi Slovenija, predstavljajo merjenja v najširšem pomenu besede od 3- do 6-odstotni delež v bruto domačem proizvodu. V RS ocenjujemo, da se na letni ravni na podlagi meritev pridobi najmanj 8.500.000.000 evrov prihodkov, kar predstavlja letni proračun RS oziroma vsaj 12 % vseh prihodkov slovenskega gospodarstva.

Nacionalni meroslovni sistem, za katerega je pristojen Urad RS za meroslovje, zagotavlja v Sloveniji sledljiva in globalno primerljiva merjenja, reguliran sistem nadzora na področjih javnega interesa v podporo tehnološkemu in trajnostnemu razvoju družbe. S podpisom Metrske konvencije se bo slovenski meroslovni sistem neposredno vključil v mednarodni meroslovni sistem na najvišji ravni.

*Mag. Dominika Rozoničnik,
Urad RS za meroslovje*



ZMAGOVALNI TIM

**Novost izumiteljev mehatronike®:
novi krmilnik DX200 z novimi
roboti MOTOMAN**

Uspešni timi odlično delujejo skupaj, izkoriščajo prednosti vsakega posameznika in spretno uporabljajo prava orodja.

Tako delujejo tudi novi roboti MOTOMAN z novim krmilnikom DX200 podjetja YASKAWA, ki vašemu sistemu pomagajo do odličnosti. Integriran varnostni krmilnik, enostavno programiranje in funkcijski paketi, vezani na določeno aplikacijo, zagotavljajo možnost številnih rešitev in zmagovit rezultat.



YASKAWA Slovenija d.o.o.

T: + 386 (0)1 83 72 410

www.yaskawa.eu.com

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2015 - ASM '15

2. decembra 2015

na Gospodarski zbornici Slovenije v LJUBLJANI

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

O Stricu (S3C d. o. o.)

S3C je podjetje z jasno načrtano vizijo, strategijo in cilji. Naš cilj je kupcem ponuditi hitro dobavo kakovostnih izdelkov v Evropi in v svetu uveljavljenih proizvajalcev industrijske pnevmatike in hidravlike. Povezali smo se z družbo Landefeld iz

možnem času (3 delovne dni do vaših vrat). Na zalogi je preko 120.000 različnih artiklov, ki so dostopni tudi v zelo preglednem in urejenem tehničnem katalogu Atlas 8.

Predstavniki podjetja S3C smo v stalnem stiku z našimi kupci, sproti jim predstavljamo novosti na področju pnevmatike in hidravlike ter nudimo pomoč pri izbiri primernih elementov in iskanju tehničnih rešitev. Poleg izdelkov družbe Landefeld vam ponujamo tudi opremo svetovno znanih znamk za vzdrževanje in novogradnjo. Zagotavljamo vam, da boste s sodelovanjem z nami zmanjšali stroške nabave in zaloge in hkrati uporabljali kakovostne artikle po konkurenčnih cenah.



Nemčije, ki zagotavlja dobavo proizvodov iz svojega sodobnega avtomatiziranega skladišča v najkrajšem



Z novim letom smo pričeli s spletno trgovino. Za vas imamo tudi vedno pripravljene dobre ponudbe.

Vse in še več na 01 423-22-22, info@s3c.si ali na www.landefeld.si. Veselimo se sodelovanja z vami.

www.landefeld.si

A. Stušek, uredništvo revije Ventil

Letopis hidravlike in pnevmatike za leto 2014

Revija *Ölhydraulik und Pneumatik* nadaljuje z redno letno izdajo priročnika za snovanje, projektiranje, uporabo in vzdrževanje hidravličnih in pnevmatičnih naprav. Izšla je 39. izdaja priročnika z naslovom *O + P Konstruktions-Jahrbuch 2014*. Na 194 straneh predstavlja celotno ponudbo izdelkov hidravlike in pnevmatike v obliki 107 strani preglednic z izčrpnimi sezname izdelkov, njihovimi osnovnimi lastnostmi in izdelovalci oz. dobavitelji. V uvodnem delu letopisa posreduje osnovna spoznanja in informacije o stanju tehnike, ki naj jih pred snovanjem ustreznih naprav upošteva projektant ali uporabnik. Preglednice pa razen izdelkov vsebujejo tudi izčrpen seznam storitvenih organizacij in ustanov od razvojno-raziskovalnih ustanov in inštitutov do visokih šol na obravnavanem

področju tehnike. Sklepnih 15 strani pa je namenjenih navedbi izčrpnih naslovov in informacij skupaj z logotipi okoli 569 dobaviteljev tovrstne opreme.

Uvodni strokovni prispevki o stanju tehnike obsegajo naslednje vsebine:

- Rauen, H., Kienzle, Ch. H.: **Nemška fluidna tehnika** – mednarodno še naprej v konici – globalno v povpraševanje in opremljena za prihodnost
- Dombrovski, R.: **Simulacija** – nezamenljivo orodje v sodobnem razvojnem procesu
- Schleins, C., Gels, S.: **Preprečevanje hrupa v hidravliki** – primerni ukrepi za znižanje zvočne ravni
- Heipl, O.: **Tesnilke v fluidni tehniki** – osnove tesnilne tehnike preprečujejo napake konstruiranja

- Gels, S., Piepenstock, U.: **Toplotna bilanca hidravlične naprave** – ustrezno hlajenje preprečuje nepotrebne izgube moči
- Več avtorjev: **Filtriranje hidravličnih sistemov** – osnove optimalne izbire sistema filtriranja
- Wirt, Robens, N.: **Izbira in uporaba hidravličnih akumulatorjev** – različne naloge na širokem področju uporabe

Vir:

O + P Konstruktions-Jahrbuch 2014
[O + P 58 (2014)] – Zal.: Vereinigte Fachverlage – GmbH
Lise-Meitner-Strasse 2
55129 Mainz, Postfach 100465
tel.: +06131/992
faks: 06131/992-100
www.industrie-service.de



EMERSON™

Process Management

ZASTOPA IN PRODAJA

ppt commerce d.o.o.

Celovška 334

1210 Ljubljana-Šentvid

Slovenija

tel.: +386 1 514 23 54

faks: +386 1 514 23 55

e-pošta: ppt_commerce@siol.net

<http://www.ppt-commerce.si>



BETTIS™ pnevmatski in elektro aktuatorji

A. Stušek, uredništvo revije Ventil

Vodnik po nakupih fluidne tehnike

Revija *Fluid* nadaljuje s posebnimi izdajami vodnikov za nakupe fluidne tehnike. Tako je v decembru 2015 izšel: *Fluid Markt Jahres-einkaufsführer 2015* v obsegu 162 strani. Najprej je na 118 straneh objavljenih 31 strokovnih prispevkov s številnimi reklamnimi dodatki. V nadaljevanju so na 15 straneh logotipi številnih dobaviteljev, na 16 straneh preglednice posameznih vrst fluidnotehničnih sestavin in njihovih dobaviteljev po abecednem vrstnem redu, na koncu pa na 10 straneh sezname dobaviteljev z izčrpnimi naslovi.

Strokovni prispevki so razdeljeni v skupine po posameznih branžah fluidne tehnike:

1. Panorama:

- *fluidna tehnika v letu 2014* – poročilo o raziskavah, trg in branže.

2. Trgi in branže:

- *intervju z Markom Sealyjem, Norgren* – »Povratno pridobivanje toplote«,
- *konjunktura strojegradnje: majhni plusi dosegljivi* – s čakanjem,
- *pnevmatika je pri rasti usmerjena naprej* – trdno v sedlu,
- *bele lise na svetovnem zemljevidu* – svetovno gospodarstvo v menjavi,
- *aktualno stanje in prihodnost industrijskih področij* – menjava klime,
- *kako posamezna podjetja ocenjujejo tržne spremembe* – pričakovanja Južne Afrike.

3. Raziskave in izobraževanje:

- *načrti raziskovalnih skladov za fluidno tehniko* – v cevovodu,
- *intervju s Hubertusom Murrenhofom, RWTH Aachen* – »Ostaja napeto«,
- *življenjska doba kot cilj snovanja avtomatiziranih sistemov* – pomoč TOR-a (Technical Operations Research),
- *8. Kolokvij mobilne hidravlike* – Braunschweig dela mobilno,
- *umestitev senzorjev in aktuatorjev* – nič več nihanj,
- *gospodarstvo in znanost sodelujeta v Ulmu* – hidravlika je sama.

4. Hidravlika:

- *hidravlična branža je trezna in samozavestna* – možnosti: jasno do delno oblačno,
- *globaliziranje kot izziv hidravlikov* – biti globalno prisoten,
- *sistem sklopov za kmetijske stroje z delovnimi priključki* – prilagodljivo in učinkovito,
- *honane cevi imajo veliko prednosti* – gladko ni vedno dobro,
- *novi v hidravliki* – najava novih izdelkov.

5. Pnevmatika:

- *pnevmatično ali elektropnevmatično poganjati?* – pnevmatično?,
- *čist stisnjeni zrak s Kaeserjevimi kompresorji* – samo najboljša kakovost v jeklenki,
- *intervju: Klaus-Dieter Schwabentau, J. Schmalz* – »Mi smo trend soinicirali.«,
- *novi v pnevmatiki* – najava novih izdelkov.

6. Avtomatizacija:

- *s tehniko avtomatizacije v industriji 4.0* – pripravljeno za omrežje,
- *nadzor stanja pri hidravličnih preskuševališčih* – ventili pod nadzorom,
- *gospodaren koncept varnosti v gledališču* – varen nastop,
- *novi v avtomatizaciji* – najava novih izdelkov.

7. Pribor:

- *naslovni prispevek: Parkerjev portfelj za fluidno tehniko* – zaokrožen paket cevni priključkov,
- *varnostna rešitev stroja za sortiranje steklovine* – vse iz ene roke,
- *intervju: Ulrich Ammer, Eaton* – »Gibki cevovod prihodnosti je inteligenčen.«,
- *vodno hlajena elektronika: hladno in sočasno suho* – vedno ostati lepo in hladno,
- *novi na področju pribora*: najava novih izdelkov.

Vir: *Fluid Markt Jahres-einkaufsführer 2015*, Fluid 47 (2014) pos. izd., zal.: Verlag Moderne Industrie



➔ RAZBREMENILNI
VENTILI • REGULATORJI
TLAKA IN VARNOSTNI
VENTILI • RAZDELILNIKI
TOKA • POTNI VENTILI
• LOGIČNI ELEMENTI •
VMESNE PLOŠČE • OKROV
S PRIKLJUČKI ZA CEVI •
ELEKTROPROPORCIONALNI
VENTILI ZA VGRADNJO



Brüsseler Allee 2
41812 Erkelenz
NEMČIJA
Tel: +49 24 31/ 80 91 12
Fax: +49 24 31/ 80 91 19
info@sunhydraulik.de

www.sunhydraulik.de

OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana

OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana je eden največjih svetovnih proizvajalcev filtrov in opreme za pripravo kakovostnega stisnjenega zraka. Lokacija v Ljubljani s površino 5000 m² obsega upravni del, administracijo, razvojni oddelek, proizvodne prostore z mehansko obdelavo, orodjarno, varilnico ter sestavo filtrov in opreme. V industrijski coni Logatec s površino 1000 m² so še servis, Rent center in skladiščni prostori. Lasten razvoj izdelkov in tehnologij nam dopušča neprestano iskanje novih učinkovitejših rešitev, prilagojenih individualnim potrebam in trendom v industriji.

Oddelek KOMPRESORJI IN TEHNIKA na domačem trgu in državah JV Evrope ponuja kakovostne sisteme za stisnjen zrak za vse aplikacije v industriji in obrti. Skrbno načrtovanje in ustrezen izbor opreme sta vodilo do zanesljivega delovanja, energetske učinkovitosti in varnosti. K vsakemu projektu je pristop individualen, po zahtevah se izdelata tudi projekt kompresorske postaje. Z lastno montažno ekipo ponujamo izvedbo celotnega sistema stisnjenega zraka od montaže kompresorske postaje do inštalacije cevovodov za stisnjen zrak.

Program oddelka:

- vijčni kompresorji,
- centrifugalni kompresorji,
- batni kompresorji,
- brezoljni kompresorji,
- terenski kompresorji,
- mobilne kontejnerske kompresorske postaje,
- sušilniki za stisnjen zrak,
- filtri za stisnjen zrak in pline z opremo,



Oprema za filtracijo in separacijo

- merilni inštrumenti za stisnjen zrak in pline,
- vakuumsko tehnika,
- generatorji kisika in dušika,
- meritve parametrov stisnjenega zraka,
- montaža in vzdrževanje sistemov za stisnjen zrak,
- projektiranje.

Oddelek PREZRAČEVANJE IN KLIMATIZACIJA z zastopstvom zagotavlja vgradnjo in servisiranje visoko kakovostne opreme svetovno priznanih in preverjenih dobaviteljev. V ponudbi so proizvodi za pripravo zraka (prezračevanje, hlajenje, razvlaževanje, gretje), odvod dima v primeru požara, zagotovljene pa so tudi rešitve s področja kr-

milne tehnike in inženiringa. Lastno projektiranje omogoča tudi optimizacijo sistemov in opreme.

Program oddelka:

- potisni ventilatorji,
- aksialni in centrifugalni ventilatorji,
- ventilatorski konvektorji,
- hladilne grede,
- elementi za distribucijo,
- prezračevalne enote,
- hladilniki vode in toplotne črpalke za klimatizacijo,
- industrijski hladilniki vode in toplotne črpalke,
- hladilni stolpi,
- razvlaževalniki zraka,
- hladilne in grelne prezračevalne enote,



Adsorpcijski sušilniki

- toplotne črpalke,
- krmilni sistemi,
- inženiring.

OMEGA AIR TRGOVINA je industrijska prodajalna z veliko izbiro kakovostnih izdelkov za stisnjen

zrak, ki pa jih lahko kupite tudi v spletni trgovini.

SERVIS IN MONTAŽA. Z obširno zalogo rezervnih delov in številnimi strokovno usposobljenimi serviserji je zagotovljeno optimalno redno

vzdrževanje oziroma čim krajši izpad proizvodnega procesa. Za čas servisiranja je na voljo nadomestna oprema za izposozo. Servisna storitev je zagotovljena 24 ur na dan, vse dni v tednu, čez celo leto.

Področja vzdrževanja:

- kompresorji in kompresorska tehnika,
- klimatizacija in hlajenje industrijskih procesov,
- razvlaževalniki in grelniki zraka,
- pnevmatsko orodje.

RENT CENTER ponuja kratkoročni in dolgoročni najem in izposozo industrijske energetske opreme izbranih svetovnih proizvajalcev:

- kompresorska tehnika,
- klima tehnika,
- hladilna tehnika,
- generatorji elektrike in osvetljevalni stolpi,
- razvlaževanje ter grelna tehnika.

www.omega-air.si
trgovina.omega-air.si



Kompresorji in tehnika



OMEGA AIR Trgovina



Prezračevanje in klimatizacija



RENT CENTER



Servis in montaža

OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana
Cesta Dolomitskega odreda 10
SI-1000 Ljubljana, Slovenija

T +386 (0)1 200 68 00
F +386 (0)1 200 68 50
info@omega-air.si

www.omega-air.si



Using Silicone Masterbatch for Controlling the Friction Coefficient of Polyacetal gears

Jean HABIMANA, Céline CHEVALLIER, Frederic GUBBELS, Barbara MEUNIER, Claude LETOUCHE

Abstract: As the automotive technologies continue to progress, more and more electronic components are being used in car modules to assist the car driver in many aspects of safety. Once installed, these electronic modules need to function correctly during the life cycle of the car, thus they must be well protected against harsh environment, moisture and outgassing contaminants.

For that reason, there is an increasing concern about using plastic materials as they can potentially leach out volatile species that can condense over electronic components of the car. One typical example is the use of plastic gears as the alternative to metallic gears. Plastic gears can be smaller, lighter and have higher accuracy than metal gears. Their manufacturing processes are much simpler and of lower cost than the analogous metallic gears. As any gear, plastic gears need lubricants for noise and vibration damping when they are in motion.

Dow Corning developed a series of silicone based masterbatches that show very good lubrication properties when added in small amounts to the plastic resin, such as polyacetal, during compounding and injection molding. Silicone masterbatches lower the friction coefficient and enable the use of the plastics in the most demanding applications, such as office appliances, gears, conveyor belts, bearings or medical tubing connectors.

In this paper, we discuss the effect of free silicone species on electronic and electrical contacts in cars. We show also that silicone masterbatches contain a very low level of volatile species, far below the threshold level for getting any adverse effect on electronic or electric components in the car. Finally, we discuss the correlation found between the complex viscosity of these masterbatches with the friction coefficients of their POM compounds.

Keywords: Silicone, Masterbatch, Friction Coefficient, HMB-1103, BY 27-219, MB50-002, MHE/GC/FID, Car electronics, Polyacetal, POM

1 Introduction

Polyoxymethylene (POM), also known as Polyacetal, is a thermoplastic resin that features low friction coefficient, low wear proper-

Jean Habimana, PhD, Multibase Dow Corning France, Céline Chevallier, PhD Multibase Dow Corning France, Frederic Gubbels, PhD Dow Corning Seneffe Belgium, Barbara Meunier, PhD, Multibase Dow Corning France, Claude Letouche, Dow Corning Seneffe Belgium

ties, good fatigue and creep resistance and exceptional dimensional stability. It can be used in a number of applications in high-tech domains that require precision and durability. Because of its intrinsic low friction coefficient it is widely recommended in areas where self-lubricating is required, such as bearings¹, medical device connectors, electronic appliances, conveyor belts² and small gears³. Pure POM compounds are generally used in applications of low sliding speeds, low loads or short time exposure to friction⁴. For high speeds, high loads or for application with a long term exposure to fric-

tion and wear, additional lubricants are necessary. In this case, the lubricant can be spread over the surface of the part to mitigate the sliding⁵; it can also be pre-blended with the plastic resin before making the part to become an internal lubricant⁶. Silicone based additives are used in these situations, and when they are used, species with high vapor pressure can potentially offgas from their matrix and deposit everywhere in the surrounding environments⁷. This is a big issue for electronic contact components in cars⁸ or for car body painting⁹. Thus, it is important to control the level of low molecular weight silicone species to limit this

adverse effect. However, there are a limited number of public studies that discuss the levels that can lead to failure. In a recent paper¹⁰, the minimum content level that leads to adhesion failure was determined by ATR FTIR spectroscopy for Dow Corning 200 silicone Fluid spread over gold or aluminum plates. The authors observe that the failure occurs when the silicone level is as low as 0.5–64 µg/cm². The determination of the contamination threshold for the electronic parts failure is more complex but has also been discussed¹¹. In this study, the effect of silicone is said to depend on several factors including the silicone structure, its molecular weight and vapor pressures. These factors are said to define the silicone transfer mechanisms. In this study, the authors calculated the silicone contamination level in a confined space at given pressure conditions. We think that this calculation is probably realistic for liquid silicone (conformal coatings) but not for silicone masterbatches which are solid pellets¹². For fast cure conformal coatings, the threshold level for electrical motors, potentiometers and relay failures is reported to be around 10 ppm in the air ¹¹, but for silicone masterbatches, the data are not available, at least not in public literature. This explains why we decided to run this study. We hypothesized that volatile species can be transferred to electronic components through the air, which leads to silicone contamination. In this case, the partial pressure of each volatile species present in the masterbatch should be taken into account when determining the threshold level.

In this paper, we have determined the level of major volatile components in a typical masterbatch (MB40-006), calculated their vapor pressures at room temperature and their concentration in a confined space of one cubic meter. This is a worst case scenario since a car interior volume is not confined. Our work demonstrates that silicone masterbatches contain a very low level of silicone volatile species. Their partial pressure is so low that their concentration is far below the threshold level for getting any adverse effect on electronic or electric components present in the car interior. The paper discusses also the performances of some commercial silicone masterbatches such as HMB-1103, BY 27-219, MB50-002, MB40-006 as additives for low friction coefficient of POM compounds.

■ 2 Experimental

2.1 Raw Materials

MB40-006 is a Dow Corning silicone masterbatch containing ultra high molecular silicone gum diluted into polyacetal matrix.

HMB-1103 is a Dow Corning silicone masterbatch obtained by reactively extruding silicone gum with polyethylene methacrylate copolymer.

BY 27-219 is a Dow Corning silicone masterbatch also obtained by partially reacting silicone gum with polyethylene methacrylate copolymer as HMB-1103 but has

lower complex viscosity than the latter.

MB50-002 is a Dow Corning silicone masterbatch obtained by extrusion blending of silicone gum with polyethylene.

All silicone masterbatches were used as obtained from Dow Corning laboratories.

2.2 Experimental procedure

2.2.1 MHE/GC/FID

Multiple Headspace Extraction GC with Flam Ionization detector is used for the analysis of volatile organics in solid, liquid and gas samples¹³. The popularity of this technique has grown over recent years and has now gained worldwide acceptance for analyses of volatile species in plastics¹⁴. In this case, a sample of 0.2 g is placed into a vial and heated at 220 °C. Volatile species are then extracted and sent into a GC column, followed with a FID detector.

2.2.2 Preparation of polyacetal compounds

To measure the flexural modulus and friction coefficient, the silicone masterbatch and POM pellets are directly pre-blended at the desired concentration and injection molded using the molding conditions described in Dupont Delrin grades molding guide¹⁵.

2.2.3 Measurement of Friction Coefficient (CoF)

The CoF was measured using a tribometer equipped with dry ball/plan set up at room temperature. We used a POM ball of 12.37 mm in diameter. The plan was prepared with the POM containing various masterbatch samples at a given concentration (length: 125 mm, width: 13 mm, thickness: 1.6 mm). All experiments were done with a normal load of 12.5 N, corresponding to a contact pressure of 70 MPa. Translation speed: 8 mm/s, over a distance of 14 mm, total cycles: 700. Every sample was run twice and the data in Figure 2 represent the average.

Table 1. MHE/GC/FID Analysis of 6 samples of MB40-006

Reference	% D4	% D5	% D6	Total %
MB40-006 (1)	0.264	0.417	0.352	1.033
MB40-006 (2)	0.118	0.279	0.289	0.687
MB40-006 (3)	0.141	0.323	0.31	0.774
MB40-006 (4)	0.097	0.25	0.244	0.591
MB40-006 (5)	0.149	0.367	0.346	0.862
MB40-006 (6)	0.126	0.327	0.324	0.777
Average (%)	0.13	0.31	0.3	0.74

Table 2. Level of cyclic siloxane in a confined space of 1³ containing 100 g of the POM compound loaded with 3 % of MB40-006.

Average (%)	0.13	0.31	0.30	0.74
Cyclics content in the compound at 3% loading	0.004	0.009	0.009	0.022
Boiling Point (°C)	176	210	245	
Molecular weight (gr/mole)	296	370	444	
Molar fraction at 3% loading (%) (Row 9/Row11)	1.279E-05	2.507E-05	2.045E-05	
Vapor Pressure at 25°C (mmHg) for a pur material, calculated from its Bp and Bp calculator	2	0.99	0.48	
Vapor Pressure at 25°C (mmHg) for the compound	2.55811E-07	2.48196E-07	9.81405E-08	
Partial Pressure at 25°C (atm) for the compound (use Row 12)	3.36593E-10	3.26573E-10	1.29132E-10	
Volume (M ³)	1	1	1	
Temperature (K)	298	298	298	
Moles per M ³ (PV=nRT)	1.35856E-13	1.31812E-13	5.21205E-14	3.19788E-13

3 Results and Discussion

3.1 Level of cyclic siloxane in MB40-006

Table 1 shows the level of cyclic siloxane determined by the MHE/GC/FID analysis of 6 samples of MB40-006. The data show an average of 0.74 % of 2,2,4,4,6,6,8,8-Octamethylcyclotetrasiloxane(D₄), 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10-decamethylcyclopentasiloxane(D₅), 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10,12,12-dodecamethylclohexacyclosiloxane(D₆) that can potentially offgas the matrix.

In general, this masterbatch is recommended for use at 3 % maximum in a polyacetal compound. Thus, one can calculate the level that is expected to be in the POM compound after dilution.

As can be seen from Table 2, the level of cyclic species present in a confined space of one cubic meter at room temperature and normal pressure can be determined as follows:

From the level of cyclic species in a POM compound loaded with 3 % of MB40-006 and the molecular weight of each cyclic species, we can calculate the molar fraction (n)

of each cyclic siloxane in the compound. The vapor pressure of pure cyclic siloxane is determined using the partial pressure calculator <http://www.trimen.pl/witek/calculators/wrzenie.html>. Using the ideal gas law ($P V = n R T$), the partial pressure of each cyclic species can be determined. The data obtained are used to determine the level of free volatile species that can potentially be present at room temperature and normal pressure in a confined space of one cubic meter. This is a working hypothesis, since

the volume of a car interior is not confined and is not one cubic meter. From this calculation, we found 4.02 10⁻⁵ ppm of D₄ cyclics, 4.88 10⁻⁵ ppm of D₅ cyclics and 2.31 10⁻⁵ ppm of D₆ cyclics which is less than 10⁻⁴ ppm of total cyclic siloxanes. This is too far below the threshold value (10 ppm) to be worried about electric or electronic contact failure. Figure 1 shows the graph of a relay contact failure as a function of cyclic content. Here, 10 g of cured silicone was put in a closed environment in the proximity of relays

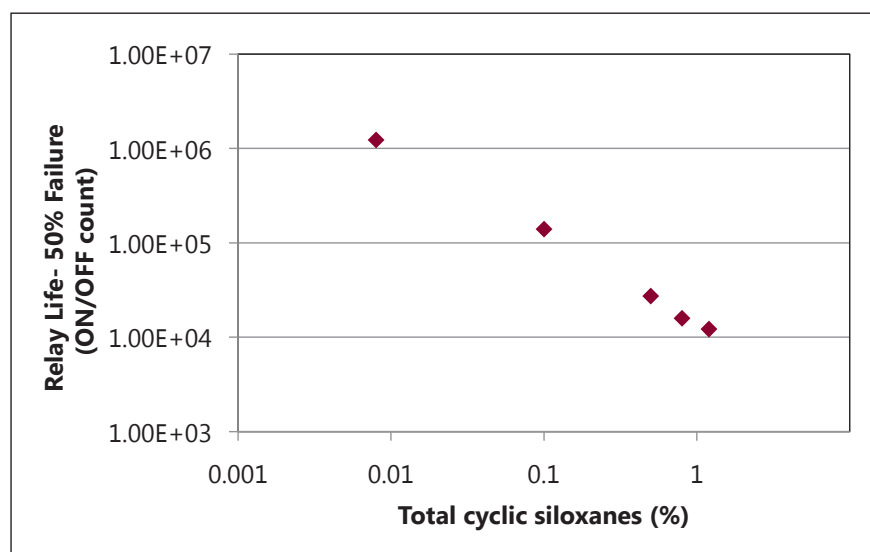
**Figure 1.** Graph of relay contact failure as a function of cyclic siloxane content.

Table 3. MHE/GC/FID Analysis of 6 samples of POM compounds containing less than 5 % of MB40-006.

Samples	% D ₄	% D ₅	% D ₆	Total %
MB40-006 Compound 1	0.003	0.004	0.003	0.009
MB40-006 Compound 2	0.0025	0.004	0.002	0.0085
MB40-006 Compound 3	0.003	0.004	0.003	0.010
MB40-006 Compound 4	0.003	0.003	0.003	0.009
MB40-006 Compound 5	0.003	0.004	0.004	0.011
MB40-006 Compound 6	0.003	0.002	0.003	0.008

operated at 24 V/24 mA at 5 Hz on/off cycles. The points on the graphs represent the number of cycles to observe 50 % of failure with 8 relays. Although they are not generated in the same conditions, these data illustrate the effect of silicone on relay contact failure and are used as our reference.

In order to validate this calculation based on cyclic siloxanes present in a confined space of one cubic meter, a series of POM compounds containing less than 5 % of MB40-006 silicone masterbatch was prepared and analyzed by MHE/GC/FID to quantify the cyclic silicone level after compounding. Results are shown in Table 3.

The data obtained here show that siloxane volatiles generated from a POM compound containing less than 5 % of MB40-006 are in the same range as what has been calculated using the vapor pressure of the D₄, D₅, D₆ cyclic siloxane

components. All are around 0.003 %, thus near the detection limit of the MHE/GC/FID technique (0.001 %). Although we have used MB40-006 for this study, further work, not detailed in this paper, confirmed that other masterbatches such MB50-002, HMB-1103 or BY27-219 also have a volatiles level as low as MB40-006. We concluded that any of these masterbatches can be added to POM compounds and used to make electronic parts without being worried about electric or electronic contact failures.

3.2 Effect of Silicone masterbatches on Friction Coefficients of POM compounds.

In a POM compound containing silicone masterbatches, the siloxane component is reported to migrate and phase segregate on the surface of the plastic¹⁶. This leads to the creation of a surface with a

lower friction coefficient without compromising the bulk properties of the resin. In this study, we compared the friction coefficient and the flexural modulus of POM compounds containing MB40-006, MB50-002, BY 27-219 and HMB-1103 at the same level of the silicone fraction. As can be observed from Table 3, these silicone masterbatches substantially reduce the friction coefficient compared to the reference. Unmodified POM exhibits a CoF of 0.4515 at the steady state after 100 cycles in our testing conditions, which shows good agreement with the values available in literature¹⁷. For all masterbatches in the table, the CoF varies from 0.046 to 0.029 at the steady state, which is much lower than that of the unmodified POM. The flexural modulus decreases by 13 % in the worse case scenario (example 3: POM+MB50-002 in Table 4).

Figure 2 shows that the CoF decreases as a function of complex viscosity G* of the material. This is very typical of reactive masterbatches. In a separate study, we showed that the complex viscosity of these masterbatches is proportional to the level grafting reaction between silicone polymer and the polyolefin¹⁸. In this series, we found out that the higher the grafting ratio, the higher is the complex viscosity and the lower is the friction coefficient of the resulting POM compound, but the system reaches

Table 4. Comparison of Mechanical Properties (Flexural modulus in Mpa) and Friction coefficient of POM compounds containing silicone masterbatches

Reference	Base	Silicone Content %	Flexural Modulus	Friction Coefficient per number of cycles				
				50	100	200	400	700
POM Derlin Pur		0	3100	0.3005	0.4515	0.4665	0.4695	0.46475
POM + MB40-006	POM	2	2895	0.00405	0.04	0.039	0.0435	0.04063
POM+ MB50-002	PE	2	2712	0.04	0.0435	0.041	0.0395	0.041
POM+BY 27-219	EMMA	2	2768	0.038	0.0385	0.0415	0.0485	0.044
POM+HMB-1103 (1)	EMMA	2	2764	0.031	0.0295	0.029	0.0295	0.02925
POM+HMB-1103 (2)	EMMA	2	2740	0.031	0.031	0.0305	0.033	0.03163
POM+HMB-1103 (3)	EMMA	2	2740	0.0345	0.034	0.035	0.0445	0.0385
POM+HMB-1103 (4)	EMMA	2	2740	0.033	0.0315	0.0305	0.0375	0.03313

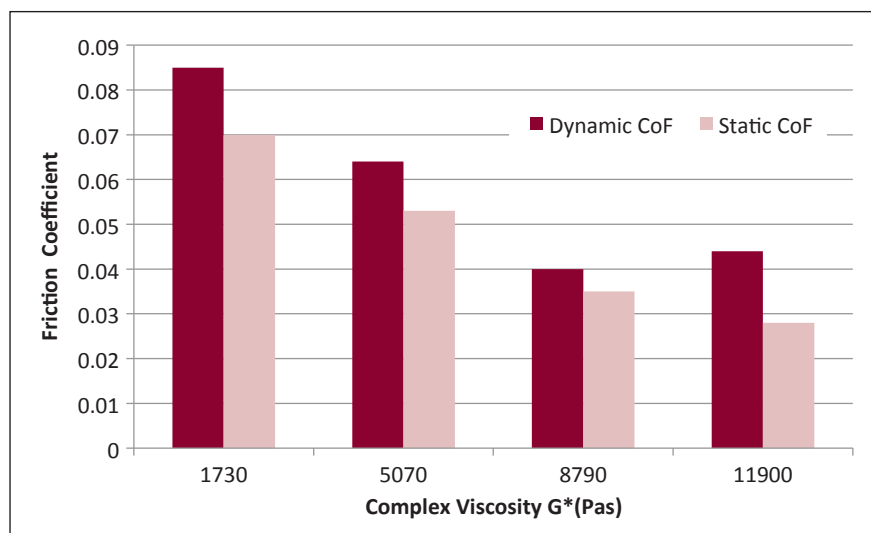


Figure 2. Variation of Friction Coefficient as a function of complex viscosity (G^*) for HMB-1103

a lower friction coefficient plateau around 0.03.

4 Conclusions

Silicone masterbatches are widely used to reduce the friction coefficient of POM based parts, such as office appliance gears, conveyor belts, bearings or medical tubing connectors. There has been some concern that these materials can outgas volatile species that can be an issue for electronic and electrical relays.

This work shows that silicone masterbatches contain a very low level of volatile silicones that can outgas from the compound and contaminate electronic or electric components. Adding silicone masterbatches in a POM compound slightly lowers the flexural modulus of the material, but the effect is within the levels that make the material still usable (1–5 % of sili-

cone fraction). For HMB-1103, the friction coefficient (CoF) is correlated with the rheology (complex viscosity) of the material: the higher the complex viscosity the lower the friction coefficient. Dow Corning has a wide offer of silicone containing masterbatches for POM modification but HMB-1103 represents the best compromise between performance and processability to allow the use in various applications.

References

- [1] Uenlue, Bekir Sadik et al., *Materials & Design*, Vol. 30, Issue 7, Pages 2618-2622 (2009).
- [2] Anada, Yukio, JP 2005029356 (2003).
- [3] Pogacnik, Aljaz, Tavcar, Joze, *Materials & Design*, Vol. 65, Pages 961-973 (2015); Mao, K., Li, W., Hooke, C. J., Walton, D., *Wear*, Vol. 26, Issue 1, Pages 639-645 (2009).
- [4] Kozma, Mihaly, Kisliender, Ervin,

Muanyag es Gumi, Vol. 3. Issue 10, Pages 326-331 (1999).

- [5] Vermeulen, G., *Kunststoffen Rubber*, Issue 9, Pages 45-6 (1993).
- [6] Bezard, D., *Oesterreichische Kunststoff-Zeitschrift*, Vol. 19, Issue 1-2, Pages 18, 20-1, 24 (1998).
- [7] Tamai, Terutaka, *Electrical Contacts*, Vol 52, Pages 26-31 (2006).
- [8] E. Butrym, <<http://www.sisweb.com/referenc/applnote/app-88.htm>>.
- [9] Caldwell, G. A., Hudson, W. D., Plaia, J. R., *Proceedings of the Annual Meeting of the Adhesion Society*, Vol. 26, Pages 516-518 (2003).
- [10] John Meyer, Carlyn, A. Smith, *Apex Expo* (2012).
- [11] F. Gubbels, *Global SMT & Packaging Magazine*, June/July (2004).
- [12] John, V. B., Rubroder, H., *Gummi, Fasern, Kunststoffe*, Vol. 53, Issue 11, Pages 778-781 (2000).
- [13] E. Butrym, *LC-GC Journal*, Vol. 17, Issue 9, Pages 19-24 (1999).
- [14] de Oliveira, Cristiane Patricia, Rodriguez-Lafuente, Angel, Soares, Nilda de Fatima Ferreira, Nerin, Cristina, *Journal of Chromatography, A* Vol. 244, Pages 61-68 (2012).
- [15] http://www2.dupont.com/Plastics/en_US/assets/downloads/product/delrin/DELIN_Mold_Guide_11_06.pdf
- [16] Hill, M. P. L. et al., *J. Polym. Sci. and Tech. (Plenum)*, Vol.5, Adv. Polym. Frict. Wear, Pages 469-79 (1974).
- [17] H. Benabdallah, Vol. 254, Issue 12, November 2003, Pages 1239-1246 (2003).
- [18] J. Habimana, *TPO Automotive Engineering Polyolefins Conference*, October 6-9 (2013).

Uporaba silicijevih matičnih zmesi z namenom kontrole koeficienta trenja polioskimetilnih (POM) zobnikov

Razširjeni povzetek

Z razvojem avtomobilske tehnologije se v različnih avtomobilskih moduli uporablja vse več elektronskih komponent, ki voznikom omogočajo boljšo varnost in udobje. Vgrajene elektronske komponente morajo zagotavljati pravilno delovanje v celotnem življenjskem ciklu avtomobila, kar pomeni, da morajo biti dobro zaščitene pred grobimi vplivi okolja, vlago in onesnaženostjo zaradi izpušnih plinov.

Zaradi omenjenih razlogov je vedno večje povpraševanje po materialih iz plastike, ki so sposobni odstraniti hlapljive delce, ki se lahko kondenzirajo po površinah elektronskih komponent avtomobila. Plastika se vse pogosteje pojavlja v različnih oblikah, v različnih aplikacijah, eden takih primerov je uporaba plastičnih zobnikov kot alternativa kovinskim. Plastični zobniki so lahko manjši, izdelani so lahko z večjo natančnostjo kot kovinski, proizvodnja pa je enostavnejša in cenejša. Kot vsi tudi plastični zobniki potrebujejo mazanje za zmanjševanje šuma, blaženje tresljajev, zmanjšanje izgub itd.

Eden od vse bolj uporabljenih polimernih materialov je polioksimetilen (POM), poznan tudi kot poliacetal, ki je termoplastična smola z dobrimi tribološkimi lastnostmi, kot so nizko trenje, nizka obraba, velika togost, obstojnost in odlična dimenzionalna stabilnost. Zaradi nizkega trenja je zaželen na področjih, kjer je potrebno samomazanje, npr. pri ležajih, elektronskih napravah, tekočih trakovih, majhnih zobnikih, medicinskih konektorskih ceveh itd. Do sedaj je bil čisti POM uporabljen v aplikacijah, ki delujejo pri nizki hitrosti in nizki obremenitvi. Za uporabo POM-a v aplikacijah, ki so izpostavljene daljšim obremenitvam, obrabi, trenju, je potrebno material izboljšati. Lastnosti materiala lahko izboljšamo z dodajanjem različnih elementov v plastične smole v samem procesu mešanja/sestavljanja, brizganja in vlivanja.

Dow Corning je razvil serijo matičnih zmesi, ki temeljijo na siliciju. Z dodajanjem majhnih količin teh zmesi plastičnim masam, kot je poliacetal, te dobijo zelo dobre mazalne lastnosti. Problem se pojavi, ker lahko pride pri materialih z vsebnostjo silicija do izparevanja delcev z visokim izparilnim tlakom iz matrike in nalaganja teh delcev na elektronske komponente. Dosedanje raziskave so pokazale, da pride do okvar na komponentah, ko je nivo kontaminiranega silicija v mejah od 0,5 do 64 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. V tej raziskavi smo pokazali, da uporabljene silicijeve matične zmesi vsebujejo zelo nizek nivo silicijevih izparilnih delcev, veliko pod nivojem, ki naj bi povzročal škodo na elektronskih in električnih komponentah v avtomobilu. Poleg nivoja najbolj hlapljivih komponent smo v raziskavi računali izparilni tlak pri sobni temperaturi in koncentracijo teh delcev v končnem prostoru. Rezultati so pokazali, da z dodajanjem matičnih zmesi Dowa Corninga v POM vplivamo tudi na znižanje koeficientov trenja. Kar pomeni, da silicijeva matična zmes znižuje koeficient trenja in omogoča uporabo plastike v najzahtevnejših aplikacijah.

Ključne besede: silicij, POM, matične zmesi, kontaminacija, koeficient trenja, avtomobilska elektronika

Kaj je natančnost, hitrost, zanesljivost?



Stäubli roboti zagotovilo za optimalne rešitve v vseh industrijskih panogah.

DOMEL®
Trajnostne inovativne rešitve

STÄUBLI

Kontaktne podatki:
Brane Čenčič,
Tel: 00386 4 511 73 55,
E-mail: brane.cencic@domel.si,
www.staubli.com

Zaznavanje napak na pletenem plašču s prilagodljivim algoritmom

Miha PIPAN, Andrej KOS, Niko HERAKOVIČ

Izvleček: Pri proizvodnji pletenic za izdelavo visokotlačnih cevi lahko pride med proizvodnjo do napak, ki lahko povzročijo predrtje plašča visokotlačne cevi med uporabo in odpoved hidravličnega sistema. Visokotlačne cevi so različnih premerov, dimenzij in barv vlaken ter gostote opleta. Članek opisuje delovanje prilagodljivega algoritma, ki s pomočjo orodij za transformacijo in analizo slik omogoča zaznavanje napak na pletenici. Algoritem za zaznavanje napak je sestavljen iz treh sklopov. Prvi sklop vsebuje matematični algoritem za avtomatsko prilagoditev na različne dimenzije pletenic. Drugi sklop opravi analizo gostote opleta cevi in kalibracijo sistema za zaznavanje in javljanje napak. Zadnji sklop predstavlja analizo opleta med izdelavo in ustavitve stroja za opletanje ob zaznavi napake na pletenici. Razviti sistem strojnega vida za adaptivni nadzor je bil uspešno preizkušen in je pripravljen za uporabo v industrijskih aplikacijah.

Ključne besede: pletenica, strojni vid, zaznavanje napak, prilagodljiv algoritem, analiza

1 Uvod

Analiza napak na pletenici je pri izdelavi visokotlačnih cevi zelo pomembna. Cevi se izdelajo z navijanjem opleta na jedro in kasnejšim gumiranjem. Jedro se nato izvleče

in s tem je izdelava visokotlačne cevi končana. Zaradi visokega tlaka v ceveh na opletu ne sme biti napak, saj v nasprotnem primeru pride do porušitve plašča in poškodb stroja in ljudi. Algoritem za zaznavanje napak se mora prilago-

Za zmanjšanje vpliva različnih barv opleta smo za osvetlitev uporabili infrardečo (IR) svetlobo. S tem smo dobili dober kontrast med vlakni in jedrom. Oplet brez napak pod IR-svetlobo je prikazan na *sliki 2*.

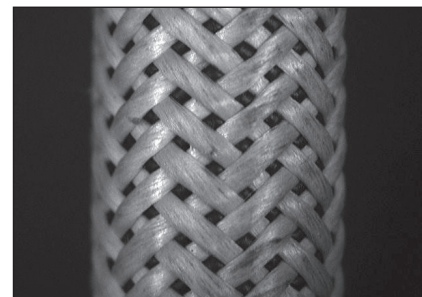
Vzrok za napake med proizvodnim procesom je predvsem zaplet vlaken med seboj ali v pletilni del naprave za opletanje. Ob pojavu na-



Slika 1. Različne vrste opletov za analizo napak

Miha Pipan, univ.dipl. inž., Andrej Kos, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. Niko Herakovič, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

diti na različne dimenzije in gostoto opleta pletenega plašča in zaznati napake. Prav tako barva vlaken ne sme vplivati na zaznavanje napak. Na *sliki 1* so prikazani opleti različnih dimenzij, gostot in barv.

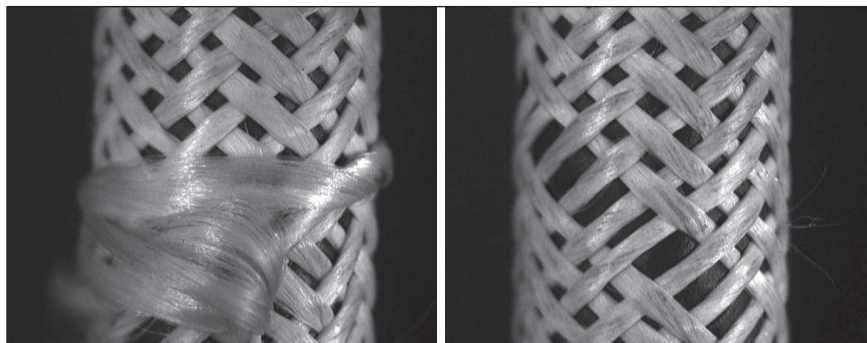


Slika 2. Oplet brez napak pod IR-svetlobo

pake se ta nadaljuje, dokler se proizvodni proces ne ustavi in sistem ponovno nastavi. Napaka se lahko pojavi v dveh oblikah, in sicer:

- vozeli ali ohlapne niti,
- manjkajoča vlakna.

Na *sliki 3* sta prikazani obe vrsti napak, ki sta vidni iz vseh smeri, tako da je napake mogoče odkriti samo z eno kamero.

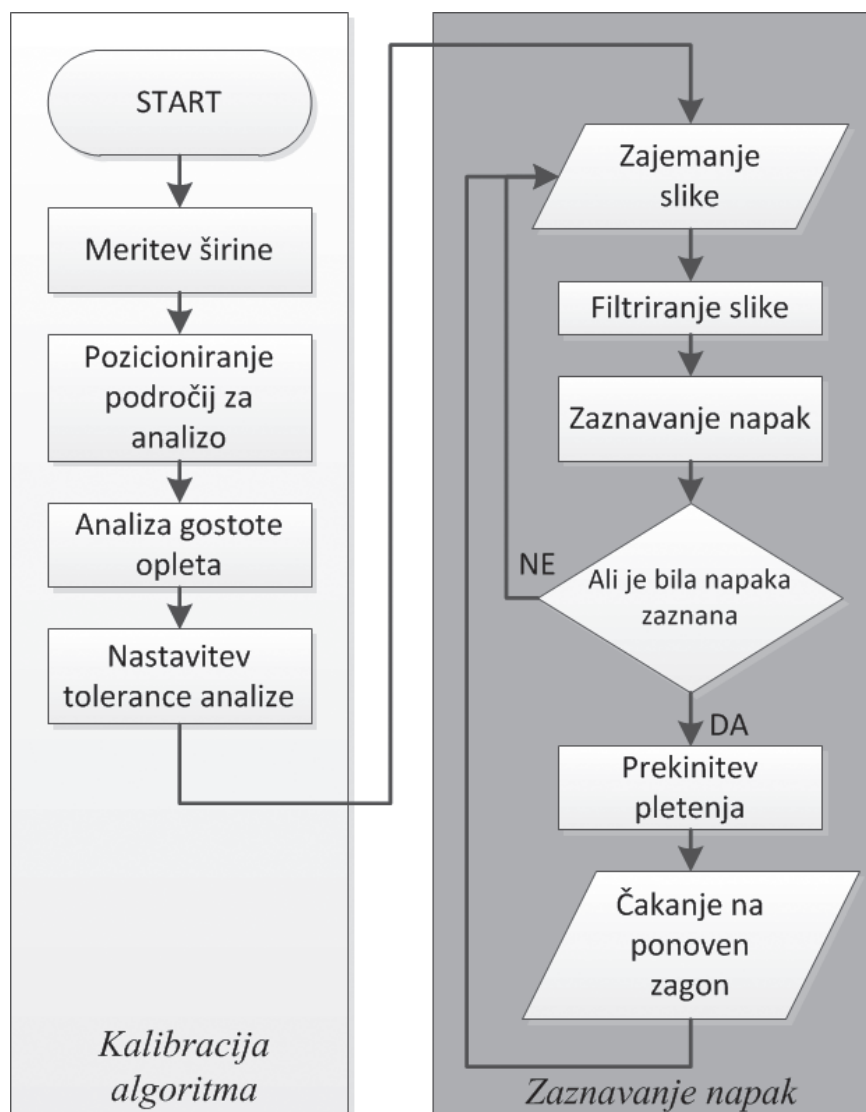


Slika 3. Obe vrsti napak, ki se pojavljata na pletenici

2 Algoritem za zaznavo napak

Sistemi za analizo s strojnim vidom v primerjavi z biološkimi sistemi niso fleksibilni in so skoraj vedno prilagojeni specifični nalogi [1]. Obstajajo različne metode za zaznavanje napak na vrveh, jeklenih pletenicah in tekstilu [2, 3]. Metode

odkrivanja napak bazirajo na statističnih analizah, uporabi matematičnih modelov za primerjavo slik in primerjavo slik s 3D-modeli. Algoritem je bil razvit z uporabo programskega orodja Matlab. Slika 4 prikazuje strukturo algoritma, ki analizira površino opleta. Sestavljen je iz dveh glavnih delov – kalibracija algoritma in zaznava napak.



Slika 4. Blokovna shema algoritma za zaznavo napak

a) Merjenje širine pletenice

Merjenje širine pletenice in njene lege smo izvedli tako, da smo zaznali robova pletenice na filtrirani sliki. Robove zaznavamo kot črte s pomočjo standardne Houghove transformacije [4]. Iz lege dveh zaznanih premic izračunamo razdaljo med njima in določimo središče pletenice na sliki.

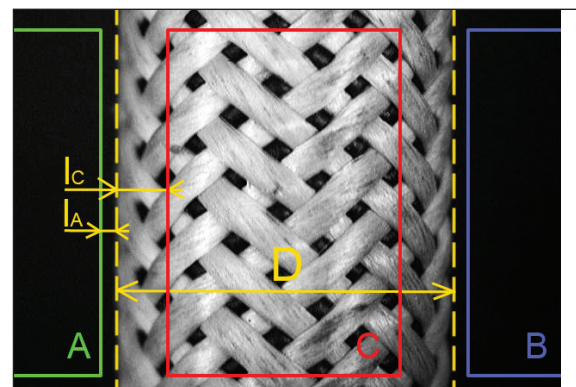
b) Izbira dela slike za analizo

Analizirali smo samo del slike, ki vsebuje koristno informacijo. Območja na sliki smo izbrali glede na lego zaznane pletenice. Uporabili smo tri pravokotna območja. Eno zajema srednji del pletenice. Drugi dve območji vsebujeta prostor na levi in desni strani pletenice. Srednje področje smo uporabili za zaznavanje manjkajočih niti, ki so se pretrgale. Levo in desno področje smo uporabili za zaznavanje niti, ki so visele stran od pletenice. S pomočjo algoritma smo avtomatično določili širino vseh treh območij slike glede na debelino pletenice, ki smo jo izmerili s strojnim vidom.

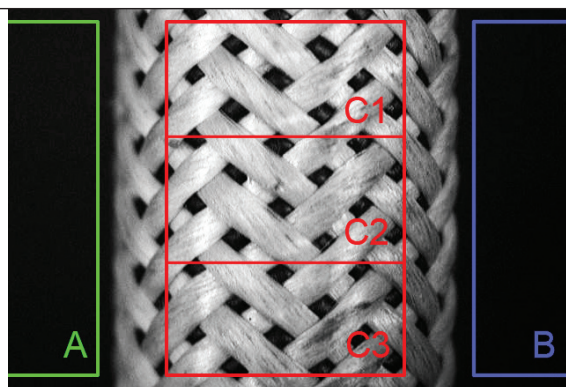
Razdalji l_A in l_C na sliki 5 sta bili določeni tako, da ni bilo napačnih zaznav napak zaradi upogibanja cevi, ki je bilo posledica delovanja stroja. Tako je bila l_A široka 3 mm. Največji izmerjeni pomik cevi zaradi upogibanja je bil 2 mm. Razdalja $l_C = 9$ mm določa robove cevi, kjer je zaradi ukrivljenosti površine struktura pletenice slabo vidna, zato tega dela ne analiziramo.

c) Merjenje gostote opleta

Preden prično meriti gostoto opleta, moramo določiti mejne vre-



Slika 5. Področja analize slike z označenima razdaljama l_A in l_C



Slika 6. Področja za merjenje osvetljenosti vzorca pletenice

dnosti za določen tip opleta, ki ga analiziramo. To naredimo tako, da najprej analiziramo en del opleta, ki pa ne sme vsebovati napak. Zato najprej preverimo, da vzorčni del nima napak. To storimo tako, da izmerimo jakost svetlobe na srednjem območju slike. Preverimo, ali je jakost svetlobe enaka na celotnem območju, tako da ga razdelimo na tri enako velike dele v smeri premikanja pletenice. Povprečno osvetljenost celotnega območja potem primerjamo s povprečno osvetlitvijo podobno območjem C1, C2 in C3, da preverimo, če je začetni del pletenice ob zagonu stroja brez napak (slika 6). Če se katera izmed vrednosti močno razlikuje od vrednosti celotnega območja, vzorec vsebuje napako.

Vrednost osvetlitve območij A in B mora biti enaka 0. Če tudi v teh območjih ni napak, uporabimo povprečno vrednost celotnega območja C pri nadaljnjem zaznavanju napak.

d) Določanje tolerančnega območja

Tolerančno območje osvetljenosti izbranega dela slike se uporablja za določanje, ali je odstopanje osvetljenosti od referenčne vrednosti tako veliko, da gre za napako. Meje tolerančnega območja določimo ob meritvi vzorca pletenice. Izmerimo srednjo vrednost, hkrati pa tudi najmanjšo in največjo vrednost osvetljenosti vzorca. Meje tolerančnega območja smo postavili tako, da je razlika med povprečno vrednostjo in mejno vrednostjo 10 odstotkov večja kot razlika med povprečno vrednostjo in največjo vrednostjo pri izmerjenem vzorcu.

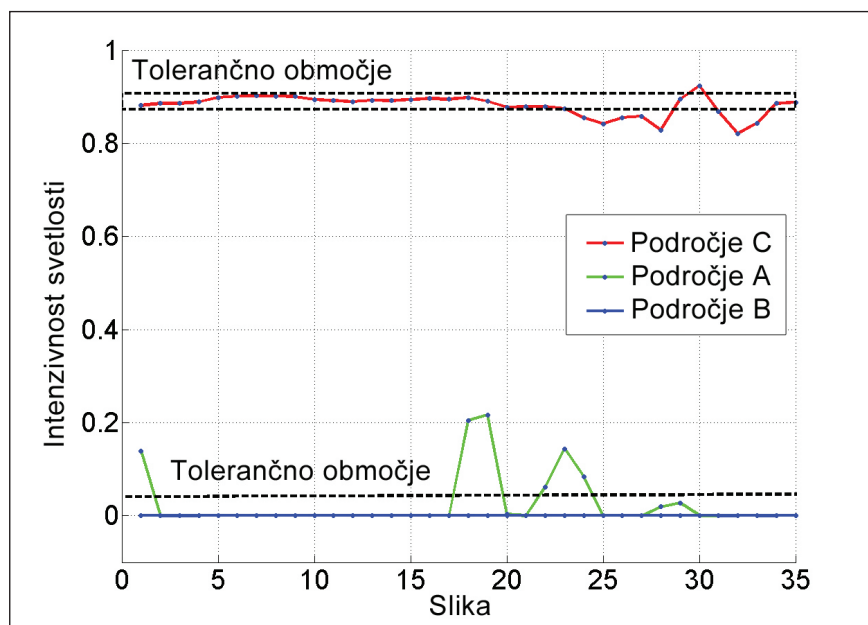
e) Zaznavanje napak opleta

Kadarkoli je razlika med merjeno gostoto opleta (osvetljenost merjenega območja slike) in gostoto vzorca večja od tolerančne meje, je napaka zaznana. Ko smo napako zaznali, smo pletilni stroj ustavili in napako sporočili operaterju stroja.

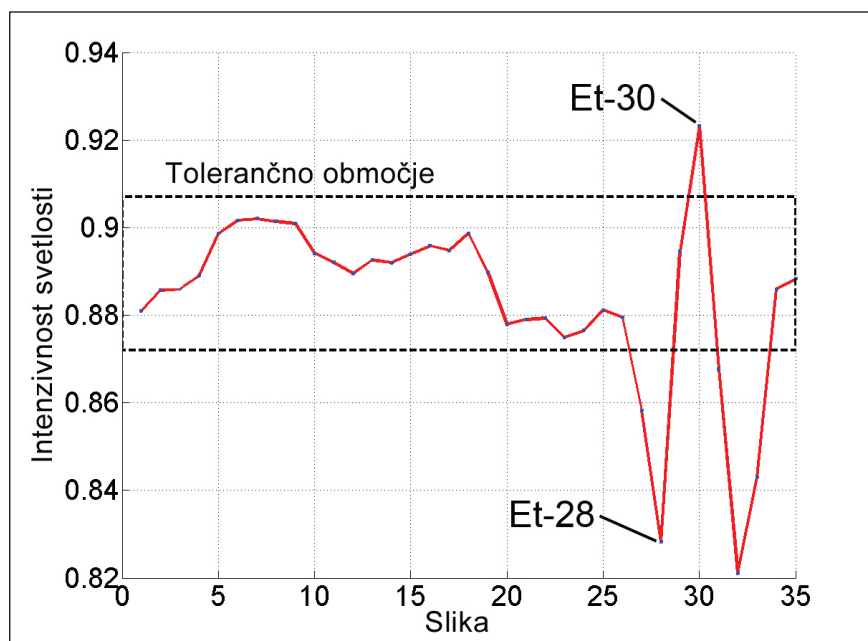
3 Rezultati

Izvedli smo test z zaporedjem 30 fotografij, ki smo jih naredi-

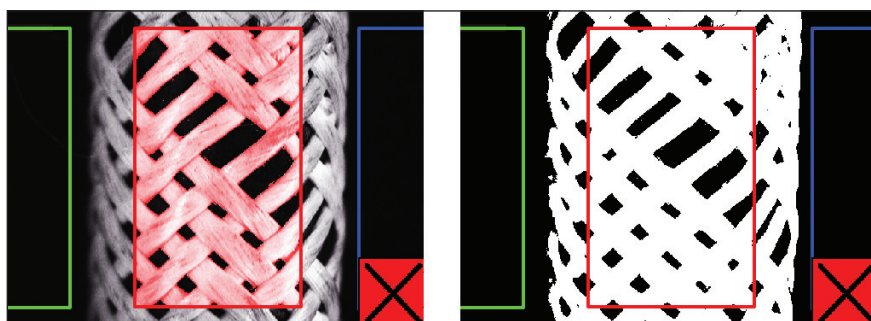
li s kamero, nameščeno na testni pripravi. Pred izvedbo testa smo določili ustrezne parametre I_A in I_C , da smo preprečili napačno zaznane napake zaradi zvijanja cevi. Za izračun tolerančnih mej smo uporabili vzorec pletenice brez napak. Osvetljenost območja C je bila zvezna z majhnimi odstopanji, kar je ključno za dobro zaznavanje napak. Odstopanja ob napakah so bila vsaj dvakrat večja. Vrednosti osvetljenosti so prikazane na grafu na sliki 7. Na grafu so označene tudi tolerančne meje.



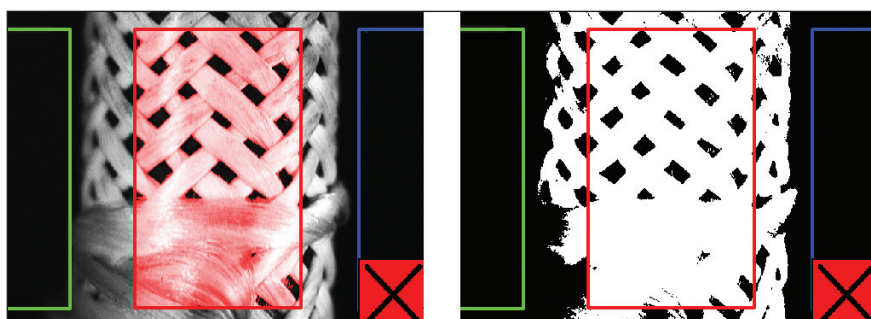
Slika 7. Graf osvetljenosti treh področij slike in tolerančna območja med testiranjem algoritma



Slika 8. Osvetljenost območja C z napakama Et-28 in Et-30



Slika 9. Zaznana napaka Et-28 zaradi manjkajoče niti. Na levi je prikazana fotografija pletenice z napako, na desni pa binarna slika, ki se je uporabila za izračun povprečne osvetlitve.



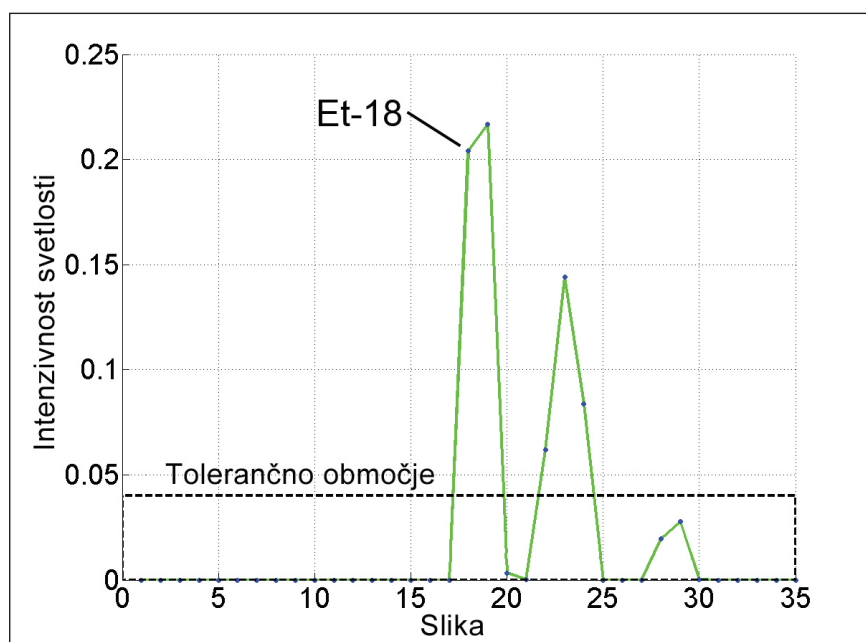
Slika 10. Napaka z vozlom (levo), binarna slika (desno)

V območju B ni bilo napak, zato je bila vrednost osvetljenosti enaka 0. V območjih C in A je bilo zaznanih več napak. Vsaka napaka je zaznana večkrat, ker je posamezna napaka pletenice vidna na več slikah, medtem ko se pletenica premika iz pletilnega stroja. Hitrost zajemanja slik s kamere je takšna, da se pri konstantni hitrosti pletenica pomakne za eno tretjino vidnega polja kamere. Na *sliki 8* je prikazan graf, na katerem sta označeni napaki na fotografijah 28 in 30 (Et-28 in Et-30).

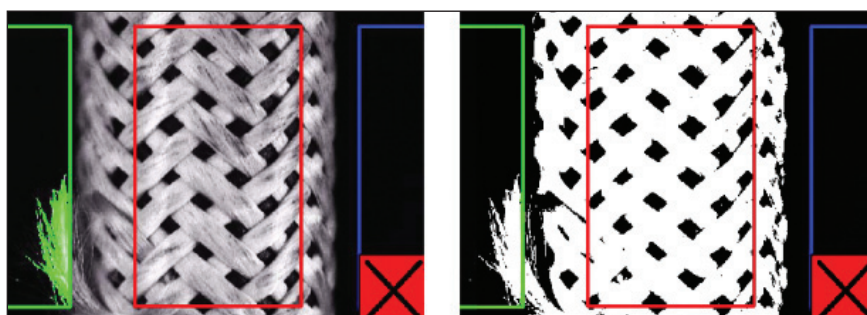
Osvetljenost pri napaki Et-28 je pod tolerančno mejo, ker je zaradi manjkajoče strgane niti področje temnejše. Na *sliki 9* je prikazana zaznana napaka.

Zaznali smo tudi napake, zaradi katerih se je povprečna osvetljenost opazovanega območja povečala. To se je zgodilo zaradi strgane niti, ki se je zavozlala okrog pletenice. Takšna napaka je prikazana na *sliki 10*.

Napake v območjih A in B zaznamo, ko je povprečna vrednost osvetljenosti večja od 0. Na *sliki 11* je prikazan graf osvetljenosti območja A.



Slika 11. Osvetljenost območja A in prva zaznana napaka Et-18



Slika 12. Napaka v območju A (levo), binarna slika (desno)

Na grafu je označena napaka Et-18, prikazana na *sliki 12*.

4 Zaključek

Testiranje adaptivnega algoritma za odkrivanje napak z analizo svetlosti treh območij se je izkazalo za uspešno. Algoritem se avtomatično prilagodi na različne dimenzije in gostoto pletenja. Prav tako so bile zaznane vse napake na testnih opletih, kar pomeni, da je bila zanesljivost pri analizi testnih opletov 100 %. Z uporabo tega prilagodljivega algoritma v kombinaciji s CCD-kamero in krmilnikom lahko zmanjšamo izgube v proizvodnji, saj se pletenje ustavi takoj, ko pride do napake. Naša rešitev se lahko enostavno vgradi in je zanesljiva, če zagotovimo, da je pletenica dobro osvetljena in ne niha pravokotno na svoje gibanje.

Reference

- [1] Iivarinen, J., Visa, A. (1998). An adaptive texture and shape based defect classification. *Proceedings of the 14th International Conference on Pattern Recognition (Volume:1)*, Brisbane, Aug 16–20, 1998.
- [2] Wacker, E., et al. (2013). Enhanced anomaly detection in wire ropes by combining structure and appearance, *Pattern Recognition Letters*, 34, 8, 1 June 2013, 942–953.
- [3] Platzer, E., et al. (2010). On the Suitability of Different Features for Anomaly Detection in Wire Ropes. *VISIGRAPP 2009*, 2010, 296–308.
- [4] Tetsuo Asano, Naoki Katoh, Variants for the Hough transform for line detection, *Computational Geometry*, 6, 4, July 1996, 231–252, ISSN 0925-7721.

Detection of defects in the braided sleeving with adjustable algorithm

Abstract: Braided sleeving is used for the production of high-pressure pipes. Errors may occur during the manufacturing process of sleeving. These errors can cause pipe rupture and failure of the hydraulic system will occur. High-pressure pipes come in different diameters, braiding densities and fiber colors. This article describes the adaptive algorithm that was developed for detection of defects on braided sleeving. Analyzed sleeveings have different dimensions, knitted fiber densities and colors. The algorithm for detecting errors consists of three main sections. The first part contains a mathematical algorithm for automatic adaption to different dimensions of the sleeving. The second part calculates the density of braiding and calibrates system for error detection. The last part is an operational mode that detects errors and stops the production during the production process. The developed algorithm has been successfully tested and is ready for use in industrial applications.

Keywords: braided sleeving, machine vision, fault detection, adaptive algorithm, analysis

IPRO ING d.o.o.

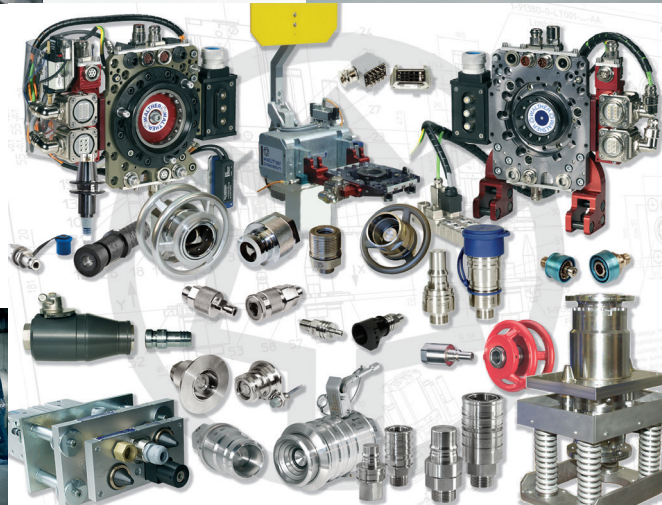
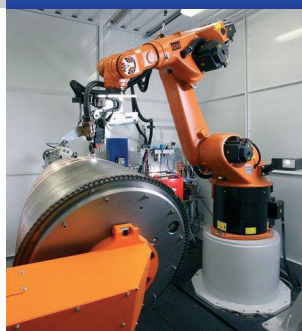
- Varilna oprema in varilni materiali vodilnega svetovnega proizvajalca **LINCOLN ELECTRIC**
- Varilna oprema proizvajalca **MERKLE** - Nemčija
- Širok izbor dodatnih materialov za varjenje
- Industrijsko odsesovanje in odpraševanje - **NEDERMAN**
- Hitro zaporne spojke za vse aplikacije in različne medije
- Avtomatizacija varjenja
- Implementacija in integracija varilnih sistemov in tehnologij na robotskih aplikacijah

**LINCOLN
ELECTRIC**

Nederman

MERKLE

**walther
präzision**
Quick Coupling Systems



Servis varilne opreme

V SODELOVANJU Z NAJBOLJŠIMI

Pooblaščen zastopnik za Slovenijo:

IPRO ING d.o.o., Tel.: 01/56-11-045, info@ipro.si, www.ipro.si

7. INDUSTRIJSKI FORUM IRT 2015

NAJVEČJI STROKOVNI DOGODEK INDUSTRIJE ZA INDUSTRIJO

- Predstavitev strokovnih prispevkov • Strokovna razstava
- Aktualna okrogla miza • Podelitev priznanja TARAS

Osrednja tema 7. industrijskega foruma IRT

INOVACIJE & RAZVOJ ZA VEČJO GOSPODARSKO RAST

Forum znanja in izkušenj

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

Osrednje teme IFIRT

- inoviranje
- razvoj
- izdelovalne tehnologije
- orodjarstvo in strojogradnja
- meroslovje in kakovost
- toplotna obdelava in spajanje
- napredni materiali
- umetne mase in njihova predelava
- organiziranje in vodenje proizvodnje
- menedžment kakovosti
- avtomatizacija
- robotizacija
- informatizacija
- mehatronika
- proizvodna logistika
- informacijske tehnologije
- napredne tehnologije
- ponudba znanja
- varjenje in rezanje
- vzdrževanje in tehnična diagnostika

Portorož, 8. in 9. junij 2015



Dodatne informacije: Industrijski forum IRT, Motnica 7 A, 1236 Trzin tel.: 01/600 1000 | faks: 01/600 3001
e-pošta: info@forum-irt.si | www.forum-irt.si | Organizator dogodka: PROFIDTP, d. o. o., Gradišče VI 4, 1291 Škofjica
Partner dogodka: Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije
Organizacijski vodja dogodka: Darko Svetak, darko.svetak@forum-irt.si

www.forum-irt.si

Glavni pokrovitelj dogodka:

Power and productivity
for a better world™



Pokrovitelji dogodka:

actinia



BTE
COMPANY



LOTRIC
METROLOGY

METTLER TOLEDO



Priznanje TARAS



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

Matematični modeli sinhronskega generatorja

Jožef RITONJA, Martin PETRUN

Izvleček: Za načrtovanje in sintezo regulacijskih sistemov sinhronskega generatorja je potrebno poznavanje njegovih matematičnih modelov. Obstajajo različni matematični modeli, ki se razlikujejo po svoji kompleksnosti in v natančnosti opisa statičnih in dinamičnih lastnosti sinhronskega generatorja. V članku so opisani temeljni nelinearni modeli in poenostavljeni linearizirani modeli sinhronskega generatorja, ki obratuje v sinhronizmu z močnim elektroenergetskim sistemom. Izpeljava modelov temelji na dq -transformaciji. Prikazana je primerjava časovnih odzivov osnovnega nelinearnega dq -modela in poenostavljenega lineariziranega modela sinhronskega generatorja. V članku je predstavljena izpeljava lineariziranega modela, ki je opisan z matriko prenosnih funkcij. Takšen zapis modela omogoča izračun njegovih parametrov z uporabo parametričnih identifikacijskih metod in ne zahteva poznavanja konstrukcijskih podatkov sinhronskega generatorja.

Ključne besede: sinhronski generator, regulacija napetosti, nelinearni model, linearizirani model

1 Uvod

Sinhronski generatorji (SG) so najpomembnejši proizvajalci električne energije. Za njihovo zanesljivo in gospodarno delovanje so nujni kompleksni regulacijski sistemi, podrobno predstavljeni v [1]. Za načrtovanje in sintezo regulacijskih sistemov je potrebno poznavanje ustreznega matematičnega modela SG. Obstajajo različni matematični modeli, ki se razlikujejo v natančnosti opisa SG in v kompleksnosti predstavitve samega modela. Pri izbiri matematičnega modela, primerne za načrtovanje in sintezo regulacijskih sistemov SG, želimo izbrati model, ki v čim večji meri izpolnjuje naslednje zahteve:

- Matematični model naj čim bolj natančno opiše statične in dinamične lastnosti SG v celotnem delovnem območju.
- Matematični model naj bo čim bolj enostaven in pregleden. Takšen model bo omogočil izvedbo

analize vpliva obravnavanih parametrov na pomembne lastnosti SG, enostavno načrtovanje in sintezo regulacijskih sistemov SG.

- Parametri matematičnega modela naj bodo hitro in enostavno določljivi. Izračun parametrov naj bo možen iz osnovnih razpoložljivih konstrukcijskih podatkov SG ali pa iz nezahtevnih preizkusov SG.

SG je multivariabilni nelinearni dinamični sistem. Osnovni matematični model za opis njegovega delovanja predstavlja **nelinearni dq -model sinhronskega stroja**, imenovan tudi dvoosni Parkov model sinhronskega stroja [2], ki je univerzalen in opisuje delovanje sinhronskega stroja v motorskem ali generatorskem načinu delovanja, v otopnem obratovanju ali v obratovanju v sinhronizmu. Za potrebe obravnave sinhronskega stroja, ki deluje kot elementarni proizvajalec električne energije v elektroenergetskem sistemu, lahko nelinearni dq -model sinhronskega stroja poenostavimo. Poenostavitev lahko izvedemo, ker velja pri obratovanju SG v elektroenergetskem sistemu predpostavka, da je v tem primeru SG preko povezovalnega voda priključen na omrežje sinusne napetosti konstantne amplitude in

frekvence. Takšen sistem imenujemo tudi »sistem z enim strojem, priključenim na neskončne zbirale« in označimo z angleško kratico SMIB (single machine connected to the infinite bus). Pripadajoči model imenujemo **nelinearni dq -model sistema SMIB**.

Nelinearni dq -model sistema SMIB je primeren za simulacijske izračune, ne omogoča pa enostavne analize vpliva obratovalnega stanja SG na njegove dinamične lastnosti, prav tako ni primeren za uporabo večine klasičnih linearnih in nelinearnih teorij vodenja za načrtovanje regulacijskih sistemov. Večina klasičnih teorij vodenja temelji namreč na poznavanju linearnega modela reguliranega procesa. Veliko omejitev pri uporabi tega modela predstavlja tudi potreba po poznavanju množice podatkov SG. Ti običajno niso dostopni v spremljevalni dokumentaciji SG, določitev parametrov modela na osnovi preizkusov pa je zamudna in draga, saj zahteva, da SG začasno odklopimo od elektroenergetskega sistema in prekinejo njegovo koristno obratovanje.

Zaradi navedenih pomanjkljivosti zasledimo v literaturi veliko objav,

Izr. prof. dr. Jožef Ritonja, univ. dipl. inž., dr. Martin Petrun, univ. dipl. inž., oba Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

kjer je prikazana izpeljava **poenostavljenih nelinearnih modelov sistema SMIB**. Vsi poenostavljeni modeli temeljijo na neupoštevanju nekaterih manj izrazitih elektromehanskih pojavov v delovanju SG, kar omogoča redukcijo stopnje osnovnega modela. Veliko tako reduciranih modelov je še dodatno lineariziranih. S tem je njihova uporabnost omejena na relativno majhno okolico ravnotežnega stanja, za katerega je bila izvedena linearizacija. Zaradi redukcije stopnje in linearizacije so izpeljani **poenostavljeni linearizirani modeli sistema SMIB** primerni za analizo delovanja SG in za načrtovanje njegovih regulacijskih sistemov. Znani poenostavljeni modeli so večinoma zapisani z enačbami v prostoru stanja. Poglavitna slabost večine poenostavljenih modelov pa ostaja težavna določitev njihovih parametrov. Tudi za določitev parametrov poenostavljenih lineariziranih modelov sistema SMIB potrebujemo veliko konstrukcijskih in funkcionalnih podatkov SG ali pa možnost izvedbe zamudnih preizkusov (preizkus kratkega stika, meritev frekvenčnih karakteristik, ...). Zato je v praksi določitev natančnih poenostavljenih modelov realnih SG velikokrat neizvedljiva.

Možno rešitev predstavlja kombinirana iterativna uporaba teoretičnega in eksperimentalnega modeliranja. V tem primeru na osnovi teoretičnega poznavanja sistema ocenimo ali natančno določimo strukturo matematičnega modela. Nato pa s pomočjo eksperimentalnega modeliranja (identifikacije) izračunamo parametre matematičnega modela. Kot najbolj učinkovita in enostavna za uporabo se izkaže uporaba parametričnih identifikacijskih metod. Z njihovo pomočjo na podlagi meritev vhodnih in izhodnih veličin sistema, ki ga identificiramo, izračunamo identificirani matematični model v vhodno-izhodni obliki in ga zapišemo s časovno diskretnimi prenosnimi funkcijami. Za uspešno uporabo parametričnih identifikacijskih metod je potrebno čim bolj natančno poznavanje zgradbe vhodno-izhodnega modela identificiranega sistema. V ta namen je v članku

prikazana izpeljava **poenostavljenega lineariziranega vhodno-izhodnega modela sistema SMIB**. Izpeljani model je predstavljen z matriko prenosnih funkcij, ki omogoča neposredno uporabo parametričnih identifikacijskih metod za določitev parametrov matematičnega modela.

■ 2 Nelinearni dq -model sistema SMIB

Matematični model sinhronskega generatorja, ki je s povezovalnim vodom priključen na omrežje sinusne napetosti konstantne amplitude in frekvence (krajše: nelinearni dq -model sistema SMIB) temelji na predstavitvi električnega dela sinhronskega stroja s tremi statorskimi navitji, enim rotorskim vzbujalnim navitjem in z dvema rotorskima dušilnima navitjema. Navitja so magnetno sklopljena. Pri izpeljavi modela uporabljamo dq -transformacijo. Dobljene enačbe zapišemo v obliki modela v prostoru stanja in jih normiramo na bazne vrednosti. Vse spremenljivke v modelu so izražene v »pu – per unit«
glede na njihove bazne vrednosti. Obstajata dve osnovni predstavitvi nelinearnega dq -modela sistema SMIB, ki se razlikujeta v izbiri spremenljivk stanja. Za spremenljivke stanja lahko izberemo tokove navitij ali pa magnetne sklepe. Bolj smiselna je izbira magnetnih sklepov, saj takšen model omogoča lažjo obravnavo nelinearne karakteristike železnega jedra.

Nelinearni dq -model sistema SMIB zapišemo v obliki modela v prostoru stanja z nelinearnim sistemom sedmih diferencialnih enačb. Vhoda v model predstavljata mehanski navor pogonske turbine $T_m(t)$ in napetost vzbujalnega sistema, ki jo priključimo na rotorsko vzbujalno navitje in označimo $E_{fd}(t)$. Spremenljivke stanja modela z magnetnimi sklepi so: magnetni sklep statorskega navitja v d -osi $\lambda_d(t)$, magnetni sklep statorskega navitja v q -osi $\lambda_q(t)$, magnetni sklep rotorskega vzbujalnega navitja $\lambda_f(t)$, magnetni sklep rotorskega dušilnega navitja v d -osi $\lambda_{Dd}(t)$, magnetni sklep ro-

torskega dušilnega navitja v q -osi $\lambda_{Dq}(t)$, rotorska kotna hitrost $\omega(t)$ in kolesni kot $\delta(t)$. Model je podrobno opisan v številnih referencah, npr. [2], [3], [4], [5]. Ena prvih, najbolj temeljiti izpeljav modela s podanimi podatki SG različnih vrst in različnih moči je predstavljena v [2].

■ 3 Poenostavljen linearizirani model sistema SMIB

Nelinearni dq -model sistema SMIB omogoča natančno dinamično analizo SG v primeru, če poznamo natančne vrednosti parametrov SG. V večini primerov ti podatki niso poznani. Za njihov naknadni izračun so potrebne obsežne in zamudne meritve, zato je uporabnost nelinearnega dq -modela sistema SMIB za konkretne potrebe zelo omejena. Dodatno slabost nelinearnega dq -modela sistema SMIB predstavlja njegova nelinearna struktura, ki preprečuje uporabo metod linearne teorije sistemov za analizo modela in za načrtovanje regulacijskih sistemov.

Odpravo omenjenih pomanjkljivosti omogoča poenostavitev nelinearnega dq -modela sistema SMIB. Določeni fizikalni pojavi so z vidika analize in vodenja SG manj vplivni in jih lahko zato brez bistvenega zmanjšanja uporabnosti modela zanemarimo. Na ta način lahko bistveno reduciramo stopnjo modela. Drugi razlog za poenostavitev modela sistema SMIB pa predstavlja specifičen način delovanja SG v sinhronizmu. Za obratovanje SG je značilno dalj časa trajajoče delovanje v nastavljeni delovni točki oziroma majhni okolici te delovne točke. Spremembe nastavljenih delovnih točk so relativno redke, prehodni pojavi med nastavljenimi delovnimi točkami pa so kratkotrajni v primerjavi s trajanjem obratovanja v nastavljeni delovni točki. SG delujejo v nastavljeni delovni točki eno ali več ur, prehodni pojavi med delovnimi točkami pa trajajo do nekaj deset sekund. Zato je pomembno imeti predvsem takšen model sistema SMIB, ki bo dobro opisoval dinamiko SG v relativno majhni okolici

obravnavane delovne točke. Reducirani nelinearni model sistema SMIB je torej brez bistvenega zmanjšanja uporabnosti smiselno linearizirati za izbrano delovno točko.

V literaturi zasledimo različne poenostavljene linearizirane modele sistema SMIB, ki se med seboj razlikujejo v stopnji modela in izbiri spremenljivk stanja modela. Med temi modeli se je posebej uveljavil poenostavljen linearizirani model tretje stopnje, imenovan tudi Hefron-Phillipsov model [6]. Ta je izpeljan iz nelinearnega dq -modela sistema SMIB ob upoštevanju naslednjih predpostavk in poenostavitev:

- predpostavimo obratovanje SG v sinhronizmu z elektroenergetskim sistemom s sinusno napetostjo konstantne amplitude in frekvence,
- predpostavimo simetrično obremenitev,
- zanemarimo vpliv nasičenja (predpostavimo linearno magnetilno karakteristiko),
- zanemarimo ohmsko upornost statorskega navitja,
- v električnem delu matematičnega modela zanemarimo vpliv dušilnih navitij; dušilni navor, ki je posledica toka skozi ti navitji, pridružimo mehanskemu dušenju in upoštevamo v dušilnem koeficientu v mehanski enačbi,
- v napetostnih enačbah zanemarimo statorski transformatorski napetosti v primerjavi s statorskima gibalnima napetostma,
- ker je hitrost spreminjanja kolesnega kota relativno majhna v primerjavi s sinhronsko hitrostjo, v napetostnih enačbah za izračun gibalne inducirane napetosti namesto spremenljive dejanske hitrosti uporabimo konstantno sinhronsko hitrost.

Vse spremenljivke v poenostavljenem lineariziranem modelu sistema SMIB prikazujejo odstopanja veličin SG od njihovih vrednosti v ravnotežnem stanju, za katerega je bila opravljena linearizacija nelinearnega dq -modela sistema SMIB. Vhodni veličini poenostavljenega lineariziranega modela sta odstopanje mehanskega navora pogon-

ske turbine $T_{m\Delta}(t)$ in odstopanje napetosti rotorskega vzbujačnega navitja $E_{fd\Delta}(t)$. Spremenljivke stanja poenostavljenega lineariziranega modela so: odstopanje prehodne inducirane napetosti v q -osi $E'_{q\Delta}(t)$, odstopanje rotorske kotne hitrosti $\omega_{\Delta}(t)$ in odstopanje kolesnega kota $\delta_{\Delta}(t)$. Kot izhodne spremenljivke je smiselno izbrati odstopanje statorske napetosti $V_{t\Delta}(t)$, odstopanje električnega navora $T_{e\Delta}(t)$ in odstopanje rotorske kotne hitrosti $\omega_{\Delta}(t)$.

Poenostavljen linearizirani model je opisan z matričnima enačbama (1) in (2).

$$\begin{bmatrix} \dot{\omega}_{\Delta}(t) \\ \dot{\delta}_{\Delta}(t) \\ \dot{E}'_{q\Delta}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-D}{2H} & \frac{-K_1}{2H} & \frac{-K_2}{2H} \\ \omega_r & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{K_4}{T'_{d0}} & -\frac{1}{T'_{d0}K_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_{\Delta}(t) \\ \delta_{\Delta}(t) \\ E'_{q\Delta}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{2H} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{T'_{d0}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{m\Delta}(t) \\ E_{fd\Delta}(t) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} V_{t\Delta}(t) \\ T_{e\Delta}(t) \\ \omega_{\Delta}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & K_5 & K_6 \\ 0 & K_1 & K_2 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_{\Delta}(t) \\ \delta_{\Delta}(t) \\ E'_{q\Delta}(t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Posamezne oznake označujejo:

$T_{m\Delta}(t)$ – odstopanje mehanskega navora pogonske turbine [pu]

$E_{fd\Delta}(t)$ – odstopanje napetosti rotorskega vzbujačnega navitja [pu]

$E'_{q\Delta}(t)$ – odstopanje prehodne inducirane napetosti v q -osi [pu]

$\omega_{\Delta}(t)$ – odstopanje rotorske kotne hitrosti [pu]

$\delta_{\Delta}(t)$ – odstopanje kolesnega kota [rad]

$V_{t\Delta}(t)$ – odstopanje statorske napetosti [pu]

$T_{e\Delta}(t)$ – odstopanje električnega navora [pu]

D – dušilni koeficient [pu/pu]

H – vztrajnostna konstanta [s]

ω_r – toga sinhronska krožna frekvenca ($\omega_r = 2\pi f_r$) [rad s⁻¹]

T'_{d0} – prehodna časovna konstanta v d -osi v praznem teku [s]

$K_1, \dots, K_6$ – parametri lineariziranega modela

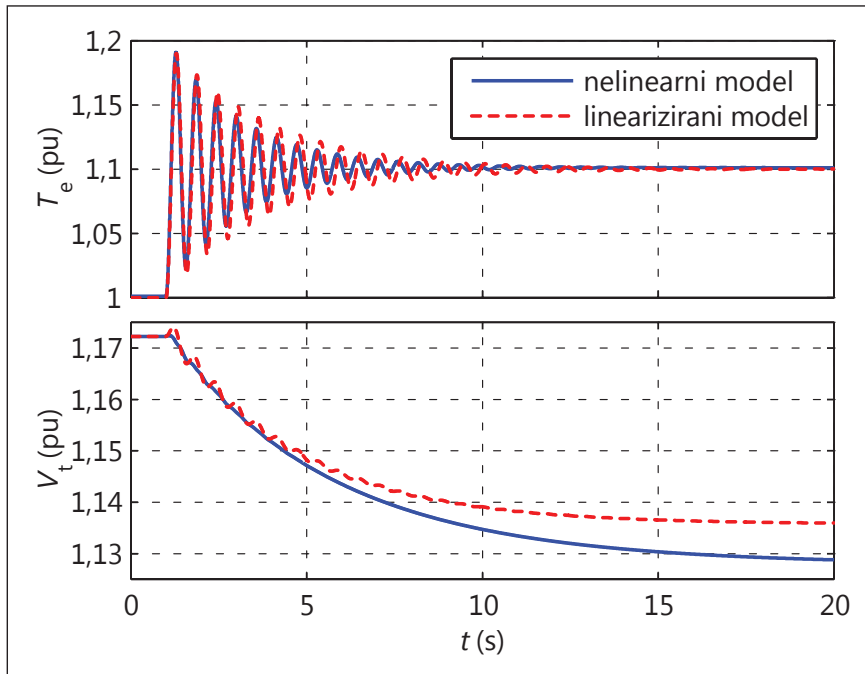
Parametri lineariziranega modela $K_1, \dots, K_6$ so odvisni od parametrov

nelinearnega dq -modela in od izbrane delovne točke. Njihov izračun je podrobno predstavljen v [2], [6].

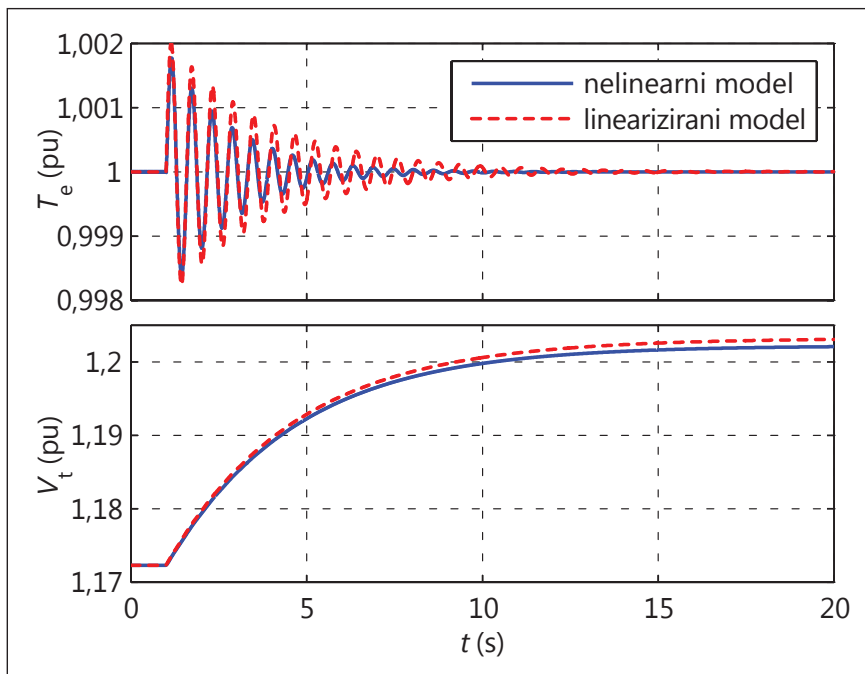
Poenostavljen linearizirani model dobro opisuje obnašanje SG v relativno majhni okolici obravnavane delovne točke. Za opis obnašanja SG v drugi delovni točki je potrebno določiti druge parametre lineariziranega modela. Primerjava odzivov nelinearnega dq -modela sedme stopnje in poenostavljenega lineariziranega modela tretje stopnje je prikazana na primeru turbogeneratorja nazivne moči $S_n = 160$ MVA. Podatki SG in povezovalnega voda so povzeti

iz [2]. Ta sistem je v literaturi večkrat uporabljen za preizkušanje različnih algoritmov vodenja SG. Primerjavo nelinearnega in lineariziranega modela smo izvedli v okolici nazivne delovne točke $P = 1$ [pu], $\cos \varphi = 0,85$. Slika 1 prikazuje simulirana odziva nelinearnega in lineariziranega modela na stopnično spremembo mehanskega navora $T_{m\Delta}$: $0 \rightarrow 0,1$ [pu] v trenutku $t = 1$ [s], slika 2 pa prikazuje odziva obeh modelov na stopnično spremembo vzbujačne napetosti $E_{fd\Delta}$: $0 \rightarrow 0,1$ [pu] v trenutku $t = 1$ [s].

S slik je razvidno, da linearizirani model dobro opisuje obnašanje SG v okolici ravnotežnega stanja. Razlika je vidna predvsem v stacionarnem stanju nelinearnega in lineariziranega modela, medtem ko odziv lineariziranega modela med prehodnim pojavom kljub relativno veliki spremembi vzbujačnega zelo malo odstopa od odziva nelinearnega modela. Linearizirani model zelo dobro opisuje frekvenco in dušenje nihanj v prehodnem pojavu. Podobne rezultate



Slika 1. Odziv nelinearnega dq-modela in poenostavljenega lineariziranega modela sistema SMIB na stopnično spremembo mehanskega navora $T_{m\Delta}$: $0 \rightarrow 0,1$ [pu] v $t = 1$ [s]



Slika 2. Odziv nelinearnega dq-modela in poenostavljenega lineariziranega modela sistema SMIB na stopnično spremembo vzbujalne napetosti $E_{fd\Delta}$: $0 \rightarrow 0,1$ [pu] v $t = 1$ [s]

ujemanja odzivov nelinearnega in lineariziranih modelov dobimo v celotnem delovnem področju, zato je za analizo dinamičnih lastnosti in za načrtovanje regulacijskih sistemov smiselno uporabljati poenostavljen linearizirani model sistema SMIB.

4 Poenostavljen linearizirani model sistema SMIB z napetostnim regulacijskim sistemom

Pri normalnem obratovanju je SG opremljen z vzbujalnim sistemom z napetostnim regulatorjem, ki skrbi za konstantno statorsko napetost oziroma $\cos \varphi$ SG. Stranski negativni učinek uvedbe napetostne regulacijske zanke predstavlja zmanjšanje dušenja elektromehanskih nihanj generatorja. Napetostna regulacijska zanka v nekaterih primerih poveča stabilnostne probleme SG. Zato je pri analizi dinamičnih lastnosti SG smiselno upoštevanje vpliva napetostne regulacijske zanke na amplitude in dušenja elektromehanskih nihanj.

V literaturi zasledimo veliko del, ki se ukvarjajo z modeliranjem SG, medtem ko je bistveno manjša pozornost namenjena modeliranju vzbujalnega sistema z regulatorjem napetosti. V večini del je dinamika regulatorja napetosti in vzbujalnika opisana s členom 1. stopnje z ustreznim ojačenjem in časovno konstanto. Skupno prenosno funkcijo regulatorja in vzbujalnika označimo z $G_{AVR}(s)$:

$$G_{AVR}(s) = \frac{E_{fd\Delta}(s)}{V_{t,ref\Delta}(s) - V_{t\Delta}(s)} = \frac{k_{AVR}}{T_{AVR}s + 1} \quad (3)$$

Posamezne oznake imajo sledeč pomen:

$V_{t,ref\Delta}$ – odstopanje referenčne vrednosti statorske napetosti [pu]

k_{AVR} – ojačenje regulatorja napetosti in vzbujalnega sistema [pu/pu]

T_{AVR} – časovna konstanta vzbujalnega sistema [s]

s – Laplaceova kompleksna spremenljivka

Poenostavljen linearizirani model sistema SMIB, dopolnjen z napetostno regulacijsko zanko, opisujeta enačbi (4) in (5):

$$\begin{bmatrix} \dot{\omega}_\Delta(t) \\ \dot{\delta}_\Delta(t) \\ \dot{E}'_{q\Delta}(t) \\ \dot{E}_{fd\Delta}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{D}{2H} & -\frac{K_1}{2H} & -\frac{K_2}{2H} & 0 \\ \omega_r & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{K_4}{T'_{d0}} & -\frac{1}{T'_{d0}K_3} & \frac{1}{T'_{d0}} \\ 0 & -\frac{K_5k_{AVR}}{T_{AVR}} & -\frac{K_6k_{AVR}}{T_{AVR}} & -\frac{1}{T_{AVR}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_\Delta(t) \\ \delta_\Delta(t) \\ E'_{q\Delta}(t) \\ E_{fd\Delta}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{2H} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{T'_{d0}} \\ 0 & \frac{k_{AVR}}{T_{AVR}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{m\Delta}(t) \\ V_{t,ref\Delta}(t) \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} V_{t\Delta}(t) \\ T_{e\Delta}(t) \\ \omega_\Delta(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & K_5 & K_6 & 0 \\ 0 & K_1 & K_2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_\Delta(t) \\ \delta_\Delta(t) \\ E'_{q\Delta}(t) \\ E_{fd\Delta}(t) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Blokovni diagram poenostavljene- ga lineariziranega modela sistema

Časovna konstanta T_{AVR} je odvisna od izvedbe vzbujalnega sistema,

zahteve po optimalnem dušenju napetostne regulacijske zanke ($z = 0,7$) izpeljemo izraz za določitev ojačenja regulatorja napetosti [6]:

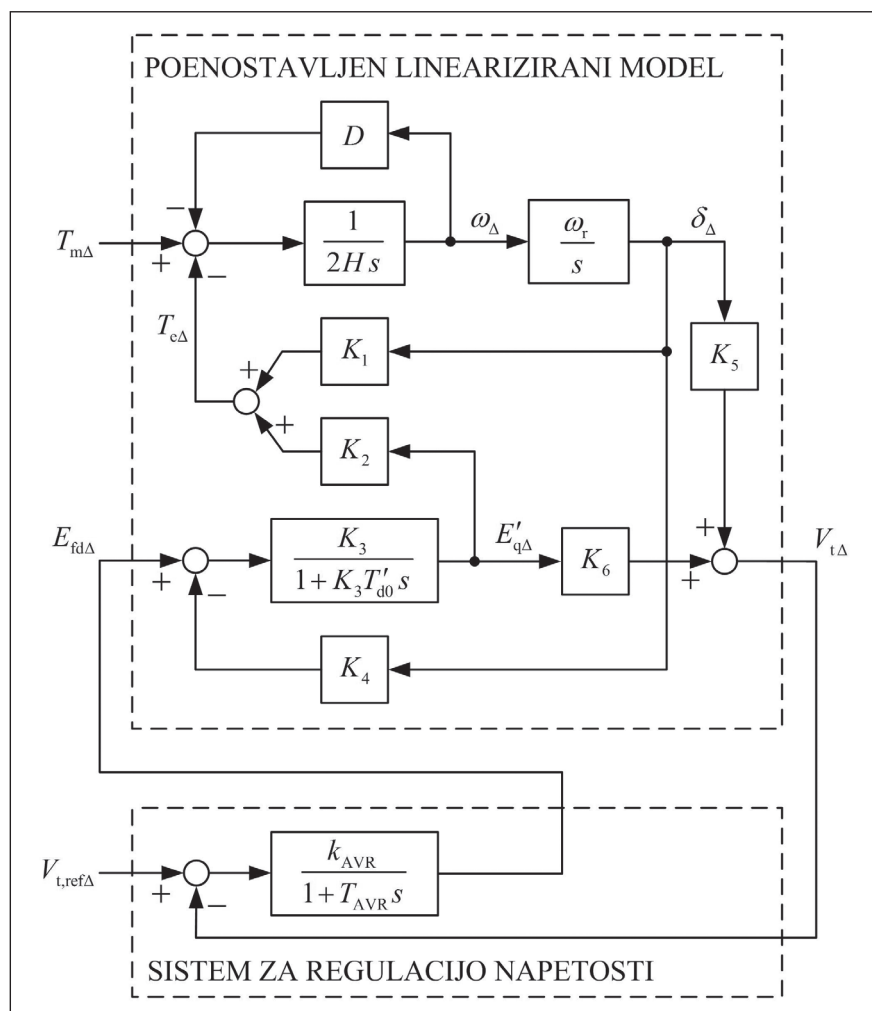
$$k_{AVR} = \frac{T'_{d0}}{2K_6T_{AVR}} + \frac{T_{AVR}}{2K_3^2K_6T'_{d0}} \quad (6)$$

Takšno ojačenje regulatorja napetosti sicer zagotavlja dobro statiko in dinamiko napetostne regulacijske zanke, kar pa ima za posledico zmanjšanje dušenja elektromehanskih nihanj. Zato je v literaturi [2] predlagana vrednost ojačenja regulatorja napetosti k_{AVR} bistveno manjša. Izbira ojačenja temelji na uporabi frekvenčnih karakteristik ob upoštevanju zahteve, naj bo presečna frekvenca odprte regulacijske zanke manjša od $\frac{1}{2T_{AVR}}$. Tako dobljen izraz za izbiro k_{AVR} se glasi:

$$k_{AVR} = \frac{T'_{d0}}{2T_{AVR}} \quad (7)$$

5 Poenostavljeni linearizirani vhodno-izhodni model sistema SMIB

Predstavljeni poenostavljeni linearizirani model je enostaven in pregleden, vendar je za izračun parametrov K_1



Slika 3. Blokovni diagram poenostavljenega lineariziranega modela sistema SMIB, dopolnjenega z napetostno regulacijsko zanko

do K_6 še vedno potrebno poznavanje mnogih, večinoma neznanih parametrov SG. Rešitev predstavlja uporaba parametričnih identifikacijskih metod za določitev parametrov poenostavljenega lineariziranega modela. Rezultati parametričnih identifikacijskih

metod so večinoma diskretne prenosne funkcije. Zato je potrebno poenostavljeni linearizirani model sistema SMIB z napetostnim regulacijskim sistemom namesto v obliki modela v prostoru stanja zapisati v vhodno-izhodni obliki s prenosnimi funkcijami.

Poenostavljeni linearizirani model ima 2 vhodni in 3 izhodne spremenljivke. Povezavo med njimi opišemo s pomočjo 6 prenosnih funkcij, ki imajo enak imenovalac in različne števec. Matriko prenosnih funkcij izračunamo iz enačb 4 in 5:

$$\begin{bmatrix} V_{t\Delta}(s) \\ T_{e\Delta}(s) \\ \omega_{\Delta}(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(s) & G_{12}(s) \\ G_{21}(s) & G_{22}(s) \\ G_{31}(s) & G_{32}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{m\Delta}(t) \\ V_{t,ref\Delta}(t) \end{bmatrix} \quad (8)$$

Posamezne prenosne funkcije so:

$$\begin{aligned} G_{11}(s) &= \frac{V_{t\Delta}(s)}{T_{m\Delta}(s)} = \frac{b_{11,2}s^2 + b_{11,1}s + b_{11,0}}{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0} \\ G_{21}(s) &= \frac{T_{e\Delta}(s)}{T_{m\Delta}(s)} = \frac{b_{21,2}s^2 + b_{21,1}s + b_{21,0}}{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0} \\ G_{31}(s) &= \frac{\omega_{\Delta}(s)}{T_{m\Delta}(s)} = \frac{b_{31,3}s^3 + b_{31,2}s^2 + b_{31,1}s}{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0} \\ G_{12}(s) &= \frac{V_{t\Delta}(s)}{V_{t,ref\Delta}(s)} = \frac{b_{12,2}s^2 + b_{12,1}s + b_{12,0}}{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0} \\ G_{22}(s) &= \frac{T_{e\Delta}(s)}{V_{t,ref\Delta}(s)} = \frac{b_{22,2}s^2 + b_{22,1}s}{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0} \\ G_{32}(s) &= \frac{\omega_{\Delta}(s)}{V_{t,ref\Delta}(s)} = \frac{b_{32,1}s}{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0} \end{aligned} \quad (9)$$

Izračunani koeficienti prenosnih funkcij so:

$$\begin{aligned} a_4 &= 2K_3T_{AVR}T'_{do}H \\ a_3 &= 2K_3T'_{do}H + K_3T_{AVR}T'_{do}D + 2HT_{AVR} \\ a_2 &= K_3T'_{do}D + 2H + DT_{AVR} + K_1K_3T_{AVR}\omega_rT'_{do} + 2Hk_{AVR}K_6K_3 \\ a_1 &= D + K_1K_3\omega_rT'_{do} - K_2K_3K_4T_{AVR}\omega_r + K_1T_{AVR}\omega_r + Dk_{AVR}K_6K_3 \\ a_0 &= -K_2K_3K_4\omega_r + K_1\omega_r + \omega_rK_1k_{AVR}K_6K_3 - \omega_rK_2K_3k_{AVR}K_5 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} b_{11,2} &= K_5\omega_rT_{AVR}T'_{do}K_3 \\ b_{11,1} &= K_5\omega_rT'_{do}K_3 + K_5\omega_rT_{AVR} - K_6K_3K_4\omega_rT_{AVR} \\ b_{11,0} &= -K_6K_3K_4\omega_r + K_5\omega_r \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} b_{21,2} &= K_1K_3\omega_rT'_{do}T_{AVR} \\ b_{21,1} &= K_1\omega_rT_{AVR} + K_1K_3\omega_rT'_{do} - K_2K_3K_4\omega_rT_{AVR} \\ b_{21,0} &= K_1\omega_r - K_2K_3K_4\omega_r + K_1K_3K_6k_{AVR}\omega_r - K_2K_3K_5k_{AVR}\omega_r \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} b_{31,3} &= T_{AVR} T'_{do} K_3 \\ b_{31,2} &= T_{AVR} + T'_{do} K_3 \\ b_{31,1} &= 1 + K_{AVR} K_6 K_3 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} b_{12,2} &= 2K_6 K_3 k_{AVR} H \\ b_{12,1} &= K_6 K_3 k_{AVR} D \\ b_{12,0} &= -K_5 \omega_r K_2 K_3 k_{AVR} + K_6 K_3 k_{AVR} \omega_r K_1 \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} b_{22,2} &= 2K_2 K_3 k_{AVR} H \\ b_{22,1} &= K_2 K_3 k_{AVR} D \end{aligned} \quad (15)$$

$$b_{32,1} = -K_2 K_3 k_{AVR} \quad (16)$$

6 Zaključek

V članku so prikazani razvoj, klasifikacija in izpeljava najpogostejše uporabljenih dinamičnih modelov SG. Ugotovljeno je, da znani modeli sicer zadovoljivo opisujejo statične in dinamične lastnosti SG, vendar pa je njihova uporabnost za modeliranje realnih SG majhna zaradi zahteve po poznavanju številnih konstrukcijskih in funkcionalnih podatkov SG. Ti podatki v praksi večinoma niso razpoložljivi. Alternativno rešitev za določitev matematičnega modela realnega SG predstavlja uporaba identifikacijskih metod za določitev parametrov matematičnega modela.

V članku je prikazana izpeljava poenostavljenega lineariziranega vhodno-izhodnega modela sistema SMIB. Osnovo za izpeljavo predstavlja nelinearni dq -model sistema SMIB. Izpeljani model predstavlja izhodišče za uporabo identifikacijskih metod za določitev parametrov modela. Izpeljani model dobro opisuje vse pomembne lastnosti SG in je primeren za simulacije in analizo dinamičnih lastnosti SG ter za načrtovanje in sintezo regulacijskih sistemov SG. S pomočjo identifikacije je

določitev parametrov modela hitra in enostavna in ne zahteva prekinitev obratovanja SG. V okviru nadaljnjih aktivnosti je smiselno podrobneje analizirati uporabo parametrične identifikacijske metode najmanjših kvadratov za izračun parametrov predstavljenega modela.

Viri

- [1] Ritonja, J., Polajžer, B., »Regulacijski sistemi sinhronskih generatorjev«, Ventil, let. 20, št. 6, 2014.
- [2] Anderson, P. M., Fouad, A. A., »Power system control and stability«, The Iowa state university press, Iowa, 1977.
- [3] Bergen, A. R., »Power system analysis«, Prentice Hall, New Jersey, 1986.
- [4] Kundur, P., »Power system stability and control«, Mc-Graw-Hill, Inc., New York, 1994.
- [5] Machowsky, J., Bialek, J. W., Bumby, J. R., »Power system dynamics, stability and control«, John Wiley and Sons, Ltd, Chicester, 2008.
- [6] Ritonja, J., »Izboljšanje dinamične stabilnosti sinhronskega generatorja s pomočjo adaptivnega modelno referenčnega vodenja«, doktorska disertacija, UM-FERI, 1996.

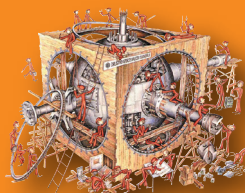
Mathematical models of synchronous generator

Abstract: The design and the synthesis of the synchronous generator control systems require knowledge of the mathematical models of the synchronous generator. There are various mathematical models, which differ in the complexity of the models and the accuracy of the representation of the static and dynamic characteristics of the synchronous generator. The paper describes the fundamental non-linear models and the simplified linearized models of the synchronous generator connected to the infinite bus. The dq -transformation is used for the models' derivation. Similarities between time responses of the 7th order non-linear dq -model and the 3rd order simplified linearized model of the synchronous generator are shown. In the paper the simplified linearized model described by the matrix of the transfer functions is developed. Such model's description enables the usage of parametric identification methods for the determination of the mathematical model's parameters. The developed model does not require knowledge of synchronous generator data for the calculation of model parameters.

Keywords: synchronous generator, automatic voltage regulator, non-linear model, linearized model

40 LET DVS

25. TEHNIŠKO POSVETOVANJE
VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE



25 LET TPVS

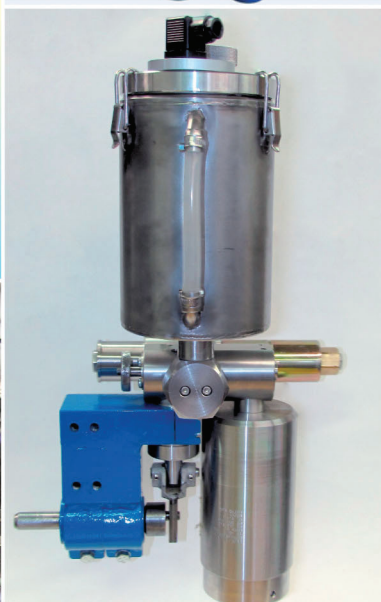
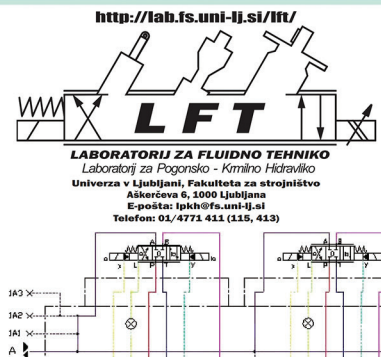
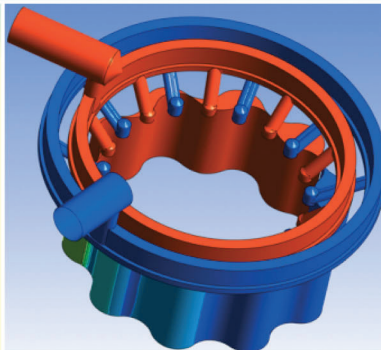
Otočec | 15. in 16. oktober 2015
www.tpvs.si

LABORATORIJ ZA FLUIDNO TEHNIKO

Smo laboratorij z dolgoletno tradicijo na področju pogonsko-krmilne hidravlike. Ukvarjamo se z oljno in tudi ekološko prijazno vodno PK hidravliko, pri tem pa uporabljamo sofisticirano in sodobno merilno in programsko opremo. To se odraža v večjem številu uspešno zaključenih projektov in sodelovanju z uspešnimi slovenskimi podjetji.

Obrnite se na nas, če potrebujete:

- razvoj in optimiranje hidravličnih sestavin in naprav
- izdelavo hidravličnih naprav
- izboljšave in popravilo hidravličnih naprav in strojev
- izdelavo sodobnega krmilja za hidravlične stroje
- izobraževanje na področju hidravlike
- ekološke hidravlične naprave za pitno vodo
- izdelavo ali izris hidravličnih shem
- itd.



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



JAKŠA
MAGNETNI VENTILI

od 1965

- vrhunska kakovost izdelkov in storitev
- zelo kratki dobavni roki
- strokovno svetovanje pri izbiri
- izdelava po posebnih zahtevah
- širok proizvodni program
- celoten program na internetu



www.jaksa.si



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

Raziskava in razvoj empiričnih modelov za napovedovanje odjema toplote v vročevodnem sistemu

Ervin STRMČNIK, Primož POTOČNIK, Edvard GOVEKAR

Izvleček: Napovedovanje rabe energije v sistemu daljinskega ogrevanja je ključnega pomena za premišljeno upravljanje z energetskimi viri in za zagotavljanje trajnostne energetske oskrbe. Raziskali smo, kateri dejavniki najbolj vplivajo na odjem toplote in na kakšne načine lahko izboljšamo točnost napovedovanja. Ugotovili smo, da imajo največji vpliv temperatura ozračja, pretekli odjem toplote in sončno sevanje. Razvili smo devet empiričnih modelov za napovedovanje odjema toplote v vročevodnem sistemu. Kot referenčna modela smo določili model random-walk in model temperaturne korelacije, nato pa smo razvili kompleksnejši regresijski model in več vrst avtoregresijskih modelov. Kakovost empiričnih modelov smo ocenili s pomočjo križnega vrednotenja na podlagi napake napovedi, ki je predstavljala srednjo absolutno normalizirano napako glede na maksimalno prenosno kapaciteto vročevoda. Kvaliteto napovedi odjema toplote smo izboljšali z uvedbo populacijskih značilk za dneve v tednu in dodatnih spremenljivk za upoštevanje rasti sistema ter sezonskega cikla. Za najkakovostnejši empirični model se je izkazal model iz skupine avtoregresijskih modelov (model SR), ki smo ga razvili s pomočjo metode postopne izbire regresorjev.

Ključne besede: daljinsko ogrevanje, napovedovanje odjema toplote, predikcijski modeli, izpeljava značilk, izbira regresorjev, regresijski model, avtoregresijski model

1 Uvod

Napovedovanje odjema toplote sodi zaradi prisotnosti kompleksnih procesov med zahtevnejše naloge daljinskega ogrevanja. Kakovostne napovedi odjema toplote v vročevodnem sistemu so zelo pomembne s stališča učinkovite rabe energije, kar v tehničnem smislu zajema učinkovito krmiljenje energetskih sistemov, v ekonomskem smislu pa uskladitev prihodnjih potreb odjemalcev s pogodbeno določenimi odjemi. Aktivnosti, povezane z napovedovanjem odjema toplote, zahtevajo celovito poznavanje problematike daljinskega ogrevanja.

Ervin Strmčnik, mag. inž. str., doc. dr. Primož Potočnik, univ. dipl. inž., prof. dr. Edvard Govekar, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Napovedovanje rabe energije [1, 2] je predpogoj za uspešno optimizacijo in upravljanje tehničnih procesov, povezanih s proizvodnjo energije in daljinskim ogrevanjem [3]. Daljinsko ogrevanje in premišljeno upravljanje z viri [4, 5] sta ključna elementa učinkovite rabe energije, trajne energetske oskrbe in zmanjšanja emisij toplogrednih plinov. Pri napovedovanju se srečujemo z mnogimi težavami, kot so dnevne konice, letna, tedenska in urna nihanja. Zelo težko je napovedovati hitro spreminjajoče se dogodke. Proučevanja fluktuacij sta se temeljito lotila švedska raziskovalca Gadd in Werner [6], ki poročata o ugotovitvah glede nihanj na letnem, dnevnem in urnem nivoju. Glavni razlog za nihanja na letnem nivoju je temperatura ozračja, medtem ko na odjem na dnevnem in urnem nivoju v veliki meri vpliva obnašanje odjemalcev. Modeli za napovedovanje odjema toplote so zelo podobni modelom

za napovedovanje odjema plina. Njihova formulacija je nazorno opisana na primeru napovedovanja odjema zemeljskega plina [7]. Raziskave in primerjave različnih modelov so bile sistematično opravljene v študiji o napovedovanju izpustov dušikovih oksidov [8]. Ocena kakovosti modelov je možna na osnovi različnih statističnih mer [9, 10], ki kvantitativno ovrednotijo napako napovedi. Hyndman in Koehler [11] pojasnujeta uporabnost in ustreznost določenih statističnih mer za ocenjevanje napak modelov, med drugim srednjo absolutno napako, normalizirano glede na maksimalno prenosno kapaciteto. Podobna mera je bila uvedena pri vrednotenju sistemov za napovedovanje porabe zemeljskega plina [7]. Normalizacija napak [12] je pomembna za lažjo interpretacijo in primerjavo rezultatov. Na odjem toplote iz distribucijske mreže daljinskega ogrevanja vplivajo številni dejavniki. Pri izbiri vplivnih

dejavnikov je potrebno upoštevati vpliv vremenskih in nevremenskih dejavnikov. Od vremenskih dejavnikov so najpogostejše obravnavani vplivi temperature ozračja T , sončno sevanje S , relativna vlažnost H in hitrosti vetra W . Od vseh zgoraj naštetih vremenskih dejavnikov ima največji vpliv temperatura ozračja [13], medtem ko je veliko težje oceniti vpliv sončnega sevanja, hitrosti vetra [14] in relativne vlažnosti. Poleg vremenskih dejavnikov [15] je v modele za napovedovanje odjema smiselno vključiti tudi obnašanje odjemalcev [13], ki prav tako vpliva na vzorce odjema toplote.

V okviru raziskave smo analizirali, kateri dejavniki vplivajo na odjem toplote v vročevodnem sistemu in na kakšne načine lahko izboljšamo točnost napovedi odjema. Zgradili smo devet empiričnih modelov za napovedovanje odjema toplote v vročevodnem sistemu in jih ocenili na podlagi problematiki primerne statistične mere. Kvaliteto napovedi odjema toplote smo izboljšali z uvedbo populacijskih značilk za dneve v tednu in dodatnih spremenljivk za upoštevanje rasti sistema ter sezonskega cikla. Z metodo postopne izbire regresorjev smo uspeli razviti avtoregresijski model, ki ga odlikujejo velika točnost napovedi, robustnost in nizka kompleksnost glede na število vključenih dejavnikov.

2 Podatki

Pri raziskavi smo uporabili podatke o odjemu toplote na področju

Mestne občine Ljubljana od septembra 2008 do februarja 2013 (slika 1), ki nam jih je dalo podjetje Energetika Ljubljana. Na voljo smo imeli podatke na dnevnem nivoju za naslednje fizikalne veličine:

- temperatura ozračja T [°C],
- odjem toplote Q [MW],
- sončno sevanje S [W/m²],
- hitrost vetra W [m/s],
- relativna vlažnost H [%].

Na osnovi analiz in poznavanja problematike smo časovno vrsto podatkov ločili na poletno in zimsko sezono. Pri raziskovanju smo obravnavali zgolj podatke zimske sezone. Obravnavanje poletne sezone je manj aktualno zaradi nizkih vrednosti in manj dinamičnega odjema toplote v poletnih mesecih.

Upoštevanje dodatnih vplivnih dejavnikov, kot sta spreminjanje letnih časov in obnašanje uporabnikov, smo izvedli z uvedbo dodatnih spremenljivk. Linearni čas t_{lin} omogoča upoštevanje rasti distribucijskega sistema. Cikličnost na letni ravni (letni časi) smo vključili v obravnavo z dodatno spremenljivko t_{cos} . Obnašanje uporabnikov in s tem tedensko ponavljajoče se vzorce odjema toplote Q smo zajeli z uvedbo populacijskih značilk za dneve v tednu: d_{WD} , d_{SAT} in d_{SUN} , ki označujejo delovne dni, sobote in nedelje.

3 Pristop k napovedovanju

Empirične modele za napovedovanje odjema toplote smo zgradili na

predpostavki, da je odjem toplote vroče vode enak količini proizvedene toplote vroče vode na izvoru. Privzeli smo, da so pridobljeni podatki zadostovali za izgradnjo predikcijskega modela za napoved odjema toplote v vročevodnem sistemu, s katerim smo želeli napovedati odjem toplote s predikcijskim horizontom enega dne $h = 1$ na nivoju dnevne ločljivosti:

$$Q(t + h), \quad h = 1 \text{ dan} \quad (1)$$

Za ocenjevanje modelov smo vpeljali normalizirano napako MARNE (ang. *mean absolute range normalized error*), ki je relativna mera glede na velikost sistema in enostavna za interpretacijo tako v tehničnem kot v ekonomskem smislu. Izračunamo jo kot povprečje absolutnih razlik dejanskih Q_a in napovedanih vrednosti Q_p odjema toplote, ki ga delimo z maksimalno prenosno kapaciteto omrežja Q_{max} :

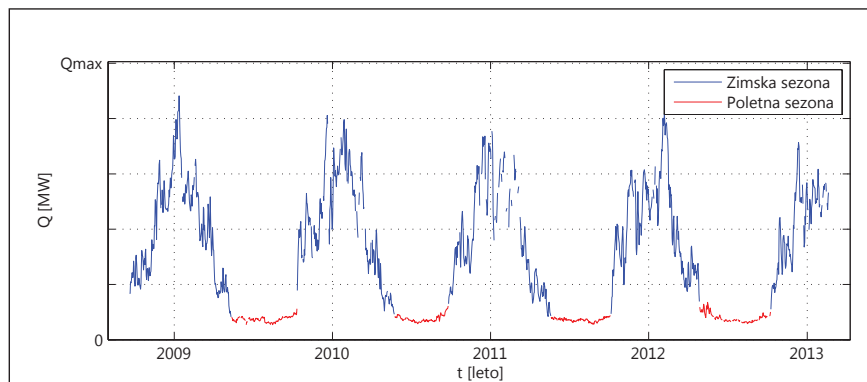
$$\text{MARNE} =$$

$$100 \frac{\frac{1}{N_d} \sum_{t=1}^{N_d} |Q_a(t) - Q_p(t)|}{Q_{max}} [\%], \quad (2)$$

$$t = 1, 2, \dots, N_d,$$

pri čemer je N_d oznaka za število elementov časovne vrste. MARNE je primerna mera za interpretacijo rezultatov napovedovanja, saj v imenovalcu operira z vrednostjo Q_{max} , ki normira napako napovedi glede na velikost distribucijskega omrežja. Manjša napaka MARNE pomeni boljšo kakovost napovedi modelov za odjem toplote v vročevodnem sistemu.

Pri vrednotenju modelov za napovedovanje odjema toplote smo poleg napake MARNE uporabili tudi Diebold-Marianovo statistiko (DBM) [16], ki med sabo primerja napovedi dveh različnih modelov in ugotavlja, če sta modela statistično različna. Predpogoj za interpretacijo rezultata DBM je izbira intervala zaupanja. Če izberemo stopnjo značilnosti 0,05, to pomeni, da sta modela ob upoštevanju pred-



Slika 1. Odjem toplote Q od septembra 2008 do februarja 2013 na dnevni ravni

postavke o obojestranskem testu statistično značilno različna pri vrednosti $|DBM| > 1,96$.

Posplošitvene sposobnosti modelov za napovedovanje smo ocenili na osnovi križnega vrednotenja modelov, ki zahteva razdelitev razpoložljivih podatkov v dve skupini. Prvo skupino predstavljajo učni podatki, drugo pa testni. Razmerje, ki definira delež učnih in testnih podatkov, je definirano z oznako α . Na osnovi analiz in narave podatkov smo pri razvoju modelov upoštevali vrednost $\alpha = 0,6$, kar pomeni, da je znašal delež učnih podatkov 60 %, medtem ko je bil delež testnih podatkov 40 %. Vse opisane modele smo razvili na osnovi učnih podatkov in jih nato testirali na neodvisnih testnih podatkih. Ključni kriterij za ocenjevanje kakovosti modelov je bila napaka MARNE na testnih podatkih.

■ 4 Opis modelov za napovedovanje

V okviru raziskovalnega dela smo razvili 9 empiričnih modelov za napovedovanje odjema toplote:

- referenčna modela RW (ang. *Random walk*) in TK (model temperaturne korelacije),
- regresijski model REG,
- avtoregresijski modeli ARX1, ARX2, ARX3, ARX4, SR (ang. *Stepwise regression*) in ARIX. Avtoregresijski modeli se med sabo razlikujejo glede izbire vključenih regresorjev. Model SR smo razvili s pomočjo postopne izbire regresorjev.

Nabor vključenih regresorjev za obravnavane modele je prikazan v tabeli 1. Najenostavnejši izmed modelov je bil model RW, ki je predstavljal referenčni model in je služil za primerjavo z drugimi modeli. Model temperaturne korelacije je bil zgrajen na osnovi ugotovljene močne negativne linearne povezanosti med spremenljivkama Q in T . Njun korelacijski koeficient je v zimski sezoni znašal $R = -0,98$. Medtem ko sta enostavna modela RW in TK služila za približno oceno napak napovedanih vrednosti, je bil model REG prvi kompleksnejši model. Vanj je bilo poleg dodatnih značilk t_{lin} , t_{cos} , d_{WD} , d_{SAT} in d_{SUN} vključenih še pet regresorjev temperature ozračja T (z vložitveno dimenzijo $VD = 5$). Avtoregresijski modeli ARX (ang. *autoregressi-*

ve models with exogenous terms) so poleg avtoregresijskega člena AR vključevali še zunanje vplivne dejavnike X . V našem primeru avtoregresijski del zastopa odjem toplote Q , medtem ko zunanje dejavnike predstavljajo spremenljivke T , S , W in H . Model SR je avtoregresijski model, ki smo ga razvili s pomočjo metode postopne izbire regresorjev, ki nam pomaga določiti statistično vplivne regresorje iz nabora večjega števila potencialno vplivnih dejavnikov. Ideja modela ARIX je bila napovedovanje razlik odjema toplote ΔQ namesto napovedovanja absolutnega odjema toplote Q .

■ 5 Rezultati

Rezultati napovedi po modelih so zbrani v tabeli 2. Tabela prikazuje vrednosti učnih in testnih napak MARNE. S sivim poljem je označena vrednost najmanjše testne napake, ki je končni kriterij ocenjevanja kakovosti modelov. V drugem stolpcu je informativno dodano število v posamezen model vključenih regresorjev.

Rezultati tabele 2 so grafično prikazani tudi na sliki 2. Na abscisni osi

Tabela 1. Pregled uporabljenih regresorjev po modelih

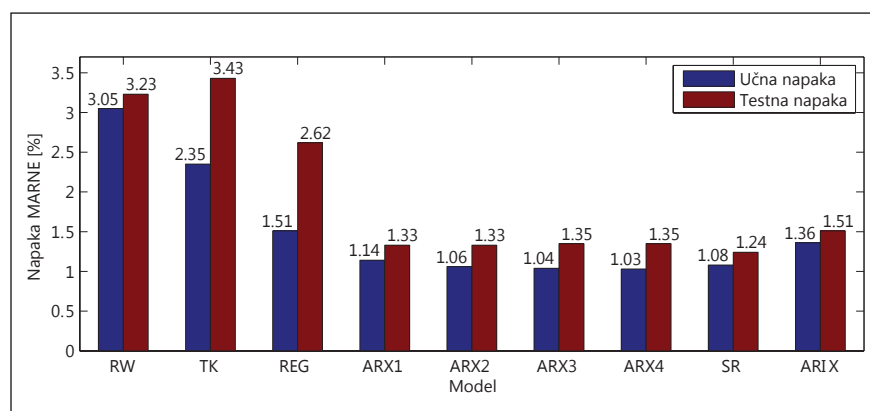
Model	RW	TK	REG	ARX1	ARX2	ARX3	ARX4	SR	ARIX
Napoved	$Q(t+1)$	$Q(t+1)$	$Q(t+1)$	$Q(t+1)$	$Q(t+1)$	$Q(t+1)$	$Q(t+1)$	$Q(t+1)$	$\Delta Q(t+1)$
Regresorji									
Dodatne spremenljivke			t_{lin}	t_{lin}	t_{lin}	t_{lin}	t_{lin}	t_{lin}	t_{lin}
			t_{cos}	t_{cos}	t_{cos}	t_{cos}	t_{cos}	t_{cos}	t_{cos}
			d_{WD}	d_{WD}	d_{WD}	d_{WD}	d_{WD}	d_{WD}	d_{WD}
			d_{SAT}	d_{SAT}	d_{SAT}	d_{SAT}	d_{SAT}	d_{SAT}	d_{SAT}
			d_{SUN}	d_{SUN}	d_{SUN}	d_{SUN}	d_{SUN}	d_{SUN}	d_{SUN}
Temperatura ozračja T		$T(t+1)$	$T(t+1)$	$T(t+1)$	$T(t+1)$	$T(t+1)$	$T(t+1)$	$T(t+1)$	$T(t+1)$
			$T(t)$	$T(t)$	$T(t)$	$T(t)$	$T(t)$	$T(t)$	$T(t)$
			$T(t-1)$	$T(t-1)$	$T(t-1)$	$T(t-1)$	$T(t-1)$		
			$T(t-2)$	$T(t-2)$	$T(t-2)$	$T(t-2)$	$T(t-2)$		
			$T(t-3)$	$T(t-3)$	$T(t-3)$	$T(t-3)$	$T(t-3)$		
Odjem toplote Q	$Q(t)$			$Q(t)$	$Q(t)$	$Q(t)$	$Q(t)$	$Q(t)$	$Q(t)$
				$Q(t-1)$	$Q(t-1)$	$Q(t-1)$	$Q(t-1)$		
				$Q(t-2)$	$Q(t-2)$	$Q(t-2)$	$Q(t-2)$		
				$Q(t-3)$	$Q(t-3)$	$Q(t-3)$	$Q(t-3)$	$Q(t-3)$	$Q(t-3)$
Sončno sevanje S					$S(t+1)$	$S(t+1)$	$S(t+1)$	$S(t+1)$	$S(t+1)$
					$S(t)$	$S(t)$	$S(t)$		
Hitrost vetra W						$W(t+1)$	$W(t+1)$		
Relativna vlažnost H							$H(t+1)$		

Tabela 2. Vrednosti učnih in testnih napak MARNE po modelih

Model	Št. vključenih regresorjev	Učna napaka MARNE [%]	Testna napaka MARNE [%]
RW	1	3,05	3,23
TK	1	2,35	3,43
REG	10	1,51	2,62
ARX1	14	1,14	1,33
ARX2	16	1,06	1,33
ARX3	17	1,04	1,35
ARX4	18	1,03	1,35
SR	10	1,08	1,24
ARIX	10	1,36	1,51

so navedeni vsi obravnavani empirični modeli. Modri stolpci prikazujejo vrednost učne napake MARNE, medtem ko rdeči stolpci ponazarjajo testne napake MARNE.

temveč tudi edini statistično različen od vseh preostalih modelov. Za ponazoritev rezultatov sta na *sliki 3* prikazana dejanski in napovedani odjem toplote modela SR za testno

**Slika 2.** Rezultati empiričnih modelov za napovedovanje odjema toplote v vročevodnem sistemu

Iz grafičnega prikaza (*slika 2*) vidimo, da je bila učna napaka referenčnega RW modela 3,05 % in testna 3,23 %. Pri modelu TK na osnovi učne napake in primerjave z modelom RW opazimo, da smo model TK bolje naučili, kajti učna napaka se je zmanjšala za 25 %, vendar je imel model slabše posplošitvene sposobnosti. Testna napaka modela TK se je povečala na vrednost 3,43 %. Najmanjšo učno napako smo dobili z modelom ARX4. Ker smo za osnovno mero kakovosti modela določili testno napako, smo za najkakovostnejši model izbrali model SR, v katerem je vrednost testne napake MARNE znašala 1,24 % in je bila kar 60 % manjša od osnovnega modela RW.

Pri primerjavi modelov s pomočjo Diebold-Marianove statistike se je izkazalo, da model SR ni bil zgolj najkakovostnejši empirični model,

obdobje od oktobra 2011 do maja 2012.

Pri analizi rezultatov časovne vrste najkakovostnejšega modela SR smo opazili veliko boljše prilaganje napovedanih vrednosti Q_p h krivulji dejanskega odjema toplote Q_a kot pri ostalih modelih, kar je vidno tudi na

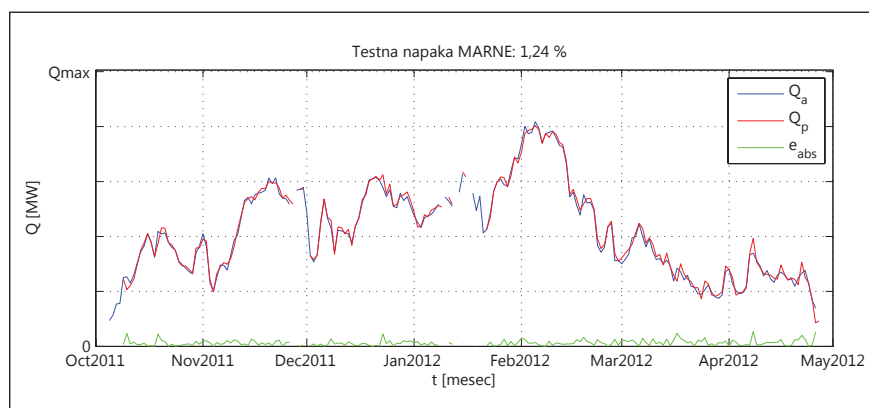
osnovi grafa absolutnih napak, ki so na *sliki 3* prikazane z zeleno barvo.

6 Zaključek

Rezultate raziskave lahko strnemo v sledeče zaključke:

- Med odjemom toplote in temperaturo ozračja obstaja močna linearna povezanost. Najpomembnejši vpliv na kakovost napovedi odjema toplote $Q(t+1)$ predstavlja regresor prihodnjih temperatur ozračja $T(t+1)$.
- Med vremenskimi vplivi je poleg temperature ozračja priporočljivo upoštevati tudi vpliv sončnega sevanja $S(t+1)$, kar je skladno z rezultati na področju raziskav zemeljskega plina [17]. Ugotovili smo, da veter in vlaga nimata pomembnega vpliva na odjem toplote.
- Pri gradnji modelov za napovedovanje odjema toplote je za izboljšanje kakovosti napovedi priporočljivo upoštevanje preteklih odjemov toplote, kar se je izkazalo pri avtoregresijskih modelih.
- Model za napovedovanje smo izboljšali z dodatno uvedeno spremenljivko za upoštevanje rasti distribucijskega sistema $t_{lin'}$, spremenljivko za upoštevanje sezonskega cikla t_{cos} in s populacijskimi značilniki za označevanje delovnih dni, sobot in nedelj $d_{WD'}$, d_{SAT} in d_{SUN} .

Na osnovi testne napake MARNE smo za najkakovostnejši empirični model za napovedovanje odjema toplote izbrali model SR, ki predstavlja največji prispevek opravljene raziskave. V model so bili vključeni sledeči regresorji: $t_{lin'}$, t_{cos} , $d_{WD'}$, d_{SAT}

**Slika 3.** Dejanski in napovedani odjem toplote modela SR

d_{SUN} , $T(t+1)$, $T(t)$, $Q(t)$, $Q(t-3)$ in $S(t+1)$, ki so se med raziskavami izkazali za statistično vplivne dejavnike na odjem toplote iz distribucijskega omrežja. Z Diebold-Marianovo statistiko smo ugotovili, da je bil model SR tudi statistično različen od vseh preostalih modelov. Zaradi manjšega števila vključenih regresorjev glede na ostale modele iz družine modelov ARX, ki so se na podlagi napake MARNE izkazali za kakovostne, je model SR izkazal veliko mero robustnosti in točnosti napovedovanja in je dovolj enostaven, da bi bil primeren za uporabo na realnih industrijskih aplikacijah. Zaradi visoke linearne povezanosti med odjemom toplote Q in temperaturo ozračja T ne pričakujemo bistvenih izboljšav z uporabo nelinearnih modelov, kar je skladno z rezultati na področju napovedovanja odjema plina [7, 17].

Literatura

- [1] Yeo, I. A., Yoon, S. H., Yee, J. J.: Development of an urban demand forecasting system to support environmentally friendly urban planning, *Applied Energy* 110, 304–317 (2013).
- [2] Thaler, M., Poredoš, A., Grabec, I.: Napoved rabe energije z uporabo neparametrične regresije in genetskega algoritma, diplomsko delo; Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2004.
- [3] Thaler, M.: Analitično-empirični model odjema toplote iz daljinskega ogrevalnega telesa, doktorsko delo; Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2009.
- [4] Gebremedhin, A.: Optimal utilisation of heat demand in district heating system – A case study, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, 230–236 (2014).
- [5] Zhao, H., Holst, J., Arvastson, L.: Optimal operation of coproduction with storage, *Energy*, Vol. 23, No. 10, 1998, str. 859–866.
- [6] Gadd, H., Werner, S.: Daily heat load variations in Swedish district heating systems, *Applied Energy* 106, 47–55 (2013).
- [7] Potočnik, P., Soldo, B., Šimunović, G., Šarić, T., Jeromen, A., Govekar, E.: Comparison of static and adaptive models for short-term residential natural gas forecasting in Croatia, *Applied Energy* 129, 94–103 (2014).
- [8] Smrekar, J., Potočnik, P., Senegačnik, A.: Multi-step-ahead prediction of NO_x emissions for a coal-based boiler, *Applied Energy* 106, 89–99 (2013).
- [9] Makridakis, S., C. Wheelwright, S., J. Hyndman, R.: *Forecasting: Methods and applications*; United States of America, 1998.
- [10] Lee, C. M., Ko, C. N.: Short-term load forecasting using lifting scheme and ARIMA models, *Expert System with Applications* 38, 5902–5911 (2011).
- [11] Hyndman, R. J., Koehler, A. B.: Another look at measures of forecast accuracy, *International Journal of Forecasting* 22, 679–688 (2006).
- [12] Bacher, P., Madsen, H., Aalborg Nielsen, H., Perers, B.: Short-term heat load forecasting for single family houses, *Energy and buildings* 65, 101–112 (2013).
- [13] Dotzauer, E.: Simple model for prediction of loads in district-heating systems, *Applied Energy* 73, 277–284 (2002).
- [14] Aalborg Nielsen, H., Madsen, H.: Modeling the heat consumption in district heating systems using a grey-box approach, *Energy and buildings* 38, 63–71 (2006).
- [15] Kwak, Y., Seo, D., Jang, C., Huh, J. H.: Feasibility study on a novel methodology for short-term real-time energy demand prediction using weather forecasting data, *Energy and Buildings* 57, 250–260 (2013).
- [16] Diebold, F. X., Mariano, R. S.: Comparing predictive accuracy, *Journal of Business & Economic Statistics* 13, 253–263 (1995).
- [17] Soldo, B., Potočnik, P., Šimunović, G., Šarić, T., Govekar, E.: Improving the residential natural gas consumption forecasting models by using solar radiation, *Energy and Buildings* 69, 498–506 (2014).

Research and development of empirical forecasting models for heat consumption in the district heating system

Abstract: Forecasting energy consumption in district heating networks is crucial for wise energy resource management and sustainable energy supply. We investigated which factors most affected the heat consumption and how the forecasting accuracy can be improved. We found that air temperature, past heat consumption and solar radiation had the greatest impact on heat consumption. Nine empirical models were developed for heat consumption forecasting in the district heating system. Random-walk model and temperature correlation model were applied as reference models, and then more complex regression model and several types of autoregressive models were developed. The quality of empirical models was estimated by cross validation procedure based on forecasting error which represented the mean absolute error normalized by the maximum transfer capacity of the district heating network. Forecasting results have been improved by introducing the population variables for the days of the week and additional variables describing the system growth and seasonal cycle. The best forecasting result was obtained by an empirical model from a group of autoregressive models (model SR), which was developed by a stepwise regression method.

Keywords: District heating, heat load forecasting, forecasting models, feature extraction, feature selection, regression model, autoregressive model

IFM

international trade fair of
automation & mechatronic



Mednarodni sejem za avtomatiko, robotiko, mehatroniko ...
International Trade Fair for Automation, Robotics, Mechatronic ...



27.-29.01.2016

Celje, Slovenija
www.icm.si

Priporočila za lasersko varjenje v industrijskem okolju

Damjan KLOBČAR, Janez TUŠEK

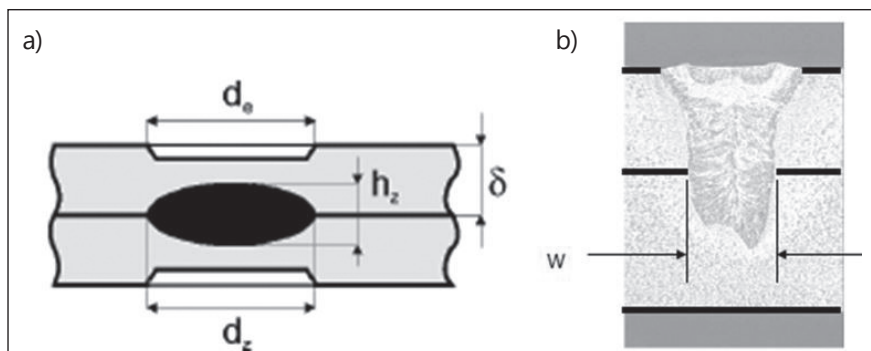
Izvleček: V zadnjem času postajajo laserski sistemi bolj dostopni za množično proizvodnjo. Smotrnost takšne uvedbe v proizvodni proces mora imeti tehnološke in ekonomske prednosti. Te lahko dosežemo ob upoštevanju priporočil za oblikovanje spojev in zvarov. Namen prispevka je podati prednosti in opisati omejitve, ki jih je potrebno upoštevati pri oblikovanju in izdelavi izdelka v proizvodnih pogojih.

Ključne besede: lasersko varjenje, lasersko hibridno varjenje, natančno pozicioniranje in vpenjanje, nihanje

Pri zamenjavi uporovnega točkovnega varjenja z laserskim varjenjem je potrebno določiti število zvarnih točk ekvivalentno dolžino laserskih varov. Najprej je potrebno določiti

Trdnost laserskega zvarnega spoja je odvisna od osnovnega materiala, velikosti zvarne rege in izdelanega vara, količine pretaljenega zvara, pri čemer poraznost v zvaru in za-

jede ob zvaru niso zaželeni, vrste obremenitve (strig, nateg, upogib, statična, dinamična, večosna, ...) in faktorja oblike zvara (raven, C, S, ...).



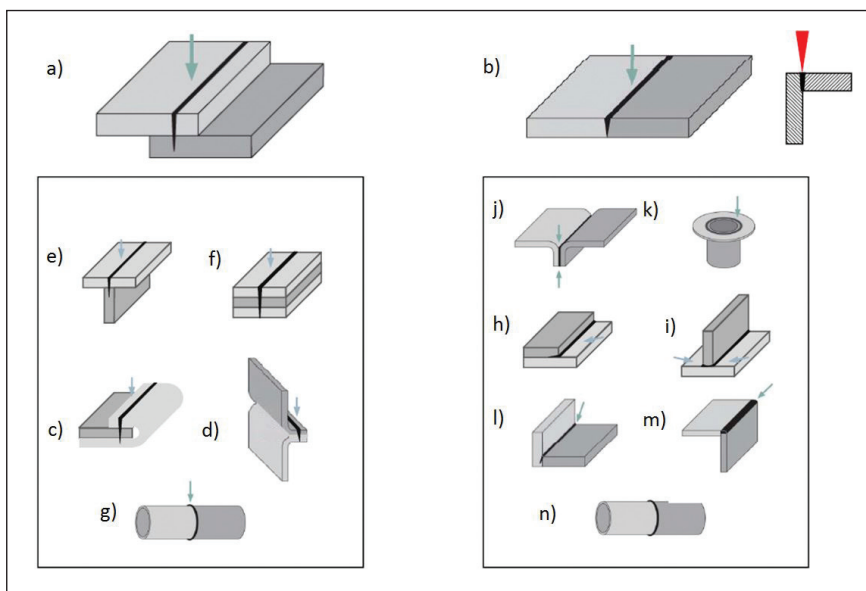
Slika 1. Površina a) uporovnega točkovnega vara in b) laserskega vara [1]

■ Priporočila za oblikovanje laserskih zvarnih spojev

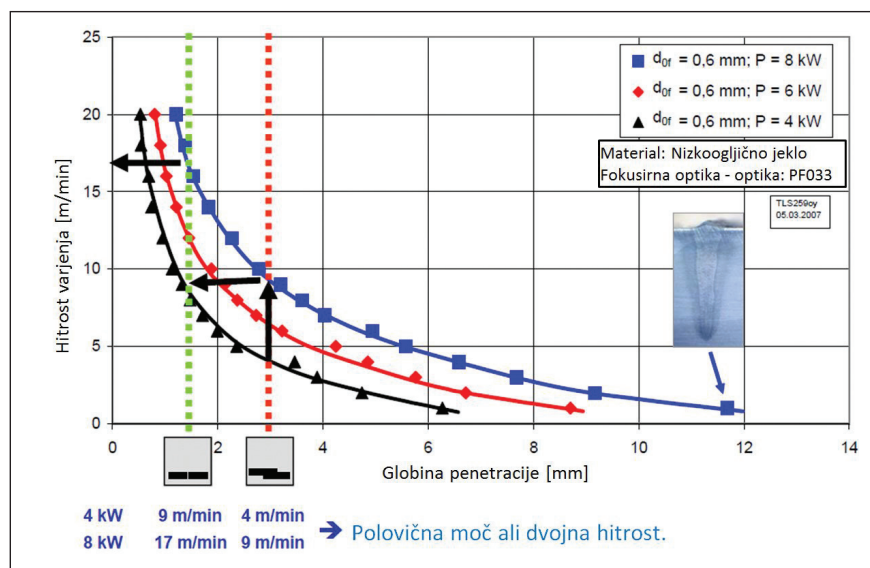
Za lasersko varjenje se priporoča izdelava prekrivnih ali sočelnih zvarnih spojev (slika 2). Prednosti sočelnih zvarnih spojev so povezane z optimalno postavitvijo zvara, kar omogoča prihranke materiala (teža in cena). Za izdelavo spoja porabimo manj energije, zato je var-

premer elektrodne konice, ki je približno enaka premeru zvarne leče (slika 1). Ta po AWS znaša $d_e = 2 \cdot d + 2,5$ [mm] ter po DVS $d_e = k \times (d)^{1/2}$ [mm], pri čemer je k funkcija vrste in debeline varjencev in znaša med 5 in 10. Višina elipse zvarne leče h_z je približno enaka 1,4-kratniku debeline pločevine. Iz teh vrednosti je potrebno določiti strižno površino zvarne točke. Ekvivalentno dolžino laserskega vara določimo z delitvijo strižne površine zvarne točke s povprečno širino laserskega vara w : $L = A_{ZT} / w$.

Doc. dr. Damjan Klobčar, univ. dipl. inž., prof. dr. Janez Tušek, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 2. a) Prekrivni in b) sočelni zvarni spoji, primerni za lasersko varjenje [1]

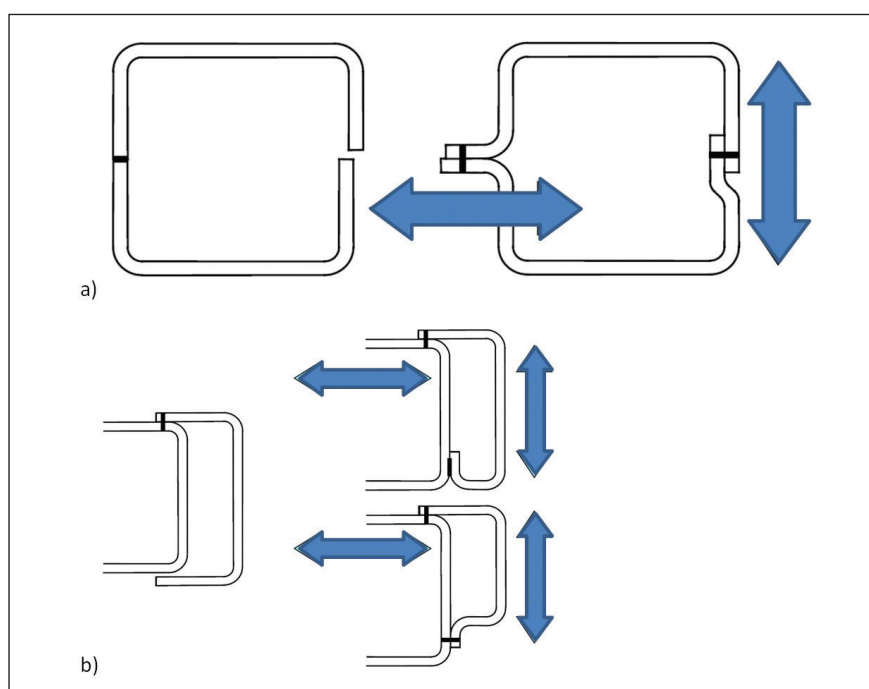


Slika 3. Hitrost laserskega varjenja glede na debelino pločevine [1]

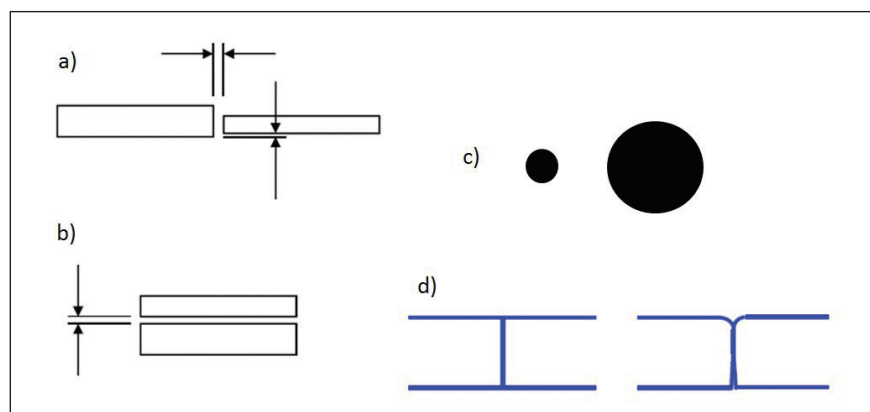
jenje hitrejša, manjša je TVP in posledično deformacije izdelka, manj težav je s cinkovimi površinskimi prevlekami, sam spoj pa je izdelan brez stopnice. Slabost tovrstnega spoja so visoke tolerančne zahteve izdelanih varjencev, saj se spoj brez rege težko pripravi.

Prednost prekrivnih spojev so nižje zahteve pozicioniranja varjencev, ki omogočajo večje procesno okno in izdelavo estetskih zvarov na nasprotni strani varjenja. Slaba stran tovrstnih zvarov je potrebna večja velikost zvarov (količina pretaljenega materiala), ki posledično zahteva varjenje z večjimi energijami laserskega žarka, manjšimi hitrostmi, pojavijo se lahko večje deformacije varjencev in večje TVP.

Slika 3 prikazuje primerjavo med hitrostmi rezanja in debelino varje-



Slika 5. Možnosti oblikovanja spojev za lažje lasersko varjenje: a) sočelnih in b) prekrivnih zvarnih spojev



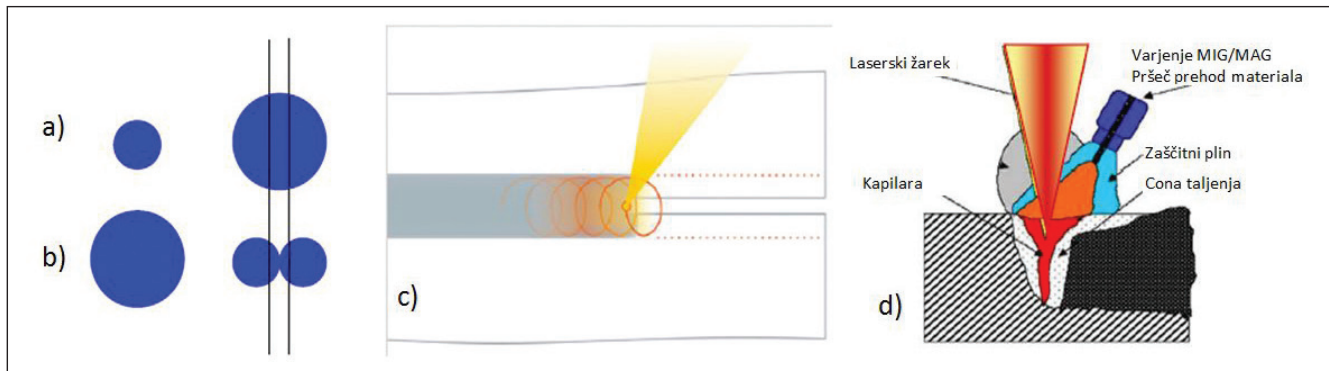
Slika 4. Priporočila glede velikosti rege zvarnega roba in možnosti za premoščanje večjih toleranc [1]

nja za lasersko varjenje konstrukcijskega jekla z laserskimi viri moči 4 kW, 6 kW in 8 kW. Na grafu lahko vidimo, da je pri isti moči laserskega vira hitrost varjenja sočelnega zvarnega spoja še enkrat večja kot pri prekrivnem spoju oz. da za isto hitrost varjenja potrebujemo laserje s polovično močjo.

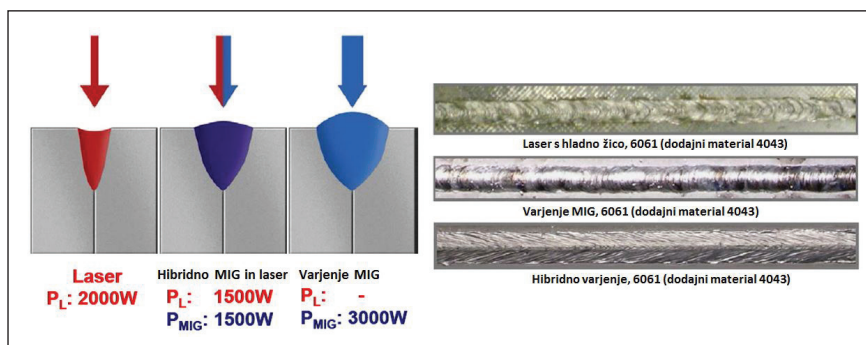
Uspešno lasersko varjenje je mogoče, če je sočelni spoj izdelan tako, da rega ne presega 3–10 % debeline tanjše pločevine, in če je zamik pločevin manjši od 5–12 % širine tanjše pločevine (*slika 14a*). Pri prekrivnem spoju širina reze ne sme presežati 5–10 % debeline tanjše zgornje pločevine (*slika 4b*). Ta ge-

neralna priporočila lahko obidemo s spremembo velikosti zvarne točke ali s slabše pripravljeno geometrijo zvarnega roba, če je sprejemljiva manjša nosilnost zvarnega roba (*slika 4c, d*).

Če posameznih delov ne moremo izdelati v dovolj visokih tolerancah ali bi bila taka izdelava predraga, si lahko oblikovanje spoja poenostavimo s katerim od naslednjih priporočil, ki so prikazana na *sliki 5*. Tolerančne zahteve lahko zmanjšamo, če namesto sočel-



Slika 6. Tehnike za premoščanje večjih špranj pri laserskem varjenju: a) z večjim premerom laserskega žarka, b) z dvema žarkoma, c) z nihanjem in d) s hibridnim varjenjem [1]



Slika 7. Primerjava varjenja aluminija: laserskega, hibridnega in MIG 6061 [1]

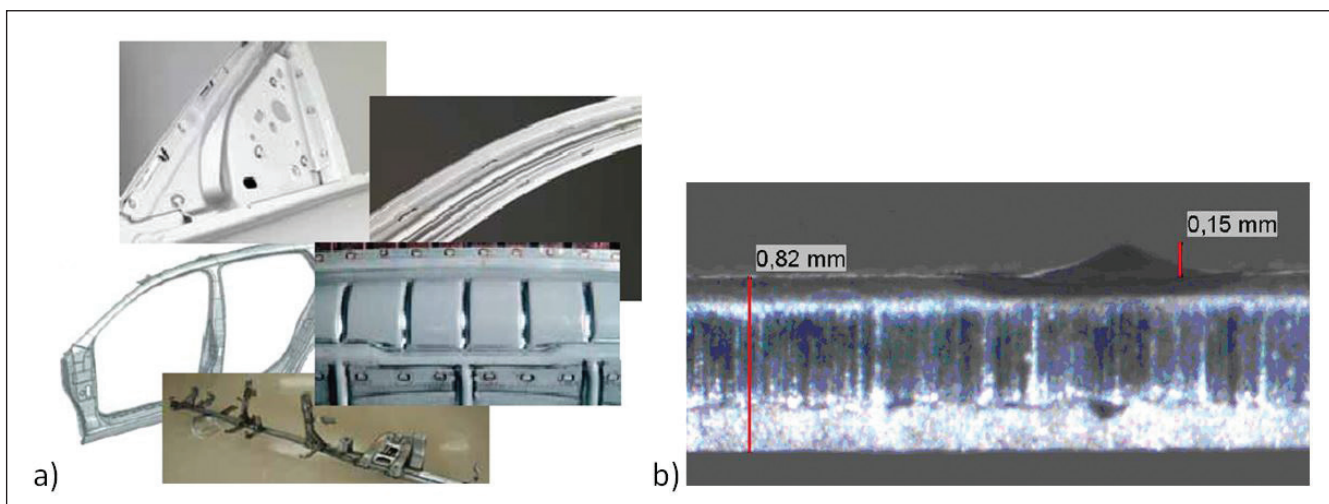
nih spojev uporabimo prekrivne spoje v različnih smereh (slika 5a). Dva prekrivna spoja lahko na primer nadomestimo s kombinacijo prekrivnega in sočelnega spoja ali s kombinacijo dveh prekrivnih spojev. Pri konstruiranju izdelkov za lasersko spajanje velja upoštevati priporočilo, da je potrebno z enim spojem kompenzirati tolerance v eni smeri, z drugim pa v drugi smeri.

■ Tehnike varjenja za premoščanje špranj

Tehnike laserskega varjenja za premoščanje špranj so uporaba laserskega žarka z večjim premerom v fokusu, razdelitvijo laserskega žarka v dve točki, nihanjem laserskega žarka ali s hibridnim varjenjem z uporabo postopka MIG in laserskega varjenja (slika 6). Pri uporabi laserskega žarka z večjim

premerom v fokusu dobimo večje TVP, samo varjenje pa je počasnejše (slika 6a). Uporaba dveh žarkov (twin spot) omogoča dvakrat večje gostote moči in manj izgubljene energije, kar ima za posledico večjo varilno hitrost (slika 6b). Varjenje z nihanjem varilnega obloka poteka hitro, natančno, omogoča prihranek dodatnega materiala in zahteva manj natančno pripravo zvarnih robov (slika 6c). Manjša slabost te tehnike je lahko usmerjena struktura nastalega zvara. Hibridno lasersko varjenje in varjenje MIG omogoča premoščanje večjih zvarnih reg, zvar pa je tudi metalurško izredno kakovosten (slika 6d). Težavi hibridnega varjenja sta nekoliko višja cena sistema in kompleksnost, saj za uspešno varjenje včasih potrebujemo tudi sistem za nadzor s kamero.

Slika 7 prikazuje geometrijo in videz temena zvarov na aluminiju se-



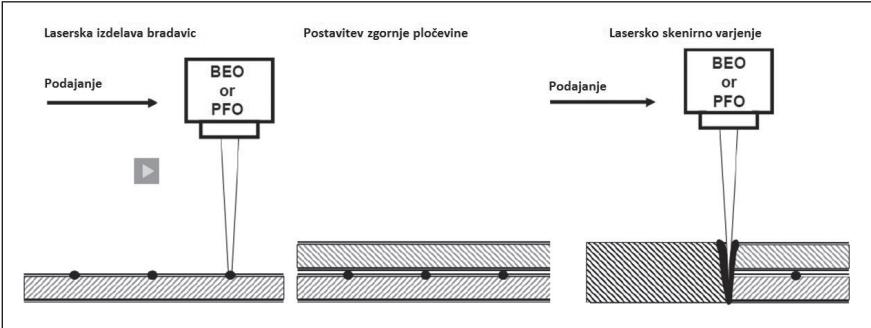
Slika 8. a) Primeri lasersko spojene pocinkane pločevine in b) izdelava bradavice za uspešno odvajanje uparjenega cinka [1]

rije 6061 po laserskem varjenju, hibridnem varjenju in varjenju po postopku MIG. Primerjava kaže, da z obločnim varjenjem dosežemo bolj gladko teme zvara in širši koren zvara. Lasersko varjenje zmanjša konveksnost temena vara in vpliv zajede v zvaru. Dodatno povečuje

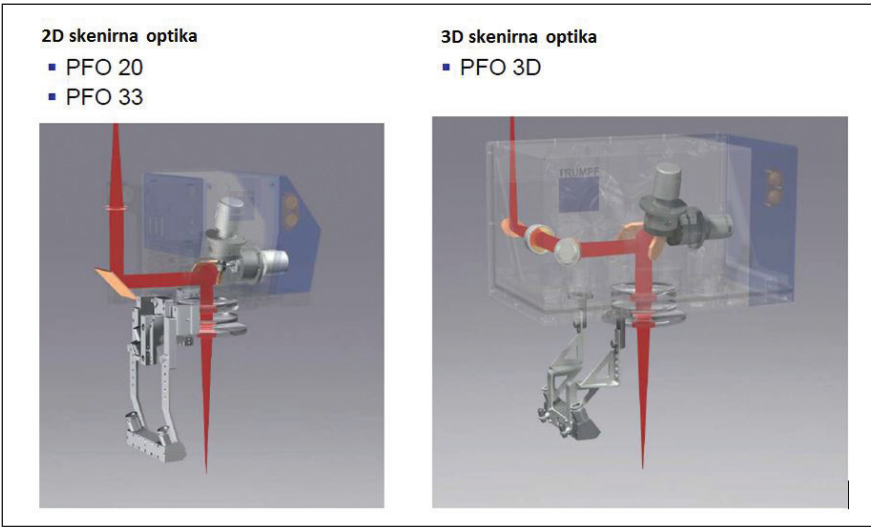
globino prevaritve in omogoča varjenje z večjimi varilnimi hitrostmi. Hibridno varjenje združuje prednosti obeh postopkov varjenja in omogoča premoščanje večjih zvarnih reg, izboljša kakovost spojev, laser pa pri tem poveča hitrosti varjenja, globino penetracije in stabili-

zira proces varjenja MIG. Za serijsko proizvodnjo lahko to pomeni manjše število varilnih celic, kar vodi do prihrankov.

■ Oddaljeno ali skenirno varjenje



Slika 9. Postopek izdelave bradavic in laserskega varjenja pocinkane pločevine [1]



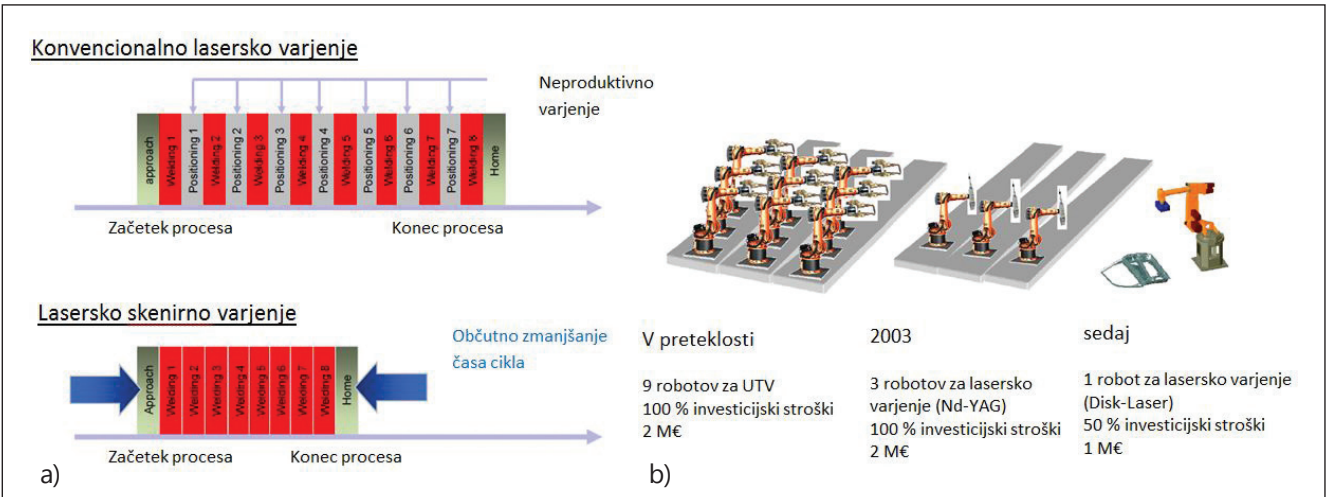
Slika 10. Programabilna fokusirna optika za 2D skenirno varjenje in 3D skenirno varjenje

V zadnjem času se vse bolj uveljavlja tudi lasersko skenirno varjenje, ki se pogosto uporablja za varjenje v visokoserijski proizvodnji pri izdelavi delov avtomobilske karoserije. Tu se običajno varijo vrata, stranice, deli sedežev in deli, ki so skupni več modelom (slika 8a). Pri tem se običajno vari pocinkana pločevina v prekrovnem spoju, kjer prihaja do uparjanja cinka, zato je za uspešno spajanje potrebno predhodno izdelati bradavice (slika 8b). Pri varjenju neprevlečenih nizkoogljčnih jekel izdelava bradavic ni potrebna.

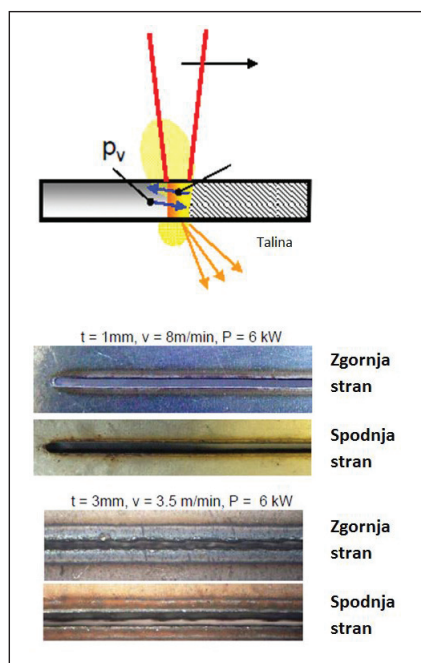
Spajanje pocinkane pločevine se začne z izdelavo bradavic, ki so visoke od 0,15 do 0,2 mm. Velikost bradavic je odvisna od parametrov laserskega žarka. Temu sledita pozicioniranje zgornje pločevine in skenirno varjenje, kot prikazuje slika 9.

Skenirno varjenje se izvaja z uporabo programabilne fokusne optike, ki je prikazana na sliki 10. Obstajata sistem za varjenje v ravnini in sistem za varjenje v prostoru (3D).

Prednosti uporabe oddaljenega ali skenirnega laserskega varjenja



Slika 11. Primerjava a) časov cikla med konvencionalnim laserskim varjenjem in laserskim skenirnim varjenjem ter b) investicijskih stroškov in opreme za spajanje avtomobilskih vrat



Slika 12. Princip skenirnega rezanja in dva primera izdelanih rezov

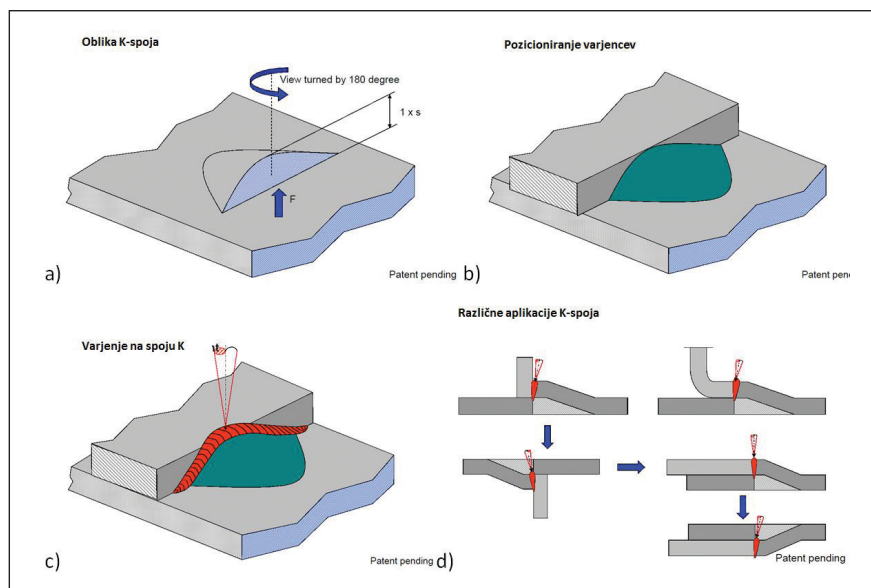
pred konvencionalnim laserskim varjenjem je več. Glavna prednost so krajši časi ciklov, ki se dosežejo zaradi nepotrebnega pozicioniranja pred vsakim ponovnim varjenjem (slika 11a). Ilustrativen primer na sliki 11b prikazuje prihranke zaradi krajših časov ciklov. Za spajanje avtomobilskih vrat je bilo v preteklosti potrebnih 9 varilnih robotov z varilnimi kleščami in viri za uporabno točkovno varjenje. Investicija v opremo je znašala okoli 2 milijona evrov, za postavitev celic pa je bilo potrebnega več proizvodnega prostora. Z uporabo laserskega skenirnega varjenja se je investicija zmanjšala za polovico, bistveno manjši pa je tudi potreben prostor v proizvodni dvorani. Enako serijo izdelkov lahko sedaj uspešno izdelamo z uporabo enega varilnega robota s sistemom za lasersko skenirno varjenje.

Laserski sistem za oddaljeno ali skenirno varjenje se lahko brez rezalne šobe uporablja tudi za rezanje. To poteka z odstranjevanjem staljene kovine s talilnim tlakom. Pri tovrstnem rezanju dobimo kakovosten rez brez srha, ki pa je zaradi rezanja brez zaščitnega plina nekoliko oksidiran. Rezanje lahko izvajamo do debeline pločevin 4 mm. Pri tem je hitrost rezanja približno pol manjša kot hitrost varjenja. Slika 12 prikazuje princip rezanja in dva primera rezov, izdelanih na dveh debelinah pločevin z različnimi parametri rezanja. Pri rezu na debelejši pločevini je opazen pojav srha, medtem ko se na obeh pločevinah opazi toplotno vplivano območje z oksidirano površino.

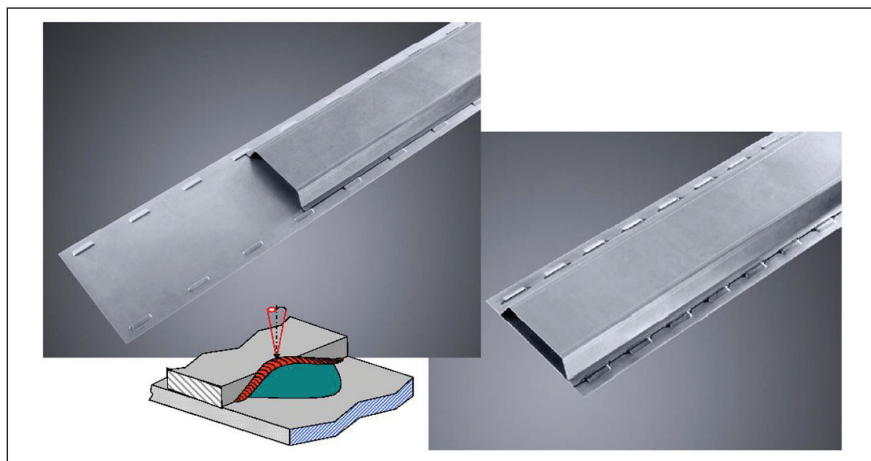
■ Spenjanje in pozicioniranje

Pri izdelavi nosilcev, konstrukcij ali delov karoserij vozil se za lažje pozicioniranje in izdelavo izdelkov lahko uporabljajo različni načini pozicioniranja. Eden izmed njih je z uporabo t. i. K-spoja, ki ga izdelamo s postopkom preoblikovanja. Prednost uporabe tega spoja je natančno pozicioniranje varjencev, ki olajša kasnejše lasersko varjenje. Lasersko lahko tak spoj, kot je prikazano na sliki 13d, varimo na različne načine. Prednost takšnega spoja je manjša prirobnica in s tem manjša teža izdelka (slika 14).

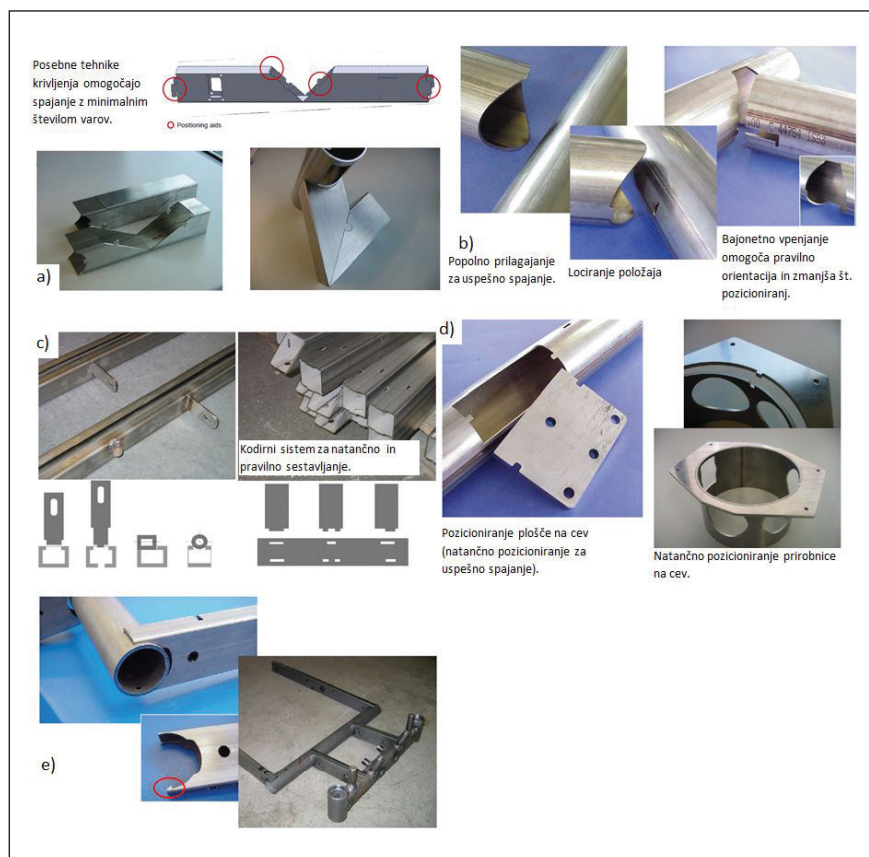
Pri spajanju cevastih varjencev si lahko pomagamo z različnimi pripomočki za pozicioniranje in spenjanje, kot prikazuje slika 15. Z njihovo pomočjo zagotovimo izredno natančno pozicioniranje, ki je primerno tudi za lasersko varjenje v sočelnem zvarnem spoju. Posamezne dele za pozicioniranje in spenjanje lahko izdelamo z laserskim rezanjem ali s preoblikovanjem. Slika 15a prikazuje tehniko priprave cevi, ki za spajanje potrebuje le malo zvarov. Slika 15b prikazuje primer odrezane cevi, ki omogoča natančno prilaganje sosednji cevi, desna slika pa primer bajonetnega spajanja, ki omogoča natančno orientiranje, pozicioniranje in vpe-



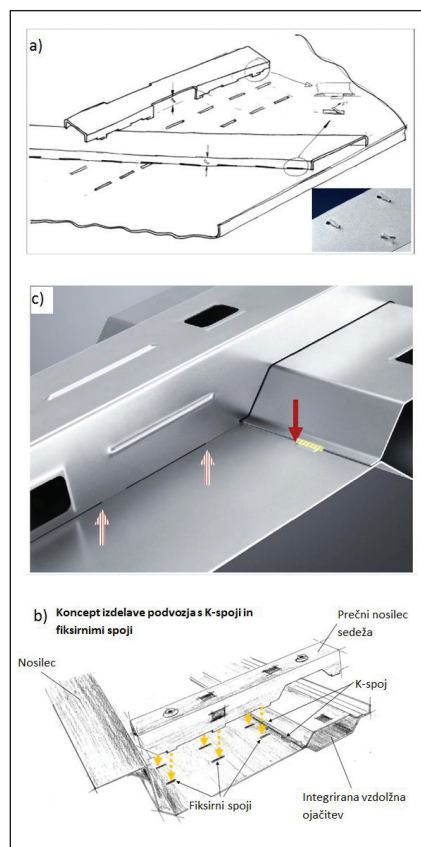
Slika 13. Izdelava K-spoja, pozicioniranje varjencev in lasersko varjenje [1]



Slika 14. Uporaba K-spoja za pozicioniranje in lasersko varjenje [1]



Slika 15. Primeri pozicioniranja cevastih varjencev med seboj ali s pločevinami za potrebe laserskega varjenja [1]



Slika 16. Integracija pozicioniranja in spenjanja pri pripravi izdelkov za lasersko varjenje [1]

njanje. Slika 15c prikazuje primer kodiranja, ki omogoča pravilno pozicioniranje izdelkov pri sestavljanju v sestav. Na sliki 15d sta prikazana primera natančnega pozicioniranja med pločevino in cevjo. Primer natančnega pozicioniranja in vpenjanja med okroglo in kvadratno cevjo je prikazan na sliki 15e.

Slika 16 prikazuje idejne primere pozicioniranja in spenjanja pri izdelavi avtomobilske karoserije, ki ob pravilni uporabi olajšajo lasersko varjenje v visokoserijski proizvodnji. S shem so razvidni koncepti, ki omogočajo ponovljivo vpenjanje, ki je osnova za uspešno lasersko spajanje.

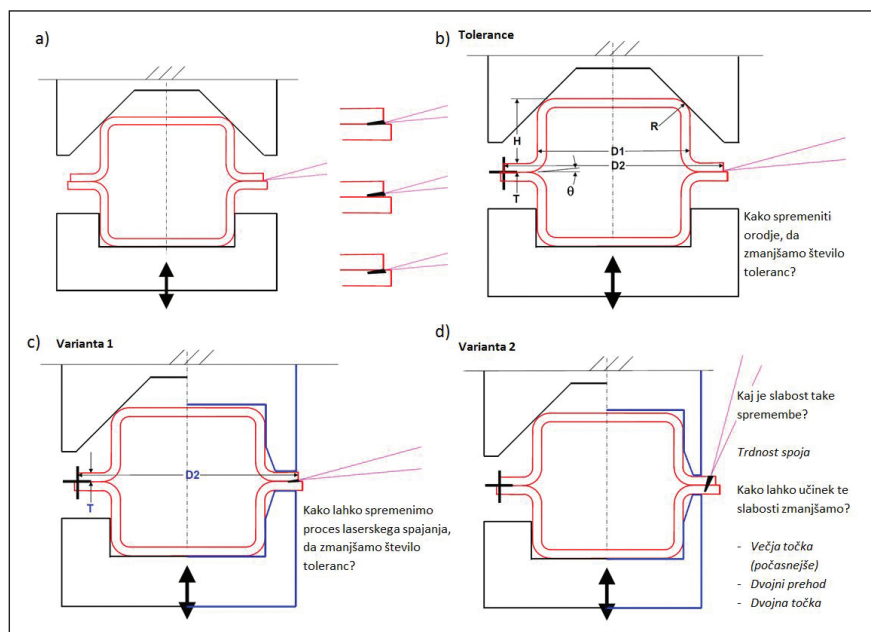
■ Vpenjanje polizdelkov

Vpenjanje polizdelkov pri izdelavi izdelka je pri laserskem varjenju izredno pomembno, saj je velikost laserskega žarka majhna, podobno, kot je globina fokusa žarka. Pozicija zvarnega spoja je odvisna od toleranc izdelkov, toleranc orodij in po-

novljivosti sistemov za gibanje (manipulatorjev). Parametri, s katerimi vplivamo na uspešno lasersko varjenje, so premer laserskega žarka v fokusu, globina fokusa, moč žarka, hitrost spajanja in geometrija zvarnega spoja. Pri varjenju sočelnega spoja je toleranca zvarne rege odvisna od velikosti laserskega žarka v fokusu, medtem ko je za uspešno spajanje pri prekrivnem spoju pomembna fokusna razdalja.

Pri izdelavi vpenjal za lasersko spajanje je potrebno upoštevati številne zahteve in priporočila. Cena investicije v vpenjala mora biti primerna dodani vrednosti izdelka. Vpenjanje in izpenjanje izdelkov naj bo izvedeno preprosto in enostavno. Pozicioniranje podsestavov, spojev in kosov naj bo izvedeno čim bolj natančno in ponovljivo. Pri vpenjanju ne smemo poškodovati izdelka. Dostop do mest za spajanje naj bo enostaven. Izogibati se je potrebno prekrivanju zvarov. Poskrbeti je potrebno, da ne pride do obrabe vpenjalnih delov, za odvod toplote z mesta varjenja, za zaščito pred obrizgi, sevanjem in odboji laserske svetlobe, za odsesavanje dimnih plinov. Zagotoviti je potrebno ponovljivost vpenjanja in pozicioniranja z odvodom odvečne toplote iz vpenjalnih sistemov. Vpenjanje naj bo izvedeno čim bližje mestu zvara, pri tem pa je potrebno upoštevati krčenje in zvijanje izdelka. Vpenjalne naprave je potrebno pripraviti tudi za popolno prevartev. Pri postavitvi zaščite za varilno celico je potrebno upoštevati tudi možnosti za dovod zaščitnih plinov.

Slika 17 prikazuje idejno zasnovo vpenjanja in laserskega varjenja nosilca. Slika 17a prikazuje sistem vpenjanja in pozicioniranja varjenca ter mesto in način laserskega varjenja v sočelnem zvarnem spoju. Slabo pozicioniranje lahko vodi do neprevarjenosti, če pride do spremembe pri pozicioniranju po višini. Slika 17b prikazuje potrebne tolerance vpenjalne naprave za uspešno izdelavo spoja z laserskim varjenjem, slika 17c pa preoblikovanje vpenjalnega orodja, ki omogoča zmanjšanje potrebnega števila



Slika 17. Vpenjalno orodje in spajanje nosilca: a) način laserskega varjenja sočelnega spoja, b) potrebne tolerance spoja, c) zmanjšanje potrebnih toleranc varjencev s spremembo vpenjalnega orodja in d) možni načini laserskega spajanja v industrijskih pogojih

toleranc na varjencih z dodajanjem dodatnih omejitev v vpenjalno orodje. Na *sliki 17d* je prikazana sprememba smeri dovoda laserskega žarka, ki ima za posledico spremembo lokacije zvara. Ta sprememba omogoča bolj ponovljivo varjenje v serijski proizvodnji ob nekoliko manjši trdnosti zvarnega spoja. Varivost in ponovljivost varjenja v industrijskih pogojih lahko izboljšamo tudi pri sočelnem zvaru, če uporabimo širši premer žarka, dva žarka ali tehniko nihanja (*slika 6*). Vse to zmanjša hitrost laserskega varjenja na račun višje trdnosti zvarnega spoja.

Na *sliki 18a* je prikazano kompleksno vpenjalno orodje za lasersko varjenje avtomobilskega sedeža, na *sliki 18b* pa primeri robotskih vpe-

njalnih naprav za vzpostavitev pritiskne sile pri laserskem varjenju.

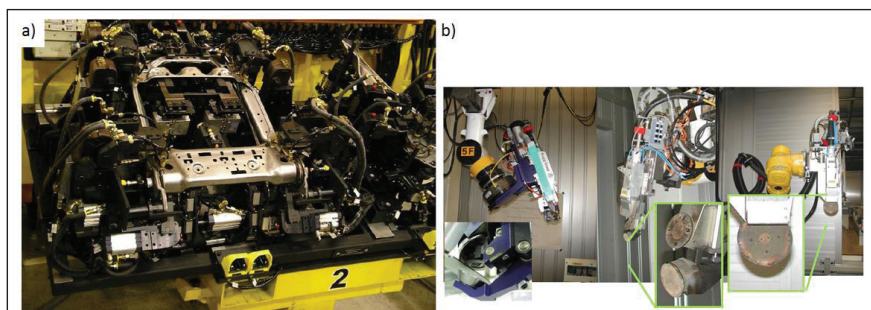
Zaključek

Sočelni zvarni spoji zagotavljajo visoko trdnost, učinkovitost varjenja, zmanjšano porabo materiala, vendar zahtevajo bolj natančno pozicioniranje, pripravo robov in vpenjanje. Prekrovniki spoji omogočajo večje procesno okno s staljša pozicioniranja, vendar so spoji manjše trdnosti, izkoristek energije za varjenje je manjši, poveča pa se tudi poraba materiala. Priporočljivo je variti tanke pločevine na debelejše in pravokotno na površino. Če pri prekrivnem spoju ni potrebna prevaritev, se priporoča minimalno 50-odstotna penetracija v spodnji

material. Zvijanje varjencev lahko zmanjšamo z manjšo velikostjo zvarne točke, deljenjem laserskega žarka, s hitrimi spenjalnimi varki ali z oddaljenim skenirnim laserskim varjenjem.

Da dosežemo prednosti laserskega spajanja, se priporoča upoštevanje naslednjih smernic:

- Oblikuj komponente za lasersko varjenje tako, da zmanjšaš velikost prirobnic, debelino pločevin, odpraviš luknje za dostop z zadnje strani za uporovno točkovno varjenje ter odpraviš naknadne obdelave. S temi ukrepi zmanjšaš težo komponent in stroške materiala, olajšaš dostop v vozilo in preglednost iz vozila ter povečaš togost izdelka. Togost komponent izboljšaš tudi z uporabo pločevin različnih debelin (tailored blanks) ter z optimalno geometrijo in postavitvijo laserskih zvarov.
- Povečaj izkoristek laserskega žarka z deljenjem žarka ali z uporabo skenirnega laserskega varjenja.
- Omogoči ustrezno ujemanje in vpenjanje varjencev. Velikost špranje pri sočelnih in prekrivnih zvarnih spojih naj ne presega 10 % minimalne debeline pločevine. Uporabi prednosti, ki jih nudijo različno oblikovani zvarni spoji. Upoštevaj vrsto oblikovnih možnosti, ki omogočajo primerno pozicioniranje in vpenjanje za lasersko varjenje (K-spoj, bajonetni spoj, pozicionirne luknje, ...)
- Varjenci morajo biti pred varjenjem čisti in suhi, da dosežete optimalno kakovost spoja (brez rje, umazanije, maščob, olj, hladilnih sredstev, barv, lepil, ...).
- Spajanje pocinkane pločevine zahteva posebno pripravo za odstranjevanje uparjenega cinka.
- Ustrezna izbira inženirjev, ki bodo razumeli proces varjenja in bodo pripravljeni učiti druge. V proces je potrebno vključiti tudi drugo proizvodno osebje (lastnike, vzdrževalce, varstvo pri delu).
- Izbira dobavitelja laserskega sistema z ustreznim znanjem, izkušnjami in dobrim imenom.



Slika 18. a) Vpenjalna naprava za lasersko varjenje sedežev in b) robotske vpenjalne naprave za lasersko varjenje

Literatura

- [1] Dave Locke, David Havrilla, Design for Laser Welding Seminar, Trumpf, 2013.
- [2] David Havrilla, Design Principles for Laser Welding, UVA 2014.
- [3] Tim Morris, VW Golf V Laser Processing Concept and Production Implementation, www.autosteel.org. 2004.
- [4] Jamie Vondruska, Golf 7 tech highlights, <http://www.vwvortex.com/features/technical-features/golf-7-technicalpreview/>.
- [5] Rüdiger Brockmann, Laser Joining of Aluminium in the European Automotive Industry, TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH.
- [6] Thomas Fittkau, Mariana Forrest, Laser beam welding – the alternative solution, Energy-Efficient Transportation Systems Conference, 13 May, 2014.
- [7] Roger O'Brian, Richard Hewitt, Remote fibre laser welding benefits when applied to leading edge chassis structural and suspension products, LTS 2011 – WMG, 20th July, 2011.
- [8] Wobbling the weight off cars, http://www.laser-community.com/technology/laser-remote-welding-wobbling_3448/.
- [9] <http://www.iws.fraunhofer.de/>.
- [10] Jorg Neukum Laser based polymer welding in medical device manufacturing, http://www.industrial-lasers.com/articles/2010/07/laser-based_polymer.html.

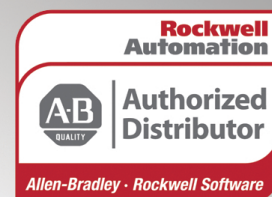
Recommendations for laser welding in industrial environment

Abstract: Recently, laser systems are becoming more affordable for mass production. Advisable introduction of laser technologies into the production process must reflect technological and economic advantages. These advantages can be achieved by taking into account the recommendations for the design of joints and welds. The purpose of this paper is to describe the advantages and limitations that need to be considered in the design and manufacture of the products in industrial environment.

Keywords: laser welding, laser hybrid welding, precision positioning and fixturing, wobbling



Rešitve za mehatroniko, avtomatizacijo in informatiko

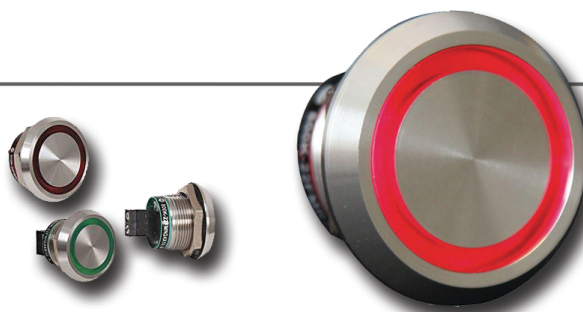


Novo v programu:

Osvetljene tipke 22,5 mm na osnovi piezo tehnologije

- Stopnja zaščite IP69K, material nerjaveče jeklo 316
- Primerni so za uporabo v živilski in farmacevtski industriji (pranje s čistili pod pritiskom)
- So brez vdolbin, kjer se lahko nabirajo kontaminanti
- Standardni izrez 22,5 mm, napetost 24VDC
- Gravirani napisi po naročilu

info@tehna.si www.tehna.si
Tehnološki park 19 · Ljubljana



Prednosti linearnih vodil brez mazanja na primeru 3D-tiskalnika

Stojan DROBNIČ

Povzetek: V članku je predstavljeno linearno vodilo DryLin® z nizkim presekom, ki ne potrebuje mazanja in vzdrževanja. Opisane so vse njegove prednosti. Zaradi nizke teže, nizke višine, obstojnosti proti koroziji, dobrih drsnih lastnosti in ker so skoraj neslišni, so idealni za uporabo v 3D-tiskalniku. Vodilo DryLin®N in vozički zagotavljajo dolgo življenjsko dobo in minimalno potrebno vzdrževanje.

Ključne besede: linearna vodila, DryLin®, brez mazanja, 3D-tiskalnik

1 Uvod

Pri izdelavi 3D-printerja je bilo vodilo, da bi sistem deloval čim bolj elegantno, to pomeni brez tresljev, čim tišje in tudi precizno.

Kot idealna opcija se je pokazala izbira vodil nizkega preseka DryLin®N. Poleg prednosti, ki bodo našteje v nadaljevanju, je pomemben podatek, da je omenjena vodila mogoče dobiti kot brezplačne testne vzorce, možno je dobiti 3D-model, kar olajša samo konstruiranje in dizajniranje, prav tako pa obstaja kalkulator življenjske dobe, ki omogoča izračun življenjske dobe vodil ali pa tudi števila ciklov, ki bi jih ta vodila ob določenih pogojih opravila. Glede na to, da obremenitve vodil niso velike, je življenjska doba precej dolga.

2 Prednosti uporabe vodil drylin® z nizkim presekom

Osnova sistema DryLin® je drsenje namesto kotaljenja. Kot pove že opis, gre za drsna vodila iz aluminija, drsni elementi so iz materiala iglidur® J. Koeficient trenja med tema dvema materialoma je samo 0,18.

Stojan Drobnič, inž., Hennlich, d. o. o., Podnart

2.1 Optimalna obremenitev

Linearni sistem DryLin® deluje na drsnih blazinicah/površinah za razliko od klasičnega sistema premikanja s kotaljenjem kroglic. To daje večje kontaktne površine in posledično nižji površinski tlak. To vodi do prednosti, kot so uporaba nekaterih ali nekovinskih vodil. Praske in poškodbe vodil so izključene.

2.2 Suho delovanje, brez mazanja, tudi v umazaniji

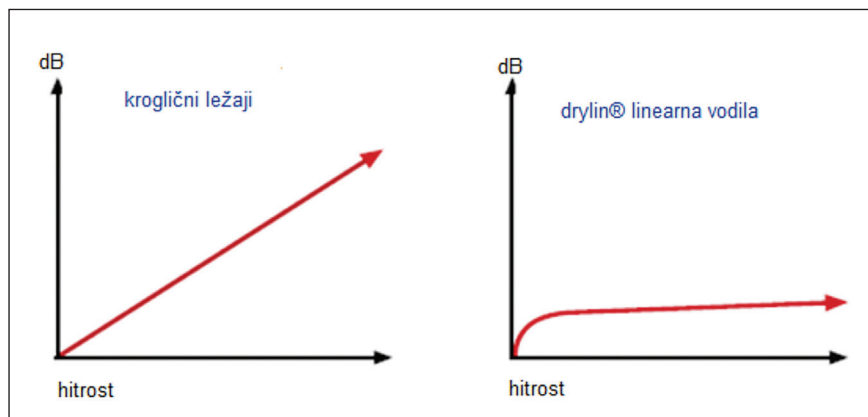
Sistem DryLin® je konstruiran tako, da zagotavlja delovanje brez mazanja. Možno je tudi delovanje v umazaniji in vlagi, saj sestavni deli sistema niso občutljivi na vlago, prednji del drsnika pa je oblikovan kot brisalec in čisti umazanijo pred seboj.

2.3 Skoraj neslišno

Vzrok za tiho delovanje je tudi v drsenju namesto kotaljenju. Kotaljenje povzroča hrup, prav tako tudi trk med kroglicami. Drсно gibanje pa je zelo mirno in tiho, sliši se samo tih zvok drsenja.

2.4 Visoke hitrosti in pospeški

Linearni drsni sistem DryLin® deluje brez kroglic ali valjčkov. To zagotavlja, da je sistem neodvisen od vztrajnosti mase in lahko deluje z visokimi hitrostmi do 15 m/s in pospeški do 100 G. Linearni sistemi DryLin® so zato še posebej primerne za aplikacije z majhnimi obremenitvami, kjer morajo biti hitrosti visoke. Za vodila je uporabljen trdo eloksiran aluminij, ki preko trenja dobro odvaža temperaturo



Slika 1. Razlika v hrupu med kotaljenjem in drsenjem



Slika 2. Visoke hitrosti in pospeški sistema DryLin®

v sistemu zaradi visoke toplotne prevodnosti aluminija. Tako lahko omenjene sisteme uporabljamo tudi za hitro delujoče aplikacije s kratkimi hodi.

2.5 Odpornost na korozijo

Nizka absorpcija vlage materialov iglidur® J, J200 in X za drsne elemente omogoča uspešno delovanje sistema tudi pri podvodnih aplikacijah. Prav tako je možna tudi uporaba nerjavnega jekla ali eloksiranega aluminija za vodila. Eloksirani aluminij je odporen na kemično nevtralne snovi v območju pH od 2 do 7.

2.6 Kemijska odpornost

Iglidur® J je odporen na šibke kisline, razredčene alkalije kot tudi na goriva in maziva vseh vrst. Intenzivno čiščenje strojev s standardnimi čistili, tudi v živilskem sektorju, torej ni problem za vodila. Za uporabo v okoljih z agresivnimi kemikalijami se priporoča uporaba materiala iglidur® X.

2.7 Temperaturna odpornost

Drsnike iz materialov iglidur® J in J200 lahko uporabljamo v temperaturnem območju med -50 in +90 °C. Pri aplikacijah z aluminijevimi vodili se lahko dosežejo občutno višje

obremenitve in hitrosti prav zaradi odlične toplotne prevodnosti.

Ležaji iz iglidur® X se lahko uporabljajo v območju od -100 do +250 °C.

2.8 Nizka vgradna višina, teža

Sistem je poseben zaradi izjemno majhnih vgradnih mer. Tako je najnižja vgradna višina vodila 6 mm, širina pa 17 mm. Prav tako je teža sistema izjemno nizka, saj je teža posameznega vozička manj kot 2 g, natančno 1,7 g. Meter vodila pa tehta od 150 g naprej.

Kljub vsemu pa sistem (največji, dimenzij 80) zdrži tudi 1000 N statič-

ne obremenitve.

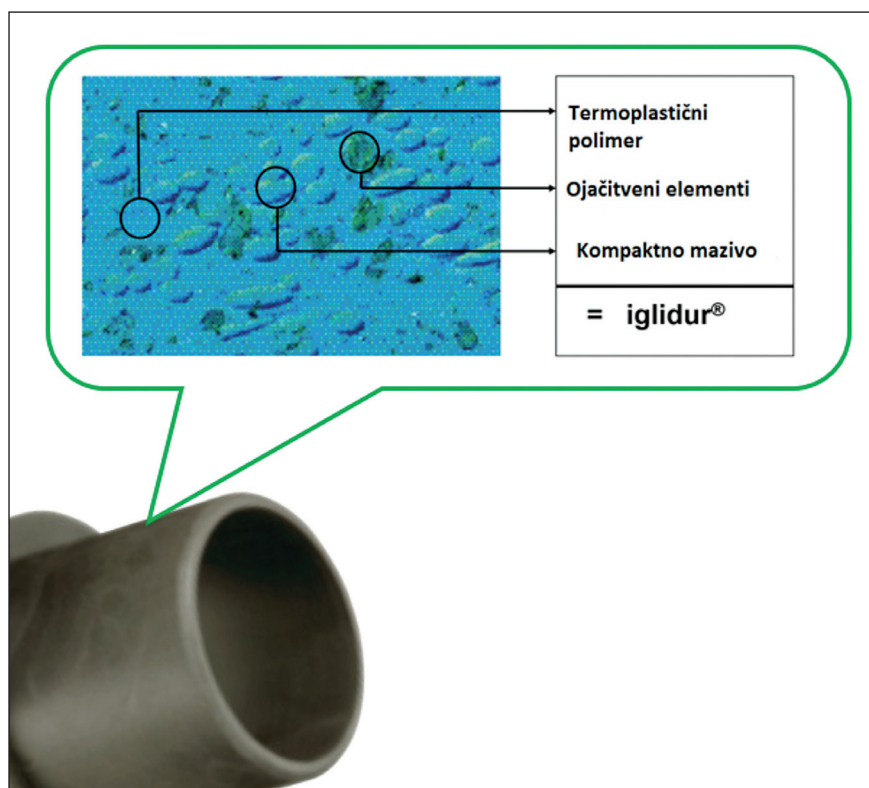
Poleg vseh naštetih prednosti obstaja pri določenih drsnikih možnost zamenjave dotrajanih drsnih elementov. Če se ti izrabijo ali poškodujejo, ni potrebno zamenjati celega drsnika, temveč samo drsne elemente. Postopek je hiter in zelo preprost.

3 Sestava materiala

Vsi materiali iglidur® imajo skupno lastnost, to je struktura. Vse združuje lastnost, da ne potrebujejo mazanja in vzdrževanja. Material je sestavljen iz termoplastičnih polimerov, različnih za različne pogoje (odporni



Slika 3. Izjemno majhne vgradne mere



Slika 4. Sestava materiala iglidur®

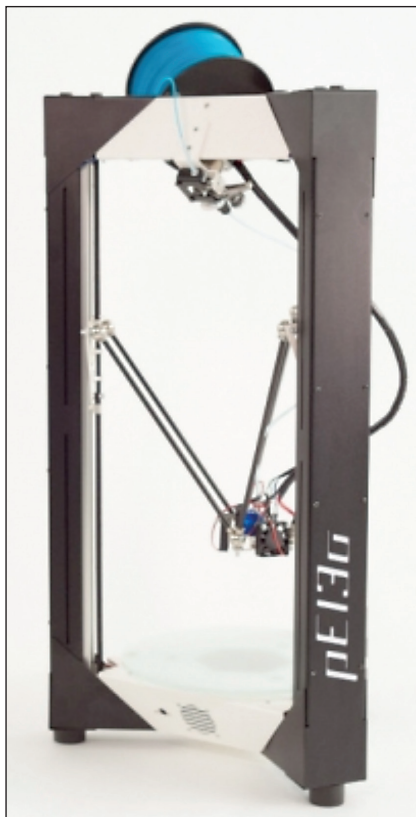
na toploto, na kemikalije, neobčutljivi na vibracije, ...), ojačitvenih vlaken in pa kompaktnega maziva.

■ 4 3D-tiskalnik

Vse opisane prednosti so bile eden od glavnih kriterijev za izbiro primernih vodil in drsnikov pri konstruiranju in gradnji 3D-tiskalnika.

Novi 3D-tiskalnik LOV3 je rezultat dvoletnega razvoja ideje in več 10.000 ur testiranja in načrtovanja stroja, ki bo uporabnikom po vsej verjetnosti spremenil življenje. Inovatorji so se resnično potrudili po najboljših močeh narediti nekaj posebnega in edinstvenega. Pri tem so uporabili najnovejšo programsko opremo in postopke načrtovanja. Vedeli so, da bodo visoke standarde dosegli samo z uporabo najnaprednejših tehnologij, ki omogočajo izdelavo stroja izredno visoke kakovosti.

Idejo za izdelavo lastnega tiskalnika je Miha Pelko dobil po končanem študiju. Pri izdelavi diplomske naloge Zasnova novega sesalnika za prah na ejektorskem principu s ciklonskim separatorjem z možnostjo recirkulacije zraka je ugotovil, da bi lahko določene dele sesalnika za prah natisnil na 3D-tiskalnik. »V času pisanja diplomske naloge so



Slika 5. 3D-tiskalnik LOV3 delta

bili 3D-tiskalniki zelo dragi. Po pregledu trga sem ugotovil, da bi ga lahko naredil kar sam,« pojasnjuje Miha Pelko. Po dobrih dveh letih razvoja in testiranja je naredil prav tak tiskalnik, ki lahko po kakovosti konkurira tiskalnikom, ki so dražji in dosegajo enako dimenzijsko natančnost. Avtomatična kalibracija omogoča enostavno uporabo stro-

ja tudi za netehnične uporabnike. Celotna zasnova stroja omogoča tiskanje nanosa sloja po 30 mikronov. Do sedaj je prodal dva tiskalnika. Prvega podjetju, ki prodaja plastične platenke brez BPA, drugega pa podjetju, ki se ukvarja s plastičnim brizganjem plastike in izdelavo orodij za plastično brizganje. Čeprav je 3D-tiskalnik narejen skoraj do popolnosti, vidi Miha Pelko tudi možnosti izboljšave. Trenutno razvija nov ekstrudorski del, ki bo omogočal tiskanje s tremi materiali hkrati, pri čemer pa bo tiskalna glava vodno hlajena. V prihodnje želi v Sloveniji prodati še vsaj pet 3D-tiskalnikov, da bi pridobil čim več povratnih informacij. Skladno z odzivi prvih strank pa ga želi še bolj optimizirati.

■ 5 Zaključek

Skupaj smo močnejši. Ne samo fraza, temveč resnica. Mihove ideje, entuziazem in nekaj testnih vzorcev podjetja Hennlich, ki zastopa podjetje Igus, ter veliko veliko dela in časa, ki so ga vložili Miha in kolegi, so dali vrhunski rezultat.

Literatura

- [1] Tehnična dokumentacija podjetja Igus.

Advantages of linear guides with no lubrication in the case of 3D printer

Abstract: The article presents the DryLin® linear guide with a low cross-intersection, which does not require lubrication and maintenance. There are described all the advantages that this guide has. Due to the low weight, low height, the corrosion resistance, good sliding properties and because they are almost inaudibly, are ideal for use and operation of the 3D printer. All these advantages are the reason why this guide is ideal for use in the operation of the 3D printer. DryLin®N guide and carriage ensure long life and minimal required maintenance.

Keywords: linear guides, DryLin® without lubrication, 3D printer

Janez Tušek

NOVO!

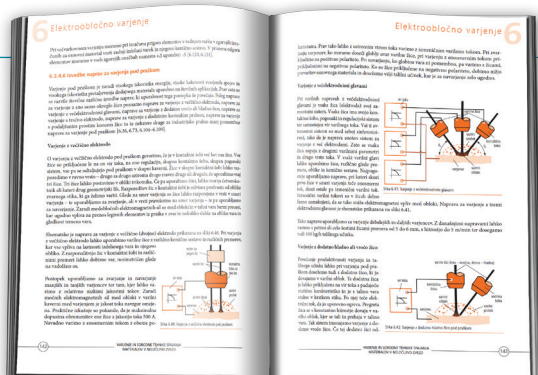
Varjenje in sorodne tehnike spajanja materialov v neločljivo zvezo



0 knjigi

Knjiga obsega 15 ločenih poglavij, ki so smiselno povezana. Prvo poglavje je uvod v vsebino knjige, drugo pa kratak zgodovinski pregled razvoja tehnik, postopkov in tehnologij spajanja materialov v neločljivo zvezo. Osnovni in posebni izrazi, ki jih pogosto uporabljamo v vsakdanjem pogovoru in v pisnih gradivih s tega področja, so podani in razloženi v tretjem poglavju. Nekaj mednarodno priznanih različnih razdelitev varjenj in drugih tehnik spajanja v trajno zvezo je prikazanih v četrtem poglavju, v petem pa nekaj fizikalno-metalurških osnov spajanja materialov pri sobni in zvišani temperaturi. Šesto poglavje je najboljše in obravnava obločna varjenja s taljivo in netaljivo elektrodo v zaščiti plinov in plinskih mešanic, v zaščiti praškov in še nekaterih drugih medijev. Poleg klasičnih talilnih varjenj poznamo še varjenja z visoko gostoto energije, med katera

spadajo varjenje z elektronskim snopom, varjenje z laserjem in varjenje s plazmo ter so zajeta v sedmem poglavju. Osmo obsega varjenja s kemično energijo, med katera uvrščamo plamensko varjenje, termično (aluminotermično) varjenje in eksplozijsko varjenje. Drugo najboljše poglavje je deveto, ki obravnava elektroporovno varjenje in postopke za ta način spajanja materialov v trajno zvezo. Deseto poglavje opisuje varjenje z mehansko energijo in enajsto spajkanje, ki ga imenujemo tudi lotanje, ter dvanajsto metalizacijo z navarjanjem in toplotnim nabrizgavanjem. Lepljenje je podano v trinajstem poglavju in v štirinajstem mehansko spajanje materialov. Hibridno varjenje in postopki za ta način varjenja in spajanja materialov v neločljivo zvezo so zajeti v petnajstem poglavju.



Komu je knjiga namenjena

Študentom dodiplomskega in podiplomskega študija na fakultetah za strojništvo ter na vseh drugih fakultetah in višjih solah, ki imajo v svojem izobraževalnem programu tudi področje spajanja materialov v neločljivo zvezo. Nadalje je lahko knjiga v veliko pomoč vsem udeležencem različnih tečajev, seminarjev in specializacij iz varilstva. Knjiga bo koristila tudi zaposlenim v industriji, ki delujejo na varilskem in širšem področju spajanja materialov ter se spoprijemajo z različnimi tehničnimi in tehnološkimi težavami. Veliko koristnih nasvetov, podatkov in informacij pa bodo našli še vsi, za katere je varilstvo le dopolnilna aktivnost, konjiček ali priložnostna dejavnost.

Iz vsebine

- Zgodovinski pregled varjenja in sorodnih tehnik spajanja materialov
- Osnovni izrazi v tehnikah spajanja materialov
- Razdelitev tehnik varjenj in sorodnih tehnik spajanja materialov
- Fizikalno-metalurške osnove varjenja in sorodnih tehnik spajanja materialov
- Elektroobločno varjenje
- Varjenje z visoko gostoto energije
- Varjenje s kemično energijo
- Elektroporovno varjenje
- Varjenje z mehansko energijo
- Spajkanje
- Metalizacija, navarjanje in toplotno nabrizgavanje
- Lepljenje
- Mehansko spajanje materialov v neločljivo zvezo
- Hibridno varjenje in drugi hibridni postopki spajanja materialov v neločljivo zvezo

NAROČILO KNJIGE

Naročila sprejemamo na e-poštni naslov:
knjiznica@fs.uni-lj.si

ZALOŽBA:

Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

CENA KNJIGE

40 €



Univerza v Ljubljani

Prenos nalog in obveznosti po 83. bis členu čikaške konvencije

Aleksander ČIČEROV

Izvleček: 83. bis člen je amandma Čikaške konvencije, ki pooblašča države članice ICAO, da dvostransko prenašajo odgovornost za nadzor varnosti glede zakupa, najema ali izmenjave zrakoplova. Državam pogodbenicam ICAO daje podlago in pravni okvir za dvostranski prenos odgovornosti v skladu z 12., 30., 31. in 32. členom Čikaške konvencije.

Ključne besede: Čikaška konvencija, 83. bis člen, bilateralni sporazumi, register zrakoplovov, prenos nalog in obveznosti, odgovornosti, praksa Slovenije

■ 1 Uvod

Proti koncu 2. svetovne vojne je postalo očitno, da bodo mednarodna letalska potovanja doživela nepričakovan obseg. Vojne sovražnosti so sprožile potrebo po ustanovitvi mednarodne organizacije, ki bo odgovorna za varen, pravočasen in učinkovit mednarodni letalski promet. Nastala je Mednarodna organizacija civilnega letalstva (v nadaljevanju: ICAO) in bila sprejeta Konvencija o mednarodnem civilnem letalstvu (v nadaljevanju: Čikaška konvencija). Čikaška konvencija ureja številna področja: zračno plovbo, polete nad ozemlji držav pogodbenic ICAO, državo pripadnosti zrakoplova, ukrepe za olajšanje zračne plovbe, pogoje, ki jih morajo izpolnjevati zrakoplovi, mednarodne standarde in priporočeno prakso (SARPS), organizacijo ICAO, njene organe in sestavo, Komisijo za zračno plovbo¹, osebje, finance in mednarodne pogodbe s področja mednarodnega civilnega letalstva.

■ 2 Geneza 83. bis člena

Prenos nekaterih nalog in obveznosti (ang.: certain functions and

duties) je zelo kompleksna in težko razumljiva določba, če ne poznamo ozadja nastanka 83. bis člena. Ta člen nosi naslov: *Prenos nekaterih nalog in obveznosti*. Njegovo besedilo se glasi:

»a) Če je ne glede na določbe 12., 30., 31. člena in točke a) 32. člena zrakoplov registriran v državi pogodbenici in ga skladno z dogovorom o zakupu, najemu ali izmenjavi zrakoplova oziroma drugim podobnim dogovorom uporablja letalski prevoznik, ki ima glavni poslovni sedež oziroma če takega sedeža nima svoje prebivališče v drugi državi pogodbenici, lahko država registracije zrakoplova po dogovoru z drugo državo prenese nanjo v celoti ali delno svoje naloge glede letala po 12., 30., 31. členu in točki a) 32. člena. Država registracije je razrešena odgovornosti glede prenesenih nalog in obveznosti.

b) Prenos ne velja za druge države pogodbenice, dokler se dogovor o prenosu ne registrira pri Svetu in javno objavi skladno s 83. členom oziroma dokler država s tem dogovorom neposredno ne seznani pristojnih organov zainteresirane države ali držav o obstoju in obsegu takšnega dogovora.

c) Določbe iz točke a) in b) veljajo tudi za primere iz 77. člena.«

2.1 Kaj je 83. bis člen?

Najprej je amandma² Čikaške konvencije. Veljati je začel junija 1997. Pooblašča države pogodbenice Čikaške konvencije, da z bilateralnimi sporazumi prenesejo odgovornosti za nadzor varnosti glede zakupa, najema in izmenjave zrakoplovov. Državam daje osnovo in pravni okvir za sklepanje bilateralnih sporazumov, s katerimi svoje pristojnosti iz 12. člena (Pravila zraka), iz 30. člena (Radijska oprema), 31. člena (Potrdila o plovnosti) in 32. člena (Licenciranje osebja) Čikaške konvencije, prenese na drugo državo. V praksi to pomeni prenos odgovornosti za nadzor varnosti na državo, ki je bolj usposobljena za izvajanje nadzora varnosti.

2.2 Kako je nastal 83. bis člen?

Vrniti se moramo v čas, ko je nastala Čikaška konvencija (1945). Konvencija gradi regulativo na osnovnem načelu, da je država, ki je izdala dovoljenje za izvajanje letalskih dejavnosti (AOC ali Air Operator Certificate) in v katere zračnem prostoru potekajo letalske operacije, odgo-

Mag. Aleksander Čičerov, univ. dipl. pravnik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

1 Osnutek Protokola je izdelal Pravni odbor ICAO-ja.

2 Amandma, predlog za dopolnitev ali spremembo splošnega pravnega akta, posebno predlog za spremembo besedila zakona (konvencije), glej Pravo, Leksikon Cankarjeve založbe, druga, razširjena in spremenjena izdaja, Ljubljana 2003, str. 16.

vorna za izvajanje operativnih pravil, kot država registracije pa je tudi odgovorna za plovnost zrakoplova. V začetku, ko je Čikaška konvencija začela veljati, so letalski prevozniki uporabljali izključno zrakoplove, registrirane v njihovih državah.

Danes je povsem drugače.

Pri proučevanju bistva 83. bis člena nam bo pomagal tudi praktični primer, ki ga omenja Milde³. 7. junija 1989 se je pri pristajanju na letališču Zandery Panamaribo zrušilo letalo DC-8-62 surinamske letalske družbe na letu iz Amsterdamu v Panamaribo. Letalo je bilo popolnoma uničeno, življenje pa so izgubili vsi potniki in člani posadke. Krivdo so pripisali popolnoma nekompetentnemu pilotu in posadki, ki je zavestno spregledala vsa opozorila o približevanju tlom. Letalo je bilo izdelano v Združenih državah Amerike, nosilo je oznako N1696E, prvotno je bila operater letala družba Braniff, letalo je bilo prodano finančni korporaciji McDonnell Douglas, vzeto nazaj v najem, v času nesreče je bila njegov lastnik US Holding Company, ki je imela svoj sedež na Floridi. Letalo je bilo 14. oktobra 1979 udeleženo v nesreči v Panami. Manjkali so podatki ZDA kot države registracije o podaljševanju plovnosti. Prav tako ni podatkov o podaljševanju pilotskih licenc. Pilota sta bila ameriška državljana, ki nista bila kvalificirana za letenje. Eden od njiju je bil star celo več kot 65 let (ZDA so omejevale starost na 60 let). Njuni licenci sta bili podaljševani s pomočjo Air Crews International Inc (ACI). Dokumenti so razkrili, da je kapitan prejel podaljšanje licence 16. aprila 1989 od zasebnega podjetja Flying Tigers Inc. of Marietta Panama. Preizkus je opravil na dvomotornem štirisedežniku Grumman Cougar. Surinamska letalska družba je zmotno mislila, da je to mednarodno podjetje Flying Tigers, ki je bilo takrat na dobrem glasu.

Ta primer nam pokaže, kako škodljivo je, če država registracije (v

tem primeru ZDA) nima kontrole nad varnostjo oziroma ne izvaja z mednarodnimi normami predpisanih nalog. Država operator (Surinam) ni izvajala nalog, povezanih s plovnostjo letala, oziroma nadzora nad usposobljenostjo posadke, ker te naloge spadajo pod okrilje državne registracije letala.

ICAO je kar 20 let porabila za proučevanje teh vprašanj (začeli so leta 1961 na Gvadalaharski konferenci o mednarodnem zasebnem letalskem pravu), da je proučevanje doseglo višek v sprejemu ustreznega protokola (Protokol o spremembi Konvencije o mednarodnem civilnem letalstvu – 83. bis člen, v nadaljevanju Protokol), ki je amandmiral Čikaško konvencijo (6. oktober 1980).

Mednarodni zakupi, najemi in izmenjave zrakoplovov so v mednarodni praksi nekaj običajnega, tako da domači prevozniki zelo pogosto za opravljanje registrirane dejavnosti uporabljajo v tujini registrirane zrakoplove. S tako mešano floto pa prihaja do potrebe po zagotavljanju izpolnjevanja pogojev plovnosti zrakoplovov. Za povrh pogosto prihaja do spora med pooblaščenimi organi za plovnost o tem, ali bi neko dejavnost šteli med operativno ali plovnostno materijo. Ne samo, da to povzroča nerazumevanje med prevozniki, gre tudi za administrativno breme, ki povečuje stroške operatorju in regulatorju.

Praktična uporaba določb 83. bis člena pomeni tudi delno odpoved lastni suverenosti v zraku in zrakoplov ene države poveže z ozemljem druge. Seveda pa izvajanje 83. bis člena ne pomeni, da zaobseže vse, kar ta člen ponuja. Pomembno je, da bilateralni sporazum natančno opredeli, kaj država A prepušča v nadzor državi B. Zavedati se moramo, da s sporazumom nekaj dajemo, da bi nekaj dobili (ang.: *we have to give something to get something*). Kar je bistveno: operatorju omogoča ohranjati enake standarde za vsa njegova letala ne glede na državo registracije, to pa spet pomeni,

da so zrakoplovi bolje strokovno nadzorovani.

2.3 83. bis člen v pravni teoriji

Skupščina ICAO je na 23. rednem zasedanju, od 16. septembra do 6. oktobra 1980, sprejemala Protokol. V Resoluciji A23-13 je Generalna skupščina ICAO ugotovila, da bi bila država registracije (ang.: State of Registry) lahko nezmožna izpolnjevati svoje obveznosti glede najema, zakupa ali izmenjave letal, še posebej, ko ne gre za posadko, če je letalo v zakupu, najemu ali izmenjavi pri operatorju druge države, Čikaška konvencija ne določa ustrezno pravic in dolžnosti operaterja v teh primerih. Da bi državam pomagali, so v ICAO izdelali *Vodila za izvajanje 83. bis člena* (ang.: Guidelines on the Implementation of Article 83.bis), ki med drugim vsebujejo tudi vzorčni *Sporazum o izvajanju 83. bis člena*, pri čemer pa je potrebno upoštevati še *Priročnik za postopke v primeru nadzora operacij, certificiranja in nadaljnjega nadzora* (Doc. 8335), *Priročnik o plovnosti* (Doc. 9760) in *Priročnik o ureditvi mednarodnega letalskega transporta* (Doc. 9626).

Protokol je začel veljati 20. junija 1997. Njegov depozitar je generalni sekretar ICAO. Prenos določenih nalog in obveznosti z države registracije zrakoplova na državo zakupnico, najemnico ali državo izmenjave zrakoplovov, kot to določa 83. bis člen, natančno določa varnostne odgovornosti, poenostavlja postopke in povečuje letalsko varnost. Slovenija je Protokol ratificirala.

2.4 Razlogi za sprejem 83. bis člena

Koncept registracije zrakoplovov je materija, ki jo ureja III. poglavje Čikaške konvencije (Državna pripadnost zrakoplovov, členi 17–21). To poglavje določa odgovornost države registracije glede sposobnosti varnega delovanja (ang.: abi-

3 M. Milde: International Air Law and ICAO, Eleven international publishing, 2008, str. 84–85.

lity to operate safely). To pomeni, da mora vsaka država članica ICAO zagotoviti (ang.: must ensure), da vsak zrakoplov, ki je zaveden v njenem registru, izpolnjuje vse zakone in predpise, ki se nanašajo na letenje zrakoplova ne glede na to, kje zrakoplov leti⁴. Država registracije je torej odgovorna za plovnost zrakoplova (31. člen)⁵, radijsko opremo zrakoplova (30. člen) in licenciranje posadke (32. a člen)⁶. Ob tem pa mora upoštevati še Aneks I (Licenciranje osebja) in Aneks 8 (Plovnost zrakoplova), če država registracije ni uradno sporočila ICAO-ju, da ni sposobna izvrševati standardov, ki jih vsebujejo navedeni aneksi (v skladu z 38. členom Čikaške konvencije).⁷



Kokpit modernega letala

2.5 83. bis člen

'Bis' pomeni, da je bila določba uvrščena za 83. členom Čikaške konvencije.⁸ Amandma Čikaške konvencije temelji na dejstvu, da je za določene naloge in obveznosti v zvezi z najemom, zakupom in izmenjavo zrakoplovov odgovorna država registracije. 83. bis člen sam po sebi ne določa, kaj je to zakup, najem ali izmenjava zrakoplovov. Gre za strokovne termine zasebnih pravnih aranžmajev (civilno zasebno pravo). 83. bis člen le pomaga – v skladu z mednarodnim zasebnim pravom – letalskim družbam ureditev, ki olajša varnostni nadzor, upoštevajoč potrebe teh družb pri sklepanju pro-

žnih komercialnih dogovorov glede uporabe njihovih zrakoplovov.

83. bis člen je t. i. krovna določba. Njegova ratifikacija še ne pomeni avtomatičnega prenosa funkcij in nalog od države registracije na državo operaterja. Z mednarodno-pravnega vidika je ratifikacija Protokola sprejem mednarodnopravne obveznosti v nacionalno zakonodajo. Sam prenos pa se opravi s sporazumom med zainteresiranimi državama. Ta člen tudi postavlja omejitve glede prenosa odgovornosti. Vsak tak sporazum ima lahko za pogodbeni cilj le tiste pristojnosti, ki izhajajo iz 12., 30., 31. in 32. člena Čikaške konvencije. Prenos nekaterih nalog in obveznosti ni

obligatoren, ampak permisiven.

83. bis člen v ničemer ne preprečuje, da dve ali več držav pogodbenic ne ustanovijo skupnih organizacij za zračni prevoz ali mednarodnih agencij in združevanja njihovih prevoznih storitev na kateri koli liniji/linijah ali regijah. Vse te organizacije oziroma agencije morajo spoštovati določila Čikaške konvencije, vključno s tistimi, ki se nanašajo na registracijo sporazumov v Svetu ICAO. Svet ICAO tudi določi, na kakšen način se določbe Čikaške konvencije glede državne pripadnosti zrakoplovov uporabljajo za zrakoplove, ki jih uporabljajo agencije za mednarodno sodelovanje (77. člen Čikaške konvencije).

4 12. člen Čikaške konvencije določa: »Vsaka država pogodbenica se obvezuje, da bo sprejela ukrepe, ki bodo zagotavljali, da bo vsak zrakoplov, ki bo letel ali izvajal manevr na njenem ozemlju, in vsak zrakoplov, ki bo nosil njeno državno oznako ne glede na to, kje se nahaja, spoštoval pravila in predpise, ki tam veljajo za letenje in manevriranje. Vsaka država pogodbenica se obvezuje, da bodo njeni predpisi v tem pogledu v največji možni meri skladni s predpisi, ki bodo občasno pripravljani v skladu s to konvencijo. Nad odprtim morjem bodo veljala pravila, sprejeta na podlagi te konvencije. Vsaka država pogodbenica se obvezuje, da bo preganjala vsako osebo, ki bi prekršila predpise, ki se uporabljajo v teh primerih.«

5 »Vsak zrakoplov, ki se uporablja v mednarodni zračni plovbi, mora imeti potrdilo o plovnosti, ki ga je izdala ali mu podaljšala veljavnost država, v kateri je zrakoplov registriran.« (31. člen)

a) Zrakoplovi vsake države pogodbenice smejo imeti, kadar so nad ozemljem ali na ozemlju druge države pogodbenice, radiooddajne postaje le, če so pristojni organi države, v kateri je zrakoplov registriran, izdali dovoljenje za vgradnjo in uporabo take postaje. Uporaba radiooddajne postaje na ozemlju države pogodbenice, nad katero zrakoplov leti, mora biti v skladu s predpisi te države. b) Radiooddajne postaje lahko uporabljajo le člani posadke, ki imajo ustrezno dovoljenje v ta namen, ki so ga izdali pristojni organi države, v kateri je zrakoplov registriran.« (30. člen)

6 a) Pilot vsakega zrakoplova in drugi člani posadke, ki upravljajo zrakoplov v mednarodni zračni plovbi, morajo imeti potrdila o usposobljenosti in dovoljenju, ki jih izda ali jim podaljša veljavnost država, v kateri je zrakoplov registriran.«

b) »Vsaka država pogodbenica si pridruže pravico, da za plovbo nad svojim ozemljem ne prizna veljavnosti tistih potrdil o usposobljenosti in dovoljenju, ki jih je njenim državljanom izdala neka druga država pogodbenica.«

7 »Vsaka država, ki ne more v celoti spoštovati mednarodnih standardov in postopkov ali ne more popolnoma uskladiti svojih predpisov ali postopkov z mednarodnimi standardi, potem ko so ti spremenjeni, ali meni, da mora sprejeti predpise in postopke, ki se v nekaterih pogledih razlikujejo od tistih, ki so predpisani v mednarodnih standardih, mora Mednarodno organizacijo civilnega letalstva nemudoma obvestiti o razlikah med svojo prakso in tisto, določeno z mednarodnim standardom. V primeru sprememb mednarodnih standardov bo vsaka država, ki ne uvaja ustreznih sprememb v svojih predpisih in postopkih, o tem v šestdesetih dneh od sprejema spremembe mednarodnega standarda obvestila Svet ali objavila, kakšne ukrepe namerava sprejeti. V vsakem takem primeru bo Svet takoj obvestil vse druge države o razlikah med mednarodnim standardom in ustrezno prakso v tej državi.« Glej: A. Čičerov, Konvencija o mednarodnem civilnem letalstvu, Ljubljana, 2011, izdala Fakulteta za strojništvo UL.

8 83. člen govori o registraciji novih dogovorov. Vsaka država pogodbenica lahko sprejema dogovore, ki niso v nasprotju z določili konvencije. Vsak tak dogovor pa se mora takoj registrirati pri Svetu ICAO, ki ga čim prej objavi. Sem torej sodijo tudi dogovori o prenosu nekaterih nalog in obveznosti po 83. bis členu.

2.6 Formalnosti

Najprej velja poudariti, da so države, ki niso pogodbenice sporazuma, o prenosu nekaterih nalog in obveznosti dolžne priznati (ang. recognize) odgovornosti države operaterja glede izvajanja prenesenih nalog in obveznosti pod pogojem, da je tretja država:

- ratificirala 83. bis člen (oz. Protokol)
- in je bila o prenosu uradno obveščena (to pomeni, da je država, ki je prenašala naloge in obveznosti na drugo državo, registrirala ta prenos v ICAO, oziroma je država, ki je prenašala naloge in obveznosti, neposredno obvestila to tretjo državo o prenosu).

Ko so te formalnosti izpolnjene, velja, da so države, ki so ratificirale 83. bis člen, dolžne priznati državo operaterja kot državo, ki nadomešča državo registracije v okviru natančno določenih nalog in obveznosti, dogovorjenih s sporazumom. Država registracije je, pravno gledano, oproščena odgovornosti za izvajanje tistih nalog in obveznosti, ki jih je prenesla na državo operaterja. Posledično to pomeni tudi to, da države, ki niso pogodbenice Protokola, in države, ki niso bile pravilno obveščene o prenosu, niso zavezane k priznanju prenesenih nalog in obveznosti po 83. bis členu.

2.7 Prenos odgovornosti

S prenosom nalog in obveznosti na drugo državo operaterja je omogočen bolj varen zračni promet, saj je za zračno plovbo odgovorna država, ki ima nadzor nad varnostjo boljše urejen. Država operater bo mednarodno odgovorna in bo izvrševala prenesene funkcije in naloge v skladu s svojim pravom in predpisi! Zrakoplov bo v bistvu izpostavljen oziroma bo pod vplivom dveh različnih skupin nacionalnih pravil – glede na prenesene funk-

cije in naloge po 83. bis členu. Na prvi pogled bi lahko trdili, da gre za zelo kompleksno situacijo, ki pa na koncu le vodi ali bi morala voditi do bolj univerzalnega in popolnega izvrševanja standardov ICAO, kar naj služi večji varnosti. Gre za večjo enovitost izvrševanja pravil oziroma standardov glede mednarodne plovbe (pogoji glede licenciranja letalskega osebja – Aneks 1, plovnost zrakoplova – Aneks 8).

2.8 Struktura sporazuma

Pogoj za prenos nekaterih nalog in obveznosti z države registracije na državo operaterja je torej ratifikacija Protokola. Slovenija je Protokol ratificirala 8. marca 2000. Temu sledi bilateralni sporazum z natančno določenimi funkcijami in nalogami, ki se prenašajo. ICAO predlaga, da tak sporazum podpišeta pristojni osebi, ki lahko podpisujeta administrativne dogovore in sta običajno na čelu uprav za civilno letalstvo (ang.: aeronautical authorities, CAA). Pravila ICAO določajo, da je izvrševanje Protokola mogoče urediti s pomočjo administrativnega sporazuma ali dogovora, ki ga običajno podpiše oseba, ki zaseda položaj generalnega direktorja. Ta ne potrebuje diplomatske poverilnice (ang. diplomatic credentials, Full Powers) za podpis, sporazuma ali dogovora pa ni potrebno ratificirati. Seveda pa bolj formalen način ni prepovedan (npr.: sklenitev pravega bilateralnega sporazuma).

Sporazum o prenosu nalog in obveznosti je lahko sklenjen v obliki administrativnega sporazuma (ang. administrative agreement or arrangement). Gre za upravni oziroma izvršilni sporazum ali dogovor tehničnega značaja. Ali je to tudi mednarodna pogodba (ang.: international treaty)? Kljub podobnosti tega akta ne moremo šteti za mednarodno pogodbo, ki jo ureja Dunajska konvencija o mednarodnem

pogodbenem pravu iz leta 1969.⁹ Pogodbeni stranki sta v našem primeru vlada države A, ki prenaša nekatere naloge in obveznosti na vlado države B, ki jih sprejema. Tako kot mednarodna pogodba ima tudi administrativni sporazum/dogovor svoj naslov: *Sporazum med državo A in državo B o izvršitvi 83. bis člena* (Čikaške) konvencije.

Naslovu sledi **uvodni del – preambula** – zapisan v odstavkih, ki poudarja namen/cilj sporazuma, pri čemer morata obe državi upoštevati določene dokumente ICAO, preambula pa se zaključi z natančnim imenovanjem države A in B, ki ju predstavljata njuni civilni letalski upravi (ang.: CAA).

Uvodnemu delu sledi **dispozitivni del**, ki natančno določa, katere naloge in obveznosti država A prenaša na državo B (te so podrobno določene v dodatku k sporazumu: dodatek 1 navaja zrakoplove po tipu, registracijski številki, serijski številki in pogojih lizinga, v dodatku 2 pa so navedene odgovornosti glede plovnosti prenesenih zrakoplovov).

Med dispozitivne določbe sporazuma lahko štejemo še določbo o notificiranju (obveščanju) in določbo, ki zapoveduje, da mora biti kopija sporazuma (ang.: certified copy) v jezikih obeh držav na razpolago na krovu vsakega letala, ki je v režimu 83. bis člena. Prav tako mora biti na krovu letala AOC, če je bil izdan državi operaterju. Sledi še določba o koordinaciji med državo A in državo B.

Končne določbe najdemo tudi v teh sporazumih. Te določajo, da sporazum začne veljati na dan podpisa, za posamezno letalo, ki je navedeno v dodatku 1, pa preneha z dnem, ko se najem konča. Vse morebitne spremembe morajo biti pisne. Državi rešujeta spore z medsebojnimi posvetovanji. Sledita še podpisa obeh generalnih direktorjev civilnih letalskih uprav.

⁹ Glej Uradni list RS – Mednarodne pogodbe, št. 13/11 (Ur. l. RS, št. 87/11), obširno o mednarodnih pogodbah v O. Corten, P. Klein, The Vienna Conventions on the Law of Treaties, Vol. I, Oxford, 2011; A. Čičerov, Vloga in položaj depozitarja mednarodnih pogodb, registriranje in hranjenje mednarodnih pogodb in z njimi povezanih dokumentov v Pravo mednarodnih pogodb, uredniki Ana Polak Petrič, Irena Jager Agius in Andraž Zidar; zbirka Mednarodno pravo, izdajatelj Fakulteta za družbene vede (Založba FDV, Ljubljana) in Ministrstvo za zunanje zadeve, Ljubljana, 2013, str.: 263 in naprej.

Že na prvi pogled se vidi, da ne gre za pravo mednarodno pogodbo, saj v zaključnih klavzulah manjka tista, ki govori o ratifikaciji. Z ratifikacijo postane mednarodna pogodna del notranjega/državnega prava, v našem primeru pa njena vsebina zavezuje le civilne letalske uprave. Za državo A oziroma državo B ne nastanejo nobene mednarodno-pravne posledice. Paziti mora le na to, da njeno zunanje ministrstvo sporazum registrira pri ICAO-ju.

Poleg običajnega načina prenosa nalog in obveznosti na drugo državo lahko država A z državo B izmenja pismi, ki imata enak učinek kot prej navedeni sporazum (tak primer je izmenjava pisem med Civilno letalsko upravo Republike Slovenije in Civilno letalsko upravo Francije). Gre za še bolj poenostavljeno dogovorno vsebino o prenosu nekaterih funkcij in nalog po 83. bis členu Čikaške konvencije. Potrebno je reči, da je v praksi več sporazumov kot izmenjav pisem. Po mnenju avtorja je sporazum vendarle bolj natančen kot pa sama izmenjava pisem.

■ 3 Sklep

Sklepanje sporazumov ali podobnih dogovorov (npr.: izmenjava pisem) po 83. bis členu je težje razumljivo, če ne poznamo ozadja. Nekaj elementov pa vseeno lahko izluščimo in ti nam pomagajo pri izvrševanju tega člena.

Najprej je potrebno razumeti, da so sporazumi po 83. bis členu permissivni (dopustni, fakultativni) in ne obvezni (obligatorni).

Sporazume o prenosu nalog in obveznosti sklepajo države. Gre za sporazume med državo registracije in državo operaterja. V skladu s slovensko zakonodajo osnutek sporazuma pripravi Civilna letalska uprava in ga pošlje v potrditev Ministrstvu za infrastrukturo. Ta ga potrdi in z njegovo vsebino seznani Vlado Republike Slovenije. Tak sporazum bi načelno moralo zavesti v evidenco Ministrstvo za zunanje zadeve kot nepogodbeni akt! Sporazum podpiše generalni direktor Civilne letalske uprave.

Naloge in obveznosti, ki se lahko prenašajo, se nanašajo na zrakoplovne predpise (12. člen Čikaške konvencije), radijsko opremo zrakoplovov (30. člen Čikaške konvencije), plovnost (32. člen Čikaške konvencije) in licenciranje osebja (32.a člen Čikaške konvencije).

Država A se s prenosom nalog in obveznosti razbremeni odgovornosti zanje. Prenos nalog in obveznosti na državo B je učinkovit šele takrat, ko je sporazum o prenosu registriran pri ICAO in javno objavljen oziroma neposredno komuniciran državi (x) ali državam (xxx).

83. bis člen se uporablja tudi za zrakoplove iz 77. člena Čikaške

konvencije. Pregledali smo nekaj sporazumov, ki se nanašajo na 83. bis člen.¹⁰ Z ratifikacijo Protokola bi morale države članice ICAO, ki so to storile, ustrezno spremeniti tudi nacionalno zakonodajo. Nemški zakon o civilnem letalstvu ima v svojem prvem poglavju, v oddelku 3a, določen prenos odgovornosti po mednarodnem pravu (ang.: Transfer of Responsibilities under International Law). Zakon velja v obe smeri, torej tako za prevzem kot tudi prenos odgovornosti. Slovenski Zakon o letalstvu bo potrebno v tem kontekstu dopolniti.

ICAO ni posebej navdušen nad izvajanjem tega člena. Države članice ICAO te rešitve ne uporabljajo ravno pogosto. Zato je razumljiv apel generalnega sekretarja ICAO, naj države članice čim prej ratificirajo Protokol in v praksi začnejo izvrševati njegovo vsebino. Varnost v letalstvu je vendarle primarna! *Littera scripta manet* (iz lat.: *Pisana beseda ostane*)!

Kako pa na to gledajo letalci? »Več pogledov je na člen, ki državam omogoča, da z bilateralnimi sporazumi uradno med seboj prenašajo posamezne odgovornosti, ki sicer izhajajo iz registra zrakoplovov. Najpomembnejši vidik je gotovo varnost letenja. Država, v kateri zrakoplov pretežno leti oziroma se fizično nahaja, sme na podlagi 83. bis člena nad njim prevzeti delni ali celotni nadzor in tako zagotoviti skladnost z zakonodajo.«¹¹

Transfer of Functions and Duties by the Article 83 bis of the Chicago Convention

Abstract: Article 83 bis is an amendment to the Chicago Convention. It authorizes Contracting States to make bilateral transfers of safety oversight responsibilities related to the lease, charter, and interchange of aircraft. It gives States Members of ICAO a basis and legal framework for entering into bilateral transferring responsibilities under Articles 12, 30, 31 and 32a of the Chicago Convention.

Keywords: Chicago Convention, Article 83 bis, bilateral agreements, register, transfer of safety oversight responsibilities, the Slovene practice.

10 Sporazum z izmenjavo pisem s Francijo (vir: arhiv CAA), Sporazum med Zveznim ministrstvom za promet, gradnje in urbane zadeve ZRN in Ministrstvom za promet, inovacije in okolje Republike Avstrije (arhiv CAA), Sporazum med CAA RS in Državnim podjetjem za civilno letalstvo Republike Italije (arhiv CAA), vključno s sporazumom o izvajanju in Sporazum o delegiranju odgovornosti po 83. bis členu med CAA RS in CAA Slovaške republike (arhiv CAA).

11 Op. cit. Alja Berčič v intervjuju za VENTIL, december 20/2014/6, str. 409.

Polet letala na sončno energijo okrog sveta

Letalo na sončno energijo, ki bo 1. marca 2015 vzletelo v Abu Dabiju in nadaljevalo polet okrog sveta, bo pristalo tudi v Muskatu (Sultanat Oman). Letalo bosta pilotirala švicarska pilota dr. Bertrand Piccard in André Borschberg. Polet naj bi trajal 25 dni (v petih mesecih), 12-krat pa naj bi pilota tudi pristala. Z letalom Solar Impulse 2 bosta preletela 35.000 km s hitrostjo med 50 in 100 km/h.¹

Ekipa sončnega pogona (ang.: Solar Impulse Team), ki jo podpira 80 tehnoloških partnerjev, je izdelala letalo, ki je sposobno leteti tudi ponoči, je enosedežnik, izdelan iz karbonskih vlaken. Čez krila meri 72 metrov, kar pomeni, da so njegova krila daljša od kril Boeinga 747, tehta 2300 kg, kar lahko primerjamo s težo avtomobila. Sončne celice na krilih (17.248) oskrbujejo štiri električne motorje, vsak z močjo 17,5 KM. Podnevi se bodo litijeve baterije polnile s sončno energijo in tako omogočale nočne polete. Litijeve baterije tehtajo 633 kg.

Dr. Bertrand Piccard združuje v sebi tri različne kariere: je zdravnik, strasten raziskovalec na področju letalstva in javni govorec (predstavniki UNFPA in častni veleposlanik Sklada vetrov upanja – Winds of Hope Foundation). Z balonom je v 19 dneh, 21 urah in 47 minutah preletel 45.755 km, pri čemer je postavil kar sedem rekordov.

Njegov dedek **August Piccard (1884–1982)** je zgradil prvi batiscaf, raziskal stratosfero na višini 16 km in prvi videl ukrivljenost površine Zemlje. Sin Augusta Piccarda **Jacques Piccard** se je potopil v Marjanski jarek, ki je najgloblja točka na Zemlji (10.961 m), izumil je tudi potopljiv mezoscaf (ang.: submersible mesoscaphe) in izdelal prvo podmornico za turiste, ki si žele ogledati svet pod morsko gladino.

Potem je prišel še **dr. Bertrand Piccard** s svojim balonom in končno z letalom na sončne celice. Ko so ga vprašali, kako naj bi Sultanat Oman unovčil ta njegov projekt, je dejal: »Oman bo marca 2015 center sveta, dogodek bodo spremljali svetovni mediji. Še več, to bo izziv oblastem, da ohrabrijo mlade, da slede svojim sanjam in postanejo pionirji boljše prihodnosti.«²

André Borschberg je strojni in termodinamični inženir na Zveznem tehnološkem inštitutu v Lausanni in magister managementa (Sloan, MIT Boston). Za letalstvo se je navduševal že v rani mladosti, leteti pa se je naučil v švicarski vojski. Je nosilec več letalskih in helikopterskih licenc/dovoljenj, v prostem času pa se ukvarja tudi z letalskimi akrobacijami.

Še nekaj tehničnih podrobnosti o letu. Letalo bo vzletelo 1. marca 2015 z letališča v Abu Dabiju in se nanj vrnilo pozno v juliju ali v začetku avgusta 2015. Postanki bodo v Muskatu (Sultanat Oman), Ahmedabadu in Varanasiju (Indija), Mandalaju (Mjanmar), Chongqinginu in Nanjingu (Kitajska). Prečkalo bo Pacifik v

smeri Havajev, preletelo ZDA, kjer bo pristalo v Phoenixu in New Yorku (na letališču John F. Kennedy). Pristanek na Srednjem vzhodu še ni določen, ker bo odvisen od vremenskih razmer. Po preletu Atlantika bo na zadnjem delu poleta pristalo v južni Evropi ali severni Afriki, preden se bo ponovno spustilo na tla v Abu Dabiju.

Vzleti in pristanki bodo ponoči, da bi se letalo ognilo močnim turbulencam in vetrovom, močnejšim od 18 km/h. Letalo se bo podnevi povzpelo na 9000 m, ponoči pa se bo spustilo na 1500 m in tako prihranilo energijo. Po petih dneh bo pristalo, da se pilota zamenjata. Kokpit ima malo manj kot 4 kubične metre, kar je dovolj za kisikove bombe, hrano in opremo za preživetje ter ergonomične zahteve pri poletih, dolgih sedem dni. Sedež je narejen tako, da služi več namenom, vključno s straniščem. Vgrajena sta padalo in raft, kadar pa se sedež v celoti raztegne, se lahko uporablja za fizične vaje.

*Mag. Aleksander Čičerov,
univ.dipl.prav.
Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za strojništvo*



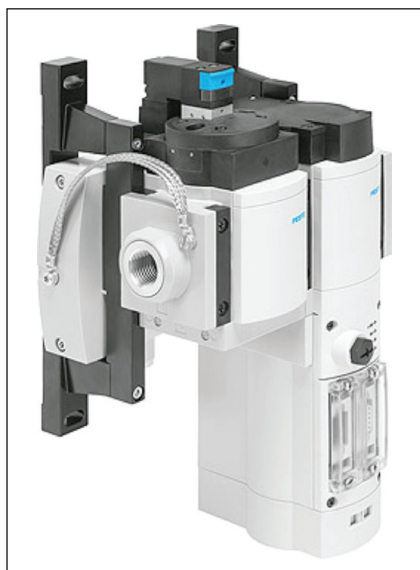
Letalo Solar Impulse 2

1 Solar Impulse je švicarsko eksperimentalno letalo, ki ga žene sončna energija. Letalo so razvili pri École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Prvo letalo z oznako HB-SIA je bilo enosedežnik, ki je prvič poletel decembra 2009. Projekt financirajo zasebna podjetja in posamezniki. Podrobno glej http://sl.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse, <22. 2. 2015>.

2 Theweek, Oman's independent weekly paper, February 12, 2015, str. 6.

Energijsko učinkovit modul MSE6-E2M

Inteligentni modul MSE6-E2M povsem avtomatizirano nadzoruje in regulira oskrbo s stisnjenim zrakom v novih in obstoječih pnevmatičnih sistemih. Je popolnoma nova inteligentna kombinacija enote za pripravo zraka, senzorjev in tehnologije fieldbus. Omogoča bolj enostaven prihranek zraka in energije kot katera koli druga enota do sedaj.



Slika 1. Modul MSE6-E2M

Osnovne funkcije modula MSE6-E2M so:

- avtomatični izklop dobave zraka pri »stand-by«
- avtomatično zaznavanje in zaustavitev nekontrolirane izgube zraka – lekaže,

- sprotno nadzorovanje podatkov, relevantnih za proces

Modul E2M pri zaznavanju glede na podatke, s katerimi je opredeljen »stand-by«, avtomatično zapre dotok zraka – analogno kot pri avtomatiki »start-stop« v avtomobilih. Poraba zraka v času prekinitev pade na vrednost nič – tudi če je v pnevmatičnem sistemu nekontrolirana izguba zraka – lekaža. Ročni ponovni vklop je mogoč preko panelne plošče stroja.

Pri zaprti oskrbi zraka modul E2M preverja tesnost pnevmatične naprave. Pri hitrem padcu tlaka je mogoče sklepati na večjo netesnost sistema, kar bo z ustreznim sporočilom prikazano upravljavcu stroja. Tako bo omogočeno vzdrževanje v skladu s potrebami.

Za enostavno porabo energije modul E2M tekoče posreduje procesno relevantne podatke. Preko profibusa E2M ciklično izmenjuje pomembne podatke, kot so pretok zraka, tlak in poraba zraka s krmljem stroja. S temi informacijami je mogoč enostaven nadzor porabe energije na stroju.

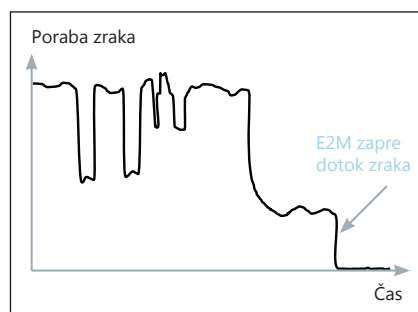
Možni so odgovori na vprašanja:

- Ali porabi naprava danes več kot prejšnji mesec?
- Koliko stisnjenega zraka se potrebuje za eno šaržo?

- Je višina tlaka pravilno nastavljena?
- Pri zaustavitvi stroja: kako velik je bil vpliv tlaka in toka?

Tehnični podatki:

- priključek G1/2"
- delovni tlak 4 do 10 bar
- imenski pretok 4400 l/min
- 2/2 »normalno odprta« funkcija
- senzor pretoka z merilnim območjem od 0 do 14 bar



Slika 2. Časovna porazdelitev porabe zraka in zaustavitev po daljšem mirovanju stroja

- črtna napetost od 0 do 14 bar
- imenska delovna napetost 24 V DC
- temperaturno območje 0 °C do +50 °C
- razred zaščite IP65
- oznaka CE.

Vir:

FESTO, d. o. o.

Blatnica 8, 1236 Trzin

tel.: 01 530 21 00, faks: 01 530 21 25

info_si@festo.com, www.festo.com

g. Bogdan Opaškar

Projekt Fidias – zelene inovacije

Center za prenos tehnologij in inovacij na Institutu »Jožef Stefan« od 2012 sodeluje na evropskem projektu Fidias, katerega glavni cilj je okrepitev lokalnih in regionalnih razvojnih načrtov in podjetništva z izvajanjem in vodenjem inovativnih finančnih instrumentov in storitev, ki podpirajo ekološke inovacije in/ali ukrepe trajnostnega razvoja.

FIDIAS nudi malim in srednje velikim podjetjem ter finančnim upravljavcem priložnost za povečanje učinkovitosti in dodane vrednosti projektov s pomočjo uveljavljanja intelektualne lastnine. Ob tem nudi tudi pomoč pri razvoju učinkovitih poslovnih načrtov.



vitosti in dodane vrednosti projektov s pomočjo uveljavljanja intelektualne lastnine. Ob tem nudi tudi pomoč pri razvoju učinkovitih poslovnih načrtov.

Projekt FIDIAS temelji na treh inovativnih finančnih instrumentih za spodbujanje trajnostnega razvoja in novega podjetništva v ekoinovativnih sektorjih: zeleni sklad malih in srednjih podjetij, zeleni sklad za energetske učinkovitost in inovativni finančni instrument, usmerjen v raziskave, razvoj in inovacijske naložbe.

Več o projektu najdete na spletni strani www.fidias.eu.

Lea Kane, IJS, Ljubljana

Visokozmogljivi frekvenčni regulatorji UNIDRIVE M100–M400

Podjetje Emerson Industrial Automation, ki vključuje tudi družbo Control Techniques, je dalo na tržišče novo inovativno družino frekvenčnih pretvornikov Unidrive M100–M400, razvito na podlagi želja in potreb uporabnikov. Družina frekvenčnih pretvornikov Unidrive M vključuje štiri različne tipe, ki se razlikujejo po namembnosti in možnostih uporabe.

Unidrive M300 je odprtozančni frekvenčni regulator za pogon asinhronskih motorjev moči od 0,25 kW do 22 kW (30 kW – HVAC). Od tipa M200 se razlikuje po tem, da ima vgrajeno varnostno funkcijo »Safe Torque Off« (2 x STO terminala za nivo zaščite SIL3/PLe), ki omogoča, da za zagotovitev tega nivoja zaščite pred frekvenčnim regulatorjem ni potrebno vgraditi kontaktorja.

- 10 osnovnih parametrov, prikazanih na prednji strani regulatorja,
- lahka dostopnost do pregledno označenih priključkov,
- majhne izgube, do 98-odstotna učinkovitost,
- zunanji LED-prikazovalnik (možnost),
- garancijska doba 2 leti,
- stalna zaloga in servis na sedežu podjetja PS, d. o. o., Logatec,



Unidrive M100 je cenovno ugoden odprtozančni frekvenčni regulator za pogon asinhronskih motorjev moči od 0,25 kW do 7,5 kW. Ima vgrajen prikazovalnik, filter in zaviralni modul. Možnost enostavne montaže na DIN-letev in enostavne nastavitve parametrov, osnovni parametri so navedeni na prednji strani regulatorja.

Unidrive M200 je odprtozančni frekvenčni regulator za pogon asinhronskih motorjev moči od 0,25 kW do 22 kW (30 kW – HVAC). Ima vgrajen prikazovalnik, filter in zaviralni modul. Nudi možnost razširitve z dodatno vhodno/izhodno kartico in dodatnimi komunikacijskimi karticami, ki omogočajo priključitev regulatorja na različne komunikacijske protokole. Unidrive M200 je ustrezna zamenjava za starejši tip frekvenčnih regulatorjev Commander SK.

Unidrive M400 je odprtozančni frekvenčni regulator za pogon asinhronskih motorjev moči od 0,25 kW do 110 kW (132 kW – HVAC). Od tipa M300 se razlikuje po tem, da ima vgrajen PLC-krmilnik, ki omogoča krmiljenje enostavnejših aplikacij. Programira se v programskem okolju CODESYS Machine Control Studio. Vključuje tudi možnost diferencialnega bipolarnega analognega vhoda, možnost priklopa različnih termistorjev, omogoča pa tudi priklop inkrementalnega dajalnika (A, B).

Ostale standardne značilnosti regulatorjev Unidrive M100–M400:

- vgrajen potenciometer (Unidrive M101, M201),
- kopiranja parametrov s pomočjo adapterja AI-Back-up,
- stopnja zaščite IP21,
- možnost montaže na montažno ploščo ali DIN-letev (velikost 1 in 2),

- kvalitetna tehnična podpora in možnost vgradnje,
- brezplačen program M Connect za parametriranje.

Vsem strankam pri naročilu prvega frekvenčnega regulatorja Unidrive M100–M400 brezplačno podarimo adapter AI-Back-up za kloniranje parametrov in adapter AI-485 za komunikacijo RS485.

Vir:
PS, d. o. o., Logatec
Kalce 30b
1370 Logatec
tel.: 01/750-85-10
ps-log@ps-log.si
www.ps-log.si
g. Andrej Zupančiči

Elektronski preobremenitveni rele Allen-Bradley E300

Allen-Bradley E300 je nova družina elektronskih preobremenitvenih relejev za motorske zagone z vgrajenim vodilom Ethernet/IP. V napravo je že vgrajeno stikalo Ethernet (2 x priključek RJ45), kar omogoča enostavno povezovanje večjega števila motorskih zagonov v omrežje. Preko povezave Ethernet/IP lahko nadrejeni krmilnik vklopi kontaktor,



Slika 1. Elektronski preobremenitveni rele E300

menja smer motorja, resetira napako ali pa samo spremlja delovne parametre motorja.

E300 se lahko uporablja v kombinaciji s kontaktorji IEC (kot je Allen-Bradley tip 100C) ali samostojno (montaža na letev DIN). Elektronski preobremenitveni releji uspešno nadomeščajo klasične »bimetale«,

saj jih lahko bolje prilagodimo karakteristiki motorja in bremena, kar pomeni manj nepotrebnih izpadov in zanesljiv izklop, ko je to res potrebno – npr. pri preobremenitvi, podobremenitvi, blokiranju motorja, izpadu faze, obrnjenem zaporedju faz, prenapetosti, podnapetosti, fazni neuravnovešenosti, napaki ozemljitve, visoki temperaturi termistorja (PTC) in drugih dogodkih.

Osnovni podatki so:

- tokovno območje: 0,5 ... 200 A,
- razred preobremenitve je nastavljen od 5 ... 30,
- 6 vhodov, trije izhodi (snemljive I/O-sponke), 24VDC ali 230VAC,
- avtomatsko ali ročno resetiranje,
- natančnost merjenja toka $\pm 2\%$,
- LED-indikacija delovanja in napake.

E300 meri naslednje parametre:

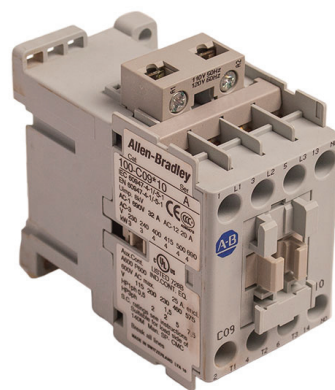
- tok po posamezni fazi (True RMS, v A in % FLA),
- povprečni tok (True RMS, v A in % FLA),
- % termične obremenitve,
- % fazne neuravnovešenosti,
- ozemljitveni tok.

Zapisuje pa si (v interni pomnilnik):

- čase zadnjih 5 izpadov,
- čase zadnjih 5 opozoril,
- delovne ure,
- število vklopov motorja,
- čas do nastopa preobremenitve (v sekundah),
- čas do ponovnega vklopa po izpadu,
- stanje meritev v trenutku izpada.

Adapter Ethernet ima vgrajen spletni strežnik, tako da lahko parametre pregledujemo tudi s spletnim brskalnikom. Vgrajena funkcija SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) pa lahko ob izpadu pošlje e-pošto direktno iz naprave.

E300 je prejemnik nagrade revije *Control Design Readers Choice Awards 2014*.



Slika 2. IEC kontaktor Allen-Bradley 100C

Viri:

<http://ab.rockwellautomation.com/Circuit-and-Load-Protection/LV-Motor-Protectors/E300-Overload-Relays>
<http://www.controldesign.com/>

Tehna, d. o. o.,
 Tehnološki park 19, 1000 Ljubljana,
 tel.: +386 1 28 01 775
 faks: +386 1 28 01 760
www.tehna.si
 g. Žiga Petrič



TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA

01

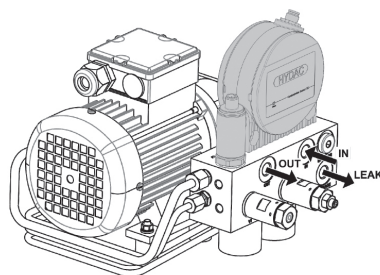
t: 01 620 34 03
 f: 01 620 34 09
 e: info@tp-lj.si
www.tp-lj.si

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

Spremljanje stanja olja, ki vsebuje mehurčke zraka

Podjetje Beckhoff stalno širi svojo ponudbo vgradnih PC-krmilnikov. HYDAC ContaminationSensor Module CSM Economy 1000 je nov izdelek v seriji opreme za online spremljanje stanja hidravličnih tekočin. Primeren je še posebej za olja, ki vsebujejo dosti zračnih mehurčkov. V povezavi s senzorjem vlage AquaSensor 1000 ali 3000 se uporablja tudi za spremljanje onesnaženosti olja s trdnimi delci in vodo. Posebnost naprave je v tem, da zračni mehurčki v vodi ne motijo meritve trdnih delcev, saj ima vgrajen sistem, ki te mehurčke stisne

in jih tako naredi nevidne za senzor. Je vsestransko uporaben in se lahko uporablja v mazalnih ali hidravličnih sistemih v papirništvu, jeklarski ali elektroindustriji. Nadzor stanja olja



v rezervoarjih in ceveh, kjer ni tlaka, ne predstavlja problema za meritve. Naprava lahko deluje neprekinjeno, rezultati meritev pa se odčitajo neposredno z zaslonov na senzorjih ali pa se s pomočjo naprave SMU (Sensor Monitoring Unit) shranjujejo za izdelavo arhiva.

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

Operatorski paneli serije NA Sysmac

Operatorski paneli NA Symatic firme Omron so zasnovani na osnovi skrbne analize aplikacij in zahtev kupcev. Omogočajo hitro in enostavno izdelavo dinamičnega in intuitivnega uporabniškega vmesnika za nadzorovanje in upravljanje strojev in sistemov v realnem času ter vpogled v zgodovino dogodkov na strojih. S tem pomagajo povečati produktivnost in zmanjšati zastoje v proizvodnji.

Operatorski paneli NA se programirajo z edinstvenim in celovitim razvojnim programskim orodjem Sysmac Studio, ki pokriva vsa področja avtomatizacije, vključno z logiko, s krmiljenjem gibanja, sistemov strojnega vida in varnosti. To pomeni, da se operatorski paneli NA lahko programirajo hkrati z drugimi gradniki, vključenimi v avtomatizacijo stroja ali naprave, kar pospeši razvoj in zmanjšuje kompleksnost programiranja.

Za pomoč pri razvoju programa je vmesnik NA opremljen z gradniki IAG (Intelligent Application Gadgets), ki delujejo na podoben način kot funkcijski bloki. Uporabnik ima možnost razvoja dodatnih gradnikov IAG, ki si jih lahko prilagodi po lastnih zahtevah in željah. Tako je mogoča popolna prilagoditev vmesnika za sistem.

Zmogljivo multimedijско orodje omogoča uporabo različnih vrst

datotek, kot so PDF, video odrezki in podatkovne datoteke. S tem še bolj nazorno prikažemo, kako izvedemo določene postopke in hitro dostopamo do navodil za ostale sklope stroja ali naprave.

Novi operatorski paneli NA so na voljo z zasloni širokega formata v velikosti 7, 9, 12 in 15 palcev. Na dotik občutljivi zasloni uporabljajo uporovno tehnologijo, ki deluje zanesljivo, tudi če je uporabnik orokavičen. Poleg tega so na voljo trije funkcijski gumbi, ki jim lahko določimo poljubno funkcijo. Na operatorski panel NA se je mogoče povezati z dvema priključkoma Ethernet, z dvojje USB-vrat in po serijski povezavi.

Vir:
MIEL Elektronika, d.o.o.
Efenkova cesta 61, 3320 Velenje
tel.: +386 3 898 57 50 (58)
faks: +386 3 898 57 60
www.miel.si
info@miel.si



Redundantni varnostni ventil za odzračitev Parker P33T – CAT 4

Parker Hannifin, divizija PDE (Pneumatic Division Europe), je predstavil novo serijo redundantnih varnostnih ventilov za odzračitev P33T – CAT 4, namenjenih za enoto za pripravo zraka serije Global FRL, ki se uporablja v povezavi z varnostnim relejem ali varnostnim PLC pnevmatskega sistema. Nudi



kategorijo 4 nivoja zmogljivosti "e" (PLe) – v skladu z najnovejšo strojno direktivo EN ISO 13849-1.

Spomin naprave neprestano spremlja pretok zraka preko dveh identičnih integriranih ventilskih elementov. Ventil se zaklene v primeru asinhronega gibanja med ventilskimi elementi pri vklopu ali izklopu, rezultat pa je rezidualni izhodni tlak, ki je manjši od 1% vhodnega. Kot dodatna varnostna funkcija je poenostavitev možna le v primeru, ko je integrirana tuljava zaklepanja pod napetostjo. To pomeni, da poenostavitev ni možna z izključitvijo ter ponovno vključitvijo pritiska zraka.

Na osnovi dokazano zanesljive tehnologije kontrole s stopnjo zaščite IP65 ima normalno zaprt ventil P33T vključeno funkcijo mehkega zagona. Posledično lahko nadzo-

rovano uvedemo zrak v sistem pod napetostjo, kar uporabniku omogoča prilagajanje počasnega ali hitrega naraščanja tlaka v sistemu.

Dodatne standardne značilnosti ventila P33T – CAT 4 vključujejo LED-indikatorje stanja glavne operacije in operacijo poenostavitve tuljave. Povezava preko standardnega podnožja M12 (5-pin) zagotavlja krmilni signal in povratno informacijo. Vmesnik za spremljanje systemskega tlaka je na voljo kot opcija.

Vir:
Parker Hannifin Ges. m. b. H.
Wiener Neustadt, Avstrija –
Podružnica v Sloveniji
tel.: 07 337 66 50
faks: 07 337 66 51
parker.slovenia@parker.com
www.parker.si
Miha Šteger

The advertisement features a blue background with a water surface and bubbles. A white thought bubble contains the text 'Delujem tudi pod vodo!'. In the foreground, a linear actuator is shown, consisting of a black cylindrical motor unit mounted on a silver-colored metal frame. The igus logo is in the bottom left corner.

DryLinE

ZLW: linearni pogoni za uporabo pod vodo

Do 10 m globine

Motor NEMA 23 razred IP 68

Za več informacij pokličite 04/532 06 05 ali obiščite www.hennlich.si/DLE.



HENNLICH d.o.o., Podnart 33, 4244 Podnart

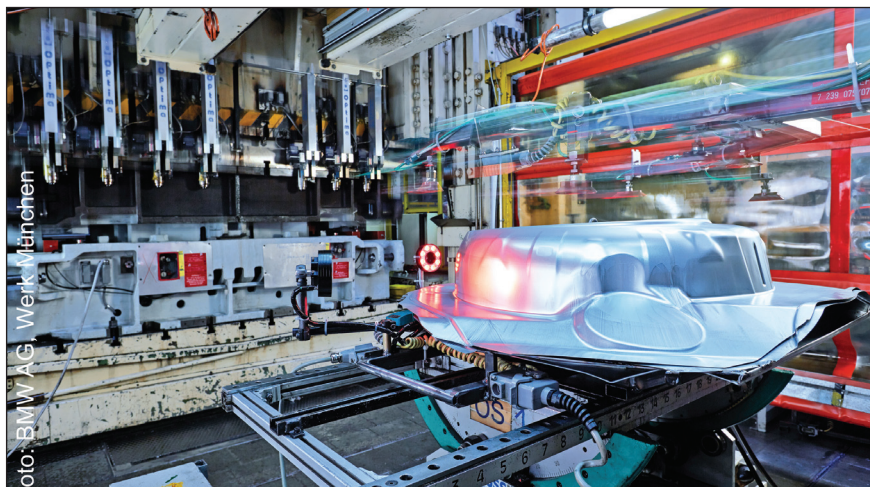
Avtomatizirano odkrivanje razpok v procesu preoblikovanja z optičnim senzorjem Inspector I40

Vsaka prepozno opažena napaka v procesu izdelave je nepotreben strošek. Pri BMW v Münchnu, kjer so do sedaj preverjali napake na ohišju rezervnega kolesa na koncu preo-

V ta namen je podjetje SICK razvilo rešitev, ki je enostavna ter cenovno primerna. Uporabili so vizualni senzor Inspector I40 z vgrajeno osvetlitvijo, vrednotenjem slik ter Ethernet

mno. V primeru razpoke pride svetloba skozi pločevino, ki jo senzor zazna in ustavi objekt ter pošlje ustrezno sporočilo o napaki. Komponente brez napak se prepeljejo na naslednjo postajo preoblikovanja s pomočjo drugega podajalnika.

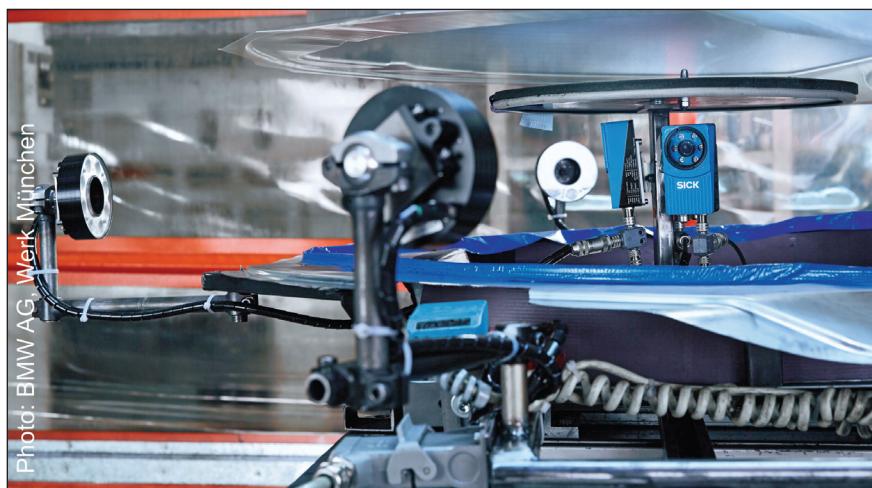
Z uporabo te enostavne rešitve, je mogoče preverjanje brez dodatnega računalnika za vrednotenje slike. Senzor je povezan neposredno s krmilnikom stiskalnice prek vhodnega in izhodnega podsklopa. "Brez večjega napora je mogoče vključiti tovrstne preglede razpok, v katerem koli delu preoblikovalne linije in ga uporabiti za kakršnekoli preoblikovane izdelke," pravi eden od zaposlenih v vzdrževanju pri BMW. Začetni poskusi v proizvodnji so dali izredno visoko zanesljivost pri od-



Slika 1. Prešani kos na obračalni postaji

blikovalne linije, sedaj pa uporabljajo SICK-ov vizualni senzor Inspector I40, ki preverja vse komponente, če imajo razpoke, že po prvi operaciji v procesu preoblikovanja. To omogoča izločanje slabih kosov, prihranek energije ter zmanjšanje stroškov.

Osnovo za golo karoserijo vozila BMW serije 3 sestavlja več kot 400 različnih prešanih kosov iz jeklene pločevine. V tovarni BMW v Münchnu predelajo okrog 600 ton jeklene pločevine in izdelajo več kot 130.000 komponent na osmih prešah. Pri tako veliki količini komponent je pomembno, da se napake v procesu preoblikovanja odkrijejo čimprej. V preteklosti je kakovost ohišja rezervnega kolesa za BMW serije 3 preverjal delavec ročno na koncu izdelovalne linije. To je pomenilo, da je bila kontrola kakovosti šele po obdelavi pločevine, ko je bila le-ta pripravljena, upognjena, prebita in odrezana na velikost. Proizvajalec avtomobilov pa je zahteval, da se odkrivanje razpok v kovinskih ploščah opravi takoj po prvem koraku globokega vleka pločevine, slabi kosi pa se izločijo pred nadaljnjim preoblikovanjem.



Slika 2. Namestitev senzorja

vmesnikom. Zaznavanje razpok je izvedeno, neodvisno od komponent, na obračalniku na vmesni postaji za shranjevanje delov karoserije takoj za globokim vlekom na glavni 1800 tonski stiskalnici. Vizualni senzor Inspector I40 je montiran na obračalni vmesni postaji. Zunanja osvetlitev ICL300 osvetljuje pločevinaste kose iz zunanje strani. Senzor je nastavljen tako, da šteje piksele v temnem območju. Področje preverjanja, pri kosih brez napak, ostane vedno te-

krivanju poškodovanih delov. Doslej je bil pregled razpok v tej obliki uporabljen pri Munich Presswerk pri kontroli dveh različnih izdelkov.

Vir:
SICK, d. o. o.
Cesta dveh cesarjev 403
1000 Ljubljana
tel.: 01 47 69 990
faks.: 01 47 69 946
office@sick.si
www.sick.si

Rekuperacija, shranjevanje in sproščanje energije na osnovi naravnega modela

Marjan SKUBIC

V avstralskem grbu pomeni napredek, medtem ko se v živalskem svetu giblje na edinstven način: kenguru. S pomočjo svojih neobičajno dolgih zadnjih nog se vrečar lahko hitro in učinkovito premika po terenu.

Njegov skakalni mehanizem omogoča, da kenguru povečuje svojo hitrost brez večanja porabe energije. Z vsakim skokom lahko shrani energijo iz faze pristanka in jo ponovno uporabi za naslednji skok. Pri tem prevzame Ahilova tetiva pomembno nalogo, ki je posebej poudarjena pri naravnem kenguruju

Novi videzi zaradi bionike

Razvojni tim iz Festovega Bionic Learning Networka je porabil dve leti, da je, kolikor je bilo mogoče, posnel obnašanje naravnega kenguruja pri skakanju in se iz tega učil.

Kot vodilni inovator na področju avtomatizacijske tehnologije je Festo vedno na preži za novimi ali še ne razširjenimi gibalnimi vzorci in pogonskimi koncepti. Eden od virov za novo znanje in prihodnje tehnologije je zagotovo narava.

Tehnična implementacija edinstvenega gibalnega vzorca

Kot njegov naravni model lahko BionicKangaroo učinkovito povrne, shrani in obnovi energijo za naslednji skok. Tehnična implementacija zahteva sofisticirano krmilno tehniko in stabilno skakalno kinematiko.

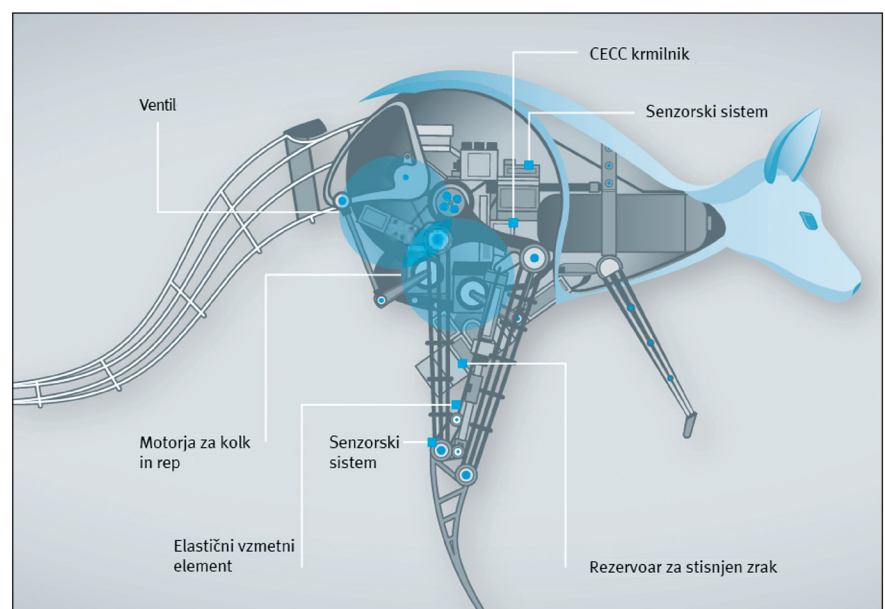
Dosledno lahka konstrukcija in inteligentna kombinacija pnev-

matičnih in električnih pogonov omogočata edinstveno obnašanje pri skakanju. Sistem se krmili s krenjami.

Mobilna oskrba z energijo na krovu

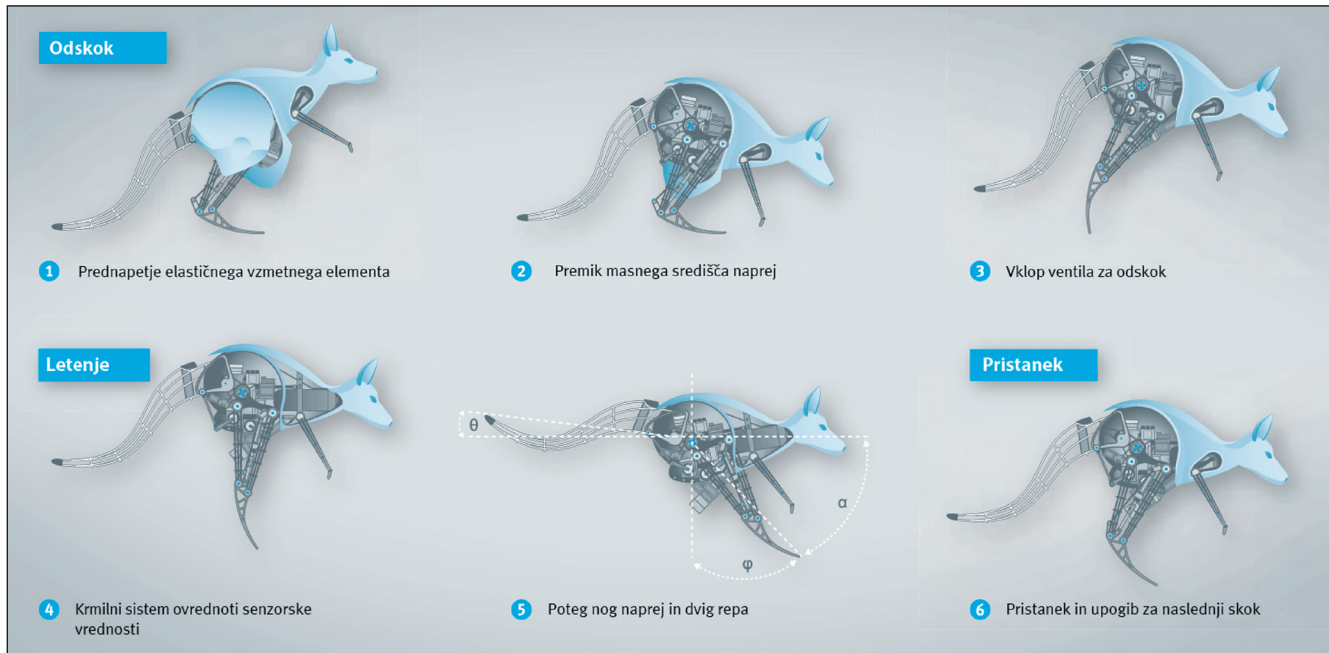
Festo je pri umetnem kenguruju namenil posebno pozornost mobilni oskrbi z energijo. Za ta namen so razvili celo dva različna koncep-

ta. V notranjost telesa se lahko namesti bodisi majhen kompresor ali visokotlačna naprava za shranjevanje. Oba dobavljata stisnjeni zrak, potreben za skakanje, ki se natančno dozira z dvema Festovi- ma elektromagnetnima ventiloma MHE2. Akumulator iz litijevega polimera služi za shranjevanje električne energije. Ta napaja s potrebno energijo tako ventile in električne pogone kot tudi integriran krmilni sistem Festo CECC.



Celoten sistem z visoko kompleksnostjo: preudarna kombinacija pogonov, krmilne tehnike in mobilnega energetskega napajanja

Mag. Marjan Skubic, univ. dipl. inž.,
Festo, d. o. o., Trzin



Edinstveno obnašanje pri skoku: inteligentna kombinacija nameščenih komponent za stabilno in učinkovito skakanje

Intuitivna zasnova upravljanja z uporabo krmilnega sistema s kretnjami

BionicKangaroo se lahko upravlja s kretnjami z uporabo posebnega zapestnega traku, ki zazna premike mišic upravljavca. Položajni senzor v zapestnem traku zapisuje gibanje roke. Zapestni trak pošlje te signale po Bluetoothu v krmilni sistem umetnega kenguruja, ki začne na njihovi osnovi delovati vzajemno s svojim upravljavcem.

Električni pogoni za natančne gibe

Ko stoji, se kenguru dotika tal z obema nogama in z repom, kar mu daje stabilen stik v treh točkah. Njegov rep omogoča potrebno ravnotežje med skakanjem. Električni servomotor podrobno krmili njegov kot delovanja in zagotavlja ustrezno kompenzacijsko gibanje. Kenguru na ta način kompenzira nasprotno gibanje svojih nog, ki jih mora povleči naprej za fazo pristanka. Noge upravljata dva električna servomotorja, nameščena med kolkom in stegnom, tako da se lahko premika naprej in nazaj. Vse krmilne signale za to proizvaja kompakten krmilni sistem.

Pnevmatični aktuatorji za dinamično obnašanje pri skakanju

Lahek pnevmatični valj Festo DSNU 20 je pritrjen vzdolž vsake spodnje noge za pogon. Koleno in gleženj sta povezana preko tako imenovane pozitivne kinematične naprave, kar omogoča povezano zaporedje gibanja.

Funkcija naravne Ahilove tetive je prevzeta z elastičnim vzmetnim elementom, izdelanim iz gume. Pritrjen je na zadnjo stran stopala in vzporedno s pnevmatičnim valjem na gležnju. Umetna tetiva duši

skok, ob tem istočasno absorbira kinetično energijo in jo sprosti za naslednji skok.

Integrirano upravljanje in diagnostika v realnem času

Monitoring pogojev kot tudi precizna krmilna tehnologija zagotavljata potrebno stabilnost med skokom in pristankom. Energetski status kenguruja, upravljane spremenljivke in kot delovanja se nenehno nadzirajo in vrednotijo. Krmilni sistem istočasno obdeluje mnoge vrednosti s senzorjev. Te se vnesejo v kompleksne krmilne



Holističen pristop: Ekipa je porabila za tehnično implementacijo dve leti – od izbire pravih materialov

algoritme, katerih rezultat so manipulirane spremenljivke za proženje valjev in motorjev.

Da se premika kar se da majhna masa, so vse komponente razporejene optimalno, povezane v mrežo in krmiljene na najmanjšem možnem prostoru. Elementi ohišja so izrezani iz pene. Kinematični sistem je izdelan iz lasersko sintranih delov, ojačanih z ogljikovimi vlakni. Rezultat tega je, da umetna žival z višino okoli enega metra tehta samo sedem kg in lahko skoči do 40 cm visoko in do 80 cm v daljino.

Odriv in faza skoka (leta)

Pred prvim skokom je elastična tetiva pnevmatično prednapeta. BionicKangaroo premakne svoje masno središče naprej in se začne nagibati. Kakor hitro doseže določen kot ob ustrezni kotni hitrosti, se aktivirajo pnevmatični valji, energija iz tetive se sprosti in kenguru se odrine.

Da skoči čim dlje, potegne kenguru med letom svoje noge naprej. To ustvari navor v kolku, ki ga umetna žival kompenzira z gibanjem svojega repa. Vrh telesa pri tem ostane skoraj vodoravno.

Pristanek: energija za naslednji skok

Po pristanku se tetiva ponovno napne in s tem pretvori kinetično energijo predhodnega skoka v potencialno energijo. Energija se pri tem shrani v sistemu in jo je možno uporabiti za naslednji skok. Faza pristanka je kritičen proces za nadomestitev energije, odgovoren za učinkovito skakanje kenguruja. Med to fazo se rep premakne proti tlom in s tem nazaj v svoj začetni položaj.

Zmanjšana poraba energije v naslednjih skokih

Če kenguru nadaljuje s skakanjem, preusmeri shranjeno energijo neposredno v naslednji skok. Potencialna energija iz elastične tetive se v tem trenutku ponovno uporabi. Ventili



Programiranje visoko kompleksnih krmilnih algoritmov

se preklopijo v pravem trenutku in začne se naslednji skok. Na ta način opravi več skokov, enega za drugim.

Če se predpostavi, da se bo BionicKangaroo zaustavil, mora absorbirati, kolikor je mogoče veliko energije. Za to se ustrezno vklopijo pnevmatični aktuatorji in tetiva je ponovno aktivno napeta.

Spodbuda za proizvodnjo prihodnosti

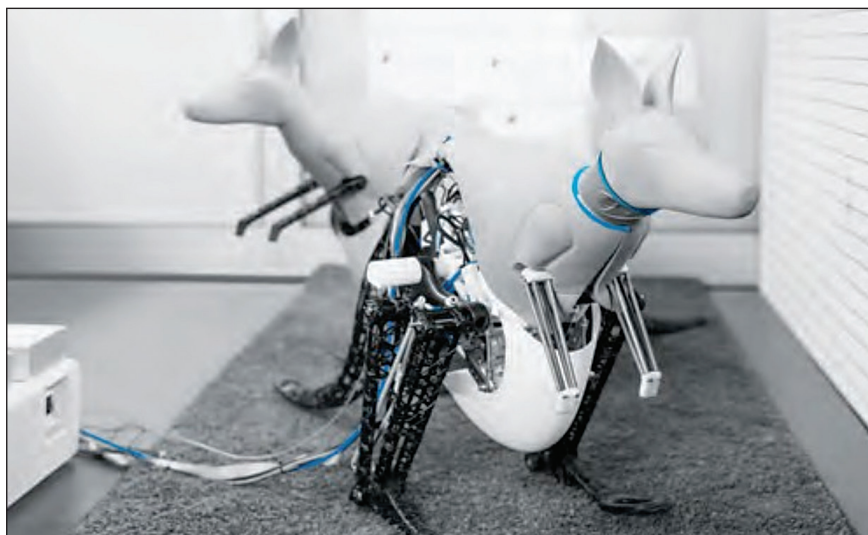
Poleg tehnične implementacije edinstvene skakalne kinematike prikazuje BionicKangaroo več aspektov integrirane avtomatizacije naenkrat: sistem ima svoje komponente na najmanjšem prostoru. Veliko funkcij je koordiniranih

z uporabo visoko kompleksnega krmilnotehnološkega sistema. Za Festo je princip permanentne diagnostike zagotovilo za operativno varnost in stabilnost procesa – bodisi na bionskih objektih ali v industrijskem okolju.

Drugi zanimivi pristopi za avtomatizacijsko tehniko v prihodnosti so zamisli o ponovni pridobitvi, shranjevanju in učinkoviti ponovni uporabi potencialne energije kot tudi sistema za napajanje z energijo zaradi mobilne pnevmatike.

Obnovitev energije v avtomatizaciji

V industrijski avtomatizaciji igra znanje o obnavljanju in shranjevanju



Presekanje kablov zaradi napajanja z mobilno energijo na krovu

nju energije pomembno vlogo – na primer, ko gre za uporabo toplote pri kompresorjih ali regeneracijo električne energije nazaj v omrežje.

Inteligentna kombinacija pnevmatike in elektrike

Z umetnim kengurujem Festo prikazuje tudi to, kako se v visoko dinamičnih sistemih kombinirata pnevmatična in električna pogonska tehnika.

Kenguru dosega svojo visoko moč skakanja s pomočjo pnevmatike. Pnevmatični aktuatorji so v splošnem zmogljivi in omogočajo vi-

soko dinamiko, primerljivo lahki in gibki, kar pomeni, da delujejo tudi kot blažilniki za kengurja pri pristanku. Kjer pa je potrebna najvišja natančnost pozicioniranja, se uporabljajo električni motorji – npr. za krmiljenje repa in kolka.

S pravo izbiro do učinkovitih rešitev

V industrijskih aplikacijah se je treba odločiti, ali so najboljša rešitev pnevmatični ali električni pogoni ali oboji.

Kot specialist za obe tehnologiji nudi Festo svojim kupcem rešitve, narejene po meri, in jih podpira z

obsežnimi in raznovrstnimi storitvami ter namenskimi simulacijskimi orodji.

Dodatne vsebine so na voljo tudi na internetu. Enostavno skenirajte QR-kodo in si oglejte film.



Dodatne informacije lahko najdete tako v brošurah in filmih o Bionic Learning Networku na internetu: www.festo.com/bionics in www.festo.com/en/bionickangaroo

Razvojni trendi mehatronike, vedno večja miniaturizacija in energetska varčnost

Mehatronika je kot interdisciplinarno področje prinesla v zadnjih letih številne izboljšane in učinkovitejše izdelke, tudi takšne, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju. Danes mnogi pravijo, da je mehatronika področje mehanizmov, pogonov, senzorskih sistemov, aktuatorskih sistemov, elektronike, računalništva, mehkega nadzora, umetne inteligence in drugega. Novi pristopi v mehatroniki spreminjajo konvencionalne sisteme v zanesljivejše, varčnejše, manj energetsko potratne in prinašajo v razvoju mehatronike, še zlasti mikromehatronike, na poti v nanomehatroniko ekstremno miniaturizacijo, prihranek pri materialu in energiji. Posledično nastajajo pametnejši sistemi s podporo 3D-tehnologij in tehnologij hitrega izdelovanja prototipov. Prehod iz klasične mehatronike v mikro- in nanomehatroniko pomeni tudi drugačen način razmišljanja. Generator razvoja so vedno nove zahteve, povezane z vojaškimi in vesoljskimi tehnologijami, medicino 21. stoletja in industrijo naslednje generacije.

Nova razvojna paradigma in mikroskopsko majhni, a delujoči sistemi

Proces miniaturizacije bo z mikro- in v prihodnosti z nanomehatroniko dobil nove razsežnosti. Z natančno kontrolo atomov, molekul ali predmetov v nanometrskem merilu bo človek gradil doslej nepredstavljive naprave in sisteme. Nanotehnologija namreč lahko pripomore k večji učinkovitosti delovanja mehatronskih sistemov, večji varnosti, zmanjšanju porabe energije in večji miniaturizaciji. Z uporabo nanotehnologije bo zagotovljena bistveno učinkovitejša proizvodnja. V prihodnosti bo mogoče graditi najrazličnejše nanosenzorje in mikroelektromehanske sisteme (MEMS). Učinkovit razvoj pa se obeta tudi na področju laboratorijev in reaktorjev na čipu. Z nanotehnologijo pa se bomo v prihodnosti pomaknili tudi v nanoelektromehanske sisteme (NEMS). Mikro- oziroma nanotehnologije bodo vse bolj pomembne za razvoj prihodnje robotike in avtomatizacije, pravzaprav bodo odločilnega pomena za uresničitev sistemov

z visoko zmogljivostjo. Cilj nanotehnologije je ustvariti idealno miniaturizacijo naprav in strojev do atomske in molekularne velikosti. Tehnološka smer takega razvoja pa je največji iziv človeka v tem stoletju.

Z natančno kontrolo atomov, molekul bo človek gradil doslej nepredstavljive naprave in sisteme, nove senzorje iz umetnih, šele nastajajočih materialov, spominske zmogljivosti v terabajtih, nanorobotske stroje in naprave, DNK-računalnike, kvantne računalnike in drugo. Mikronaprave bodo odstopile prostor razvoju nanonaprav z vgrajenimi senzorji, aktuatorji in komunikacijskimi orodji, napravami in sistemi. Razvojna uspešnost nanonaprav pa bo odvisna predvsem od učinkovitosti razvoja nanoorodij za upravljanje atomov in molekul. Z razvojem nanotehnologije se razvoj seli na nanoskalo, nastajajo novi fizikalni modeli, novi fizikalni pojavi, modeliranje in simulacije v nanosvetu in na nanoravni. Človek bo lahko gradil precizne nanostroje in naprave, uporabniške vmesnike na nanoskali,



Za razvoj mikro- in nanotehnoloških naprav in sistemov potrebujemo izjemno zahtevno tehnično opremo

nanovsadke za revitalizacijo človeških organov, njihov nadzor, za medicinski monitoring in drugo. Da bi dosegli stroškovno učinkovitost na področju nanotehnologije, bo treba avtomatizirati molekularno proizvodnjo. Nanotehnologija v povezavi z razpoložljivimi mikroelektronskimi tehnologijami ponuja nove možno-

sti za sistemsko integracijo. Jasni primeri te vrste so vgrajena optika in integrirani fluidni sistemi. Nanotehnologija ponuja tudi nove tehnologije za antene, s čimer se odpirajo nove možnosti za področje komunikacij. Danes se pogosto postavlja vprašanje, zakaj razvoj drvi iz mikrosвета v nanosvet. Nedvomno je

odgovor v uspešnosti dozdašnjega razvoja tehnologij MEMS in njihovi vse večji uporabi. Mikro- in nanomehatronika bosta nekoč nekaj več: povezanost nepredstavljivo majhnih komponent in tehnologij v kompleksne in prefinjene naprave ter sisteme. Bosta del sveta, ki ga s prostim očesom ne bo mogoče videti, bosta svet osupljivo majhnih veličin, ki bodo sposobne delovati procesno, zanesljivo, varčno, nevplivno na okolico, pametno, celostno in ekstremno zanesljivo. Cilj uspešnosti mikro- in nanomehatronike bo najti najboljše rešitve za zahtevne potrebe in aplikacije, še zlasti izdelkov z visoko dodano vrednostjo.

*Janez Škrlec, inž. meh.,
Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije*

*Robert Harb, univ. dipl. inž.,
Višja strokovna šola Ptuj*

Nova strategija in celostna podoba podjetja IMI

IMI International, d. o. o., je del globalne tehnične skupine IMI plc. Da bi ustvarili vrhunsko tehnično podjetje, svojo znamko, zagotovili najboljše postopke, spodbujali novosti, ima IMI tri nove enote: IMI Critical Engineering, IMI Hydronic Engineering in IMI Precision Engineering.

Januarja 2015 je IMI International, d. o. o., postal del enote **IMI Precision Engineering**. Portfelj svojih izdelkov pa smo združili v pet novih proizvodnih znamk: IMI Norgren, IMI Buschjost, IMI FAS, IMI Herion in IMI Maxsea.

Ob podpori novih naložb v proizvodnjo in našo dobavno verigo je naš cilj zagotavljati strankam odlične rešitve:

- *partnerstvo in reševanje težav* – zblížujemo se s strankami, da razumemo in rešimo točno tiste izzive, s katerimi se soočajo;
- *visokozmogljivi izdelki* – izboljšujemo delovno dobo in zmogljivi-



Predstavljamo IMI Precision Engineering
- Norgrenov novi videz!

Razkrivamo **ODLIČNO** prihodnost z **ODLIČNIMI** izdelki, ki jih že poznate

IMI
Precision Engineering

vost opreme z vrhunskimi izdelki in blagovnimi znamkami;

- *zanesljivost* – z vrhunsko proizvodnjo in svetovno mrežo prodajnih in podpornih poslovalnic.

Temu pravimo **ODLIČNO** načrtovanje.

Čeprav se naziv našega podjetja in blagovne znamke, ki jih tržimo, spreminjajo, jamčimo, da bodo naši partnerji deležni enake podpore in strokovnega znanja istih strokovnjakov, na istih mestih in pod istimi pogoji prodaje kot prej. Poleg tega boste imeli korist od dostopa do še več tehnologij, sredstev in izkušenj

iz celotne skupine IMI.

Prepričani smo, da bodo te spremembe okrepile našo ponudbo, izboljšale dobavo in pretok novih izdelkov ter privedle do zares vrhunske izkušnje. Predani smo ohranjanju visokih standardov in odnosov. Naši partnerji so pomemben del našega prihodnjega uspeha. Če imate kakšno vprašanje, nas, prosimo, pokličite na 04 531 75 50 ali nam pošljite e-sporočilo na info@imi-precision.si.

*Borut Kralj, direktor
IMI International, d. o. o.*

Nove knjige

[1] Anonym: **Electrohydraulic Control of Pressure and Cylinder Force** – Priročnik obsega gradivo, ki ga mora nujno obvladati vsak strokovnjak s področja fluidne tehnike. Obsega vse informacije, potrebne za projektiranje in analizo krmiljenja tlaka z elektrohidravličnimi servo- ali proporcionalnimi ventili. Krmiljenje tlaka je osnova krmiljenja sile ali navora pri hidravličnih aktuatorjih ob upoštevanju omejitev, ki jih povzročijo nelinearnosti sistema. Knjiga predstavlja potrebne matematične osnove za snovanje učinkovitih, predvidljivih in lahko krmiljenih sistemov. Več o knjigi na e-pošti: jack@idaseng.com; obseg: 220 strani, cena: 69,00 USD.

[2] Anonim: **Insider Secrets to Hydraulics** – Knjiga o skrivnostih hidravlike obravnava tehnična in komerci-

alna vprašanja, povezana z vzdrževanjem, popravili in obnovo hidravličnih naprav. To pomeni, da ne pokriva samo preventivnega vzdrževanja, ampak tudi iskanje napak, popravila in zamenjavo sestavin ter številne posege v industriji, ki lahko povečujejo stroške obratovanja. Za več informacij in naročilo obiščite spletno stran HydraulicSupermarket.com

[3] Anonim: **The Pneumatic Application & Reference Handbook** – Pnevmatika je lahko razumljivo področje tehnike, toda zahteva številne podatke, več kot si jih lahko zapomnimo. Zato imamo sedaj priročnik, ki ga je izdalo podjetje **BIMBA Mfg. Monee III**. Priročnik, ki obsega 48 strani, predstavlja vrste aktuatorjev, trdnost batnice valja, izvedbe valjev, zaznavala položaja, osnovna krmilna vezja, fak-

torje za pretvarjanje veličin, osnove diagnosticiranja napak pri delovanju ipd. Na voljo je na spletnem naslovu: bit.ly/HP1414AirGuide. Tiskani izvod pa lahko naročite po elektronski pošti: Marketing@Bimba.com

[4] Helduser, S.: **Grundlagen elektrohydraulischer Antreibe** – Delo nazorno in uporabniško usmerjeno predstavlja medsebojne odvisnosti v okviru zanimivega strokovnega področja o elektrohidravličnih pogonih in krmiljih – seveda s potrebnimi fizikalnimi in matematičnimi osnovami. Zal.: Vereinigte Fachverlage GmbH – Vertrieb – Postfach 10 04 65, 55135 Mainz; tel.: + 06131/992-0; faks: + 06131/992-100; e-pošta: vertriebe@vfmz.de; internet: www.industrie-service.de; ISBN: 978-3-7830-0387-1; 2014; obseg: 380 strani, cena: 32 evrov.



AVENTICS^A

FOKUS NOVA GENERACIJA PNEVMATIKE

“Včeraj Rexroth Pneumatics, danes in v prihodnosti: AVENTICS.

Z odličnimi produkti naših divizij pnevmatike, pomorske pnevmatike, transportnih verig in tovornih vozil bomo nadaljevali našo zgodbo o uspehu pod novo znamko. AVENTICS je sinonim za sveže ideje, odlično fleksibilnost in maksimalno fokusirana na naše kupce.

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

LA & CO. d.o.o.
Limbuška cesta 42
SI- 2000 Maribor
Tel.: +386 2 42 92 660
Fax.: +386 2 42 05 550
www.la-co.si

Rexroth
Pneumatics

Nova revija za avtomatizacijo robotiko Strojništvo in informatiko

Revija je brezplačna

www.svet-me.si

Oglaševalci

AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana	86
CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	23
DOMEL, d. d., Železniki	35
DVS, Ljubljana	48
FESTO, d. o. o., Trzin	1, 88
HAWE HIDRAVLIKA, d. o. o., Petrovče	87
HENNLICH, d. o. o., Podnart	78
ICM, d. o. o., Celje	55
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., Lesce	1,
INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija	19
IPRO ING, d. o. o., Ljubljana	40
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	49
LA & CO, d. o. o., Maribor	21, 85
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	1
OLMA, d. d., Ljubljana	1
OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana	29
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin	1, 24
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	1
POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri	1, 2
PT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	26
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	22, 41
PS, d. o. o., Logatec	1
S3C, d. o. o., Ljubljana	1
SICK, d. o. o., Ljubljana	401
STROJNISTVO.COM, Ljubljana	77
SUN Hydraulik, Erkelenz, Nemčija	27
TEHNA, d. o. o., Ljubljana	63
TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	76
UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	25, 49
UL, Fakulteta za elektrotehniko, DIR 2015, Ljubljana	4
UM, Fakulteta za strojništvo, FT2015, Maribor	14
UM, FERI, DAS, Maribor	16
VARESI, d. o. o., Ljubljana	9, 49
VISTA HIDRAVLIKA, d. o. o., Žiri	1
YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica	25

Zanimivosti na spletnih straneh

[1] **Deset prijemov za boljšo učinkovitost enot za pripravo stisnjenega zraka, FRN** – www.hydraulicspneumatics.com/bit-ly/HP1412-10tips – Na spletni strani je na voljo 10 priporočil za povečanje učinkovitosti enot za pripravo stisnjenega zraka, sestavljenih iz filtrov, regulatorjev tlaka in naoljevalnikov (FRN), od uporabe prave dimenzije filtra do prednosti razpoložljive programske opreme H&P online.

[2] **Nova scenska tehnika** – www.bochrexroth.com – Za večjo svobodo in priročnost je *Bosch Rexroth* v mestnem gledališču na Dunaju (Burgtheater Wien) v lanskih počitnicah vgradil novo krmilno napravo za scensko tehniko. S krmilnega mesta v avditoriju upravniki lahko programira različne odrske učinke. Hidravlični vitli lahko s sekundno hitrostjo dvigajo in spuščajo različne scenske enote. Pri več enotah krmilje lahko združuje več vitlov v eno skupino za sinhrono gibanje bremen. Programska oprema pa

opozarja uporabnika na mogoče kolizije. Posamezna gibanja se lahko sprožijo z enostavnim aktiviranjem gumbov. Ker se igralci gibljejo pod visečimi bremenmi, mora krmilje zagotavljati največjo mogočo varnost in zanesljivost. Zato mora biti v največji meri prilagojeno ustrezni pogonski opremi. Hidravlične pogone scenske opreme, ki se uporablja že vrsto desetletij, je prav tako dobavila firma *Bosch Rexroth*. Pregradnja je trajala šest tednov, opravljena je bila popolna zamenjava električnih kablov in inštalacij. In 5. septembra 2014 je gledališče lahko pričelo z novo sezono.

[3] **Hidravlika – Iskanje napak** – www.hydraulicspneumatics.com/bit.ly/HP1412-Health – Če se vaša hidravlična naprava pregreva, verjetno sporoča, da je nekaj narobe. Normalno je, da se na določenih delih naprave zaznajo višje temperature, ki pa na drugih delih lahko pomenijo težave. Napotilo lahko pomaga k ugotovitvi, kaj je narobe z vašo hidravlično napravo.



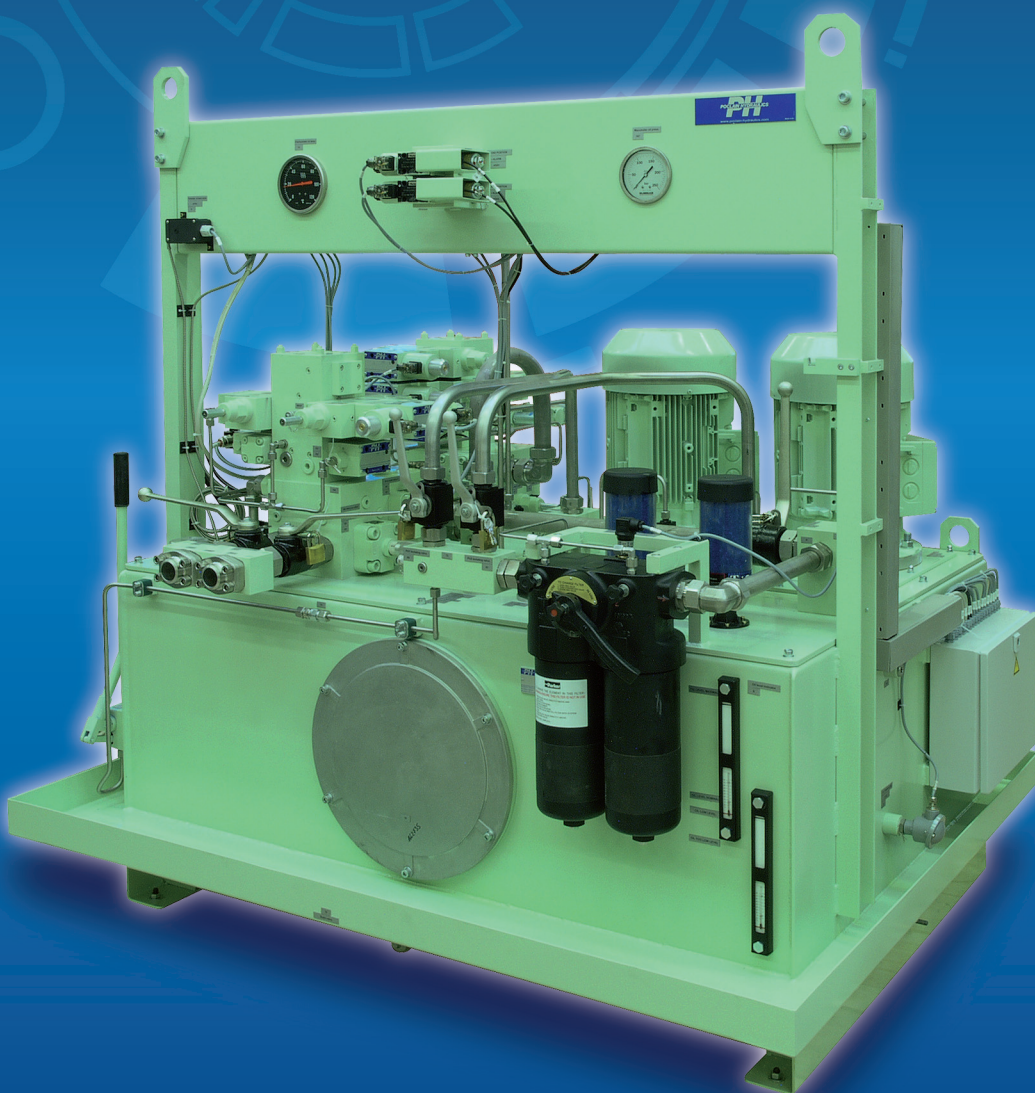
Très chic: Designerski agregat.

Je lahko hidravlični agregat sploh lep? Mi mislimo, da celo mora biti. Zato smo naš novi kompaktni agregat KA oblikovali tako, da ugaja očem. Ampak to še ni vse. K popolnem agregatu spadajo tudi številne možnosti uporabe. V aplikacijah kot so obdelovalni stroji, dvigalne platforme in hidravlična orodja razvije KA svojo polno moč in 700 bar delovnega tlaka. Mobilna ali stacionarna enota je lahko vgrajena stoje ali leže, z eno ali tri faznim napajanjem – odločitev je vaša! Usklajeni motorji, ventili in dodatna oprema iz obsežnega modularnega sistema omogočajo, da agregat KA izpolni vsa vaša pričakovanja. Za več informacij HAWE Hidravlika d.o.o., tel. 03 7134 880.

Solutions for a World under Pressure

HAWE
HYDRAULIK

HIDRAVLICNE NAPRAVE



Obdelovalni stroj



Hidromehanska oprema



Ladijski vitel