



**OPL**

**FESTO**

Merimo  
**LOTRIČ**  
za prihodnost

**HYDAC**

**Parker**

**NORGREN**

**SICK**

Sensor Intelligence.

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

**SPIRING**  
www.spiring.si

- Intervju
- Predstavitev
- Ventil na obisku
- Spajanje električnih elementov
- Kapacitivni senzorji tlaka
- Procesi v električni obločni peči
- Iz prakse za prakso
- Podjetja predstavljajo



**industrijska**

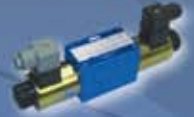
**olja in maziva**



**OLMA**  
www.olma.si  
SINCE 1947

# Hidravlične sestavine Hidravlični sistemi Storitve

Potni, tlačni in tokovni ventili  
za odprte tokokroge



Zavorni ventili in izplakovalni  
ventili za zaprte tokokroge



Posebni ventili in bloki



Hidravlične naprave



Motorji in črpalke



Elektronske sestavine



Program  
zastopstev



**RAZVOJ, PROIZVODNJA IN TRŽENJE SESTAVIN, SISTEMOV IN STORITEV S PODROČJA FLUIDNE TEHNIKE**

Kladivar, tovarna elementov za fluidno tehniko Žiri, d.o.o., Industrijska ulica 2 - SI - 4226 ŽIRI, SLOVENIJA

Tel.: +386 (0)4 51 59 100 - Fax: +386 (0)4 51 59 122 - info-slovenia@poclain-hydraulics.com - A Poclain Hydraulics Group Company

Vsebina	3	■ INTERVJU	
Impresum	5	Prof. dr. Slavko Amon, predstojnik Laboratorija za mikrosenzorske strukture in elektroniko Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani	6
Beseda uredništva	5		
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	10	■ PREDSTAVITEV	
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	14	Laboratorij L05 za okoljske vede in inženirstvo na Kemijskem inštitutu v Ljubljani	20
■ ALI STE VEDELI	60	■ VENTIL NA OBISKU	
Seznam oglaševalcev	86	NUMIP – uspešno podjetje, ki trži storitve na jedrskih in drugih objektih v razvitem svetu	22
Znanstvene in strokovne prireditve	13	■ VARJENJE IN SPAJKANJE	

**Naslovna stran:**

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

8000 Novo mesto  
Tel.: + (0)7 337 66 50  
Fax: + (0)7 337 66 51

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

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

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

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

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

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

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

www.omron-automation.com

PARKER HANNIFIN  
Corporation  
Podružnica v Novem  
mestu  
Velika Bučna vas 7

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

Janez TUŠEK, Tadej MUHIČ, Marko HRŽENJAK, Ladislav KOSEC:  
Spajanje kablov, konektorjev in drugih električnih elementov v trajno zvezo 28

## ■ KAPACITIVNI SENZORJI TLAKA

Matej MOŽEK, Danilo VRTAČNIK, Drago RESNIK, Borut PEČAR, Slavko AMON:  
Compensation and Signal Conditioning of Capacitive Pressure Sensors 36

## ■ MODELIRANJE PROCESOV

Vito LOGAR, Dejan DOVŽAN, Igor ŠKRJANC:  
Modeliranje procesov v električni obločni peči 44

## ■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

Janez BENEDIK: Razvoj avtomata za montažo zvitkov kondenzatorja  
Mitja NOVAK: Izboljšanje učinkovitosti in delovnih pogojev z avtomatizacijo  
notranjih pretokov v avtomobilski industriji 50 54

## ■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Program za grafično programiranje LabVIEW pomagal skrajšati razvojno  
dobo z več let na nekaj mesecev (NATIONAL INSTRUMENTS) 66  
BHT-OS je najstabilnejši operacijski sistem doslej (LEOSS) 69

## ■ NOVOSTI NA TRGU

Valji za čisto okolje – DSBF (FESTO) 70  
Novi visokozmogljivi servopogoni in motorji (NATIONAL INSTRUMENTS) 70  
Sistem za zajemanje podatkov s tipali z optičnim vlaknom za vodilo  
(NATIONAL INSTRUMENTS) 71  
Električne delovne enote serije LE (SMC) 71  
Optičnim senzor Inspector P30 (SICK) 72  
Novi laserski senzor za posebno zahtevne naloge (VIAL) 72

## ■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Frankfurt po Frankfurtu v Ljubljani 74  
Plinski odvodnik za zaščito pred prenapetostjo pri udarih strele  
Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 75  
Nove knjige 76  
Novi standardi NFPA 77

## ■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Prihodnost energijske oskrbe je v kogeneracijah (BUTAN PLIN) 78  
Uporaba naprednih industrijskih senzorjev v robotskih aplikacijah (SICK) 81

## ■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Nova programska oprema za simulacije in projektiranje v FT 86  
Zanimivosti na spletnih straneh 86

**VENTIL**  
REVUIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO  
ISSN 1318-7275 FEBRUAR, 17/2011/1

- Intervju
- Predstavitev
- Ventil na obisku
- Spajanje električnih elementov
- Kapacitivni senzorji tlaka
- Procesi v električni obločni peči
- Iz prakse za prakso
- Podjetja predstavljajo

**Industrijska**  
olja in maziva

Logos: RPI, FESTO, LOTRIC, HYDAC, Parker, NORGREN, SICK, MIEL omron, SPIRING

# Naredite prostor za višjo produktivnost

Izdelek: snežni plug Rasco  
Varjenje z roboti Motoman  
Material: jeklo S235JR



Izboljšati produktivnost podjetja ne pomeni nič drugega kot narediti več, bolje in v krajšem času. Ne glede na to, v kateri panogi delujete, vam bo avtomatizacija v vsakem primeru zagotovila prihranek časa in sredstev.

V Motomanu bomo skupaj z vami oblikovali rešitve, prirojene specifikam vaše panoge in podjetja. Zagotovili bomo popolno podporo projekta robotizacije, od planiranja in implementacije do servisiranja in izobraževanja.

**Dvignite pričakovanja, izpolnite vaš potencial.  
Prestopite v svet avtomatizacije!**

 **YASKAWA**  
MOTOMAN

[www.motoman.si](http://www.motoman.si)



© Ventil 17(2011)1. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.  
© Ventil 17(2011)1. Printed in Slovenia. All rights reserved.

## Impresum

Internet:  
www.revija-ventil.si

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

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

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

Letnik	17	Volume
Letnica	2011	Year
Številka	1	Number

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

Ustanovitelj:  
SDFIT in GZS – ZKI-FT

Izdajatelj:  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Glavni in odgovorni urednik:  
prof. dr. Janez TUŠEK

Pomočnik urednika:  
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:  
Roman PUTRIH

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

Oblikovanje naslovnice:  
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:  
Narobe Studio

Lektoriranje:  
Marjeta HUMAR, prof., Paul McGuiness

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

Tisk:  
LITTERA PICTA, d.o.o., Ljubljana

Marketing in distribucija:  
Roman PUTRIH

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

Naklada:  
2 000 izvodov

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

Revijo sofinancira Javna agencija za knjigo Republike Slovenije (JAKRS)

Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.

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

# Kdo naj v javnosti komentira gospodarsko situacijo v Sloveniji?



V času, ki ga živimo, ima človek pogosto občutek, da gre vse narobe, da ne deluje država, da propada gospodarstvo, vrstijo se stečaji in prisilne poravnave podjetij, da politiki dobesedno blebetajo, da jim nihče več ne verjame, da izrečena beseda nič ne pomeni, da nihče za noben prekršek ne odgovarja, da kaznivo dejanje ni več kaznivo in da med ljudmi ni nobenega optimizma. Vsepovsod so same slabe novice in črne napovedi. Kritizirajo se politika, sodstvo, tajkuni in drugo. Ljudje se upravičeno sprašujemo, kdo je za nastalo situacijo kriv, ali pa vsaj, kdo je najbolj odgovoren? Če poslušamo

Ljudi, beremo časopise in poslušamo druga sredstva javnega obveščanja, so najbolj krivi tajkuni, za njimi politiki in nato sodniki. Pogosto se sliši, predvsem za politike in tudi gospodarstvenike, da so vsi enaki in vsi pokvarjeni. Seveda to ne drži. Številni politiki in še več gospodarstvenikov dela izjemno pošteno in odgovorno do zaposlenih ter korektno do partnerjev in države. Ko se danes obsojajo ljudje in iščejo krivca za nastalo situacijo, se zelo redko vprašamo, kaj pa, če smo zavedeni z informacijami, kaj pa če nekdo manipulira z nami in podobno. Priznajmo si, da o pridobljeni informaciji zelo redko racionalno razmišljamo. Zelo pogosto se dogodi, da ne glede na vrsto informacije za nas največ pomeni, kdo jo je izrekel. Zelo pogosto slišimo, da je to in to res, ker je pisalo v časopisu, ali pa, da je to in to res, ker je izrekel ta in ta. Zavedati se moramo, da vse naštetno ni še noben argument, da bi novici verjeli. Mislim, da smo v Sloveniji še vedno preveč naivni in premalo kritični do argumentov, ampak se odločamo na osnovi občutkov.

Najpomembnejše vprašanje je, kdo naj obstoječo situacijo umiri in kdo naj med ljudi ponovno prinese optimizem. Prav gotovo bi to morali biti komentatorji, ki imajo v družbi znanstvene, strokovne ali podjetniške reference in splošno avtoriteto. Zanimivo pa je, da imamo pri nas že dvajset let ene in iste komentatorje gospodarske situacije. Pa si v tem trenutku oglejmo le dva. Prvi je profesor Mencinger. Povsod najdemo njegove komentarje – od časopisov do televizije. Ima značilno retoriko, drži in obnašanje, ki je preprostemu človeku všeč. Pri natančni analizi njegovih izjav pa lahko zopet razlagamo, da je on eden od večjih krivcev za nastanek tajkunov. Prav on je javno večkrat razlagal, da lastninski certifikati, ki smo jih vsi državljani dobili v devetdesetih letih, niso nič vredni. Posledica teh izjav je bila, da so ljudje certifikate množično prodajali za desetino nominalne vrednosti. Kupovali so jih nastajajoči tajkuni in jih vložili v dobra podjetja. Profesor Mencinger stalno govori o nacionalnem interesu in v zvezi s tem, da morajo banke in še nekatera druga podjetja ostati v slovenski državni lasti. Če pa vemo, da profesor Mencinger zelo dobro služi od Nove Ljubljanske banke in tudi od drugih državnih podjetij, nam postane zelo hitro jasno, zakaj ima takšno stališče.

Drugi zelo pogost komentator gospodarskih razmer v Sloveniji v časopisih in na televiziji je profesor Tajnikar. Vemo, da je bil v preteklosti minister za gospodarstvo in da je v tistih časih zelo sumljivo prodal ali razprodal tovarno TAM v Mariboru. V zadnjih letih pa je predsednik nadzornih svetov v HIT-u v Novi Gorici in v Adrii Airwaysu. Znano je, da sta obe podjetji v hudih težavah. Dejavnost obeh podjetij pa je zelo raznolika, skupno je to, da ti dve dejavnosti gospodarska kriza v svetu ni doletela. Pri nas pa! Ali sta ti dve podjetji v likvidnostnih težavah, ker je predsednik nadzornih svetov profesor Tajnikar? Malo za razmislek. Ali imata imenovana profesorja za nastalo gospodarsko situacijo v Sloveniji kakšno odgovornost? Ali sta odgovorna enako ali celo bolj kot tajkuni, kot sta na primer gospoda Bavčar in Šrot? Na zastavljeno vprašanje si upam odgovoriti pritrdilno. Kaj pa vi?

Kdo naj torej komentira gospodarske razmere v Sloveniji, da bomo dobili objektivno oceno, ki ji bodo ljudje verjeli. Imamo številne uspešne gospodarstvenike, ki bi ljudem lahko povedali marsikaj koristnega, imamo tehniško inteligenco, ki deluje na raznih znanstvenih in podjetniških ali gospodarskih področjih, imamo dekane tehniških in naravoslovnih fakultet, ki so dobri govorniki, saj so pedagogi, so tudi menedžerji, saj vodijo velike organizacije in morajo biti tudi dobri gospodarji.

Janez Tušek

# Prof. dr. Slavko Amon, predstojnik Laboratorija za mikrosenzorske strukture in elektroniko (LMSE) na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani

Vsekakor smo se z razlogom odločili, da za intervju izberemo mednarodno priznanega strokovnjaka **prof. dr. Slavka Amona**, ki je tesno povezan tako s pedagoškim kot z razvojnoraziskovalnim delom ter z vedno bolj aktualnimi sodobnimi mikroelektronskimi in mikroobdelovalnimi tehnologijami za izdelavo mikrosenzorjev, mikro-aktuatorjev, mikroreaktorjev, LOC (Lab-on-Chip) in drugih mikrostruktur na siliciju in drugih novejših materialih. Ni veliko strokovnjakov pri nas, ki se lahko pohvalijo, da so na tem področju uspeli in uresničujejo svojo vizijo, ki je načrtovana v prihodnost. Prof. Amon je priljubljen tako med študenti kot raziskovalci in kot takšnega ga poznajo na fakulteti ter tudi mnogi v gospodarstvu, še posebno v odboru za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije, saj sodeluje tudi na njihovih strokovnih dogodkih. Prof. Amon je vsekakor velik strokovnjak, ki je sposoben prepoznati trende razvoja na področju sodobnih tehnologij, odlikuje ga velika naklonjenost povezovanju akademske in znanstvene sfere z gospodarstvom, saj razume, da je pomembno implementirati znanje v gospodarstvo in da so mikroelektronske tehnologije tiste, ki se in se bodo uspešno uporabljale v različnih industrijah. Prof. Amon je mednarodno priznan strokovnjak in človek, ki pomembno prispeva k razvoju novih tehnologij v okviru Univerze v Ljubljani in seveda tudi veliko širše.



*Prof. dr. Slavko Amon, redni profesor in vodja LMSE na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani*

**Ventil:** Preden vas, prof. Amon, povprašam o vašem izjemno uspešnem delu na področju vodenja LMSE Fakultete za elektrotehniko UL, vas prosim za kratko predstavitev vašega osebnega poklicnega razvoja in dosežanj dejavnosti.

**Prof. Amon:** Moja pot je šla skozi gimnazijo. Leta 1964 sem v Ljubljani maturiral in se nato vpisal na visokošolski študij tehniške fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo v Ljubljani. Tam sem leta 1970 tudi diplomiral. Podiplomski magistrski študij sem nadaljeval na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani in tam leta 1976 uspešno zaključil magistririj. Doktorat znanosti sem prav tako dosegel na Fakulteti za elektroteh-

niko Univerze v Ljubljani leta 1981. Asistent sem postal leta 1973, docent 1982 in izredni profesor 1987. Redni profesor sem postal leta 1992. V času študija in seveda po njem sem se izpopolnjeval tudi v tujini. Leta 1973 in 1974 pri CIBA AG, Basel, Švica, in leta 1978 na Université Catholique de Louvain, Louvain, Belgija. V študijskih letih 1992/93 in nato 1994/95 sem bil gostujoči profesor na Università di Trento, Trento, Italija. Po diplomu, med letoma 1970 in 1973, sem bil zaposlen na Zavodu za avtomatizacijo v Iskri na projektu Mikroelektronika pod vodstvom prof. Lojzeta Trontlja in prof. Jožeta Furlana. Od leta 1973 dalje sem raziskovalec in pedagog na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Kot

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko  
Laboratorij za mikrosenzorske strukture in elektroniko



strokovni sodelavec sem med drugim leta 2008 sodeloval tudi v 3. razvojni skupini, ki je bila ustanovljena pri Službi Vlade RS za razvoj.

**Ventil:** Ali nam lahko poveste, katera so vaša strokovna področja in katere zadolžitve imate v okviru Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani kot tudi širše?

**Prof. Amon:** Moja osnovna strokovna področja so polprevodniški materiali in tehnologije, mikroobdelava (micro-machining), elektronski elementi, tako teorija kot tehnologija in modeliranje, nato raziskave, razvoj in izdelava raznih mikrostruktur, kot so mikrosenzorji, mikroakuatorji, mikroreaktorji, LOC, in druge. Lahko pa bi na vprašanje odgovoril tudi drugače – da so moje strokovno področje mikro/nanotehnologije in strukture za aplikacije v elektroniki, medicini, kemiji, farmaciji in drugih panogah. Trenutnih zadolžitve v okviru Fakultete za elektrotehniko in drugje imam kar veliko oz. preveč, zato bom izpostavil le tiste, ki so najbolj bistvene: sem predstojnik LMSE, vodja programske skupine *Mikrostrukture in nanostrukture*, vodja aplikativnega raziskovalnega projekta na področju pametnih senzorjev, v dveh drugih projektih pa delujemo kot sodelujoči raziskovalni partner, vključeni smo v Center odličnosti NAMASTE. Sem tudi predstojnik Katedre za elektroniko in član Senata FE. Drugi mandat sem predsednik mednarodnega strokovnega društva MIDEM in med drugim izdajamo revijo *Informacije MIDEM/Midem Journal* s faktorjem vpliva (Impact Factor). Sodelujem tudi v programskih odborih najrazličnejših domačih in mednarodnih konferenc ter kot član domačih in mednarodnih strokovnih združenj (SATENA – Slovensko akademjsko tehniško-naravoslovno društvo, IEEE – The Institute of Electrical and Electronics Engineers, ECS – The Electrochemical Society idr.). Minister me je imenoval za pred-

stavnika Slovenije v ENIAC (European Nanoelectronics Initiative Advisory Council). Vključen sem tudi v številne druge funkcije, ki so vezane na moje strokovno delo. Seveda vsega tega dela ne bi mogel uspešno opravljati sam, temveč le v sodelovanju z mojimi sodelavci, zato naj tu naštejemo le glavne sedanje člane LMSE: dr. Danilo Vrtačnik, dr. Drago Resnik, doc. dr. Matej Možek, mag. Uroš Aljančič, Borut Pečar, dipl. inž. el., in Matjaž Cvar, inž. kem.

**Ventil:** Ali nam lahko poveste, katere nagrade in priznanja ste doslej prejeli samostojno ali z vašimi sodelavci in za kaj so vam bile podeljene?

**Prof. Amon:** Priznanj je bilo v teh letih kar precej. Številna so bila povezana z mojim delom ali mentorstvom. Mogoče bi na kratko izpostavil le naslednje: nagrajeni referat »Analiza enosmernega delovanja IIL celice« kot najboljši prispevek v sekciji Elektronika, ETAN, Opatija 1976. Bil sem tudi mentor pri delu D. Križaja »Fast Reverse Biased Semiconductor Modeling with a Nonlinear Multigrid Method«, ki je bilo nagrajeno kot najboljšo študentsko delo na mednarodni konferenci MELECON '91. Nadalje sem prejel priznanje zaslužni član Društva univerzitetnih profesorjev za dolgoletno delo kot tajnik društva. Bil sem mentor tudi pri delu

E. Buliča »Analiza in načrtovanje strukture polprevodniškega senzorja sevanja z integriranim JFET transistorjem«, ki je bilo nagrajeno s Prešernovo nagrado za študente FE 1997. Podeljena nam je bila tudi nagrada SBK za raziskovalno delo »Optoelektronske lastnosti monokristalnega in amornega silicija« (skupaj z J. Furlanom, F. Smoletom in J. Klopčičem), Ljubljana 1987.

**Ventil:** Glede na vaše mnogoštevilne zadolžitve nas zanima, čemu bi kot strokovnjak na področju mikroelektronike in mikrostruktur dali največji poudarek, še zlasti, ker se ukvarjate z izjemno zahtevnimi tehnologijami?

**Prof. Amon:** Mikroelektronske in mikroobdelavne tehnologije na osnovi naprednih materialov (silicij itd.) za realizacijo novih mikro/nanostruktur ter raziskave pametne (smart) elektronike za njihovo delovanje so nedvomno infrastrukturne tehnologije bodočnosti. Upam si tu uporabiti staro frazo, da čez deset let brez njih ne bo vstopa v krog modernih industrijsko razvitih držav. Zato je potrebno, da tudi naša država poskrbi za omenjena področja, kar se pa sedaj izvaja le delno. Večjo podporo države tem aktivnostim vidim v dveh smereh: direktna podpora v obliki razvojno-raziskovalnih projektov, ki v razpisu eksplicitno vsebujejo kot prioritete



Razvojnoraziskovalno delo v čistih prostorih v LMSE FE UL



Električna karakterizacija izdelanih prototipov v LMSE FE UL

aktivnosti omenjena področja, ter posredno podporo v obliki stimuliranja industrije na tem področju. Tu poleg velikih uspešnih podjetij, ki itak že dobro (so)delujejo, vidim zlasti velike možnosti v vzpodbujanju države, da majhna (nova) podjetja, npr. z do deset zaposlenimi, opogumi oz. ustvari pogoje za množičen vstop na področje (mnoga danes velika podjetja so začela v garažah). To vzpodbujanje države vidim morda v obliki relativno majhnih projektov (par deset tisoč evrov nepovratnih sredstev letno), razpisanih v okviru Ministrstva za gospodarstvo, z **zelo poenostavljeno kratko prijavo** (predvsem le delovni program oz. ideja, brez referenc in druge administracije), kar bo mogoče opogumilo male podjetnike in obrtnike za pristop k prijavi in sodelovanju z RR institucijami na omenjenih high-tech področjih.

**Ventil:** Kot strokovnjak za mikroelektroniko in še zlasti za mikrosenzorsko ter mikroaktuatorsko tehnologijo ste leta 2008 predavali tudi na Tehnološkem dnevu, ki ga je organiziral odbor za znanost in tehnologijo pri OZS v času sejma elektronike na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani.

ni. Prav tako ste leta 2009 predavali na 3. Nanotehnoškem dnevu na temo mikro/nanostrukture. Zanima nas, kako vi ocenjujete sodelovanje na takšnih strokovnih dogodkih?

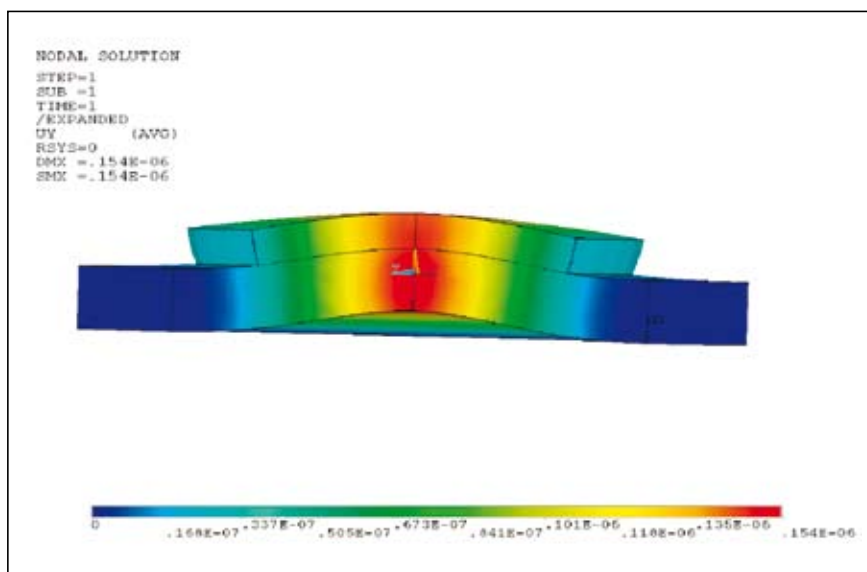
**Prof. Amon:** Sodelovanje na strokovnih dogodkih, ki jih izjemno uspešno organizira Odbor za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije, ocenjujem kot zelo pozitivno. Veseli me, da se v takšni organizaciji, kot je OZS, daje poudarek

naprednim tehnologijam in povezovanju gospodarstva z znanostjo. Moram priznati, čeprav prihajam s fakultete, da pri tem včasih z naprednimi temami že kar prehitevajo uveljavljene RR institucije, kot so univerze in inštituti. Tudi sicer moram pohvaliti, da z OZS dobro sodelujemo, tudi na skupnih sejemskih predstavitev, kot je Mednarodni obrtni sejem v Celju (MOS), Sejem elektronike in drugi.

**Ventil:** Za vami je izjemno bogata in zanimiva življenjska pot, ukvarjate se z izjemno naprednimi tehnologijami, ki so v svetu obravnavane kot tehnologije sedanosti in obetavnosti za prihodnost. Kot strokovnjak sledite trendom razvoja tudi na področju nanotehnologij, še zlasti, če izpostavimo nanostrukturne aplikacije. Ukvarjate se z MEMSi (mikro-elektromehanski sistemi), mikroreaktorji in laboratoriji na čipu ter seveda z mikrosenzorji in mikroaktuatorji. Tem tehnologijam pri nas kaj radi rečemo, da so »IN«, zato nas zanima, kako si zamišljate prihodnji razvoj v vašem LMSE?

**Prof. Amon:** Predvsem si v LMSE želimo, ob ustrezni podpori, kot je to v navadi v razvitih državah, slediti naglemu razvoju mikro/nanotehnologij in tako obdržati stik z vodilnimi institucijami na področju. Prizadevali si bomo tudi, da obstoječe odlično sodelovanje s slovensko in tujo industrijo povzdignemo na še višjo raven. Kot omenjeno, si tu želimo tudi bolj množičnega sodelovanja z malimi in srednjimi (SME) podjetji in obrtniki, kar naj bi med drugim vodilo k produktom z večjo dodano vrednostjo.

**Ventil:** Kot strokovnjak ste bili leta 2008 vključeni v 3. Razvojno skupino pri Službi Vlade RS za razvoj, ki jo je vodila prof. dr. Marija Kosec. Od teh skupin so mnogi veliko pričakovali,

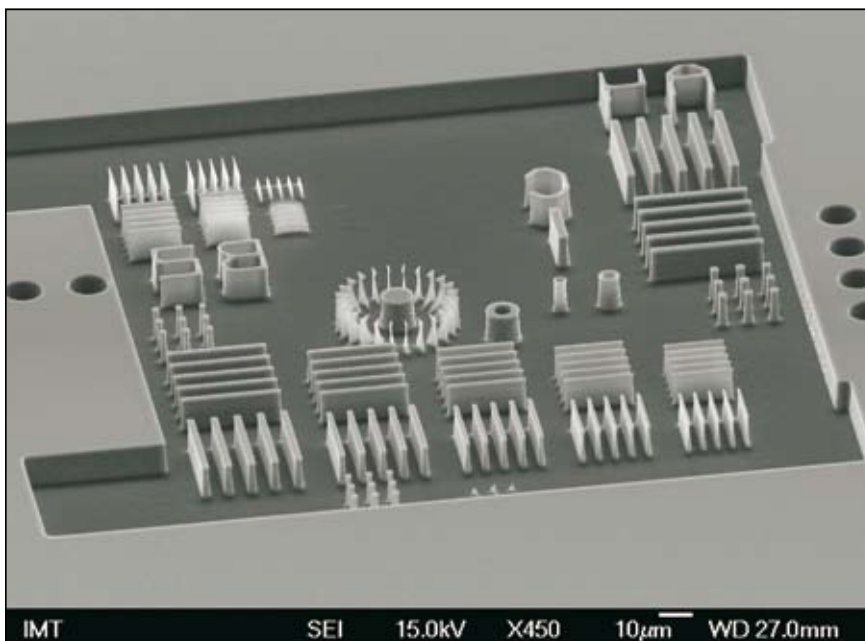


Modeliranje piezoelektričnega mikroaktuatorja v LMSE FE UL s simulatorjem ANSYS



saj so bile pod takratnim ministrom dr. Žigo Turkom ustanovljene v okviru Sveta za konkurenčnost. Po naših podatkih ste takrat predlagali izjemno zanimiva tehnološka področja, ki jih pokriva vaš laboratorij. Mogoče jih lahko na kratko predstavite.

**Prof. Amon:** Res smo takrat zavzeto pripravili predloge in seveda upali, da bodo te razvojne skupine tudi zaživele. Predlagali smo konkretna prioritarna področja: novi materiali in postopki mikro/nanoelektronike, nove mikro/nanostrukture, pametni senzorji in aktuatorji. Kot pridobljena znanja smo izpostavili: razumevanje novih naprednih materialov mikro/nanoelektronike in razumevanje novih naprednih postopkov mikro/nanoelektronike ter mikro/nanoobdelave kot tudi razumevanje novih efektov v mikro/nanosvetu, načrtovanje in izdelava novih naprednih mikro/nanostruktur, elementov, vezij, senzorjev in aktuatorjev in drugo. Pričakovane napredne (high-tec) izdelke smo takrat razdelili na več skupin: mikro/nanoelektronski elementi in vezja, mikro/nanosenzorji in aktuatorji, mikro/nanoelektromehanski sistemi (MEMS, NEMS), mikro/nanofluidni sistemi, kot npr. mikro/nanokemijski reaktorji, mikro/nanolaboratoriji na čipu – LOC (Lab-



Prototipi mikrostruktur, izdelanih z RIE-procesom v LMSE FE UL (merilo: 1 delec = 10 µm, gl. sl. spodaj)

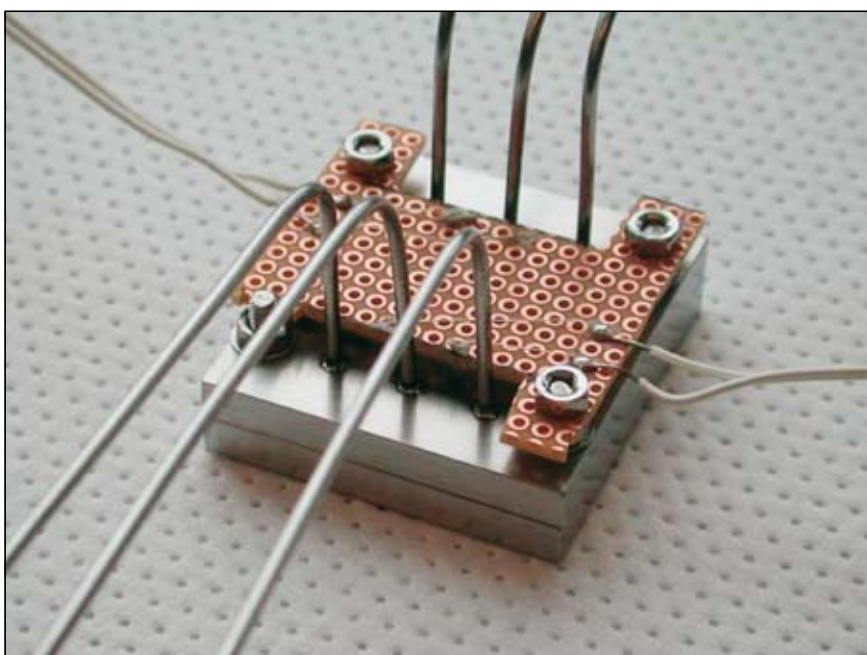
on-chip), mikro/nanobiosistemi, kot npr. biočipi (BioMems, BioNEMS), mikro/nanofotonika, mikro/nanoizvori energije (fotovoltaične celice, gorivne celice, drugi izvori). Takrat smo zelo jasno in smelo opredelili, da bodo mikro/nanomateriali, tehnologije in izdelki osnova novim generacijam naprav in sistemov v vseh pomembnejših gospodarskih panogah, kot so npr. računalniška, avtomobilska industrija (že danes je v avtu preko 100 senzorjev in ak-

tuatorjev in so v stalnem porastu), nadalje medicina (diagnostika, operativa, doziranje ...), kemija, farmacija itd.

**Ventil:** Mogoče nam za zaključek, profesor Amon, še zaupate, kakšni so vaši načrti za naprej?

**Prof. Amon:** Kot sem že omenil, na našem področju posameznik ne pomeni veliko, temveč lahko pripelje do dobrih rezultatov le dobro uigrano moštvo, zato bom odgovoril na vaše vprašanje raje v množini. Skupaj s celotno ekipo v našem laboratoriju LMSE si bomo še naprej prizadevali ohraniti stik z vodilnimi dognanji na živahnem področju mikro-/nanotehnologij in struktur ter pripadajoče elektronike. V okviru celotne ekipe bomo morali pri tem stalno skrbeti za prenos obstoječih znanj na mlajše sodelavce, čas hitro teče. V laboratoriju bomo morali, kot do sedaj, stalno vpeljevati nove naprave in tehnologije, brez tega se tu ne preživi. In končno, vendar ne najmanj pomembno, skušali bomo obdržati in morda tudi še izboljšati obstoječe odlično sodelovanje s slovensko in tujo industrijo.

**Ventil:** Hvala za vaše odgovore in nadvse zanimive informacije. Želimo vam še veliko uspeha!



Integrirani mikroreaktor za pretvorbo metanola v čisti vodik za gorivne celice, izdelan v LMSE FE UL (naročnik MORS)

Janez Škrlec

## Dan robotike Stäubli - Domel

V sredo, 1. 12., je bil v okviru promocije in predstavitve najnovejših tehničnih dosežkov robotike Stäubli v Domelu organiziran Tehnični dan robotike Stäubli. Udeležilo se ga je več kot 30 ljudi iz vse Slovenije. Poleg predstavnikov podjetja Domel je kot predavatelj sodeloval dr. Robert Schreier, ki v podjetju Stäubli deluje na področju podpore strankam. Predstavitve se je udeležil tudi g. Alexander Müller, vodja prodaje za srednjo Evropo.

V uvodu je bilo navedenih nekaj smernic razvoja robotike v zadnjem obdobju. Vsekakor ni mogoče spregledati opazne rasti uporabe industrijskih robotov. Nudijo nam namreč možnost uporabe prav v vseh dejavnostih industrije, kot so: strega in montaža, posluževanje, kontrola in meritve, pakiranje, varjenje, poliranje, lakiranje, obdelava ... . Robotske montažne celice z integriranim robotskim vidom ali brez njega tako postajajo pravilo in ne več izjema.

Z robotizacijo se ukvarjajo zlasti v tistih industrijskih panogah, ki so izvozno naravnane, z višjo dodano vredno-

stjo. Ta omogoča kakovost in zanesljivost proizvodnih procesov, hkrati pa močno izboljšuje raven fleksibilnosti.

Ko govorimo o vlaganjih v robotizacijo, ne gre v prvi vrsti za pogovor o prihranku, ki ga dobimo s tem, ko z robotom zamenjamo delavca, ki izvaja fizično operacijo. Govorimo tudi o tveganjih, ki nastopijo z izborom in uvedbo konkretnega delovnega mesta. Z uvedbo robotizacije se izognemo človeškim napakam, utrujenosti in vsem drugim vplivom, za katere smo ljudje dovzetni. Pridobimo pri skrajšanju proizvodnih časov, točnosti izvajanja operacije in takta.

Prav iz tega razloga temu trendu sledimo tudi v Domelu. Dviganje stopnje robotizacije in avtomatizacije smo postavili v ospredje poslovnega modela, ki omogoča visoko stopnjo zadovoljstva naših kupcev. Velike svetovne korporacije, kot so Philips, Elektrolux, Stihl, ....., so nas izbrale za razvojnega dobavitelja. Te stopnje ne bi dosegli, če ne bi zadosti vlagali v proizvodnjo, zlasti v robotizacijo v povezavi z IT-tehnologijami, ki nam omogoča sledljivost kakovosti proizvodov tudi takrat, ko naši izdelki zapustijo proizvodnjo.

V prvem, teoretičnem delu predstavitve so bile najprej podane infor-

macije o novostih, ki jih je Stäubli ponudil trgu v zadnjem obdobju. Te prepričajo z inovativnimi, energijsko učinkovitimi in visokozmogljivimi rešitvami. Nekaj več časa je bilo v tem delu namenjenega robotizaciji industrijskih procesov lakiranja. Predstavljene so bile vse vrste robotov Stäubli, ki se uporabljajo v te namene, in pripadajoča programska oprema. Izpostavljen je bil zadnji inovativni proizvod s tega področja – lakirni robot **TXPaint250**. Odlikuje ga odlična kontrola procesa, hitra menjava barv in minimalna poraba energije. Svojo učinkovitost dokazuje s tehničnimi parametri: doseg 2550 mm, v vertikalni smeri kar 4170 mm, hitrost pomika 1500 mm/sek., maksimalna nosilnost 10 kg.

Stäubli na področju razvoja programske opreme skrbi, da uporabnikom nudi orodja, ki so hitra in enostavna za uporabo. V ta namen je za določena področja uporabe pripravil namenske programske rešitve. Za področje lakiranja je to PaintiXen. To programsko orodje omogoča enostavno izdelavo programa na osnovi predpripravljenih programskih sklopov.

S štirimi delujočimi robotskimi celicami so bili udeležencem praktično prikazani različni načini možnosti uporabe robotov Stäubli, od enostavne rešitve Pick and Place s štiriosnim robotom TS60, uporabe robota v industrijskih procesih lakiranja do robota, ki deluje v okolju s 100-odstotno vlažnostjo. Specialna izvedba robota **TX90 HE-verzija 2** omogoča njegovo delovanje v proizvodnih okoljih z visoko vsebnostjo vlage ali tam, kjer robot zaradi zahtev delovnega procesa deluje dobesedno v vodi. Pri dosegu robota 1000 mm je njegova nosilnost 7 kg.

Osnove rokovanja in programiranja robotov Stäubli so lahko udeleženci preizkusili na demorobotski celici Domela, na kateri je nameščen robot Stäubli TX60.

Število udeležencev prireditve je lep pokazatelj, da za take predstavitve



Udeleženci med predavanjem



Praktičen prikaz delovanja robotov Staubli

vlada veliko zanimanje. Zato že gledamo naprej in načrtujemo organizacijo novih prireditev.

V sredini marca bomo v Domelu pripravili delavnico iz programiranja robotov Staubli. Udeleženci se bodo na osnovi praktičnega primera izdelave konkretne programske aplikacije seznanili z uporabo programskega orodja Staubli.

Z Domelovo democelico TX60 bomo sodelovali na Dnevih industrijske robotike, ki jih od 21. do 25. marca letos organizira Fakulteta za elektrotehniko v Ljubljani.

Od 12. do 15. aprila pa se bomo kot razstavljalci predstavili na sejmu Forma Tool v Celju.

*Brane Cencič, Domel, d. d., Železniki*

# DOMEL®

*Ustvarjamo gibanje*

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

**VRHUNSKA TEHNOLOGIJA,  
 ZAGOTOVILO UČINKOVITOSTI**



# STÄUBLI

[www.staubli.com](http://www.staubli.com)

## Sejem IFAM in INTRONIKA 2011

V organizaciji podjetja ICM Celje je na Celjskem sejmišču od 26. do 28. januarja potekal sejem IFAM in INTRONIKA 2011 s celovito predstavitvijo stanja tehnike na področju avtomatizacije in mehatronike ter industrijske in profesionalne elektronike. 65 razstavljalcev iz Slovenije in štirih drugih evropskih držav (Avstrije, Hrvaške, Madžarske in Poljske) je predstavilo integralne ponudbe izdelkov in tehnologij, zastopniško pa še vrsto poznanih dobaviteljev tovrstne opreme iz več kot dvanajstih drugih držav sveta



Razstavniki prostori

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,
- programska oprema,
- proizvodna informatika,
- računalniški vid,
- raziskave in razvoj,
- robotika,
- senzorika,
- strega in montaža,
- varnostna tehnika,
- vzdrževanje,
- mediji in publikacije
- ter združenja (Obrtno-podjetniška zbornica, Sekcija elektronikov in mehatronikov).

Vzporedno z razstavami je potekal tudi bogat obsejmski program pre-



davanj. Predstavljeni so bili naslednji prispevki:

- Rotovnik, A.: Omron celovite rešitve – krmiljenje, strojni vid, varnostna in pogonska tehnika (CEO MIEL Elektronika, d. o. o.),
- Brelih, A.: Sodobni inženirski prijemi v avtomatizaciji (Siemens),
- Brečko, A.: Novo inženirsko orodje TIA Portal V11 (Siemens),
- Vanzo, R.: Meritve nivojev v zahtevnih aplikacijah (Siemens),
- Kovačec, A.: Nova serija frekvenčnih pretvornikov Sinamics G1 20P (Siemens),
- Pintarič, T.: vključitev zaščitnih elementov v avtomatizacijo (Siemens),
- Kupljenik, M.: APC – Advanced Process Control – [Napredno krmiljenje procesov] (Siemens),
- Korošec, A.: Sinumerik Operate – [Sinumerik deluje] (Siemens),
- Mayer, Th.: Hitrejša gradnja strojev! Izkoristite unificirano orodje za razvoj ter izdelavo prototipov in implementacijo vgnezenih kontrolnih sistemov (National Instruments),
- Zajc, B.: Novosti na področju Sickovih vizualnih senzorjev (SICK, d. o. o.),
- Vidmar, D.: Novi Sickovi senzori pretoka, nivoja in temperature (SICK, d. o. o.).

Osnovni vtisi z ogleda sejma kažejo na izredno bogat razvoj in ponudbo sodobnih senzorjev in merilnikov (tudi domačih podjetij) ter različne elektronske opreme za industrijsko avtomatizacijo. Pri tem še posebno izstopa ponudba močnostne elektronike, vključno z napajalniki in elementi za gradnjo električnih in elektronskih omrežij. Vidna je bila tudi ustrezna zastopanost strojnih sestavnih delov in sestavin ter transportnih enot za gradnjo strežnih naprav in robotiziranih obdelovalnih in montažnih celic. Seveda je bila opazna tudi bogata ponudba opreme za računalniško vodenje in nadzor proizvodnih procesov. Programi sestavin in enot strojniškega dela mehatronike so bili skromni, sicer pa je to predvsem sejem elektronike. Hidravličnih in pnevmatičnih sestavin in naprav na sejmu skoraj ni bilo. Opazna pa je bila predstavitev posebnih izvedb črpalk in merilne tehnike za kemijsko procesno tehniko.

Sejem je uspel in z zanimanjem lahko pričakujemo novosti na sejmu IFAM in INTRONIKA 2012, ki ga organizatorji že pripravljajo.

A. Stušek  
Uredništvo revije Ventil

## Akademija veselja

V podjetju LOTRIČ, d. o. o., je skrb za zaposlene zelo pomemben dejavnik. Uvrščeno je med 101 najboljšega zaposlovalca za nagrado *Zlata nit 2010*. Tako stalno skrbijo tudi za izobraževanje zaposlenih. Ti se vsako leto skupaj z vodstvom zadnji vikend v januarju odpravijo na 3-dnevno konferenco, imenovano *Akademija veselja*, kjer nabirajo nova znanja z že poznanih in tudi še neznanih področij.

Letos je Akademija veselja že četrto leto zapored v času od 27. do 29. januarja potekala na turistični kmetiji Pr' Šoštarju v Davči. Prvi dan je bil namenjen izobraževanju o novostih na področju laboratorijev, ki naj bi jih obsegale akreditacije in odločbe o imenovanju. Drugi dan je bil predstavljen nov program QTree, s katerim so se udeleženci seznanili tudi praktično. Pri predstavitvi pa so poleg sodelavcev oddelka IKT sodelovali tudi zunanji sodelavci iz podjetja I-PLUS. V soboto je bila Akademija posvečena trženju storitev in izdelkov. Poudarek je bil na skupinskem delu, udeleženci pa so podali kar precej novih idej za trženje storitev in izdelkov podjetja LOTRIČ, d. o. o.

### Znanstvene in strokovne prireditve

#### International Exposition for Power Transmission (IFPE 2011) – Mednarodni sejem pogonske tehnike

22.–26. 03. 2011  
Las Vegas, ZDA

##### Informacije:

- IFPE Exhibit Sales Department
- tel. (brezplačni): + 1 414-298-4160
- e-pošta: [sales@ifpe.com](mailto:sales@ifpe.com)
- internet: <http://www.ifpe.com/index.asp>



Udeleženci Akademije veselja

Akademija se je zaključila v zgodnjih popoldanskih urah v soboto, ko so se udeleženci, polni novega znanja, podali proti domu.

Več o podjetju LOTRIČ, d. o. o, ter sami Akademiji veselja na: [www.lotric.si](http://www.lotric.si)

Špela Baznik, Lotrič, d. o. o., Selca

*Merimo*  
za prihodnost  
We Measure the Future

[www.lotric.si](http://www.lotric.si)

LABORATORIJ  
ZA  
**LOTRIČ**®  
MERO SLOVJE

**OVERITVE**

**KALIBRACIJE**

**KONTROLE**

**PRODAJA**

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

**LOTRIČ** d.o.o.  
Selca 163, 4227 Selca  
tel: 04/517 07 00, fax: 04/517 07 07, e-mail: [info@lotric.si](mailto:info@lotric.si)

DOBRA VAGA V NEBESA POMAGA

nadaljevanje na strani 57

## Bramahova medalja prof. dr. M. Ivantysynovi

Prof. dr. inž. Monika Ivantysynova, profesorica fluidnotehniških sistemov in direktorica raziskovalnega centra za fluidno tehniko Maha pri univerzi Purdue v ZDA (*Maha Fluid Power Research Center on the Purdue University*), je prejela prestižno medaljo Josepha Bramaha 2009 za raziskave in učenje fluidne tehnike, posebno za nadvse uspešno raziskovanje hidrostatičnih črpalk in motorjev.

Medaljo so ji izročili na slovesnosti ob mednarodnem simpoziju o fluidni tehniki FPMC 2010 16. septem-



bra 2010 v Bathu. Medaljo Josepha Bramaha sicer vsako leto podeljuje Britanska inštitucija za strojništvo za izredne dosežke pri raziskave na področju fluidne tehnike. Dobrodelni Sklad Josepha Bramaha je 1968. leta osnoval znani strokovnjak in podjetnik Frank Towler v spomin na Josepha Bramaha, iznajditelja hidravlične stiskalnice in odličnega strokovnjaka na področju hidravlike. Prof. Ivantysynova je prva ženska nosilka tega prestižnega priznanja.

Po O + P 54(2010)11–12, str. 417

## Hidravlični hibridni pogon z dovoljenjem

Energijska učinkovitost oz. gospodarnost vozil z režimom vožnje start-stop sta že dolgo poznani. Razvojne raziskave pa tudi poskusi uvajanja takšnih vozil v mestni promet in sisteme ravnanja z odpadki so opravljene že v mnogih industrijsko razvitih državah (Nemčija, Švedska, ZDA in druge). Nedavno pa so smetarska

vozila, opremljena s hidrostatičnim regenerativnim zavornim sistemom (*Hydrostatisch regenerative Bremssysteme – HRB*), innačico hidravličnega hibridnega pogona *Bosch Rexroth*, dobila tudi ustrezno dovoljenje za uporabo po nemškem predpisu § 21 StVZO, ki ga je podelila nemška ustanova za varnost TÜV. S tem je

odprta prosta pot za serijsko uporabo okolju prijazne HRB-tehnologije na smetarskih vozilih v Nemčiji. Atest TÜV in dovoljenje za uporabo potrjujeta visoko zanesljivost in varnost hidravličnega hibridnega pogona.

Po Fluid 43(2010)10 – str. 7

## Povezovalna tehnika pri hidravličnih in pnevmatičnih napravah

Revija *Fluid* nadaljuje z objavljanjem posebnih izdaj z aktualnimi podrobnejšimi obravnavami posameznih področij fluidne tehnike. Zadnja med njimi v letniku 2010 je »Povezovalna tehnika pri hidravličnih in pnevmatičnih napravah«. Na 34-tih straneh je objavljenih 10 strokovnih prispevkov in 23 ilustriranih oglasov o novostih in zanimivostih pri ponudbi delov in sestavin za gradnjo sodobnih cevovodnih povezav pri hidravliki in pnevmatiki od kovinskih cevi, gibkih cevovodov, cevni priključki in cevni spojki do postopkov njihove površinske zaščite, montaže in vzdrževanja.

Vsebine prispevkov so naslednje:

### Naslovna tema:

- *Tesno tudi pri tlaku 500 barov* – žerjavi pri tandemskem obratovanju zahtevajo visokosposobno povezovalno tehniko

### Gibki cevovodi:

- *Kompetentno tudi v pnevmatiki* – pnevmatična povezovalna tehnika iz *Parker Hannifina*
- *Gibki cevovodi po načelu dobave »just in time«* – hidravlični servis *Pirtek* dobavlja tudi »enostavni menedžment« gibkih cevovodov

### Cevne armature:

- *Neverjetni prihranki stroškov in časa* – nova krogelna pipa za tlak 15 000 psi (1 050 bar) omogoča zanesljiv kemijsko-procesni postroj

- *Medvedje močan nastop* – posebna izvedba serije vijačenih cevni spojke za hidravlična kladiva

### Povezovalna tehnika:

- *Klik zadostuje* – priključki za enostavno montažo gibkih cevovodov
- *Trajna tesnost* – vtične cevne spojke za pnevmatične naprave
- *Sedaj tudi jekleni* – cevni priključki iz navadnega in nerjavnega jekla
- *Površinska zaščita za 30 dni*, cinkovo-nikljaste prevleke v hidravliki
- *Vtakni* – vtične cevne spojke iz plemenitega – nerjavnega jekla

**Vir:** Skupina avtorjev: *Fluid Sonderheft Verbindungstechnik 43 (2010) Spez*

## Nove podrobnosti o okoljsko sprejemljivih hidravličnih tekočinah

Industrija vse več uporablja okoljsko sprejemljive hidravlične tekočine, vendar se večina biorazgradljivih fluidov do sedaj ni najbolj izkazala. To še posebej velja za kompatibilnost z mehкими in barvnimi kovinami in njihovimi zlitinami. Konvencionalni preskusi na korozijo po standardih, kot sta npr. *DIN 51759/ASTM D 130 – Copper Strip Corrosion Test* (Korozijski preskus bakrenega traku) ali *ASTM 2619 – Hydrolytic Stability Test* (Preskus hidrolitične stabilnosti), ne kažejo najboljših rezultatov.

Nemško združenje strojne industrije (VDMA) kot najmočnejši gremij evropske industrije in znan izdelovalec hidravličnih črpalk *Linde* sta iskala bolj ustrezen postopek preskušanja za mineralna in biološko razgradljiva olja. Skupaj sta razvila metodo, ki zagotavlja ustrezne korelacije med praktičnimi izkušnjami na terenu in laboratorijskimi preskusi.

Parametri preskušanja upoštevajo materiale iz bakrovih zlitin, spremenljive temperature, različne mešanice biološko razgradljivih olj z mineralnimi olji in vodo, kakor tudi mehanske vplive korodiranih površin. Pričakuje se, da *Linde-test* omogoča enostavno in hitro laboratorijsko določanje kom-

patibilnosti biološko razgradljivih olj z bakrovimi zlitinami v hidravličnih napravah pri za prakso reprezentativnih pogojih uporabe.

Postopek je, čeprav enostaven, zelo grob. V tekočino, kontaminirano z mineralnim oljem in vodo ter segreto do 120 °C, se dodajo preprosti kovinski trakovi. S tresenjem steklene preskusne posode se pospešuje medsebojno učinkovanje tekočine in kovinskih trakov. Po 96-tih urah se določi izguba mase trakov. Sočasno se vizualno ugotavlja tudi intenzivnost korozije z ocenami: brez, slaba, močna in ekstremna. Značilni materiali za preskušanje so: med (Cu-Zn35Mn2Si), liti bron (CuPb15Sn8), sintrani bron (CuPb10Sn8) in ležajno jeklo 100(Cr6).

Kot del projekta s podjetjem *National Oilwell Varco (NOV)*, *Terresolve Technologies Ltd.*, je bilo po tem protokolu opravljeno preskušanje njihovega biološko razgradljivega nestrupenega hidravličnega fluida *EnviroLogic 3068*. Rezultati so bili nadvse obetavni.

Večina biorazgradljivih maziv ima kot osnovo sintetične estre, ki dejansko predstavljajo mešanico triglicerida (značilnega rastlinskega olja) s kislino in alkoholom. Mešanica izloča vodo in toploto. V laboratoriju je imel sintetični ester odlične lastnosti, pri testu po VDMA 24570 z dodaja-

njem vode in segrevanjem pa se je v fluidu sprožila reverzibilna reakcija z izločanjem kisline, alkohola in rastlinskega olja. Kislina je uničevalno reagirala s kovinami in tesnili, rastlinsko olje pa je pri povišani temperaturi popustilo.

*Terresolve* pa je izbral drugačen pristop. Njihov *EnviroLogic 3068* temelji na biopoliolefinu, ki ne hidrolizira (ne popusti, če se meša z vodo). Zato je bolj stabilen v okolju z višjo temperaturo in vlago. Zdrži tudi do temperature 130 °C in več.

Fluidi *EnviroLogic serije 3000* so na voljo v viskoznostnih razredih 32, 46, 68 in 100. Pri preskušanju so vsi ustrezali ali presejali test VDMA 24570. Poleg tega so v praksi, pri spremenljivih delovnih razmerah, brezhibno delovali tudi nekaj deset tisoč delovnih ur. Pri takšni učinkovitosti delovanja zato ob biorazgradljivosti in nestrupenosti predstavljajo logično izbiro za hidravlične naprave, ki morajo delovati pri zahtevnih razmerah delovanja.

Dodatne informacije dobite pri avtorju: Mark Miller, *Terresolve Technologies Ltd.*, Eastlake, Ohio, USA; tel.: +(800)661-3558; e-pošta: [memiller@terresolve.com](mailto:memiller@terresolve.com) ali internet: [www.terresolve.com](http://www.terresolve.com).

Po H & P 63(2010)11 – str. 11



### Fluidna tehnika 2011

mednarodna konferenca

15. in 16. september 2011

Maribor, Kongresni center Habakuk



Osrednji bienalni strokovni dogodek s področja hidravlične in pnevmatične pogonsko krmilne tehnike v Sloveniji.

Konferenca **Fluidna tehnika 2011** je z več kot 15 letno tradicijo brez dvoma pravi barometer dogajanja na področju uporabe hidravlike in pnevmatike pri nas. Več informacij najdete na <http://ft.fs.uni-mb.si/>

## Hidravlična stiskalnica brez ventilov

Je mogoč hidravlični pogon stiskalnice brez ventilov? Je, o takšni izvedbi PSH-stiskalnice poročajo iz podjetja *Voith Turbo H+L Hydraulic* iz Rutesheima v Nemčiji. Namesto konvencionalnega krmilja s servo- ali proporcionalnimi ventili za krmiljenje toka in tlaka pri pogonu stiskalnice PSH-pogon krmili hitrost in navor električnega servomotorja, ki poganja hidravlično črpalko z nespremenljivo iztisnilno. Tako električni servomotor s krmiljenjem vrtilne hitrosti in navora zagotavlja krmiljenje toka in tlaka v hidravličnem sistemu stiskalnice.

Avtorji izvedbe zagotavljajo, da je s takšnim pogonom mogoče opremiti vsako stiskalnico in še več – navadno stiskalnico z nespremenljivo hitrostjo delovanja spremeniti v servostiskalnico. Ob tem je realno pričakovati do 50 % prihrankov pri stroških za električno energijo. Takšno »inteligentno« krmiljenje omogoča tudi veliko prilagodljivost stiskalnice. Pogon omogoča maksimalno hitrost, če je obremenitev nizka, in samodejno prilagajanje delovnega tlaka, ko obremenitev naraste. Rezultata sta povečana produktivnost stiskalnice in izboljšana kakovost izdelkov. Takšna rešitev pogona je zelo primerna rav-



no pri stiskalnicah, saj gre pri njih za enosno krmiljenje.

### Opravi s konvencionalnimi rešitvami!

Pri PSH-pogonu hidravlične stiskalnice gre dejansko za zamenjavo konvencionalne tehnologije krmiljenja z ventili s servočrpalko. Pri tem servočrpalka dobavlja spremenljivi prostorski tok, ki zagotavlja visoko dinamično odzivnost in tiho delovanje. To omogoča optimalno prilagoditev moči in hitrosti delovanja zahtevam procesa stiskanja ter enostavnejšo izvedbo pogona in krmiljenja stiskalnice brez poslabšanja njene funkcionalnosti in zmogljivosti.

PSH je primeren za vgradnjo v stiskalnice tako pri novogradnji kot tudi pri obnovi. Dodatna prednost so tudi manjši stroški za prvi zagon, pri usposabljanju posluževalcev in pri vzdrževanju. Monitoring elektronskih senzorjev omogoča funkcionalno diagnosticiranje in uporabo metod preventivnega vzdrževanja. PSH pa zagotavlja tudi večjo produktivnost stiskalnice ter njeno zanesljivejše in varnejše obratovanje.

Več informacij dobite na tel.: +49 7321 37 2802 ali na spletnem naslovu: [www.voithturbo.com](http://www.voithturbo.com)

Po H & P 63(2010)11 – str. 8



TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA  
01

t: 01 620 34 03  
f: 01 620 34 09  
e: [info@tp-lj.si](mailto:info@tp-lj.si)  
[www.tp-lj.si](http://www.tp-lj.si)

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





## Dnevi industrijske robotike

so postali uveljavljena stalnica marčevskega dogajanja v Ljubljani. Dogodek, ki je organiziran s strani študentov smeri robotike na Fakulteti za elektrotehniko, prinaša v vsakdanje življenje naprave, ki so načeloma omejene na raziskovalno delo, gospodarstvo ali filmsko platno. Tudi letos ste na Dneve industrijske Robotike 2011 vabljeni vsi, ki želite bolj spoznati delovanje ali pa si zgolj ogledati delo robotov. Med **21. in 25. marcem 2011** ste na **Fakulteti za elektrotehniko** dobrodošli vsi radovedneži. Namen dogodka je obiskovalcem približati dogajanje izza zidov industrijskih objektov, s prikazom, česa vse so zmožni današnji roboti, tudi spodbuditi inovativnost, ali pa le popestriti dogajanje med študijskim letom. Prvi dan DIR-a je namenjen predstavitvi robotike skozi nekaj zelo poučnih predavanj, ki jih za vas pripravijo slovenski strokovnjaki na področju robotike. V dobrih štirih urah obiskovalci izveste nekaj osnov in zgodovine robotike, kako poteka robotizacija v industriji in kako se naloge lotijo tisti, ki aplikacije za podjetja zasnujejo. V času delavnic, med 22. in 24. marcem, boste udeleženci lahko izkoristili edinstveno priložnost in se poigrali z pravimi industrijskimi roboti in aplikacijami. Za vas imamo pripravljene zanimive izzive, vaša naloga pa je, da jih s pomočjo robotov rešite. Aplikacije, ki jih ustvarjate, so razdeljene po sklopih težavnosti, zato lahko sodeluje vsak. Če se delavnic želite udeležiti, se je nanje potrebno prijaviti preko spletne strani [www.DneviRobotike.si](http://www.DneviRobotike.si), kjer najdete tudi vse informacije o dogodku in veliko drugih zanimivosti.

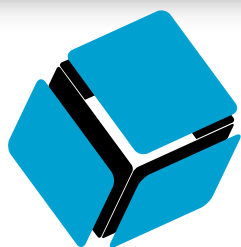
Vsako leto omogočimo delo na večih, raznolikih, predvsem pa sodobnih robotih s pomočjo industrijskih partnerjev, ki slovenskim podjetjem zagotavljajo robote in storitve na področju robotike. Ker menimo, da bodo roboti kmalu sodelovali že v vsakem gospodinjstvu, bomo letos premierno predstavili humanoidnega robota NAO, ki vizualno sploh ni podoben klasičnim industrijskim robotom ampak ima poteze človeka. Premika in obnaša se kot človek, obvlada govorico in še marsikaj drugega. NAO je maskota DIR2011. Kaj vse zmore, si oglejte na naši spletni strani.

Zadnji dan dogodka je namenjen strokovnemu ogledu nekaj najuspešnejših slovenskih podjetij, ki jim pri proizvodnji pomagajo roboti in robotske celice. Vse informacije lahko dobite na naši spletni strani, kjer bo možna tudi prijava. Vsako leto nas obiščete v večjem številu, zato smo še bolj polni svežih idej, s katerimi vas želimo navdušiti.

Če bi želite še kakšno dodatno informacijo v zvezi z dogodkom ali pa bi se mogoče želeli dogovoriti za voden ogled dogodka oziroma imate kakšno vprašanje na temo robotike, se obrnite na nas preko kontaktnega obrazca na naši spletni strani **[www.DneviRobotike.si](http://www.DneviRobotike.si)**!

Dnevi industrijske robotike so brezplačni za obiskovalce vseh starosti!

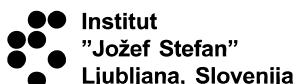
21. 03.	Predstavitve in predavanja
22. 03.	
23. 03.	Delavnice
24. 03.	
25. 03.	Ekскурzija



IC|ELEKTRONIKA



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko



## Družba National Instruments predstavlja prvi RF-vektorski analizator vezij na vodilu PXI

Družba National Instruments je predstavila **NI PXIe-5630**, dvovhodni vektorski analizator vezij (VNA) za frekvence do 6 GHz, ki je prvi na področju za avtomatizirano preizkušanje in je na voljo v kompaktni obliki PXI. Novi analizator podpira popolno vektorsko analizo parametrov prenosa in odboja (T/R) ter natančno samodejno umerjanje in ima prilagodljivo programsko določeno arhitekturo, zato je idealen za avtomatizirano potrjevanje med načrtovanjem in proizvodnjo. Njegova modularna arhitektura PXI in majhna velikost (dve razširitveni mesti) omogočata načrtovalcem, da v svoje preizkusne sisteme vključijo vektorsko analizo vezij brez dodatnih stroškov in velike velikosti, značilne za tradicionalne namizne vektorske analizatorje.

»Vektorski analizator vezij za frekvence do 6 GHz kaže našo stalno zavezanost RF-rešitvam, ki načrtovalcem pomagajo, da povečajo točnost in zmogljivost preizkušanja, pri tem pa zmanjšajo ceno, velikost ter kompleksnost sistema,« je dejal Phil Hester, višji podpredsednik raziskav in razvoja pri družbi National Instruments. »Ponosni smo, da smo z novim vektorskim analizatorjem še obogatili svojo že sicer bogato in rastočo ponudbo modularnih RF-instrumentov na vodilu PXI.«

Sistem NI PXIe-5630 je optimiran za avtomatizirano preizkušanje in ponuja izpopolnjen nabor funkcij,

ki med drugim vključuje samodejno precizno umerjanje, popolno vektorsko analizo na obeh vhodih, razširitve referenčnih ravnin ter prilagodljiv programski vmesnik API za okolje **LabVIEW**, ki je idealen za vzporedno preizkušanje. Vektorski analizator odlikuje tudi izpopolnjena zmogljivost, saj ponuja frekvenčno območje od 10 MHz do 6 GHz, širok dinamični

razpon, ki presega 110 dB, in velike hitrosti preletov, saj traja prelet preko 3.201 točke manj kot 400  $\mu$ s/točko. Dodatna prednost je konfiguracija PXI, ki načrtovalcem omogoča, da v eno ohišje PXI združijo do osem enot NI PXIe-5630 in tako izvajajo RF-preizkušanje na več vezjih hkrati na resnično vzporeden način.

Načrtovalci lahko sistem NI PXIe-5630 upravljajo interaktivno z bogato opremljeno programsko nadzorno ploščo ali programsko preko vmesnikov API za razvojni okolji NI LabVIEW in NI LabWindows<sup>TM</sup>/CVI ANSI C. Oba vmesnika API sta optimirana za večjedno obdelavo, ki olajša vzporedno preizkušanje več komponent RF, kar zagotavlja bistveno večjo zmogljivost kot pri zaporednem stikalnem preizkušanju.



Nova enota za dve razširitveni mesti PXI zagotavlja vektorsko analizo vezij s frekvenco do 6 GHz za precizne avtomatizirane RF-preizkuse.

NI PXIe-5630 še razširja že sicer široko ponudbo modularnih instrumentov na vodilu PXI za avtomatizirano preizkušanje. Konfiguracija z industrijskim standardom vodila PXI ima še dodatno prednost, saj je mogoče ta vektorski analizator integrirati z več kot 1.500 instrumenti PXI družbe NI in več kot 70 drugih ponudnikov, tako da lahko zadovoljite zahteve skoraj vseh preizkusnih aplikacij.

Če želite o sistemu NI PXIe-5630 izvedeti več, obiščite [www.ni.com/vna](http://www.ni.com/vna).

Vir: National Instruments, d. o. o., Kosovelova 15, 3000 Celje, tel: +386 3 4254 200, fax: +386 3 4254 212, e-mail: [ni.slovenia@ni.com](mailto:ni.slovenia@ni.com), internet: [www.ni.com/slovenia](http://www.ni.com/slovenia)

## 18. konferenca Dnevi slovenske informatike

**“Nove razmere in priložnosti  
v informatiki kot posledica  
družbenih sprememb”**

**Najpomembnejša neodvisna slovenska IT konferenca**  
**Izkoristite 10 % popust za zgodnjo prijavo**  
**(in plačilo kotizacije) do 21. marca!**

Prisluhnite vrhunskim slovenskim predavateljem,  
ki bodo predstavili izkušnje in novosti v naslednjih sekcijah:

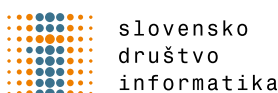
- Poslovne aplikacije
- Poslovna inteligenca
- Menedžment poslovnih procesov
- Računalništvo v oblaku in SaaS
- Informacijska varnost in upravljanje tveganj
- Nove priložnosti e-poslovanja
- Vodenje projektov in upravljanje odnosov z izvajalci
- Upravljanje informatike
- Informatika v javnem sektorju
- Podpora poslovnemu odločanju in operacijske raziskave

Tudi letos podelitev nagrade za najboljši IKT projekt, izbrali bomo tudi najboljši študentski projekt.

Več informacij poiščite na spletni strani konference [www.dsi2011.si](http://www.dsi2011.si)

**Pridružite se nam!**

Prireditelj konference



Organizacija konference



Dodatne informacije:

mag. Jasna Požnel  
tel.: 01/30 09 810  
e-pošta: [dsi@drustvo-informatika.si](mailto:dsi@drustvo-informatika.si)  
[jasna.poznel@ipmit.si](mailto:jasna.poznel@ipmit.si)

# Laboratorij L05 za okoljske vede in inženirstvo na Kemijskem inštitutu v Ljubljani

Ker želimo posredovati čim več koristnih informacij o možnostih sodelovanja z akademsko in znanstveno sfero, vam predstavljamo Laboratorij L05 za okoljske vede in inženirstvo Kemijskega inštituta v Ljubljani (<http://www.ki.si>). Strokovnjaki Laboratorija L05, ki ga vodi *prof. dr. Albin Pintar*, izvajajo osnovne in uporabne raziskave na nacionalnem in mednarodnem nivoju na naslednjih področjih: čiščenje in preiskave odpadnih voda s sodobnimi čistilnimi postopki, kataliza na področju varstva okolja, ekotoksikologija, meroslovje v biologiji in kemiji na področju voda, obdelava blata iz bioloških čistilnih naprav in obdelava organskih gošč, obnovljivi viri (bioplin iz biomase), ocena kakovosti voda, trajnostni postopki ravnanja z odpadki in ekološko procesno inženirstvo.



*Prof. dr. Albin Pintar, vodja Laboratorija za okoljske vede in inženirstvo*

Opravlja tudi medlaboratorijska preskušanja za slovenske in tuje laboratorije, ki izvajajo monitoring odpadnih voda in odpadkov ter svetujejo pri reševanju problematike odpadnih voda, gošč in odpadkov, ki nastajajo v proizvodnji. Izdelujejo presoje vplivov na okolje (PVO), ocene odpadkov in druge ekspertize s področja varstva okolja (po pooblastilu Ministrstva za okolje in prostor Republike Slovenije).

Znanstvenoraziskovalno delo poteka v okviru temeljnega raziskovalnega programa in več nacionalnih in mednarodnih projektov. Pomemben delež raziskovalnega dela opravljajo mladi raziskovalci v okviru njihovega doktorskega in podoktorskega študija. Poleg programskega in projektne raziskovalnega dela strokovnja-

ki Laboratorija za okoljske vede in inženirstvo izvajajo tudi pogodbeno delo za industrijske in druge partnerje. To delo vključuje načrtovanje, dimenzioniranje, prilagoditev in optimizacijo različnih tehnoloških procesov oziroma posameznih procesnih faz. Na ta način že vrsto let uspešno sodelujejo z več velikimi, srednjimi in tudi malimi podjetji ter vladnimi, akademskimi in drugimi institucijami doma in v tujini. Plod nedavnega uspešnega sodelovanja s slovenskim gospodarstvom (podjetjem HTZ Velenje, I. P., d. o. o.) je tudi razvoj nanofiltrskega vložka v športni plastenki, ki omogoča pripravo pitne vode iz vodnih virov v naravi ali iz rizičnih vodovodnih sistemov.

Laboratorij za okoljske vede in inženirstvo v okviru centra odličnosti

Nizkoogljične tehnologije (CO NOT), katerega član je, intenzivno razvija heterogeno katalizirane procese za čisto produkcijo vodika kot zelenega goriva prihodnosti, med drugim tudi t. i. proces suhega preoblikovanja metana. Z njim je mogoče bodisi iz zraka učinkovito odstranjevati presežne množine ogljikovega dioksida in metana (ki povzročata toplogredne učinke) bodisi bioplin, ki ga pridobimo z anaerobnimi biološkimi postopki iz različnih substratov (biomasa, organsko onesnažene odpadne vode, odpadki itd.), pretvarjati v sintezni plin (mešanica vodika in ogljikovega monoksida) in naprej v sintetična goriva. Sodelavci laboratorija prav tako preučujejo možnosti, kako z uporabo sončne energije, baterij in intenzifikacijo procesov še izboljšati energetsko učinkovitost produkcije bioplina.



*Hibridni membranski biološki reaktor za čiščenje pitne vode, onesnažene z nitratnimi ioni*

Za mnoge bo verjetno zelo zanimiv izum, ki je nedavno nastal v Laboratoriju za okoljske vede in inženirstvo in ga bodo kot partner še nadgrajevali v okviru kompetenčnega centra Trajnostno in inovativno gradbeništvo (KC TIGR), ki je pričel z delom januarja letos in se bo ukvarjal z razvojem stavb prihodnosti. Strokovnjaki laboratorija so razvili večfunkcijski kompaktni splakovalnik,

da bodisi v podometni bodisi v nadometni izvedenki omogoča vgradnjo tudi v obstoječe zgradbe. Ker so v pilotni sistem, postavljen na Kemijskem inštitutu, vgrajeni

ki omogoča zbiranje odpadne sanitarne vode (po kopanju ali tuširanju) v posamični stanovanjski enoti, njeno obdelavo z biološkim čiščenjem in UV-dezinfekcijo ter ponovno uporabo vode za splakovanje WC-školjke. Splakovalnik, ki lahko deluje tudi kot klasični kotliček, je z vidika uporabnosti zelo zanimiv zaradi tega, ker je oblikovan tako,

samo elementi, ki so plod domačega znanja, se pri prenosu izuma na trg odpirajo poslovne možnosti številnim slovenskim obrtnikom in podjetnikom.

V Laboratoriju za okoljske vede in inženirstvo vabijo vse tiste, ki jih zanima njihovo delo, strokovna pomoč ali komercializacija rezultatov raziskav, da se za sodelovanje z njimi obrnejo na Odbor za znanost in tehnologijo pri OZS ali direktno na njihov naslov. Z veseljem so se pripravljene odzvati z nadaljnimi informacijami in podrobnostmi, možni pa so tudi ogledi njihovih raziskovalnih laboratorijev.

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



*Športna plastenka za pripravo vode*

## 7. Nanotehnoški dan

Odbor za znanost in tehnologijo pri OZS organizira že 7. Nanotehnoški dan, ki bo v petek, 18. marca 2011, tokrat v Grand hotelu Primus na Ptuj. Partnerji dogodka bodo: MVZT, MO Ptuj, OZS, ŠC Ptuj in drugi.

Predavali bodo: dr. Barbara Simončič, Univerza v Ljubljani, dr. Iztok Kramberger, Univerza v Mariboru, dr. Maja Remškar, Institut Jožef Stefan, prof. Brigita Rožič, Institut Jožef Stefan, dr. Danijel Rebolj, Univerza v Mariboru

Teme Nanotehnoškega dne bodo zajemale: nanotehnologije v gradbeništvu in sodobni arhitekturi, bionika in nanotehnologija, nanoelektrokatalitiki: nanomateriali za aplikacijo v hladilnih in grelnih napravah nove generacije, nanomaziva in varnost nanotehnologij, biomimetične – pametne – tekstilije. Prijave lahko pošljete na e-naslov: janez.skrlec@siol.net ali na GSM 040 309 380. Natančen dnevni red bo na spletni strani OZS.

Po Nanotehnoškem dnevu na-



črtujemo okroglo mizo na temo: Nacionalni program visokega šolstva 2010–2020, Raziskovalna inovacijska strategija Slovenije 2010–2020 ter pomen ustanavljanja politehnik. Dogodek bo izjemno pomemben za OZS, MO Ptuj, ŠC Ptuj, saj bodo gostje iz MVZT in izobraževalnih inštitucij ter gospodarstva.

# NUMIP – uspešno podjetje, ki trži storitve na jedrskih in drugih objektih v najbolj razvitih državah sveta

Podjetje NUMIP, d. o. o., s sedežem v Ljubljani je relativno mlada in uspešna organizacija na področju vzdrževanja, servisiranja, montiranja in preseljevanja jedrskih in drugih energetskega naprav, strojev in drugih večjih postrojenj v različnih procesnih dejavnostih in tudi na drugih zahtevnih področjih. Delno to področje v smislu pisane besede pokriva tudi revija Ventil. Podjetje zelo veliko vlaga v razvoj novih storitev, v pridobitev in izobraževanje novih kadrov, razvoj novih produktov in iskanje novih trgov. In vse to je bil razlog, da smo v imenu bralcev revije Ventil prosili direktorja in lastnika podjetja g. Stanislava Zorka, univ. dipl. inž. strojništva in evropskega varilnega inženirja (EWE), za kratek intervju. Na naša vprašanja nam je prijazno odgovoril

**Ventil:** Prosim, da na kratko predstavite vaše podjetje, njegovo zgodovino, dejavnost, število zaposlenih, vaše trge, kupce in podobno.

**S. Zorko:** NUMIP, d. o. o., je bil ustanovljen l. 1996. Po osamosvojitvi Slovenije je na širšem območju Krškega propadlo veliko dobrih podjetij z vrhunskimi strojniškimi strokovnjaki.

Dela za te strokovnjake pa je bilo veliko. Iz povedanega je bilo popolnoma naravno, da je bilo ustanovljeno podjetje z imenom NUMIP, ki je zaposlilo precejšnje število strokovnjakov iz Hidromontaže Maribor, SOP Krško, Kovinarske Krško, Metalne Maribor itd., ki so ostali brez ustrezne zaposlitve.

Tudi danes je v NUMIP-u v najpomembnejših poslovnih procesih zaposlenih veliko inženirjev strojništva, tehnikov z veliko prakse in drugih specialistov, ki so odgo-

vorni za zahtevna dela, kot so varjenje, vodenje projektov, vzdrževanje strojne opreme, zagotavljanje in kontrola kakovosti itd. Naši strokovnjaki so se specializirali za zahtevna dela v jedrskih elektrarnah in v drugih termoelektrarnah ter za dela v specializiranih procesnih industrijah, kot je farmacija, papirništvo in podobno. Trenutno je zaposlenih 64 magistrov, inženirjev, ekonomistov in visoko usposobljenih tehnikov, varilcev, cevarjev, vzdrževalcev. Na posameznih projektih, kot je remont v NE Krško, pa vodimo tudi do 450 ljudi iz partnerskih podjetij iz Slovenije, Hrvaške, BIH, ZDA in iz številnih drugih evropskih držav.

Izvajamo zahtevne vzdrževalne in montažne storitve v elektroenergetskih objektih, predvsem v jedrskih elektrarnah, v farmaciji, kemijski in procesni industriji. To so odjemalci, ki zahtevajo visoko raven znanja in izkušenj ter certificirane tehnologije, osebje in sisteme vodenja.

Naša najbolj zahtevna in najbolj obvladovana tehnologija je varjenje, ki je tudi najbolj regulirana s predpisi in



Stanislav, Zorko univ. dipl. inž., EWE, direktor Numip, d. o. o.

standardi. Imamo tudi svojo varilsko in cevovodno šolo, v kateri usposabljam mlade ljudi za zahtevna dela.

Posle obvladujemo s projektnim vodenjem, največ projektov prevzamemo na ključ.

Storitve izvajamo na različnih trgih v Sloveniji, ZDA in v številnih državah Evropske skupnosti. Največje stranke v Sloveniji so NE Krško, Krka Novo mesto in TE Brestanica, izven Slovenije pa Westinghouse Electric Company, General Electric - Hitachi, AREVA NP.

**Ventil:** Dejavnost vašega podjetja je povezana predvsem z vzdrževanjem v zahtevnih energetskih objektih. Še posebej ste usposobljeni za delo v jedrskih elektrarnah. Verjetno imate za ta dela usposobljeno osebje, akreditirane postopke, verificirano opremo. Pojasnite, prosim, katere postopke imate akreditirane in od katerih institucij (domaćih in tujih)?

**S. Zorko:** Za dela na jedrskih objektih je treba vsako organizacijo predhodno oceniti, če je sposobna izpolniti predpisane zahteve. Presoja opravi državna institucija, ki mora biti neodvisna od podjetja in od naročnika, to je od jedrske elektrarne. Presoja sposobnosti temelji na sistemu ocenjevanja po predpisih in standardih in sega od splošnega zagotavljanja kakovosti pa vse do specifičnih varnostnih, tehničnih in kakovostnih zahtev.

Predpogoj za uspešno kvalifikacijo so vzpostavljeni sistemi vodenja, ki so združeni in medsebojno usklajeni, predstavljajo pa neločljiv del vodenja organizacije.

V NUMIP-u imamo integrirani sistem vodenja, ki obsega:

- certificirani sistem vodenja kakovosti po SIST EN ISO 9001:2008,
- certificirani sistem vodenja ravnanja z okoljem, usklajen po SIST EN ISO 14001:2005,



Odpiranje/zapiranje reaktorja – reaktorska stavba – NE Krško

- sistem vodenja zdravja in varnosti pri delu OHSAS 18001:2007,
- certificirani sistem vodenja radiološke zaščite po specifikaciji CEFRI/SPE-E-0400 za dela v francoskih jedrskih elektrarnah,
- certificirano usposobljenost za vgraditev in vzdrževanje Ex-opreme po SIST EN 1127-1,
- certificirani sistem zagotavljanja kakovosti pri varjenju po SIST EN ISO 3834-2:2006,
- usklajenost z zahtevami 10CFR50 Appendix B, Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants,
- usklajenost z zahtevami ASME NQA-1-2008, Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Applications,
- usklajenost s standardom IAEA GS-R-3, The Management System for Facilities and Activities,
- usklajenost s standardom SIST ISO 10006:2004, Smernice za vodenje kakovosti projektov.

Vsak sistem vodenja določa specifične zahteve usposobljenosti osebja, postopkov, verifikacije opreme. Ključne

kvalifikacije, ki jih obvladujemo na področju jedrske industrije, so:

- kvalifikacije projektnih vodij pri IPMA (CSPM),
- kvalifikacije QA-osebja (po EOQ, ANSI/ASME N45.2.23),
- kvalifikacije varilnega osebja (IWE, EWE, EWT..., varilci EN 287-1 ali ASME),
- kvalifikacije QC-osebja (NDE: VT; RT; PT; UT; VT; LT po EN-473 ali ASME CP 189, in SNTC 1A),
- kvalificirani specialisti po področjih: reaktor (PWR in BWR), ventili, primarne črpalke, HVAC, dvigala in dvižna oprema itd.

Poleg tega ima naše hčerinsko podjetje Q Techna pri Slovenski akreditaciji akreditirane postopke za različna področja dejavnosti.

Postopki so akreditirani po sledečih standardih:

- SIST EN ISO/IEC 17025:2005 – preskusni laboratorij, akreditiran za področje neporušitvenih preiskav zvarnih spojev, metode: VT, RT, PT, UT, MT, LT;
- SIST EN ISO/IEC 17020:2004 – kontrolni organ, akreditiran za kontrolo opreme pod tlakom, kontrolo premičnih cistern za prevoz nevarnega blaga;
- SIST EN ISO/IEC 17024:2004 – organ, akreditiran za področje certificiranja varilcev/operaterjev varjenja, varilnih postopkov.

**Ventil:** Mnogim podjetjem in tudi posameznikom je zelo pogosto odveč uvajanje sistemov za zagotavljanje kakovosti po raznih standardih. Ko pa so ti uvedeni, se je pogosto zelo težko ravnati in delovati po njihovih pravilih. Kako vam to uspeva in kako vam je zaposlene uspelo prepričati, da delujejo v skladu s standardi?

**S. Zorko:** NUMIP izvaja storitve na objektih, kjer sta kakovost dela in s

tem povezana varnost zahteva in potreba z osebnega vidika, z vidika podjetja, lokalnega, državnega in celo mednarodnega vidika. In prav zaradi tega morajo zaposleni v NUMIP-u tako delovati in tudi tako razmišljati. Vse pomembnejše so tudi zahteve po varnem in zdravem opravljanju storitev. Tudi okoljevarstveni vidiki postajajo vse bolj prisotni v pogodbenih zahtevah in tehničnih specifikacijah. V tujini so to vsakdanje in običajne zahteve, v Sloveniji, razen NE Krško, pa so še vse premalo prepoznane.

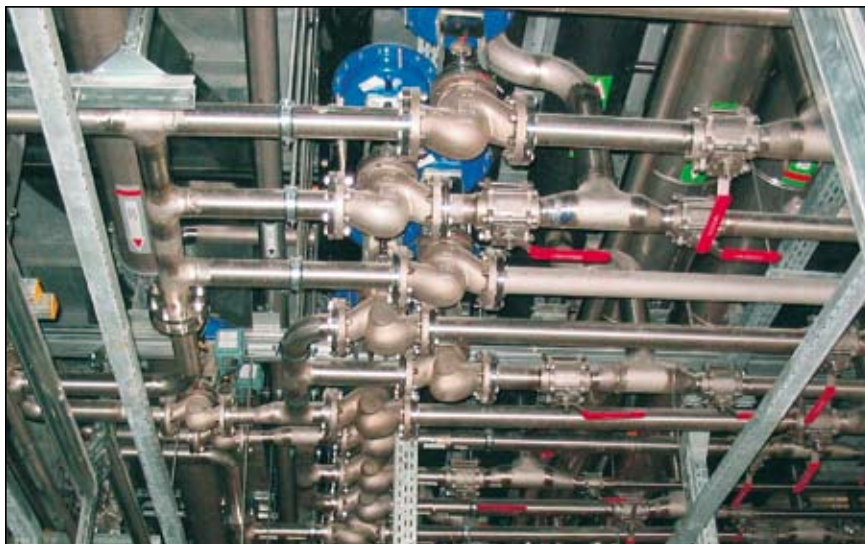
Torej moramo pri naših storitvah, predvsem na jedrskem področju, slediti verificiranim postopkom in pravilom tako pri pripravi na projekte kot pri njihovem izvajanju. Če tega ne počnemo, storitev preprosto ne moremo izvajati, saj nam to preprečujejo varovalke v našem sistemu vodenja, poleg tega pa nam naročniki preko svojih in neodvisnih nadzornih institucij projektov ne bi prevzeli oziroma bi nam že med izvedbo ustavili dela. Vse osebe se usposablja v poznavanju postopkov in predvsem izvajanju storitev po teh postopkih. Učimo jih, da ni pomembno samo doseči cilj, ampak je zelo pomembna tudi pot, po kateri do njega pridemo.

**Ventil:** *Živimo v kriznih časih, v gospodarski krizi in recesiji. Kako vaše podjetje preživlja ta čas, kako se otepite recesije in kaj je vaš nasvet za izhod iz gospodarske krize?*

**S. Zorko:** Po svetu so že vidna znamenja okrevanja gospodarstva, pri nas pa je še vedno zelo malo investicij in obsežnejših vzdrževalnih projektov. Brez tujine bi težko preživeli, smo pa prepričani, da bo za naše podjetje iskanje in opravljanje določenih del v tujini tudi v prihodnje najpomembnejše.

V Sloveniji je problematičen predvsem gradbeni sektor, ki s svojim načinom poslovanja nekako kroji poslovno kulturo na področju investicij. Ne vidimo rešitev v preveliki neposredni pomoči države slabim podjetjem, lahko pa izjemno pomaga posredno.

Država nam predvsem lahko pomaga z ustreznimi kadri preko kakovostne-



Montaža glikolskih sistemov na Sintezi IV, Krka Novo mesto

ga srednjega in visokega šolstva ter z davčno razbremenitvijo izvozno usmerjenih podjetij. Pri šolstvu mislim predvsem na znanje jezikov. Nerazumljivo je, da na tehničnih fakultetah v vsakem letniku ni vsaj nekaj predavanj v tujih jezikih. V Indiji, skandinavskih državah in v mnogih drugih, ki so bistveno večje kot Slovenija, pa boste težko našli mladega inženirja, ki ne obvlada angleškega jezika.

Študente je potrebno pripravljati na dejstvo, da je Slovenija premajhen trg in da bo potrebno občasno zapuščati domača zavetja ter se dokazovati v globalnem gospodarstvu. V domačem okolju bi bila dobrodošla čimprejšnja odločitev za JEK 2, kjer bi lahko ustrezno pripravljena in organizirana slovenska podjetja veliko pridobila, tako v smislu izkušenj in novih znanj kot komercialno. Tako je razbrati iz predstavitev GEN Energije in potencialnih ponudnikov nove enote. O obsegu in načinu vključevanja slovenskih podjetij v gradnjo TEŠ 6 nimamo razpoložljivih informacij.

**Ventil:** *Vse razvite države v svetu, Evropska skupnost in tudi Slovenija namenjajo kar nekaj denarja za raziskave in razvoj oziroma za sofinanciranje raziskovalnih in razvojnih 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 razvojnoraziskovalnega dela?*

**S. Zorko:** Glede na obstoječe strateške usmeritve je razvoj v podjetju NUMIP v največji meri usmerjen v nove storitve, nenehno izboljševanje obstoječih storitev, razvoj poslov na novih trgih ter širjenje le-teh na obstoječih trgih. V tipičnih raziskovalnih projektih zaenkrat nismo sodelovali. Vanje se večkrat vključuje naše hčerinsko podjetje Q Techna, Inštitut za zagotavljanje in kontrolo kakovosti, ki ima tudi registrirano raziskovalno skupino.

Sicer spremljamo evropske razpise, vendar je običajno vložek, potreben za izdelavo prijave, zelo velik, verjetnost pridobitve sredstev pa sorazmerno majhna, tako da smo se doslej le redko prijavljali. Sodelovali smo v projektu Leonardo da Vinci, kjer smo skupaj s številnimi partnerji zasnovali program za kvalifikacijo evropskih specialistov vzdrževanja. Pred nekaj leti smo bili uspešni na domačih razpisih razvojnih projektov, ki so nam pomagali pri internacionalizaciji poslovanja in pri povezovanju partnerskih podjetij na kompleksnih projektih.

Pridobljena sredstva so bila učinkovito uporabljena, dosežena je bila tudi pričakovana tržna realizacija. Lani smo podprli prijavo na razpis za razvojne centre v gospodarstvu. Na splošno menimo, da bi bilo potrebno obstoječi način sofinanciranja razvojnoraziskovalnega dela bolj selektivno opreti na ključne strateške razvojne usmeritve slovenskega gospodarstva.



Seveda bi bilo te treba jasno opredeliti. Nadalje bi se moral sistem financiranja bolj osredotočiti na doseganje tržnih učinkov, predvsem na tujih trgih, saj je slovenski prostor za prebojne projekte premajhen. Slovensko gospodarstvo lahko izvlečejo iz krize le izvozno usmerjena podjetja, zato bi bilo ta, kakor tudi sodelujoče institucije, potrebno podpreti v največji možni meri.

**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?*

**S. Zorko:** V okviru sodelovanja z univerzitetno sfero sprejemamo študente na obvezno prakso, usmerjamo diplomske naloge in pri njih sodelujemo, naši strokovnjaki občasno nastopajo kot gostujoči predavatelji.

Na projektih v jedrski energetiki smo že nekajkrat sodelovali z vrhunskimi strokovnjaki s področja nosilnih jeklenih konstrukcij Fakultete za strojništvo v Ljubljani. V prihodnosti nameravamo sodelovanje razširiti na projektih za naročnike v tujih jedrskih elektrarnah, ki jih pridobivamo.

Fakultetam smo že ponujali možnost občasne uporabe naših kapacitet v izobraževalne namene, tako laboratorija za neporušne preiskave kot varilske šole, vključno s simulatorjem varjenja, ki je zelo verjetno edini v Sloveniji. Presenetljivo je, da doslej ni bilo resnega odziva.

**Ventil:** *V razvitem svetu so znani primeri, da uspešna podjetja del raziskav prenesejo na univerzo, kamor podjetje za določen čas vključi enega ali celo več svojih raziskovalcev, ki skupaj z raziskovalci z univerze ali fakultete raziskujejo probleme za podjetje. Ali bi, po vašem mnenju, takšna oblika sodelovanja pri nas lahko zaživela? Ali bi bila taka oblika dela za vaše podjetje sprejemljiva?*

**S. Zorko:** Ne vidimo razlogov, da taka oblika pri nas ne bi mogla zaživeti. Vsekakor pa pri tem pričakujemo bistveno bolj aktivno vlogo fakultet. Pri tem imamo v mislih večjo



*Konstruktivno navarjanje tlačnika ( AREVA – NUMIP ) – NE Krško*

osredotočenost na potrebe gospodarstva, aktivno iskanje priložnosti za sodelovanje ter pripravo vzpodbudnega okolja. Glede na naše usmeritve v prihodnosti vidimo kar nekaj možnosti za takšno sodelovanje, predvsem na konkretnih projektih za tujino, pri katerih bomo morali sproti dopolnjevati manjkajoča znanja in kompetence.

**Ventil:** *Koliko inženirjev s tehničnega področja je zaposlenih v vašem podjetju in koliko ste jih zaposlili v zadnjem letu? Kakšen profil inženirja v vašem podjetju potrebujete, kakšnega si želite in kakšne pravzaprav dobite na trgu? Ali imate zaposlene doktorje znanosti?*

**S. Zorko:** V podjetju NUMIP je trenutno zaposlenih 20 inženirjev strojništva, od tega osem diplomiranih inženirjev, pet univerzitetnih diplomiranih inženirjev in en magister znanosti. Gre za visoko usposobljene kadre, specializirane za obvladovanje zahtevnih vzdrževalnih in montažnih projektov.

Za potrebe širjenja storitev na domačih in tujih trgih in zaradi zamenjave generacij v NUMIP-u posvečamo zelo veliko pozornosti vodenju kadrovske politike. V obdobju zadnjih treh let smo zaposlili 28 oseb. Zaposluje predvsem mlade kadre, VI. in VII. stopnje izobrazbe

strojne smeri. Pri novozaposlenih so zaželeno določene delovne izkušnje v stroki, še bolj pomembna pa je njihova pripravljenost za nadaljnje izobraževanje oz. strokovno izpopolnjevanje. Dejstvo je, da za storitve, ki jih izvajamo na področju jedrske energetike doma in v tujini, primernih, že »izdelanih« kadrov v Sloveniji praktično ni. To pomeni, da moramo nove kadre usposobiti sami z internimi in eksternimi programi.

Glede zaposlovanja doktorjev znanosti: v NUMIP-u sta dve osebi vpisani na doktorski študij, en doktor znanosti pa je zaposlen v naši hčerinski firmi Q Techna.

**Ventil:** *Samo slovenski trg je za vsako uspešno podjetje premajhen. Kje so vaši trgi in kupci? Ali osvajate trge tudi v tujini? Kako prepričate tuja podjetja, da so vaše usluge kakovostne in da vam lahko zaupajo?*

**S. Zorko:** Nekaj v tej zvezi smo navedli že prej. Zahtevne storitve, kot so storitve na jedrskem področju, je izven Slovenije, v ZDA in EU, izjemno težko tržiti. Prisotni so sindikati, podvrženi smo različnim varnostnim preverjanjem, omejitvam pri pridobivanju delovnih dovoljenj itd. Te storitve lahko izvajajo inženirji in tehniki, ki so dinamični v vseh pogledih. Usposabljanja doma in v tujini



Zamenjava glave nuklearnega reaktorja, ekipa Westinghouse – Numip pred novo glavo reaktorja, Nuclear PP, Palo Verde, ARIZONA

za delo v ZDA npr. trajajo od nekaj mesecev do nekaj let.

Zanimivo je, da trenutno lažje pridobimo posle v ZDA kot v drugih državah EU, ne glede na deklarativno enoten evropski trg.

Pridobljena znanja, spretnosti in izkušnje s pridom uporabljamo tudi v NE Krško, kjer je bi bilo samo s prisotnostjo na remontih vsakih 18 mesecev praktično nemogoče vzdrževati ustrezno raven kompetenc in usposabljanja nove kadre.

Začetek je bil težak, reference smo dobili na NE Krško, sedaj pa s storitvami na ameriškem in evropskem trgu sodelujemo že z večino glavnih svetovnih igralcev v jedrski energetiki. Seveda pa je rast obsega tovrstnih storitev proces, ki zahteva čas in ima svoje naravne omejitve.

V slovenskem prostoru je ena od njih izrazita nemobilnost ljudi, vsaj kar se izvajanja poslova tiče.

Naročnike uspemo prepričati za sodelovanje izključno z visoko kakovostjo in konkurenčnimi cenami. Izkazalo se je, da nam je to doslej uspevalo in da so bile povratne informacije zelo dobre.

**Ventil:** V današnjem času brez inovacij, patentov in izboljšav dolgoročno ne more preživeti nobeno podjetje, ki izdeluje za trg končne uporabne izdelke. Kako vi vodite to področje, kako motivirate zaposlene in koliko inovacij se v vašem podjetju rodi v enem letu?

**S. Zorko:** Tipičnih produktivnih inovacij in patentov pri nas nimamo. Se pa intenzivno ukvarjamo z nenehnimi izboljšavami v celotni paleti storitev. Področje imamo sicer sistematično urejeno, se pa zavedamo, da bi bilo potrebno bistveno izboljšati število

oz. obseg prispevkov vsakega zaposlenega. Prav gotovo pa lahko naši zaposleni predlagajo različne izboljšave, poenostavitve in tudi inovacije na storitvah, tehnologijah in raznih drugih tehnoloških procesih ter postopkih, ki jih izvajamo v različnih podjetjih doma in v svetu

**Ventil:** Glede na to, da ste močno prisotni pri vzdrževalnih delih v jedrskih elektrarnah doma in v tujini, kjer so potrebna specifična znanja, kako jih vi osvajate oziroma kako izobražujete svoje zaposlene za zelo zahtevna in specifična dela?

**S. Zorko:** Trg za storitve vzdrževanja in vgradnje novih sistemov je v Sloveniji z eno samo JE izjemno omejen. Dejstvo je, da so pogoji, načini dela in zahteve v tovrstni industriji nepriemerljivi z onimi v konvencionalni energetiki. Remonti v NEK so na vsakih 18 mesecev, kar domače specializirane izvajalce postavlja v zelo specifičen položaj.

Tako je za dolgoročno ohranjanje in nenehno izpopolnjevanje kompetenc zaposlenih nujno potrebno pridobivati in izvajati posle tudi v tujih jedrskih elektrarnah. Na ta način se krepijo praktična in organizacijska znanja ter prenašajo dobre prakse iz tujine.

V ta namen imamo v podjetju razvite programe izobraževanja in usposabljanja, ki poleg izhodiščne izobrazbe, pridobljene na srednjih šolah in fakultetah, zagotavljajo potrebna



Varjenje priključka pri zamenjavi izločevalnikov vlage iz pare – NE Krško

specifična znanja za delo v NEK in v tujih JE. Pomemben del so tečaji v okviru Izobraževalnega centra za jedrsko energijo pri Institutu Jožef Stefan v Ljubljani, udeležujemo se različnih specifičnih seminarjev doma in v tujini, velik poudarek dajemo specialističnim tehnološkim znanjem ter projektnemu vodenju.

Glede na specifikko v NEK smo skupaj z njihovimi strokovnjaki razvili zelo uspešna usposabljanja, še posebej za

delo v remontih. Pri tem se uporabljajo posebej izdelane makete, razna oprema in komponente.

Pred napotitvami na delo v tujino gredo naši zaposleni na usposabljanja v specializirane centre tujih naročnikov v ZDA, kjer pridobijo potrebne kvalifikacije. V podjetju pa poskrbimo za predhodna interna usposabljanja, ki med drugim pripravijo slušatelje na zahtevne izpite, ki so predpogoj za vstop v tuje jedrske elektrarne.

V okviru vseh usposabljanj je rdeča nit varnostna kultura, za tujino pa tudi angleški jezik, ki je predpogoj za kakršno koli delo.

*Zahvaljujemo se vam za vaše izčrpne odgovore in vam tudi v prihodnje želimo veliko poslovnih uspehov.*

*Prof. dr. Janez Tušek  
Fakulteta za strojništvo Ljubljana*

## z znanjem, profesionalnostjo in kakovostjo gradimo dolgoročna partnerstva



**smo zanesljiv partner za  
izvajanje najzahtevnejših projektov  
v jedrski energetiki,  
konvecionalni energetiki  
in procesni industriji**



**numip**

**www.numip.si**

# Spajanje kablov, konektorjev in drugih električnih elementov v trajno zvezo

Janez TUŠEK, Tadej MUHIČ, Marko HRŽENJAK, Ladislav KOSEC

**Povzetek:** V članku je prikazanih nekaj osnov spajanja (varjenje, spajkanje) različnih električnih elementov po več različnih postopkih in nekaj praktičnih primerov elementov, ki jih spajamo in spojene uporabljamo v elektrotehniko. V prvem delu je predstavljen problem, podan je pregled literature s tega področja in prikazani so najpogosteje uporabljani postopki spajanja električnih elementov v trajno zvezo. Osrednji del članka je posvečen spajanju električnih komponent s poudarkom na uporovnem, ultrazvočnem, laserskem, mehanskem in hibridnem varjenju ter spajkanju. Shematsko je prikazana oprema za ultrazvočno varjenje, za različna uporovna varjenja in opisane so tehnologije, ki jih uporabljamo pri teh načinih varjenja. Narejenih in prikazanih je nekaj makroobrusov spojev, izdelanih po različnih postopkih. Na koncu članka so podani zaključki, ugotovitve in nekatere smernice za nadaljnje raziskovalno delo na tem področju.

**Gljučne besede:** električni elementi, varjenje, hibridno varjenje, spajkanje, laser, ultrazvok

## ■ 1 Uvod

Spajanje najrazličnejših električnih elementov v trajno zvezo z dobro električno prevodnostjo in pogosto z dobro trdnostjo je potreba na širokem tehničnem področju. Električni elementi so izdelani iz različnih materialov, oblik, dimenzij in se uporabljajo za različne namene. Razlikujejo se predvsem glede na namen uporabe in električno moč, ki jo morajo prenašati. Najpogosteje so izdelani iz bakra, pogosto iz medu in redkeje iz srebra ali drugih zlitin. Pogosto pa so

električni elementi prevlečeni z drugo kovino, kar sicer olajša električni kontakt in električno prevodnost, zelo pogosto pa oteži spajanje v trajno zvezo z varjenjem. Izjema je le spajkanje, kjer prevleka deluje kot spajka. V nekaterih primerih ti spojeni elementi prevajajo le električni tok, v drugih pa morajo prenašati tudi mehansko silo. Pogosto se dogodi, da spoj »popusti« in slabo prevaja električni tok, kar pomeni, da se poveča električna upornost, da se spoj greje in poveča izguba električne energije. Lahko pride celo do iskrenja, do porušitve spoja in prekinitve prenosa energije ali pa zaradi isker celo do vžiga snovi v bližini spoja. Zelo pogosta zahteva za te spoje je tudi korozijska odpornost v različnih bolj ali manj agresivnih medijih.

Električne elemente v splošnem lahko povežemo z vijačno zvezo, lahko jih spojimo z mehansko silo s preoblikovanjem v toplem ali hladnem, lahko jih spajkamo ali varimo. Če želimo

imeti zanesljiv in dolgotrajen spoj z minimalno maso in minimalnimi dimenzijami, ga moramo zvariti ali spajkati.

## ■ 2 Opis problema

Spajanje elementov predstavlja v elektrotehniko zelo zahtevno tehnologijo. Vsak spoj, preko katerega se prevaja električni tok, lahko predstavlja šibko točko v sistemu. Prav zato je pomembno, da so spoji izdelani brez napak in ne smejo predstavljati dodatnega upora v električnem tokokrogu. Pogosto pa spoj prenaša tudi mehansko obremenitev, ki je lahko statična ali dinamična z različno amplitudo in različno frekvenco.

Pri spajanju električnih elementov v splošnem predstavlja poseben problem varivost materialov. Večina materialov, iz katerih izdelujemo električne elemente, ima slabo varivost. Dodatno težavo pri izvedbi tehnologije spajanja pa lahko pred-

Prof. dr. Janez Tušek, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; Tadej Muhič, univ. dipl. inž., Marko Hrženjak, univ. dipl. inž., oba TKC, d. o. o., Ljubljana, prof. dr. Ladislav Kosec, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta



**Slika 1.** Prikaz nekaterih električnih elementov, ki so spojeni z različnimi postopki: **1** – lasersko varjeni spoji, **2** – elektroporovno zvarjeni žici z drugim elementom, **3** – elementi, spojeni s hibridnim postopkom (kompaktiranje), **4** – ultrazvočno zvarjena elementa, **5** – ploščici, ki sta spajkani z električno upornovno energijo, **6** – spoj, izdelan z elektroporovnim varjenjem, **7** – zvarjeni spoji, izdelani z mehansko energijo

stavljajo različnost materialov, ki jih moramo variti, ali pa različnost oblik in dimenzij. Vse naštetu vpliva na pripravo tehnologije varjenja in posledično na kakovost izdelanega spoja. H kakovosti zvarjenega ali spajkanega spoja štejemo njegovo električno upornost, mehansko trdnost, korozijsko obstojnost in v mnogih primerih tudi videz.

Na *sliki 1* je prikazanih petnajst različnih spojev, ki povezujejo električne elemente v trajno zvezo. Z 1 so označeni električni elementi, ki so spojeni z laserskim žarkom. Z oznako 2 sta prikazani dve pletenci iz zelo tankih pokositrenih žic, ki sta uporovno privarjeni na ploščico. Elementa z oznako 3 sta varjena z mehansko silo in elektroporovno. Postopek imenujemo kompaktiranje. Z oznako 4 sta elementa spojena z ultrazvokom. Elektroporovno spajkano sta spojena elementa z oznako 5. Čisto elektroporovno varjenje je prikazano s primerom z oznako 6.

Očesna spojka in viličasti konektor sta z žicami spojena samo z mehansko silo, podobno kot jekleni in bakreni element, vsi so označeni s 7.

Vprašanje je, kateri postopek spajanja je za električne elemente najbolj primeren?

### ■ 3 Pregled postopkov spajanja električnih elementov

V praksi in iz literature so poznani številni postopki spajanja električnih elementov v trajno zvezo. Proizvajalci izbirajo postopke na osnovi različnih kriterijev. Pri izbiri vrste postopka za spajanje morajo biti vedno na prvem mestu zanesljivost izvajanja izbrane tehnologije, kakovost izdelanega spoja in ekonomičnost.

#### 3.1 Pregled literature

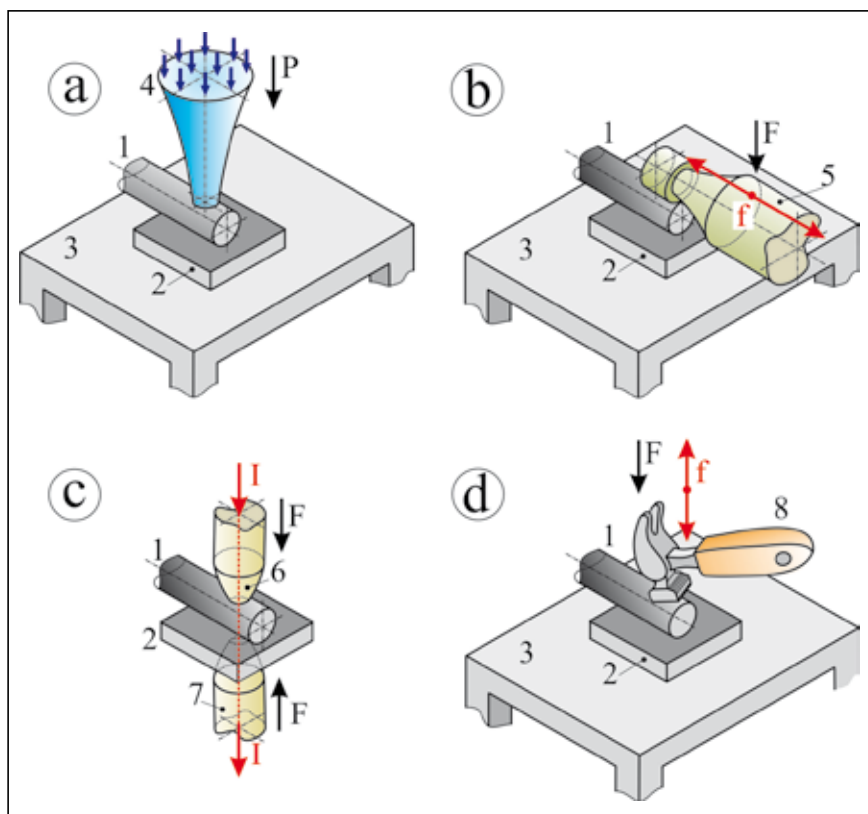
V literaturi lahko najdemo kar nekaj člankov, posvečenih obravnavani

problematiki. Nismo pa našli članka, ki bi analiziral in primerjal posamezne postopke spajanja električnih komponent s prikazi makroobrusov teh spojev. Obstajajo članki za posamezne varilne postopke ali postopke spajkanja. V nekaterih primerih pa so v člankih obravnavani tudi hibridni postopki spajanja električnih komponent. Med njimi je najbolj poznano »kompaktiranje«. Poznani so še drugi hibridni postopki, namenjeni predvsem varjenju izoliranih žic med seboj ali pa na različne druge elemente [15, 22, 36].

Pregled literature lahko razvrstimo po postopkih in tehnologijah spajanja. Nekaj objav opisuje mikrovarjenje in mikrosvajkanje v splošnem [1–3]. V zadnjem času je bilo objavljenih največ člankov o laserskem varjenju različnih električnih komponent [4–14]. Za lasersko varjenje raziskovalci v večini primerov uporabljajo laser Nd:YAG z valovno dolžino 1024 nm ali pa laserje s krajšo valovno dolžino. V vseh primerih se uporablja bliskovni laser s kratkimi ali z zelo kratkim pulzi. Uporabljajo pa se tudi diodni laserji. Nekateri raziskovalci so točkovne zvarne spoje, izdelane z laserskim žarkom, računalniško analizirali, uporabili znane enačbe za prenos toplote in izdelali model za porazdelitev toplote okoli vara in za samo velikost pretaljenega območja [6, 7]. Poleg varjenja z laserskim žarkom lahko v literaturi najdemo tudi članke o mikrovarjenju z elektronskim snopom. Prikazana je uporaba elektronskega snopa, ki ima v žarišču celo manjši premer kot laserski žarek [8].

Laser lahko uporabljamo za pritrjevanje tanjših elementov na zelo tanke pobakrene ali kako drugače prevlečene površine [6], za varjenje žic, ki so gole ali pa prevlečene z različnimi organskimi ali anorganskimi snovmi, in podobno [10, 11]. Nekateri za mikrovarjenje priporočajo uporabo laserskega žarka krajših valovnih dolžin in pulzne laserje z zelo kratkimi bliski [12–14].

Drugo večje področje, ki ga obravnava literatura, je uporovno varjenje [15–23]. Vsem navedenim člankom



**Slika 2.** Shematski prikaz štirih postopkov spajanja elementov za uporabo v elektrotehniki: **a** – lasersko varjenje, **b** – varjenje z ultrazvokom, **c** – elektroporovno varjenje, **d** – varjenje z mehansko energijo; **1** – električni kabel, **2** – ploščica (varjenec), **3** – varilna miza, **4** – laserski žarek, **5** – sonotroda, **6, 7** – elektrodi za uporovno varjenje, **8** – orodje za varjenje z mehansko energijo

je skupno to, da obravnavajo uporovno varjenje zelo tankih elementov: od žic, pletenic, čepov pa vse do tankih pločevin. Večina teh se uporablja v elektrotehniki. Zelo dober postopek za varjenje bakrenih žic, ki so prevlečene z neprevodnim materialom, je opisan v članku [15]. V članku [16] je obravnavano uporovno varjenje nikljevih žic premera 0,2–0,5 mm in žic iz kovarja enakega premera v članku [17] ter v člankih [20, 21] iz drugih materialov. Simulacija mikroporovnega varjenja je prikazana v članku [18]. Optimizacija mikroporovnega varjenja je popisna v literaturi [19, 24]. Posebne izvedbe uporovnega varjenja električnih elementov so opisane tudi v članku [22]. Nekatere težave, ki se lahko pojavijo pri mikroporovnem varjenju, so navedene v članku [23].

Tretji postopek, ki se pogosto uporablja za spajanje električnih elementov, je ultrazvočno varjenje, ki je v literaturi pogosto obravnavano. Ultrazvok je mehansko valovanje s fre-

kvenco nad 16 kHz. Za varjenje elementov v elektrotehniki se v literaturi najpogosteje priporoča frekvenca od 35 do 50 kHz. V nekaterih primerih se za mikrovarjenje uporabljajo frekvence ultrazvoka tudi do 1000 kHz [25]. V splošnem je v literaturi najpogosteje opisano ultrazvočno varjenje tankih žic ali pletenic na debelejših masivnih elementih [25–28].

Četrta večja skupina spajanja električnih komponent v trajno zvezo pa je spajkanje. V literaturi praktično ni mogoče najti strokovnih ali znanstvenih člankov na to temo. Najpogosteje so podani le praktični nasveti in uporabna priporočila za spajkanje električnih elementov v industriji [29–31].

Peti postopek, ki se pogosto uporablja v praksi, je mehansko varjenje. To je zelo množično uporabljan postopek, ki v literaturi ni strokovno ali znanstveno obravnavan. Nekaj splošnih opisov najdemo le na spletnih straneh [32–33].

Poleg postopkov, obravnavanih v navedeni literaturi, pa kar nekaj avtorjev opisuje tudi hibridno varjenje elementov za uporabo v elektrotehniki. Od teh je najbolj poznano kompaktiranje (glej sliko 1 – oznaka 3). Poznanih je več različnih izvedb, opisanih v literaturi [15, 35, 36].

### 3.2 Prikaz postopkov spajanja električnih elementov v trajno zvezo

Poznamo ločljive in neločljive zveze. Ločljive zveze so vijacne ali pa so izdelane na kakšen drug primeren način, da lahko kasneje dva elementa, če je potrebno, tudi razdvojimo brez porušitve. Neločljive zveze so zvarjene ali spajkane. V obeh primerih moramo spoj porušiti, če želimo elementa razdvojiti, zato so to neločljive ali nerazdružljive zveze. Zvarjene in spajkane spoje lahko izdelamo po različnih postopkih. Pri zvarjanju običajno ne uporabljamo dodatnega materiala in elementa zvarimo neposredno. Pri spajkanju pa uporabljamo spajko, ki je po navadi že pred procesom spajanja nanosena na en ali celo na oba električna elementa. Oba postopka sta zaradi velikoserijske proizvodnje najpogosteje delno ali v celoti avtomatizirana. V praksi najpogosteje uporabljamo štiri različne postopke varjenja, poleg varjenja pa še kombinirano ali hibridno varjenje in spajkanje. Na sliki 2 so shematsko prikazani vsi štirje postopki. Med seboj se razlikujejo predvsem glede na vrsto uporabljene energije in način izvedbe spajanja. Z »a« je označeno lasersko, z »b« ultrazvočno, s »c« elektroporovno varjenje in z »d« varjenje z mehansko energijo.

Poleg prikazanih in opisanih postopkov varjenja poznamo še hibridne postopke spajanja električnih elementov v neločljivo zvezo. Sem štejemo kompaktiranje; to je uporovno varjenje v kombinaciji s preoblikovanjem, lepljenje v kombinaciji z varjenjem, »zalitje« izdelanih kontaktov z umetno snovjo, lasersko pretaljevanje in mehansko stiskanje in še nekatere druge manj pomembne in redkeje uporabljene hibridne postopke.

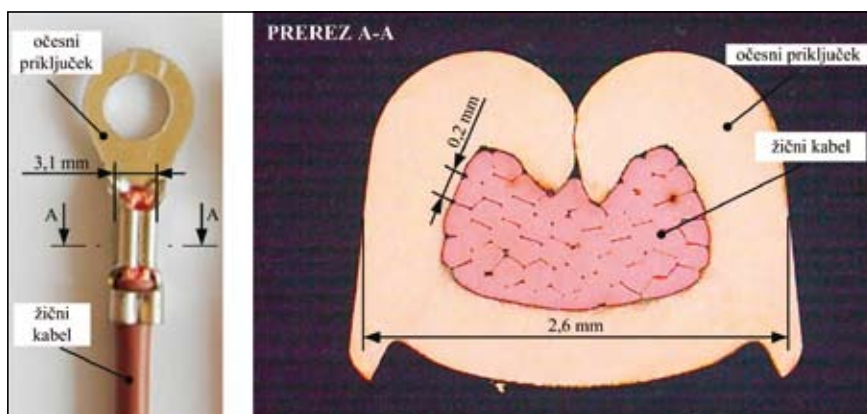
### 3.3 Varjenje električnih elementov z mehansko energijo

To je prav gotovo najstarejši način povezave elementov z električnimi kablji, žicami in drugimi deli v trajno zvezo. Postopek je dobro poznan. V vseh primerih moramo elemente pred varjenjem dobro očisti, pripraviti primerno obliko in uporabiti zadosti visoko mehansko silo. Postopek se uporablja predvsem za debelejšje kable in debelejšje druge elemente ter za materiale, ki se preprosto preoblikujejo in imajo dobro duktilnost. Med te materiale štejemo aluminij, baker, cink, med, svinec in druge.

Na sliki 1 imajo oznako 7 primeri električnega kabla, ki je zvarjen z mehansko silo z očesno sponko, kabel, spojen z viličastim konektorjem, in preprost električni zatič, ki je z mehansko silo zakovičen na ploščico. Na *sliki 2d* pa je varjenje z mehansko silo tudi shematično prikazano. Na *sliki 3* vidimo makroobrus izdelanega spoja z mehansko silo. Pri varjenju z mehansko silo lahko deformiramo le en element ali pa oba. S preoblikovanjem in z delovanjem mehanske sile lahko na meji spajanja pride do fizikalno-metalurških procesov, pri katerih se tvorijo nova zrna iz obeh materialov in s tem nastane med varjencema zelo dobra trajna zveza.

### 3.4 Ultrazvočno varjenje

Ultrazvok je mehansko valovanje in zato v splošnem štejemo ultrazvočno varjenje med varjenje z mehansko



**Slika 3.** Fotografski posnetek spoja, izdelanega z mehansko silo (levo) in (desno) makroobrus prereza tega spoja

energijo. Za varjenje z ultrazvokom uporabljamo posebno napravo, v kateri se elektromagnetno valovanje spremeni v mehansko. Osnovni princip ultrazvočnega varjenja kovinskih materialov je prikazan na sliki 2b. Najpomembnejši del naprave za ultrazvočno varjenje je sonotroda (*slika 4*), ki učinkuje z nihanjem in mehansko silo na varjenec. Sonotroda niha s frekvenco od 20 kHz do 50 kHz. V nekaterih primerih pa celo do 1000 kHz.

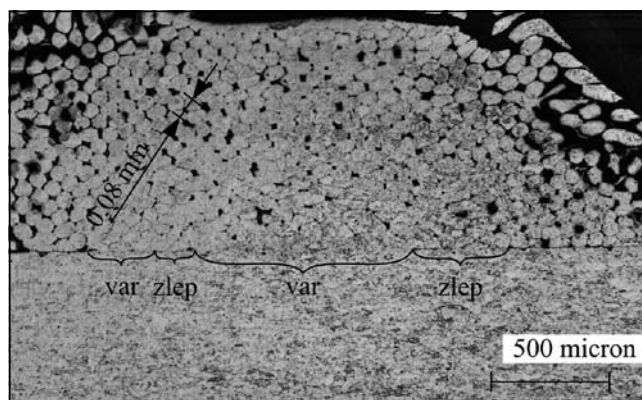
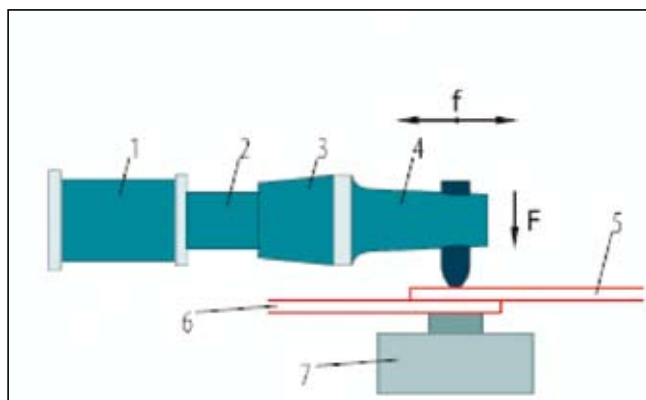
Princip ultrazvočnega varjenja temelji na mikrotrenju med varjencema, kar vodi do tvorbe čistega mehanskega spoja v mikropomenu. S trenjem med varjencema se na površini razkrojijo nečistoče in razpadejo oksidi. Kristalno zrno enega varjenca se med nihanjem vrine med dve kristalni zrna v drugem varjencu, kar vodi do tvorjenja trdnega spoja.

Ta postopek se predvsem priporoča za spajanje bakrenih pletenic z ma-

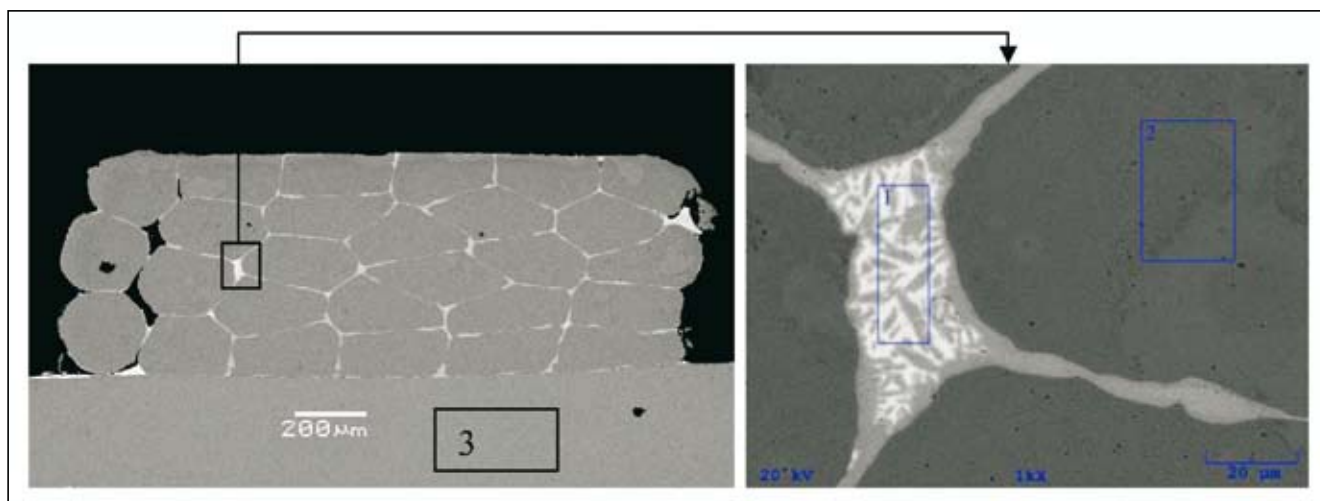
sivnim elementom in drugih manjših masivnih elementov med seboj iz enakih ali tudi iz različnih materialov. Na sliki 1 sta spoja, izdelana z ultrazvokom, označena s številko 4. Na sliki 4 (levo) pa je shematsko prikazana naprava za ultrazvočno varjenje kovinskih materialov. S slike vidimo, da sonotroda niha vzporedno z ravnino spajanja in da sila stiskanja deluje pravokotno na ravnino spajanja. Iz makrobrusa spoja (*slika 4 – desno*) vidimo, da je spoj zadovoljive kakovosti le na nekaterih mestih, da je stopnja razmešanja med varjencema izredno majhna, da okoli spoja ni prizadetega območja in da se na nekaterih mestih pojavi zlep.

### 3.5 Uporovno varjenje

Uporovno varjenje je termoelektrični proces, v katerem se razvije toplota, proizvedena na stiku dveh varjencov, skozi katera se prevaja električni tok. Čas prevajanja toka in sila stiskanja varjencov sta pomembna parametra.



**Slika 4.** Shematski prikaz naprave za ultrazvočno varjenje električnih elementov (levo): 1 – konverter, 2 – nosilni element, 3 – ojačevalnik, 4 – sonotroda, 5, 6 – varjenca, 7 – podstavek in (desno) makroobrus zvarnega spoja iz bakrenih žic in bakrene ploščice, izdelanega z ultrazvokom



**Slika 5.** Makroobrus spoja, varjenega elektrouporovno s kositrom prevlečenimi žicami in z elementom iz medi; **območje 1** ima sestavo: 45,32 % Cu in 54,68 % Sn, **območje 2:** 100 % Cu in **območje 3:** 63,95 % Cu, 36,05 % Zn.

Ime »uporovno« varjenje izhaja iz dejstva, da se zaradi električne upornosti varjencev in elektrod proizvede toplota, ki jo uporabimo za varjenje. Glede na obliko varjencev poznamo točkovno, bradavično, kolutno in sočelno varjenje. Kot vir toka uporabljamo klasični transformator, ki zagotavlja klasični izmenični varilni tok, ali pa kondenzatorski vir toka, ki proizvaja tokovne utripe. Možne pa so še nekatere druge izvedbe virov toka za uporovno varjenje. Elektrode za uporovno varjenje morajo prevajati visok električni tok, odvajati toploto, imeti zadosti visoko trdnost in zadosti visoko trdoto. Ne smejo se med varjenjem legirati z materialom varjenca, material varjencev pa se ne sme lepiti na elektrode. V praksi v večini primerov uporabljamo bakrene elektrode, ki so legirane s kromom, kadmijem, silicijem ali nikljem. Vedno pogosteje se uporabljajo elektrode iz volframa in aluminijevega oksida, izdelane s praškasto metalurgijo. Za varjenje bakra in bakrovih zlitin moramo uporabiti elektrode iz volframa, molibdena ali pa druge kovine z visokim tališčem in visoko trdnostjo ter trdoto. Na sliki 1 je uporovno zvarjeni spoj označen s številko 6. S številko 2 sta prikazana spoja, pri katerih so uporovno zavarjene prevlečene bakrene žice na podlago iz medi (glej sliko 5). Z oznako 5, na isti sliki, sta prikazana spajkana spoja, izdelana elektrouporovno.

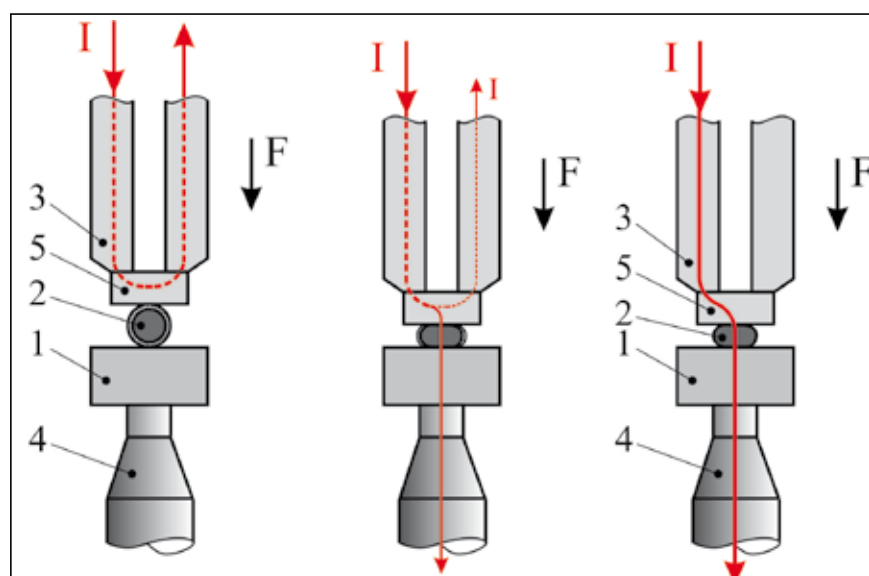
Na sliki 2c je shematsko prikazan princip uporovnega varjenja, na sliki

5 pa lahko vidimo makroobrus spoja z oznako 2 s slike 1. Na tem makroobrusu je narejena kemična analiza na območjih, označenih s številko 1, 2 in 3. Zgornji varjenec je izdelan iz tankih bakrenih žic, premera 0,2 mm, ki so pokositrene. Spodnji varjenec je iz medi. Kemična analiza posameznih območij je pokazala, da med varjenjem pride do razmešanja materialov. Predvsem se mešata kositer in baker. Na liniji spajanja obeh varjencev (žic s podlago iz medi) kositer izgine in pride celo do delne raztalitve spodnjega in zgornjega varjenca. Zato lahko ta postopek imenujemo varjenje in ne spajkanje. Kemična sestava na posameznih območjih je navedena v podnapisu k sliki 5.

Uporovno varjenje električnih elementov danes v praksi srečamo v različnih izvedbah. Na sliki 6 je prikazan princip varjenja izolirane žice na ravno ploščo. Žica je prevlečena z organskim električno neprevodnim materialom. V prvi fazi, slika 6a, teče električni tok samo skozi zgornjo elektrodo. Pri tem se ogreje del z oznako 5. S to toploto se odstrani prevleka na žici. S tem postane žica električno prevodna in tok teče preko žice v spodnjo elektrodo. Na ta način so ustvarjeni pogoji, da se žica z oznako 2 privari na ploščico z oznako 1.

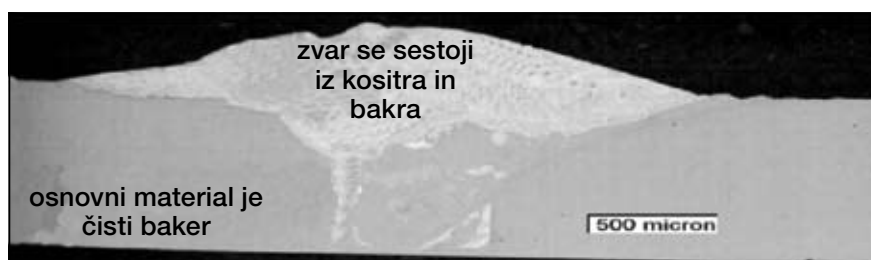
### 3.6 Lasersko varjenje

Uporaba laserja za spajanje elementov v elektrotehniko predstavlja novo



**Slika 6.** Princip uporovnega varjenja žic, prevlečenih z električno neprevodnim materialom: **1** – varjenec, **2** – izolirana žica, **3** – zgornja elektroda, **4** – spodnja elektroda, **5** – grelnik. **I** – varilni tok, **F** – mehanska sila stiskanja [15]





**Slika 7.** Makroobrus lasersko izdelanega spoja iz pokositrenih bakrenih žic s čistim bakrom

tehnologijo, ki omogoča rešitve, ki jih prej nismo poznali. Njegova prednost je predvsem v veliki natančnosti pri izdelavi spoja, v veliki hitrosti varjenja in v natančni kontroli dovajanja energije. V veliki meri pa ta tehnologija omogoča spajanje zelo različnih materialov, zelo različnih oblik in tudi za zelo različne namene.

Pomanjkljivosti laserskega varjenja sta dve. Prva je zelo visoka cena za opremo in za njeno vzdrževanje in druga velika zahtevnost tehnologije izdelave. Obe navedeni slabosti moramo pri izdelavi poslovnega načrta o uvedbi laserskega varjenja upoštevati in ju stroškovno ovrednotiti.

Na sliki 1 so spoji zvarjeni z laserjem, označeni s številko 1. Na *sliki 7* pa je prikazan makroobrus spoja, sestavljenega iz pokositrenih bakrenih žic s ploščico iz čistega bakra, ki je zvarjen z laserskim žarkom. Iz makrobrusa lahko ocenimo, da je kakovost spoja dobra, da v njem ni lunckerjev ali drugih vključkov in da je stopnja razmešanja relativno visoka.

### 3.7 Spajkanje

Spajkanje se od varjenja v marsičem razlikuje. Pri spajkanju je obvezna uporaba spajke, ki se med procesom tali, omoči oba spajkanca in se po spajkanju strdi in tvori trajno zvezo. Temperatura spajkanja je nižja kot temperatura varjenja, običajno nekaj deset stopinj nad tališčem spajke. To je delovna temperatura. Spajkanca se med procesom spajkanja ne talita, ampak se segrejeta le do delovne temperature. Spajke so običajno zlitine barvnih kovin.

Glede na temperaturo tališča spajke poznamo mehko, trdo in visokotemperaturno spajkanje. Mehke spajke se talijo pod temperaturo 450 °C, trde nad to temperaturo, visokotemperaturne pa imajo tališče nad 900 °C. Pri mehkem in trdem spajkanju obvezno uporabljamo tudi talila, ki topijo nečistoče in okside, znižajo spajki površinsko napetost, povečajo omočljivost spajke na spajkancu in povečajo tekoči spajki kapilarnost. Visokotemperaturno spajkanje izva-

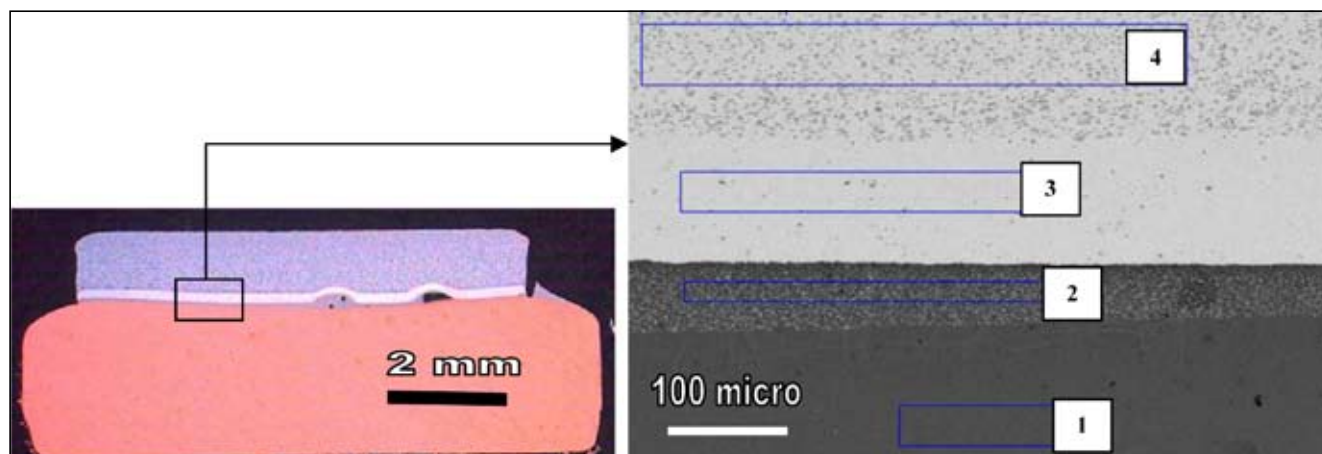
jamo z varilnim oblokom, s plazmo ali z laserjem v zaščitni atmosferi ali pa v pečeh, pretežno v vakuumu.

Električne elemente večinoma spajkamo elektroporovno. Običajno je en električni element prevlečen s spajko, ki se raztali zaradi upornosti električnega toka pri prevajanju skozi oba elementa in skozi spajko. Na sliki 1 sta dva električna elementa, ki sta uporovno spajkana, označena s številko 5. Na *sliki 8* vidimo makroobrus takšnega spoja v dveh različnih povečavah in z označenimi območji, kjer je bila narejena kemična analiza.

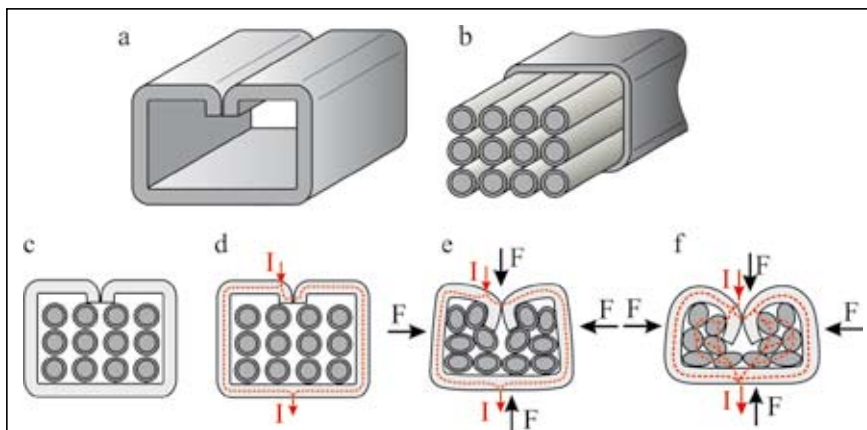
Iz makrobrusa in iz kemične analize lahko ugotovimo kar nekaj zanimivih dejstev. Osnovna plošča je iz čistega bakra, ploščica pa skoraj iz čistega srebra. Na njo se pred spajanjem nanese spajka, sestavljena iz dveh različnih plasti, pretežno iz srebra in kadmija. Med spajkanjem pride med različnimi kovinami do razmešanja. Kemična sestava na posameznih območjih, ki so označena na sliki 8, je navedena v podnapisu k sliki 8.

### 3.8 Hibridno varjenje električnih kablov

Hibridno varjenje električnih elementov v trajno zvezo je kombinacija dveh različnih postopkov. Elementa z oznako 3 na sliki 1 sta varjena z mehansko silo in elektroporovno. Postopek imenujemo kompaktiranje in je shematsko prikazan na *sliki 9*. Najprej namestimo



**Slika 8.** Makroobrus spoja, izdelanega z uporovnim spajkanjem, na sliki 1 z oznako 5 (levo) in prikaz kemične analize na štirih območjih (desno): **območje 1:** 100 % Cu, **območje 2:** 7,57 % Ag, 9,11 % P, 83,32 % Cu, **območje 3:** 0,18 % O, 0,36 % Mg, 9,70 % Cd, 90,20 % Ag, **območje 4:** 0,42 % Mg, 99,58 % Ag



**Slika 9.** Princip kompaktiranja (hibridnega varjenja) električnih elementov: **a** – bakren obroč, **b** – kabel z izoliranimi žicami, **c** – situacija pred kompaktiranjem, **d** – električni tok steče po bakrenem obroču, ga ogreje in ogreje tudi žice, da prevlečena plast iz žic izpari, **e** – tok teče preko žic in sila stiskanja deformira obroč, stisne žice in jih zavari med seboj in z obročem, **f** – s kompaktiranjem izdelan spoj

bakrene žice, prevlečene z električno neprevodno snovjo, v bakren obroč (slika 9a). Nato skozi bakren obroč spustimo električni tok, da se obroč ogreje. Zatem se uporabi mehanska sila, ki obroč stisne. S toploto, ki se razvije s prevajanjem električnega toka skozi obroč, razkrojimo snov, s katero so prevlečene žice. Na ta način postanejo žice električno prevodne in jih lahko med seboj in z obročem zvarimo (slika 9e). Slabost postopka je predvsem v stroških procesa, ker moramo praktično opraviti dva postopka za en spoj.

Prednost tega postopka je predvsem v veliki zanesljivosti izvajanja tehnologije in v kakovosti izdelanih spojev. Poznani pa so še nekateri drugi hibridni postopki varjenja električnih elementov.

#### ■ 4 Zaključki in nekaj smernic za nadaljnje delo

Ob zaključku članka lahko napravimo nekaj ugotovitev in zaključkov:

- Za spajanje električnih elementov lahko uporabimo več različnih postopkov.
- Osnovni kriteriji za izbiro postopka so zanesljivost tehnologije, oblika elementov, vrsta materiala in ekonomski izračun izvedbe tehnologije.
- Pogosto ima pri izbiri postopka veliko vlogo velikost serije elementov, ki jih moramo spajati.

- Najcenejši postopek spajanja električnih elementov je varjenje z mehansko energijo.
- Največja investicija je potrebna pri uvedbi laserskega varjenja.
- Ultrazvočno varjenje je najprimernejše za spajanje žičnih pletenic na masivno ploščico.
- Uporovno spajkanje je najprimernejše za velikoserijsko proizvodnjo.

Razvoj na tem področju bo prav gotovo moral iti v več smereh. Najpomembneje je, da se o spajanju električnih elementov razmišlja že pri snovanju novih izdelkov, pri izbiri materialov za električne elemente in pri izbiri zaščitnih snovi na žicah, ki jih je treba spajati. Velik razvoj je treba opraviti pri laserskem varjenju, vrsti laserskega žarka, obliki laserskega bliska, legi žarišča laserskega žarka in podobnem. Tudi na področju ultrazvočnega varjenja je še veliko neraziskanih področij: od optimalne frekvence, moči pa vse do optimalnega materiala za sonotrode. V članku sta prikazana dva različna načina varjenja izoliranih žic. Oba postopka sta dokaj zamudna zato bi ju bilo potrebno optimirati.

#### Literatura

[1] K.I. Johnson: Microjoining Developments for the Electronics Industry, Welding Research Institute, Abingdon, Cambs, England,

Microelectronics International, vol.1, 2, 5 – 11, 1993.

[2] Y. N. Zhou: Microjoining and nanojoining. Edited by Y. N. Zhou, University of Waterloo, Canada 2008.

[3] K. W. Guo: A Review of Micro/Nano Welding and Its Future Developments. Recent Patents on Nanotechnology, vol.3, 53 – 60. 2009.

[4] A. Gillner: Laser micro machining; 24 LTJ 2007. Wiley – VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.

[5] A. Gillner, A. Olowinsky, K. Klages, J. Gedicke, F. Sari: High precision and high speed laser microjoining for electronics microsystems. International conference on lasers, applications and technologies, 11– 15 May, 2005, St.Petersburg, Russia.

[6] W. S. Chang, S.J. Na: A study on the prediction of the laser weld shape with varying heat source equations and the thermal distortion of a small structure in micro – joining. Journal of Materials Processing Technology, vol. 129, 1–3, 2002.

[7] C. K. Chung, Y. C. Lin: Simulation and fabrication for pin-to-plate microjoining by Nd:YAG laser. Microsystem Technologies, vol 12, 1– 2, 2005.

[8] G. Smolka, A. Gillner, L. Bosse, R. Lützel: Micro electron beam welding and laser machining – potentials of beam welding methods in the micro-system technology. Microsystem Technologies, vol. 10, 3, 2003.

[9] H. K. Toenshoff, K. Koerber, C. Kulik, K. Schafer: Laser micro-welding of electronic components. Proceedings vol. 4637: Photon Processing in Microelectronics and Photonics; Doi: 10.1117/12.470661, SPIE Digital Library, 2002

[10] I. A. Jones, R. J. Wise: Novel joining methods applicable to textiles and smart garments. Wearable Futures Conference, University of Wales, Newport, Wales, 14-16 September 2005.

[11] A. Gillner: Micro processing with laser radiation – Trends and perspectives, Laser Technik Journal, vol. 4, 1 2007.

- [12] P. Bozorgi: Application of YAG Laser Micro – Welding in MEMS Packaging. Microtech Conference & Expo 2010, Anaheim, June, 2010.
- [13] F. Otte, U. Stute, A. Ostendorf: Micro welding of electronic components with 532 nm laser radiation. Photon Processing in Microelectronics and Photonics VI. Proc. SPIE, vol. 6458, 645804 (2007); doi: 10.1117/12.705385, 2007.
- [14] C. J. Kulik, A. Ostendorf: Short and ultrashort laser pulses: application – driven comparison of source types. Proceedings vol. 5620, Fifth International Symposium on Laser Precision Microfabrication, Isamu Miyamoto, 2004
- [15] B. H. Mo, Z. N. Guo, Y. B. Li. C. Liu: Joint Formation Mechanism and Strength in Resistance Microwelding of Brass Sheet to Fine Insulated Cu Wire. Key Engineering Materials, vol. 447 – 448, Transaction Technical Publication Switzerland, 2010.
- [16] S. Fukumoto, Y. Zhou: Mechanism of Resistance Microwelding of Crossed Fine Nickel Wires. Metallurgical and Materials Transactions, vol. 33A, Oct. 2004.
- [17] K. J. Ely, Y. Zhou: Microresistance spot welding of Kovar, steel and nickel. Science and Technology of Welding and Joining, vol. 6, 2, 2001.
- [18] B. H. Chang, M. V. Li., Y. Zhou: Comparative study of small scale and »large scale« resistance spot welding. Science and Technology of Welding and Joining, vol. 6, 2, 2001.
- [19] G. Weik, C. Schäfer, M. Ott: Widerstandsschweißen von Kontaktprofilen mit Nachsetzwegmessung. 19. Fachtagung Albert-Keil-Kontaktseminar an der Universität Karlsruhe. sep. 2007.
- [20] Z. Chen: Joint formation mechanism and strength in resistance microwelding of 316L stainless steel to Pt wire. Journal of Material Science, vol. 42, 5756 – 5765, 2007
- [21] X. Hu, G. Zou, S. J. Dong, M. Y. Lee, J. P. Jung, Y. Zhou: Effects of Steel Coatings on Electrode Life in Resistance Spot Welding of Galvannealed Steel Sheets. Materials Transactions (TJIM), vol. 51,12, 2236 - 2242, 2010.
- [22] L. B. Johnson: Process Specification for the Resistance Spot Welding of Battery and Electronic Assemblies. National Aeronautics and Space Administration, Houston, Texas, 2004.
- [23] S. J. Dong, G. P. Kelkar, Y. Zhou: Electrode sticking during micro – resistance welding of thin metal sheets. IEEE Xplore, Department of Material Engineering, Hubei Automotive Industrie Institute Shiyan, China, 2010.
- [24] S. Fukumoto, T. Matsuo. H. Tsubakino, A. Yamamoto: Resistance Microwelding of SUS304 Stainless Steel Fine Wire, Materials Transactions (TJIM), vol. 48, 4, 813 – 820, 2007.
- [25] J. Tsujimo, H. Yoshihara, T. Sano. S. Ihara: High – frequency ultrasonic wire bonding systems. Ultrasonic, vol. 38, 1 – 8, Mar. 2000.
- [26] G. Amza, V. Achim, S. Vintila, H. Nimigeau: Research regarding the ultrasound welding process modeling for wires and thin foils on plates. Proceedings of the 3rd WSEAS International Conference on Finite Differences – Finite Elements – Finite Volumes Boundary Elements, Splaiul Independentei, 313, Bucharest, Romania, 2010.
- [27] X. Q. Sun, T. Masuzawa, M. Fujino: Micro ultrasonic machining and its application in MEMS. Sensors and Actuators A: Physical, vol. 57, 2, Nov. 1996.
- [28] Zw. Zhong, K. S. Goh: Investigation of ultrasonic vibrations of wire-bonding capillaries. Microelectronic Journal, vol. 37, 2, Febr. 2006.
- [29] <http://www.mediacollege.com/misc/solder/>
- [30] [http://www.ehow.com/video\\_4419669\\_heating-applying-solder.html](http://www.ehow.com/video_4419669_heating-applying-solder.html)
- [31] J. Arnold, E. Miller, G. Mitchell: Exploring Different Brazing and Soldering Methodes, Welding Journal, vol. 88, 4, 2009.
- [32] <http://www.homebase8.net/tech-help/crimp.pdf>
- [33] [http://www.ertyu.org/steven\\_nikkel/ethernetcables.html](http://www.ertyu.org/steven_nikkel/ethernetcables.html)
- [34] <http://video.google.com/videoplay?docid=-5938226246300065112#>
- [35] Y. Takahashi, T. Gang: Microjoining Process in Electronic Packaging and Its Numerical Analysis. Transactions JWRI, vol. 30, 1, 2001.
- [36] N. Grobiša: Spajkanje bakrenih kablov s pokositrenim priključkom. Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani, Diplomaska naloga visokopolskega strokovnega študija: S 1890, 2010.

### Joining of electrical cables, connectors and other elements into a permanent joint

**Abstract:** The article shows some of the basics of bonding (welding, brazing) of various electrical elements with different procedures. A few practical examples of the different elements that are welded and used in electrical engineering are shown. The first part deals with the problem. From this area we present a review of the literature and describe the joining processes for electrical elements into a permanent joint. The central part of the paper is devoted to the joining processes for electrical components with an emphasis on laser, resistance, ultrasonic and hybrid welding and brazing. Schematically, we show the equipment for ultrasonic welding, the equipment for some different resistance welding and describe the technologies that are used in these methods of welding. There are also some cross-sections of the welded joints produced using different procedures. At the end of the article we present the conclusions, findings and some directions for further research in this field.

**Key words:** electrical components, welding, hybrid welding, soldering, laser, ultrasound

# Compensation and Signal Conditioning of Capacitive Pressure Sensors

Matej MOŽEK, Danilo VRTAČNIK, Drago RESNIK, Borut PEČAR, Slavko AMON

**Abstract:** Implementation of a novel digital temperature compensation method, developed for piezoresistive pressure sensors, to the field of capacitive sensors is presented. Possibilities for the compensation of sensor parameters such as sensor nonlinearity and temperature sensitivity are analyzed. In order to achieve effective compensation and linearization, different approaches to digital descriptions of sensor characteristic are investigated and reported, such as two-dimensional rational polynomial description and Chisholm approximants. Results of sensor response are compared against reference pressure source and most effective digital temperature compensation is proposed.

**Key words:** digital temperature compensation, Chisholm approximation, Padé approximation, capacitance to digital converter

## 1 Introduction

Sensors that exhibit a change in electrical capacitance as a response to a change in physical stimulus represent an attractive approach for use in modern sensor systems due to their extensive range of applications such as humidity, pressure, position sensors etc. Their broader range of applications include biomedical, touch & non-touch switch technology, proximity sensing, fingerprinting, automotive applications, robotics, materials

property, and applications in motion sensors. This versatile sensor category offers higher precision and robustness, simpler construction and lower power consumption than resistive-based alternatives. However, they traditionally require more complex interfacing circuits, which represented a major disadvantage in the past. In a capacitive sensor, the physical parameter being measured by varying one or more of the quantities in the basic equation of capacitance

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (1)$$

where  $\epsilon$  is the permittivity of the dielectric,  $A$  is the overlap area of the capacitor plates, and  $d$  is the distance between the plates. For example, humidity sensors typically work by varying the permittivity  $\epsilon$ , pressure sensors by varying distance  $d$  and position sensors by varying area  $A$  or distance  $d$ . Measurement of the sensor capacitance is generally achieved by applying an excitation source to the capacitor electrodes which is

used to turn variance in capacitance into a variance in voltage, current, frequency or pulse width variation. Translation from voltage or current to a digital word requires an additional analog to digital converter (ADC).

The expected variance in capacitance is generally in the order of several pF or less. In many cases the stimulus capacitance change is much smaller than the parasitic capacitances present in the measuring circuit, hence representing a difficult interfacing task. However, a modification of conventional sigma-delta analog to digital converter architecture has been identified as a suitable basis for monolithic Capacitance to Digital Converter (CDC) [1]. Circuit itself is parasitic insensitive, and can be configured to work with both floating (access to both sensor terminals) and grounded configuration sensors (one terminal grounded).

Precision capacitive sensor interface products are based on a well established sigma-delta ( $\Sigma\Delta$ ) conversion

Doc. dr. Matej Možek, univ. dipl. inž., dr. Danilo Vrtačnik, univ. dipl. inž., dr. Drago Resnik, univ. dipl. inž., Borut Pečar, univ. dipl. inž., prof. dr. Slavko Amon, univ. dipl. inž., all, Laboratory of Microsensor Structures and Electronics (LMSE), Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana and Centre of Excellence NAMASTE

technology. Converters utilizing  $\Sigma\Delta$  principle offer excellent linearity and resolution and are appropriate for most sensor interfacing applications. A typical  $\Sigma\Delta$  converter ADC consists of a switched-capacitor modulator followed by a digital filter. The modulator operation is based on balancing, over time, an unknown charge with a known reference charge of variable polarity [1, 2].

Charge from reference terminal and input terminal are summed in an integrator. The integrator is inside a feedback loop, whose action is to control the polarity of the reference charge so that the integrator output averages to zero. This occurs when the magnitude of the average reference charge is equal over time to the input charge, hence the name – charge balancing converter. The reference charge is derived by charging a known capacitor to a known (reference) voltage. The polarity of reference voltage is varied. In a conventional voltage input  $\Sigma\Delta$  converter, the unknown charge is derived from charging a fixed capacitor to an unknown input voltage, while in the capacitance to digital converter (CDC) realization, the voltage is fixed and the capacitor is variable. Such arrangement provides the high precision and accuracy that are typical for  $\Sigma\Delta$  ADCs [3,4]. Modern implementations enable measurement of capacitances in atto Farad (aF) range [4, 5], with effective noise resolution of 21 bits and corresponding resolution down to 4 aF. They offer measurements of common-mode capacitance up to 17 pF on 4 pF range with 4 fF measurement accuracy. These implementations offer complete sensor solutions, however their application is limited to indication of temperature and humidity dependence problem [6] of capacitive sensors, while not offering an effective implementation for compensation of these unwanted quantities. In the following work an effective method of temperature compensation of capacitive pressure sensors will be presented.

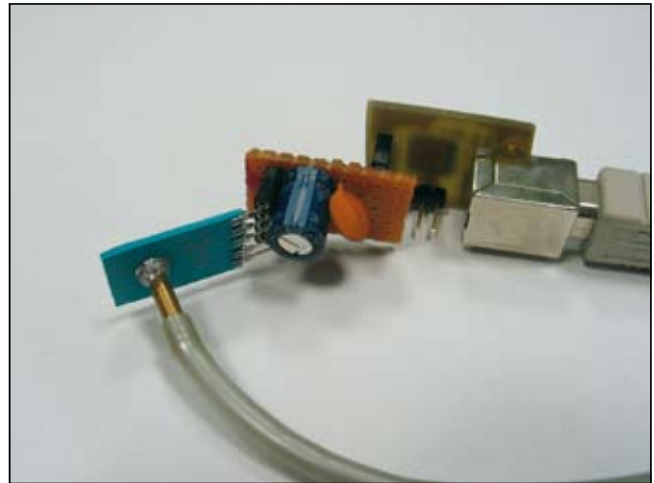
## ■ 2 Setup and Measurements

The layout of designed capacitive sensor measurement system is de-

picted in *Figure 1*. Capacitive sensor with the CDC AD7746 is shown leftmost. The sensor is connected via interface module to the I<sup>2</sup>C - USB converter, which is used to interface the sensor to the host PC.

A dedicated electronic interface module was designed. This module enables data transmission and control of CDC AD7746. The module itself is based on a CY8C24794 Programmable System on Chip (PSoC) circuit. The hardware is used to directly map the CDC to the controlling PC. Designed PC software performs the functions of CDC status and data reading. In fact, the controlling software implements all functions of AD7746: from capacitance channel setup to the temperature sensor channel setup as well as channel excitation, common mode capacitance setting, offset and gain of capacitance measurement channel. Measurement range optimization was performed in order to get maximal span of CDC measurement range. Measured device, the LTCC capacitive sensor [7], exhibits negative slope of sensor characteristic. Therefore, the measurement range optimization must be performed at maximal pressure readout with minimal pressure applied and vice versa.

This indicates that the offset compensation must be performed before the gain compensation. Sensor offset response is compensated by setting AD7746 registers CAPDACA and CAPOFFSET. The register value CAPDACA value affects coarse setting of offset response and the CAPOFFSET affects fine setting of sensor response. The procedure of offset setting is comprised of coarse and fine offset setting. Because of negative sensor characteristic slope, the fine offset value is initially set at maximum and the coarse value is altered from its initial zero



**Figure 1.** General layout of the capacitive sensor evaluation module

value in such manner, that the raw sensor readout maintains its maximal value. The setting of CAPDACA register is performed by successive approximation approach, starting at MSB of CAPDACA register. The subsequent bits are tested against raw sensor output. If the sensor output exceeds the maximal sensor readout ( $FFFF_{16}$ ) when corresponding bit is set to 1, then the bit is set to zero and the algorithm advances towards lower bits. After the coarse register was set, the CAPOFFSET register is processed in a similar manner. The result of this algorithm is a maximal sensor response value at applied offset pressure. After successful optimization of offset value, the gain parameter is set in a similar manner. Minimal sensor response is set with alteration of CAPGAIN register, which actually changes the clock rate of front-end of CDC. The procedure starts with minimal setting of CAPGAIN register. The bits of CAPGAIN register are tested according to described successive approximation algorithm, just the bit-testing criteria is now minimal CDC readout. The result of this algorithm is minimal sensor response at maximal applied pressure. Initial measurements were performed at "Jožef Stefan Institute" [7]. The aim of these measurements was the determination of optimal settings of AD7746 and the tested LTCC sensor. Results of these measurements are depicted in *Figure 2*. Figure 2 shows the results of sensor characteristic in up and down scan of pressure range. Tested sensor exhibited practically no hysteresis,

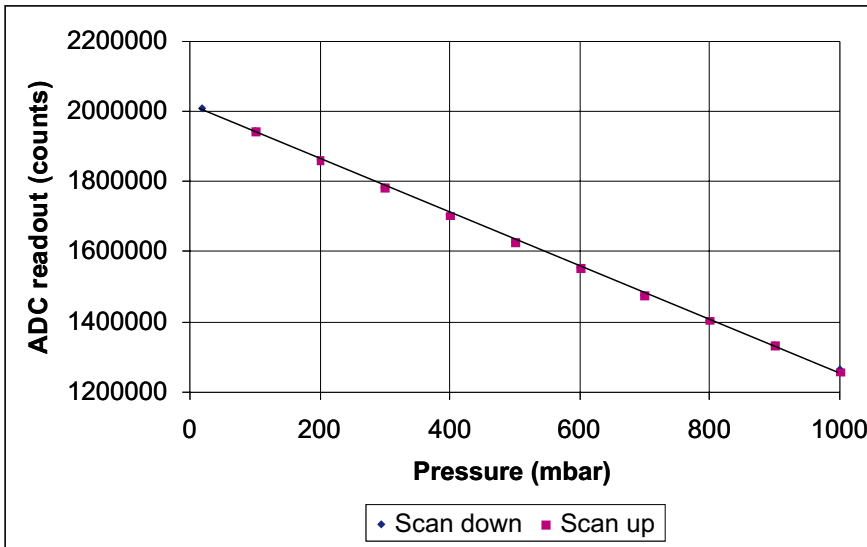


Figure 2. Initial pressure sensor measurements

but the deviation from ideal straight line indicated the necessity for sensor characteristic linearization. The

it was believed that the long integration setting of AD7746 will solve the problem of 50 Hz hum. As the tem-

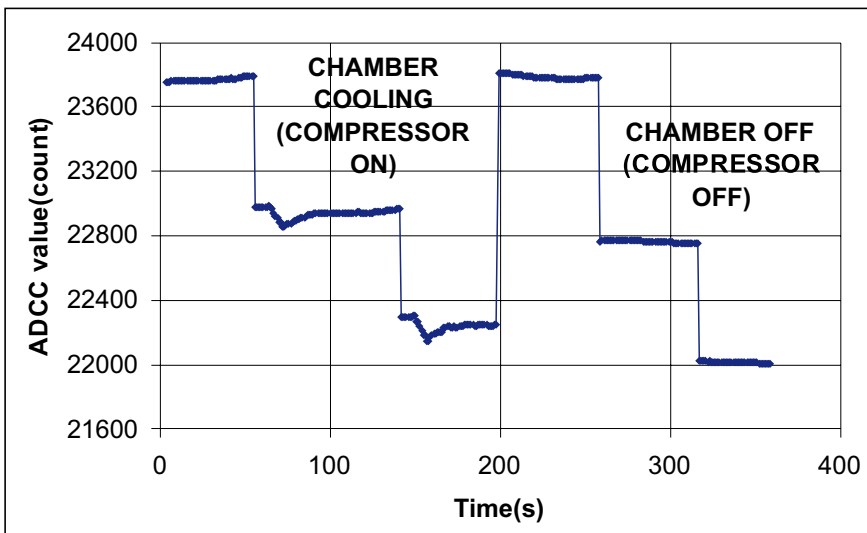


Figure 3. Sensor readout at lower temperatures

measurements were performed at a room temperature.

Measurements were repeated in HYB, d. o. o., Šentjernej. This time, the scan was performed at three different temperatures. Sensor with interface electronic circuit were placed in the temperature chamber and measurement of raw response value was performed at three different temperatures. As the aimed temperature range was set at 0 °C ... 70 °C, the temperature calibration points were selected at 0 °C, 35 °C and 70 °C. The measurements have demonstrated the susceptibility of initial electronic circuit design to electromagnetic interference. Initially

perature measurements were performed at temperatures, below room temperature, the chamber compressor switching affected the sensor readout as depicted in Figure 3.

Figure 3 is showing raw CDC response versus number of samples. The sample rate was set at two samples per second. The left part of Figure 3 is showing disturbed CDC readout when temperature chamber compressor was switched. Pressure was increased from offset to full scale in three increments. The right part of Figure 3 is showing the CDC readout with compressor turned off and again with three pressure settings, ranging from offset to maximal pressure. As the temperature was elevated above room temperature, the CDC readout diminished, as the compressor is not needed for achievement of higher temperatures. Sensor was fitted with additional shielding (tin foil) and the shielding terminal was grounded in further measurements. Results of raw CDC response stability are shown in Figure 4 at three different temperatures at 0 °C, 35 °C and 70 °C.

Sensor responses were evaluated and stabilized CDC raw response points were obtained at different temperatures. Results of stabilized raw CDC readouts at different temperatures are depicted in Figure 5. At each temperature setting, three pressure points were obtained. Acquired stability results are showing 12 % of sensor

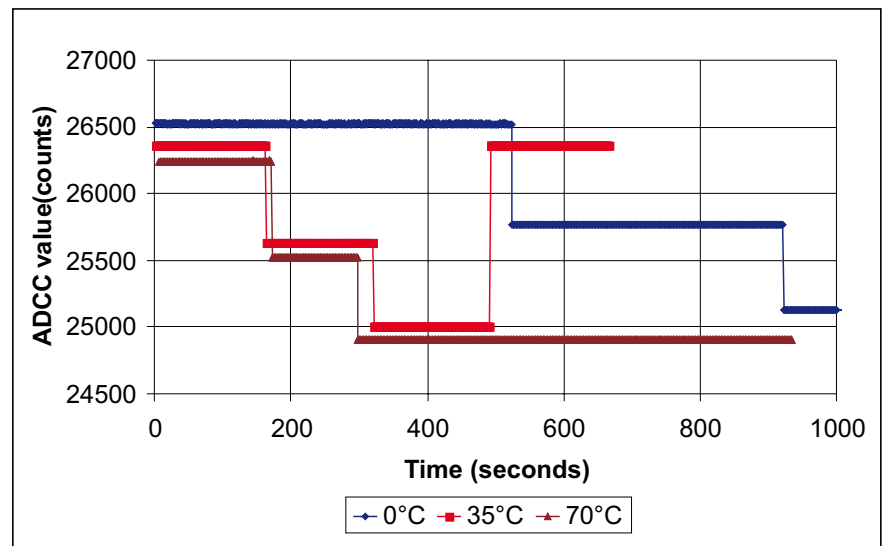
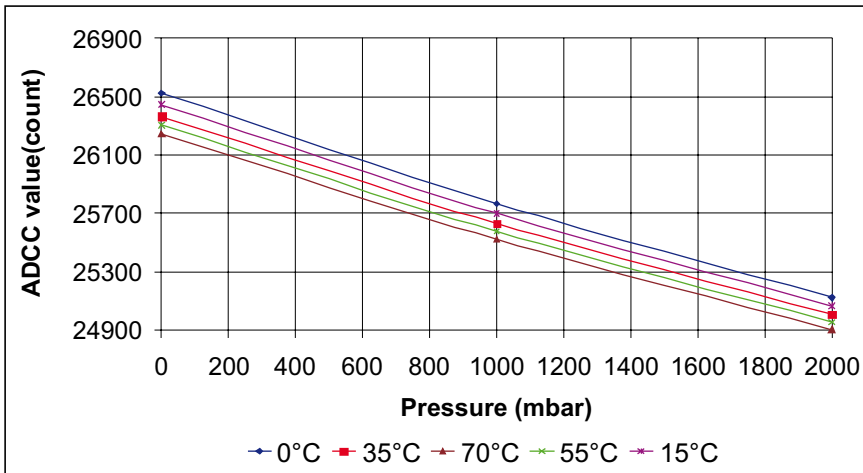


Figure 4. CDC readout stability



**Figure 5.** Stabilized CDC readouts vs. pressure over entire temperature range

response degradation over temperature increase from 0 °C to 35 °C. This turned our attention to more elaborate temperature analysis of sensor properties.

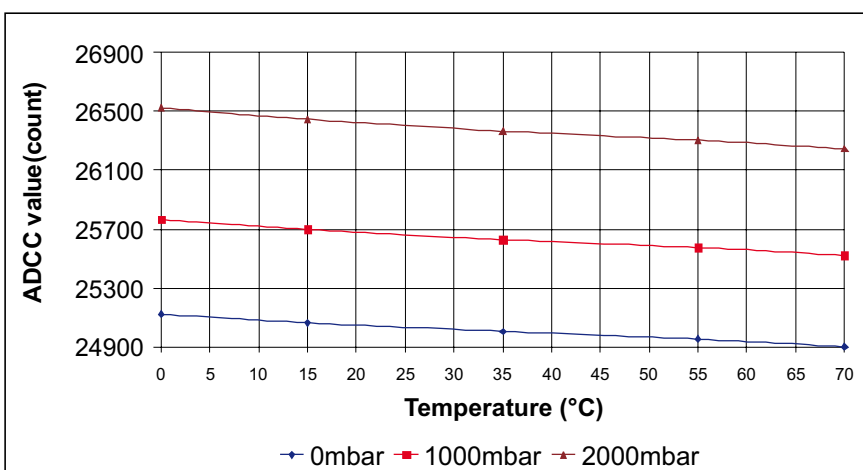
Acquired sensor characteristics were redisplayed as a function of temperature. Resulting data is depicted in Figure 6. This enabled further sensor temperature properties assessment. Analysis from Figure 6 has shown, that tested sensor exhibits a typical pressure span of 1400 counts over 2000 mbar range, which yields approximately an average sensitivity of  $-0.7$  counts/mbar. The temperature coefficient of offset was evaluated as a normalized sensor response over observed temperature range. A large sensor offset temperature coefficient was found at  $0.3\%$  FS/°C, which results in total 21% change of sensor offset over temperature range. More

encouraging was a low temperature coefficient of sensitivity value, which was estimated at  $0.04\%$  FS/°C.

A fairly consistent 3% change in sensitivity was found over temperature calibration range. This indicates the simplicity of sensitivity compensation. On the other hand, a large dependence of sensor offset requires a more complex offset compensation algorithm.

### 3 Temperature Compensation

As the CDC produces a digital capacitance readout, we focused our work towards digital implementations of temperature compensations. The CDC features  $\Sigma\Delta$  approach, the sample rate is limited to several tenths of samples (90 SPS maximum for AD7746), indicating that the increas-



**Figure 6.** Stabilized CDC readouts vs. temperature over entire pressure range

ing complexity of digital processing after acquisition of raw sensor data is not the limiting factor for the entire sensor signal processing.

Temperature compensation of capacitive sensor requires an accurate mathematical description of sensor characteristic in two directions. In case of investigated pressure sensor, the input axes comprise raw pressure and temperature readout and the result is the compensated pressure. Compensation complexity level is depending on sensor nonlinearity of temperature and pressure characteristic. Most adaptable and versatile digital description of sensor characteristic is achieved by Taylor expansion of sensor characteristic. Sensor characteristic expansion can be further segmented into intervals by writing an expansion around interval  $(p_{ocOFFSET}, T_{ocOFFSET})$ .

$$\begin{aligned} \Delta p &= p_{oc} - p_{ocOFFSET} \\ \Delta T &= T_{oc} - T_{ocOFFSET} \end{aligned} \quad (2)$$

where the raw pressure readout  $p_{oc}$  and raw temperature readout  $T_{oc}$  are offset with corresponding values  $p_{ocOFFSET}$  and  $T_{ocOFFSET}$  respectively. Segmentation using (2) further reduces the calibration error.

Taylor series description (3) represents a general approach to sensor characteristic description using segmentation, recommended by IEEE1541.2 standard [8].

$$p = \sum_{i=0}^{N_p} \sum_{j=0}^{N_T} A_{ij} \cdot \Delta p^i \cdot \Delta T^j \quad (3)$$

Where  $\Delta p$  represents an offset corrected raw readout from capacitive sensor,  $\Delta T$  represents the offset corrected raw readout from temperature sensor residing on sensor signal conditioner and the  $N_p$  and  $N_T$  represent the order of Taylor series.

However, such representation requires  $N_p \cdot N_T$  calibration points, which is unacceptable. Another major drawback is the use of floating – point calculation coefficients  $A_{ij}$  and involution operator. Although algorithms for

fast evaluation of (3) were presented [9], time consuming mathematical operations will reduce the output update rate. On the other hand, the Taylor expansion provides a reasonable start point for initial coefficient relevance. coefficients  $A_{ij}$  are obtained by solving a system of linear equations. However, this system is resolved by computing a Vandermonde matrix, which is generally ill conditioned.

In order accommodate abovementioned drawbacks, a two – dimensional Padé approximant, also named Chisholm approximant [10], is evaluated. This evaluation inherently reduces the number of required calibration points by one.

$$A(p_{oc}, T_{oc}) = \sum_{i=0}^{N_p} \sum_{j=0}^{N_T} a_{ij} \cdot \Delta p^i \cdot \Delta T^j$$

$$B(p_{oc}, T_{oc}) = \sum_{i=0}^{N_p} \sum_{j=0}^{N_T} b_{ij} \cdot \Delta p^i \cdot \Delta T^j \quad (4)$$

$$p(p_{oc}, T_{oc}) = \frac{A(p_{oc}, T_{oc})}{B(p_{oc}, T_{oc})} \quad \text{where } b_{00} = 1$$

For effective temperature compensation of capacitive sensor signal conditioner a two-dimensional rational polynomial for pressure calculation is used [11]. This type of digital temperature compensation enables correction of nonlinearities up to second order.

$$p = \frac{A_0 + \Delta P + A_1 \cdot \Delta P^2 + A_2 \cdot \Delta T + A_3 \cdot \Delta T^2}{A_4 + A_5 \cdot \Delta T + A_6 \cdot \Delta T^2} \quad (5)$$

Where  $A_0$  through  $A_6$  are calibration coefficients of pressure sensor. Pressure sensor characteristic can be described with inverse proportion of  $A_4$  to sensor sensitivity and the ratio of  $A_0/A_4$  in proportion to sensor offset. Ratio of coefficients  $A_2$  and  $A_5$  are in direct proportion to linear dependence of sensor temperature sensitivity, while the ratio of coefficients  $A_3$  and  $A_6$  represents the quadratic dependence of sensor temperature sensitivity. Value of  $p$  corresponds to the normalized pressure output. The value of  $p$  lies within interval [0..1). Value of  $\Delta p$  represents an offset corrected raw readout from capacitive sensor, while the value of  $\Delta T$  represents the offset corrected raw readout from temperature sensor residing on sensor signal conditioner according to equation (2).

**Table 1. Input calibration data**

CP#	$P_{CAL}$ (mbar)	$T$ (°C)	$p_{OC}$	$T_{OC}$
1	0	0	26526	16406
2	1000	0	25767	16406
3	2000	0	25123	16406
4	0	35	26366	16524
5	2000	35	25006	16524
6	0	70	26245	16651
7	2000	70	24902	16651
8	1000	35	25630	16524
9	1000	70	25522	16651

Note that in a given formulations of sensor characteristic description (3) and (4), the actual temperature and capacitance readouts have only indirect significance to final measured quantity  $p$ , since the calculation of sensor characteristic description does not depend on actual value of capacitance or temperature.

In case of presented sensor, the pressure dependence of sensor characteristic can be described with linear relationship, while the temperature dependence can be described with quadratic relationship. Measurement resolution was set at 16 bits, maximum obtained resolution of AD7746 for described measurement setup.

The abovementioned observations result in a simplified form of temperature compensation principle for capacitive sensor by setting coefficient  $A_0$  in (2) – the quadratic dependence of capacitive pressure sensor to zero, thus reducing the number of calibration points.

The solution for the unknown coefficients  $A_0...A_6$  can be found by solving a system of linear equations,

**Table 2. Input testpoint data**

TP#	$P$ (mbar)	$p_{OC}$	$T_{OC}$	$T$ (°C)
1	1000	25630	16524	35
2	1000	25522	16651	70
3	0	26446	16465	15
4	1000	25698	16465	15
5	2000	25064	16465	15
6	0	26305	16587	55
7	1000	25576	16587	55
8	2000	24954	16587	55

obtained from calibration data, depicted in Figure 6. Seven calibration points are selected and ordered into calibration scenario. Calibration scenario represents a sequence of calibration points, comprised of boundary values, which define the pressure and temperature calibration interval. Remaining calibration points are selected at mid – scale of temperature and pressure range, which result in total nine calibration point mesh. The excess two calibration points are used for verification of total calibration error.

## 4 Results

Software for acquisition, analysis and calibration of capacitive sensors was designed. *Table 1* summarizes the evaluation of data depicted in Figure 6. First seven calibration points were used for evaluation of calibration coefficients.

Additional test points, which were obtained during the acquisition stage of the calibration process, are summarized in *Table 2*. The first two test points were a part of acquisition of the calibration process and the re-



maining points were obtained during temperature scan.

Data was first analyzed using a Taylor expansion for coefficient relevance assessment. This description uses 9 calibration points in order to determine all calibration coefficients. Calibration coefficients were obtained by solving a linear system of equations based on Taylor expansion (3). Resulting calibration coefficients are summarized in Table 3. Taylor expansion coefficients confirm the small nonlinearity ( $A_{02}$ ) of characterized sensor in pressure direction. Furthermore, results in Table 3 show that linear and quadratic terms are dominant for successful sensor compensation, while the small cross – products

**Table 3.** Calculated calibration coefficients of Taylor expansion

$A_{00}$	1772.47	$A_{12}$	7.18E-07
$A_{01}$	-1.35	$A_{20}$	1.94E-03
$A_{02}$	-1.40E-05	$A_{21}$	1.72E-07
$A_{10}$	-3.49	$A_{22}$	-6.66E-10
$A_{11}$	-8.71E-05		

between pressure and temperature direction indicate, that sensor characteristic evaluation can be simplified. Evaluation of a Taylor expansion (2) using coefficients listed in Table 3 was performed. Equation (2) was evaluated at testpoints in Table 2. Results are shown in Table 4, which lists the calibration error  $\epsilon$ .

$$\epsilon = \left| \frac{P_{CAL} - P_{EVAL}}{FS} \right| \cdot 100\% \quad (6)$$

Where  $P_{CAL}$  represents calibration pressure point,  $P_{EVAL}$  evaluation pressure and FS the output pressure span. Results summarized in Table 4 are in fair agreement with calibration

**Table 4.** Calculated calibration coefficients of Taylor expansion

$T_{OC}$	$P_{OC}$	$P_{CAL}$	$P_{EVAL}$	(%)
16465	25064	2000	1995.69	-0.22
16465	25698	1000	993.60	-0.32
16465	26446	0	-6.92	-0.35
16587	24954	2000	1995.48	-0.23
16587	25576	1000	992.37	-0.38
16587	26305	0	-9.36	-0.47

pressure points. A 0.5% discrepancy was found at the endpoint of temperature calibration range at testpoint 8 ( $T = 70^\circ C$ ).

Simplification is performed by introduction of Chisholm approximant for sensor characteristic description. Chisholm approximant of degree (1,2) would require 11 calibration coefficients.

This lead to evaluation of a linear Padé (1,1) approximant, which requires 7 coefficients for evaluation. Calibration dataset was taken from

**Table 5.** Resulting Padé (1, 1) calibration coefficients

$a_{00}$	1666.67	$b_{00}$	1
$a_{01}$	-1.47	$b_{01}$	1.68E-03
$a_{10}$	-0.60	$b_{10}$	5.48E-04
$a_{11}$	-3.51E-03	$b_{11}$	-6.28E-07

first seven calibration points in Table 1. Resulting coefficients are summarized in Table 5.

Equation (4) was evaluated at testpoints in Table 2. Results are shown

in Table 6, which lists the calibration error  $\epsilon$  according to equation (4).

**Table 6.** Evaluation error at testpoint data

TP#	$P_{CAL}$ (mbar)	$P_{EVAL}$ (mbar)	(%)
1	1000	1000	0.0
2	1000	1030.7	1.53
3	0	-8.7	0.43
4	1000	972.7	1.36
5	2000	1995.84	0.20
6	0	-5.32	0.26
7	1000	1011.6	0.58
8	2000	1996.55	0.17

Results in Table 6 are in fair agreement with calibration pressure points.

A rather large 1.5% discrepancy occurs at the endpoint of temperature calibration range at testpoint 2 ( $T=70^\circ C$ ).

In order to further improve compensation accuracy, a Padé (2,2) approximant was analyzed. A full evaluation of Padé (2,2) approximant would require a set of 17 calibration points, which is unacceptable for mass production of sensors. The original evaluation was therefore normalized with coefficient  $4/A_4$  factor and cross products terms of temperature and pressure were neglected. In order to minimize computational errors, coefficients were weighed according to:

$$p = \frac{2^2 \cdot \Delta P + 2^{-24} \cdot A_6 \cdot \Delta P^2 + A_4 + 2^{-9} \cdot A_3 \cdot \Delta T + 2^{-18} \cdot A_5 \cdot \Delta T^2}{A_4 + 2^{-9} \cdot A_3 \cdot \Delta T + 2^{-18} \cdot A_5 \cdot \Delta T^2} \quad (4)$$

Evaluation of system of linear equations based on equation (4) yields the calibration coefficients summarized in Table 2.

Equation (4) was evaluated at testpoints in Table 3. Results are shown in Table 8. A maximum 0.4% deviation from measured data was found at 0 mbar both at 0 °C and 70 °C, while the compensation remains well in typical industrial sensor applications (0.5% admissible temperature error over entire temperature calibration range).

## 4 Conclusions

Implementation of a digital tempera

**Table 7.** Resulting calibration coefficients

$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
-8192	-5057	4999	-1391	-12931	2147	-1202

**Table 8.** Evaluation error at testpoint data

TP#	$P_{CAL}$ (mbar)	$P_{EVAL}$ (mbar)	$l$ (%)
1	1000	1006	0.3
2	1000	1003	0.15
3	0	-8	0.4
4	1000	998	0.1
5	2000	1997	0.15
6	0	-7	0.35
7	1000	999	0.05
8	2000	1996	0.2

ture compensation method, developed for piezoresistive pressure sensors, to the field of capacitive sensors was presented. Possibilities for the compensation of sensor parameters such as sensor nonlinearity and temperature sensitivity were analyzed. In order to achieve effective compensation and linearization, different digital descriptions of sensor characteristic were investigated and reported, such as two-dimensional rational polynomial description derived from Padé approximations. Evaluation results of sensor response were compared against reference pressure source and most effective digital temperature compensation was proposed. Proposed digital compensation yields maximum 0.4% FS error on a compensation range 0–70 °C and enables integer arithmetic, thus making proposed approach appropriate for use in modern sensor signal conditioning integrated circuits.

**References**

[1] S. R. Norsworthy, R. Schreier, G. C. Temes, "Delta-Sigma Data Converters" IEEE Press, 1997, Wiley-IEEE Press, ISBN: 978-0780310452.  
 [2] J. C. Candy, G. C. Temes, "Oversampling Delta-Sigma data converters", IEEE Press, Publisher: Wiley-IEEE Press, 2008, ISBN: 978-0879422851.  
 [3] O'Dowd, J. Callanan, A. Banarjie, G. Company-Bosch, E "Capacitive sensor interfacing using sigma-delta techniques"

Sensors, 2005 IEEE, pp.-951-954, ISBN: 0-7803-9056-3. Digital Object Identifier: 10.1109/ICSENS. 2005. 1597858  
 [4] Markus Bingesser, Teddy Loeliger, Werner Hinn, Johann Hauer, Stefan Mödl, Robert Dorn, Matthias Völker "Low-noise sigma-delta capacitance-to-digital converter for Sub-pF capacitive sensors with integrated dielectric loss measurement" Proceedings of the conference on Design, automation and test in Europe, Munich, Germany, 2008, pp. 868-872.  
 [5] Analog Devices AD7746 Evaluation Board - EVAL-AD7746EB, Revision 0, May 2005. Available on: [http://www.analog.com/static/imported-files/eval\\_boards/252730993EVAL\\_AD7746EB\\_0.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/eval_boards/252730993EVAL_AD7746EB_0.pdf)  
 [6] Susan Pratt "Environmental Compensation on the AD7142: The Effects of Temperature and Humidity on Capacitance Sensors" Analog Devices Application Note AN-829, 2005. Available on: [http://www.analog.com/static/imported-files/application\\_notes/5773153083373535958633AN829\\_0.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/application_notes/5773153083373535958633AN829_0.pdf)  
 [7] BELAVIČ DARKO, SANTO-ZARNIK MARINA, HROVAT MARKO, MAČEK SREČO, KOSEC, MARIJA. „TEMPERATURE BEHAVIOUR OF CAPACITIVE PRESSURE SENSOR FABRICATED WITH LTCC TECHNOLOGY" Inf. MIDEM, 2009, VOL. 38, NO. 3, pp. 191-196.

[8] IEEE Std. 1451.2 D3.05-Aug1997 "IEEE standard for a smart transducer interface for sensors and actuators – Transducer to microprocessor communication protocols and transducer electronic data sheet (TEDS) formats" Institute of Electrical and Electronics Engineers, September 1997.  
 [9] MOŽEK, Matej, VRTAČNIK, Danilo, RESNIK, Drago, ALJANČIČ, Uroš, AMON, Slavko. *Fast algorithm for calculation of measured quantity in smart measurement systems*, 39<sup>th</sup> International Conference on Microelectronics, Devices and Materials and the Workshop on Embedded Systems, October 01. – 03. 2003, Ptuj, Slovenia. Proceedings. Ljubljana: MIDEM - Society for Microelectronics, Electronic Components and Materials, 2003, pp. 111-116.  
 [10] Baker, George A. Graves-Morris, P. R., Padé approximants. #Part #1, Basic theory, Reading (Mass.) [etc.] : Addison-Wesley, 1981, (Encyclopedia of mathematics and its applications ; #vol. #13).  
 [11] ZMD31020 Advanced Differential Sensor Signal Conditioner Functional Description Rev. 0.75, (2002) ZMD AG.

**Acknowledgments**

This work was performed in cooperation with Hipot – RR, supported by Ministry of Higher Education, Science and technology of Republic of Slovenia within research programme EVSEDI and industrial partner HYB, d. o. o., Trubarjeva 7, 8310 Šentjernej, Slovenia



**VENTIL**

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

## Kompenzacija in obdelava signalov kapacitivnih senzorjev tlaka

### Razširjeni povzetek

V prispevku je predstavljena aplikacija metod digitalnih temperaturnih kompenzacij s področja piezorezistivnih na področje kapacitivnih senzorjev tlaka. Zajem podatkov je izveden s pomočjo kapacitivno-digitalnega pretvornika (CDC). Prikazani so problemi meritev majhnih kapacitivnosti (fF) in vpliv 50 Hz šuma omrežja. Rezultati meritev senzorja brez posebnih algoritmov za prilagoditev senzorske karakteristike so pokazali 12-odstotno zmanjšanje občutljivosti senzorja in 21-odstotno spremembo ničelnega odziva senzorja, kar je upravičilo zahteve po dodatni temperaturni kompenzaciji. Ciljno področje umerjanja je bilo 2 bar, na področju temperaturne kompenzacije od 0 °C do 70 °C. Temperaturni koeficient občutljivosti je bil 0,04 % FS/°C, sprememba temperaturnega koeficienta pa je znašala 3 % preko področja temperaturne kompenzacije (0–70°C).

Prikazane so bile metode izračuna koeficientov temperaturne kompenzacije na osnovi Taylorjeve vrste, dvodimenzionalne polinomske aproksimacije in Chisholmovih aproksimantov z vidika realizacije v celoštevilski aritmetiki v enostavnih mikrokrmilniških vezjih za prilagoditev senzorskega signala. Analizirane so možnosti kompenzacije senzorskih parametrov, kot sta nelinearnost in temperaturna občutljivost. Opisani so različni pristopi k digitalnemu opisu senzorske karakteristike, dvodimenzionalna polinomska aproksimacija in Chisholmovi aproksimanti. Rezultati kompenziranega senzorskega odziva so primerjani z referenčnimi meritvami tlaka. Na osnovi izmerjenih rezultatov je predlagana najbolj učinkovita metoda digitalne temperaturne kompenzacije kapacitivnih senzorjev tlaka na osnovi poenostavljene dvodimenzionalne polinomske aproksimacije.

*Ključne besede:* digitalna temperaturna kompenzacija, Chisholmova aproksimacija, Padéjeva aproksimacija, kapacitivno-digitalni pretvornik

SERVO VENTILI, PROPORCIONALNI VENTILI IN RADIALNO-BATNE ČRPALKE

# MOOG

### Zakaj radialno-batne visokotlačne črpalke MOOG?

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

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

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

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



Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili



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



**A-S HYDRAULIC**

# Modeliranje procesov v električni obložni peči

Vito LOGAR, Dejan DOVŽAN, Igor ŠKRJANC

**Izvleček:** Prispevek obravnava možen pristop k modeliranju električnih procesov v 3-fazni izmenični električni obložni peči (EOP). EOP, ki v zadnjih letih močno pridobiva na veljavi, se uporablja za predelavo odpadnega jeklenega vložka. Delež pridelave jekla v EOP v današnjem času zavzema več kot tretjino celotne svetovne pridelave jekla. EOP lahko z vidika modeliranja obravnavamo kot kombinacijo hidravličnih, kemičnih, termalnih in električnih podmodelov. Slednji, ki predstavlja osnovo delovanja EOP, je podrobno predstavljen v tem delu. Model električnih procesov EOP je pridobljen z uporabo različnih matematičnih, električnih in mehanskih zakonov, njegovi parametri pa so identificirani na realnih obratovalnih podatkih 80 MVA EOP ene izmed slovenskih železarn. Namen dela je pridobitev natančnega modela električnih procesov med taljenjem, ki bo nadalje uporabljen za načrtovanje vodenja in optimizacijo porabe električne energije.

**Ključne besede:** električna obložna peč, model električnih procesov, eksperimentalno vrednotenje, harmonična analiza

## 1 Uvod

Članek obravnava enega izmed možnih pristopov k matematičnemu modeliranju 3-fazne izmenične električne obložne peči. Dandanes zajema pridelava jekla s pomočjo EOP več kot tretjino svetovne pridelave jekla. Tipične porabe električne energije EOP se gibljejo okrog 450 kWh na tono pridelanega jekla, zato predstavlja EOP zanimivo področje za izboljšave v procesu taljenja ter s tem prihranke pri porabi električne energije.

Proces taljenja v EOP lahko razdelimo na več faz: od sortiranja jeklenega odpadka, zalaganja košar, taljenja do odlivanja in sekundarne metalurgije. Članek se osredotoča na proces taljenja, ki predstavlja najbolj kompleksno fazo v celotnem procesu pridelave jekla. Princip taljenja v EOP temelji na

Dr. Vito Logar, univ. dipl. inž., Dejan Dovžan, univ. dipl. inž., prof. dr. Igor Škrjanc, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

pretvorbi električne v toplotno energijo z uporabo električnih oblokov. Električni obloki gorijo med grafitnimi elektrodami in prevodnim vložkom, proces pa poteka pri sorazmerno nizkih napetostih (~ 400–1.000 V) in visokih tokovih (~ 40–60 kA). Temperature v sredini električnega obloka dosežejo 8.500 K, pri čemer ima oblok električno prevodnost ~ 10<sup>3</sup> S/m. Na tak način je proces taljenja dokaj hiter in učinkovit.

Model EOP, ki je predstavljen v tem delu, temelji na 80 MVA peči, ki je nameščena v eni izmed slovenskih železarn. Za ta namen so bili pridobljeni obratovalni podatki EOP v različnih fazah delovanja (vrtnanje, začetek taljenja, vmesno taljenje, dogrevanje itd.). Meritve so vsebovale podatke o električnih (moči, napetosti, tokovi, upornosti, reaktance itd.) in ostalih (stopnje dušilke in transformatorja, št. kratkih stikov, položaj elektrod, temperature hladilnih panelov itd.) veličinah.

Pridobljeni model predstavlja prvi korak v nadaljnje raziskave na področju teorije vodenja in optimizacije porabe električne energije.

## 2 Metode in meritve

Za namen študije so bile pridobljene meritve delovanja EOP v različnih obratovalnih razmerah. Vse meritve so bile zajete s pomočjo sistema za vodenje, nadzor in zajem podatkov (E.M.P.E.R.E) [1] in so vsebovale efektivne vrednosti veličin, vzorčenih s frekvenco 1 Hz.

Pristopov k modeliranju električnih procesov EOP je več. V našem primeru pa smo izbrali harmonično analizo v povezavi z diskretno simulacijo (*Matlab*), ki se je izkazala za najbolj učinkovito v primerjavi z ostalimi možnimi modelerskimi orodji (*Matlab-Simscape*). Z vidika harmonične analize vse vhodne veličine (sekundarne napetosti transformatorja) definiramo v kompleksnem prostoru kot opisuje enačba (1):

$$\begin{aligned} U_1 &= U_{tap} \cdot e^{j2\pi ft} \\ U_2 &= U_{tap} \cdot e^{j2\pi ft + \frac{2\pi}{3}} \\ U_3 &= U_{tap} \cdot e^{j2\pi ft + \frac{4\pi}{3}} \end{aligned} \quad (1)$$

kjer  $U_{tap}$  označuje amplitudo napetosti,  $f$  predstavlja omrežno fre-

kvenco (50 Hz),  $t$  pa čas. Zapis v tej obliki nam omogoča, da vse odvisne električne veličine nasledijo kompleksne lastnosti.

Glavni sestav EOP predstavlja pečni transformator, ki je priključen na transformatorsko postajo (110–35 kV) preko 19,3 MVA dušilke (reaktivno breme). Nazivna moč transformatorja znaša 80 MVA, pri čemer so sekundarne napetosti razdeljene v 18 korakov (stopenj) med 600 in 980 V. Nazivni tokovi primarja transformatorja segajo od 1.060 A do 1.320 A, sekundarja pa od 47 kA do 62 kA. Poenostavljeno električno shemo EOP preikazuje *slika 1*.

Dušilka, vezana na primarni strani transformatorja, predstavlja reaktivno breme v višini od 3,89 do 0 mΩ v 6 korakih (stopenj dušilke). Reaktivno breme se uporablja v začetnih fazah taljenja, za povišanje rekatace električnega kroga in s tem stabilnosti gorenja električnih oblokov, ki so v takšnih situacijah izredno nestabilni in pogosto ugašajo.

Predstavljeno EOP lahko obravnavamo kot 3-fazno, nelinearno električno vezje, kjer so glavne nelinearnosti zastopane s strani električnih oblokov. Matematično lahko vsak električni oblok opišemo kot impedančno breme, katerega upornost  $R_{arc}$  opisuje Cassie-Mayrjev model [2, 3, 4] po enačbi (2). Zaradi potencialnih numeričnih težav je upornost obloka  $R_{arc}$  izražena v logaritmični obliki s spremenljivko  $s$ :

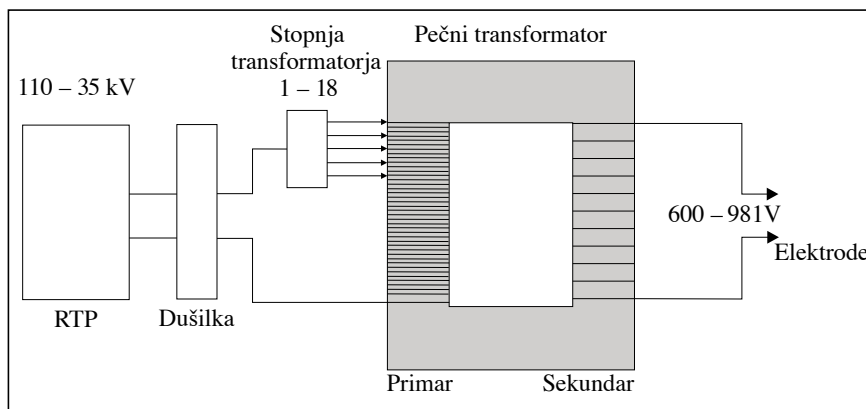
$$\frac{ds}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot \left(1 - \frac{U_{arc} I}{P_0}\right) \cdot e^{\alpha s} \quad (2)$$

$$s = \ln R_{arc}$$

pri čemer predstavlja  $R_{arc}$  upornost obloka,  $U_{arc}$  padec napetosti na obloku,  $I$  fazni tok,  $\alpha$  Cassie-Mayrjev konstanto ( $\alpha = 0$  – Mayrjev model za nizke tokove,  $\alpha = 1$  – Cassiejev model za visoke tokove),  $\tau$  predstavlja časovno konstanto hlajenja obloka,  $P_0$  pa toplotno disipacijo obloka, ki jo opisuje enačba (3):

$$P_0 = 2\pi^{1/2} \sigma^{-1/2} I^{3/2} \sigma_{SB} T^4 \quad (3)$$

pri čemer predstavlja  $\sigma$  specifično prevodnost obloka ( $2 \cdot 10^3$  S/m),  $\sigma_{SB}$



**Slika 1.** Poenostavljena električna shema 80 MVA EOP

Stefan-Boltzmannovo konstanto ( $5,6704 \cdot 10^{-8} \text{ Js}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^4$ ),  $l$  dolžino obloka,  $T$  pa povprečno temperaturo v steblo obloka ( $\sim 4.500 \text{ K}$ ). Enačba (3) in časovna konstanta  $\tau$  v enačbi (2) definirata čas, ki je potreben za segretje obloka, da ta doseže ustaljeno vrednost  $U_{arc} I = P_0$  [2].

Z vidika električnega vezja predstavlja električni oblok induktivno breme, pri čemer lahko reaktanco obloka  $X_{arc}$  definiramo z uporabo Köhlejvega modela [5] v enačbi (4):

$$\frac{X_{arc}}{X_0} = K_1 \cdot \frac{R_{arc}}{X_0} + K_e \cdot \left( K_2 \cdot \frac{R_{arc}}{X_0} + K_3 \cdot \frac{R_{arc}^2}{X_0^2} \right) \quad (4)$$

pri čemer predstavlja  $X_0$  kratkostično reaktanco EOP,  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$  predstavljajo koeficiente odvisnosti reaktance obloka  $X_{arc}$  od njegove upornosti  $R_{arc}$ , koeficient  $K_e$  pa opisuje enačba (5):

$$K_e = e^{-\frac{t}{T_x}} \quad (5)$$

in predstavlja eksponentni upad reaktance obloka glede na čas delovanja EOP. Časovna konstanta  $T_x$  je bila nastavljena eksperimentalno na 20 minut. Eksponentni upad reaktance obloka je posledica procesa taljenja in nastajanja žilindre.

Glede na enačbi (2) in (4) dobimo impedanco obloka s pomočjo enačbe (6):

$$Z_{arc} = \sqrt{R_{arc}^2 + X_{arc}^2} \quad (6)$$

ki je dobro znana enačba za izračun impedance bremena.

Kot je moč zaslediti v literaturi [6, 7], se padec napetosti na obloku zniža za približno 30–40 V, kar je posledica katodnega upada napetosti in lahko modeliramo z uporabo dodatne upornosti. Dejanska impedanca obloka  $Z_{arc}$  je za  $R_{cathode}$  nižja od impedance  $Z_{arc'}$  izračunane v enačbi (6):

$$Z_{arc} = Z_{arc} - R_{cathode} = Z_{arc} - \frac{U_{cathode}}{I} \quad (7)$$

pri čemer predstavlja  $U_{cathode}$  pripadajoč katodni padec napetosti.

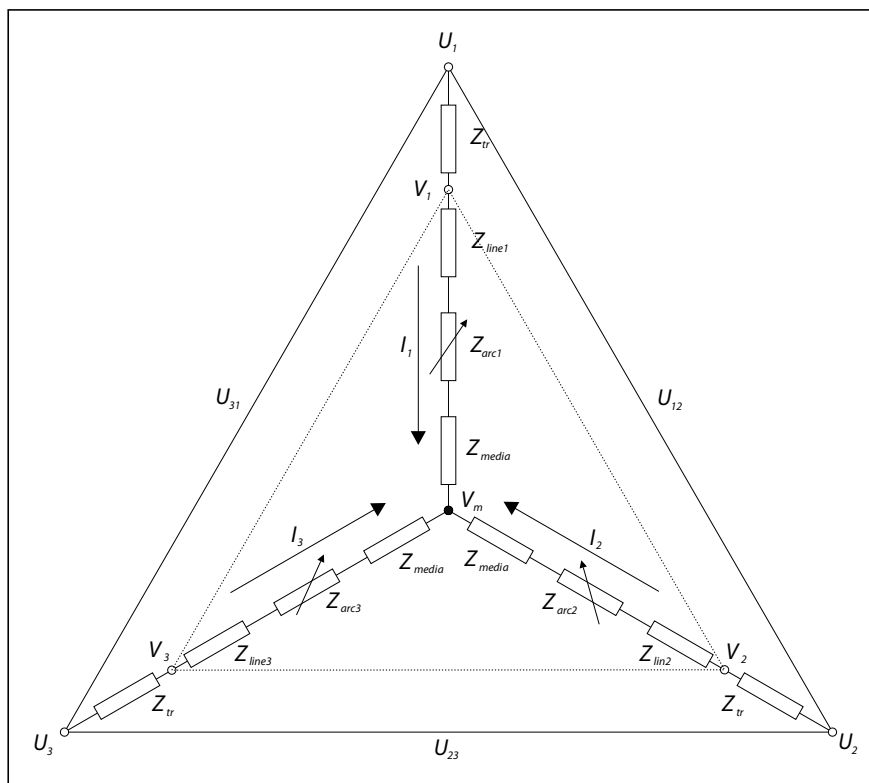
Električni model EOP, ki vključuje impedance transformatorja, impedance prenosnih linij, impedance oblokov ter dodatne impedance (vložek, žilindra itd.), lahko prikažemo kot 3-fazno, zvezdasto vezavo, predstavljenno na *sliki 2*.

Za uspešno izgradnjo matematičnega modela EOP je potrebno pridobiti vrednosti vseh impedanc, ki so prikazane na *sliki 2*. Dodatne impedance so bile določene eksperimentalno, impedanco obloka je možno izračunati iz enačbe (7), impedanci prenosnih linij ter transformatorja pa sta podani oz. ju je možno izračunati. Upornost prenosnih linij in transformatorja sta podani in znašata  $R_r = 0,37 \text{ m}\Omega$  in  $R_{line} = 0,12 \text{ m}\Omega$ . Prav tako je podana reaktanca prenosnih linij in znaša  $X_{line} = 1,08 \text{ m}\Omega$ . Reaktanco transformatorja in reaktanco dušilke, ki se preslika preko transformatorja, izračunamo po enačbi (8):

$$X_{transformer} = \frac{u_k}{100\%} \cdot \frac{U_{tap}^2}{80 \text{ MVA}} \quad (8)$$

$$X_{reactor} = X_{rtap} \cdot \left( \frac{U_{tap}}{35 \text{ kV}} \right)^2$$

$$X_r = X_{transformer} + X_{reactor}$$



**Slika 2.** Električna shema EOP:  $U_1, U_2, U_3$  – fazne napetosti,  $U_{12}, U_{23}, U_{31}$  – medfazne napetosti,  $V_1, V_2, V_3$  – fazne napetosti brez padca napetosti na transformatorju,  $I_1, I_2, I_3$  – fazni tokovi,  $Z_{tr}$  – impedanca transformatorja in dušilke,  $Z_{line}$  – impedanca prenosnih linij,  $Z_{arc}$  – impedanca oblokov,  $Z_{media}$  – dodatne impedance,  $V_m$  – potencial nevtralne točke

pri čemer predstavlja  $X_{transformer}$  reaktanco transformatorja,  $X_{reactor}$  reaktanco dušilke,  $X_r$  skupno reaktanco, ki se uporablja za nadaljnje izračune,  $u_k$  impedančno napetost glede na izbrano stopnjo transformatorja v % (od 16,6 % do 6,3 % v 18 stopnjah),  $U_{tap}$  sekundarno napetost na transformatorju,  $X_{rtap}$  reaktanco dušilke glede na izbrano stopnjo dušilke (od 3,89 mΩ do 0 mΩ v 6 stopnjah), 80 MVA in 35 kV predstavljata nazivno moč transformatorja in napetost na primarju [8].

Iz enačb (2) in (4) je razvidno, da impedance električnih oblokov predstavljajo nelinearno, časovno spremenljivo breme, ki povzročajo nesimetrično obratovanje peči. Potencial nevtralne točke  $V_m$ , ki ima v primeru simetrične obremenitve vrednost 0 V, je v tem primeru različen od 0 V in se giblje znotraj trikotnika, ki ga omejujejo napetosti  $U_{12}, U_{23}, U_{31}$ . V primeru, da  $V_m$  doseže rob trikotnika, pomeni, da je eden izmed oblokov ugasnil in je potreben ponoven vžig.

Potencial nevtralne točke  $V_m$  izračunamo s pomočjo enačbe (9):

$$V_m = \frac{\sum_{i=1}^3 Y_i \cdot U_i}{\sum_{i=1}^3 Y_i} \quad (9)$$

pri čemer predstavlja  $Y_i$  vsoto admittanc v vsaki fazi,  $U_i$  pa fazne napetosti.

Napetosti in fazne tokove izračunamo po dobro znanih Kirchhoffovih zakonih. Padec napetosti na prenosnih linijah, obloku in dodatnih impedancah za vsako fazo ( $i = 1, \dots, 3$ ) izračunamo po enačbi (10):

$$V_i = \frac{(Z_{arc\_i} + Z_{line\_i} + Z_{media}) \cdot (U_i - V_m)}{Z_{arc\_i} + Z_{line\_i} + Z_{media} + Z_r} \quad (10)$$

fazne tokove pa po enačbi (11):

$$I_i = \frac{U_i - V_m}{Z_{arc\_i} + Z_{line\_i} + Z_{media} + Z_r} \quad (11)$$

Padec napetosti na obloku izračunamo po enačbi (12):

$$V_{arc\_i} = I_i \cdot Z_{arc\_i} - V_{cathode} = I_i \cdot Z_{arc\_i} - I_i \cdot R_{cathode} \quad (12)$$

Skupno nazivno ( $S$ ), delovno ( $P$ ), obločno ( $P_{arc}$ ) in jalovo ( $Q$ ) moč EOP dobimo z združitvijo enačb (10), (11) in (12) v enačbe (13), (14), (15) in (16):

$$S = \sum_{i=1}^3 S_i = \sum_{i=1}^3 I_i^2 \cdot (Z_{arc\_i} + Z_{line\_i} + Z_{media} + Z_r) \quad (13)$$

$$P = \sum_{i=1}^3 P_i = \sum_{i=1}^3 I_i^2 \cdot (R_{arc\_i} + R_{line\_i} + R_{media} + R_r) \quad (14)$$

$$P_{arc} = \sum_{i=1}^3 P_{arc\_i} = \sum_{i=1}^3 I_i^2 \cdot R_{arc\_i} \quad (15)$$

$$Q = \sum_{i=1}^3 Q_i = \sum_{i=1}^3 \sqrt{S_i^2 - P_i^2} \quad (16)$$

Močnostne faktorje dobimo po enačbi (17):

$$\cos \varphi_i = \frac{P_i}{S_i} \quad (17)$$

Za pravilno delovanje zgrajenega modela je potrebno določiti še preostale parametre, ki so bili pridobljeni eksperimentalno s primerjavo simuliranih in merjenih obratovalnih podatkov EOP, in sicer:  $Z_{media}$  – dodatne impedance ( $\sim 0,45 \text{ m}\Omega$ );  $R_{cathode}$  – padec katodne napetosti ( $\sim 0,8 \text{ m}\Omega$ ).

Ker sam proces taljenja v EOP izkazuje kaotično obnašanje, ki ga ne moremo opisati s klasičnimi električnimi zakoni, je modelu dodan Lorentzov atraktor, ki vnaša v model naključno obnašanje [9]. Lorentzov atraktor opisuje enačbe (18):

$$\begin{aligned} \frac{dx_i}{dt} &= K_L \cdot \sigma_L \cdot (y_i - x_i) \\ \frac{dy_i}{dt} &= K_L \cdot x_i \cdot (\rho_L - z_i) - K_L \cdot y_i \\ \frac{dz_i}{dt} &= K_L \cdot x_i \cdot y_i - K_L \cdot \beta_L \cdot z_i \end{aligned} \quad (18)$$

pri čemer predstavlja  $K_L$  frekvenca atraktorja ( $K_L = 55$ ),  $\sigma_L$ ,  $\rho_L$  in  $\beta_L$  predstavljajo parametre atraktorja ( $\sigma_L = 10$ ,  $\rho_L = 58$  in  $\beta_L = 8/3$ ),  $x_i$ ,  $y_i$ ,  $z_i$  pa stanja atraktorja. Upornosti električnih oblokov se tako doda

naključnost, kar opisuje enačba (19):

$$R_{arc\_i} = R_{arc\_i} + (x_i + y_i + z_i) \cdot K_t - (x_i + y_i + z_i) \cdot K_t \quad (19)$$

pri čemer predstavlja  $K_t$  časovno spremenljivo ojačenje kaotičnosti,  $(x_i + y_i + z_i)$  pa povprečno vrednost vsote stanj (ohranitev povprečne vrednosti  $R_{arc\_i}$ ). Ojačenje kaotičnosti  $K_t$  je višje na začetku taljenja, saj je znano, da v tej fazi prihaja do večjih naključnih odstopanj od idealnih vrednosti. Eksperimentalni rezultati so pokazali, da lahko prispevek naključnosti  $K_t$  zadovoljivo opišemo z enačbo (20):

$$K_t = \left( e^{-\frac{t_{tap}}{T_{t1}}} \cdot \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \right) \cdot \left( e^{-\frac{t}{T_{t2}}} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) \quad (20)$$

pri čemer predstavlja  $t_{tap}$  čas, merjen od začetka taljenja posamezne

košare,  $T_{t1}$  in  $T_{t2}$  predstavljata časovni konstanti eksponentnega upada ojačenja (200 s in 1.600 s),  $t$  pa čas, merjen od začetka procesa taljenja.

### 3. Rezultati

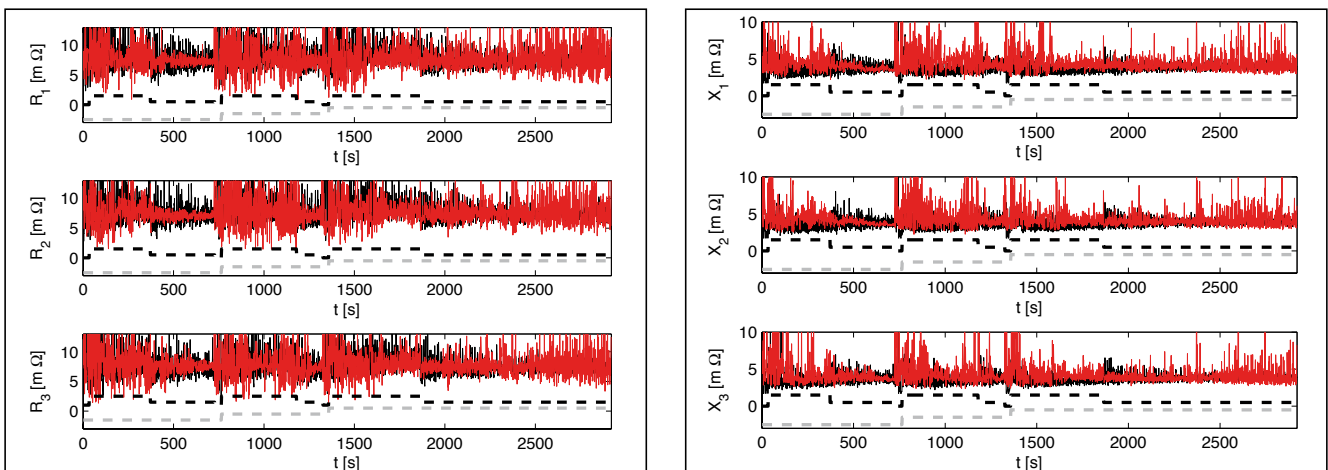
V nadaljevanju je prikazana primerjava med simulacijskimi rezultati, pridobljenimi na zgrajenem matematičnem modelu, in izmerjenimi podatki realnega obratovanja EOP. Vrednotenje modela je izvedeno za eno šaržo taljenja (3 košare odpadnega jekla) s spremenljivimi stopnjami transformatorja (6, 7 in 9) in fiksno stopnjo dušilke (4). Slike 3 do 6 prikazujejo primerjavo merjenih in simuliranih podatkov za upornosti in reaktance oblokov, moči (navidezna, delovna, obločna in jalova) ter močnostne faktorje za vse tri faze. Črna in siva črtkana črta predstavljata spremembo stopnje transformatorja

(6, 7 in 9) ter trenutno košaro taljenja (1, 2, 3).

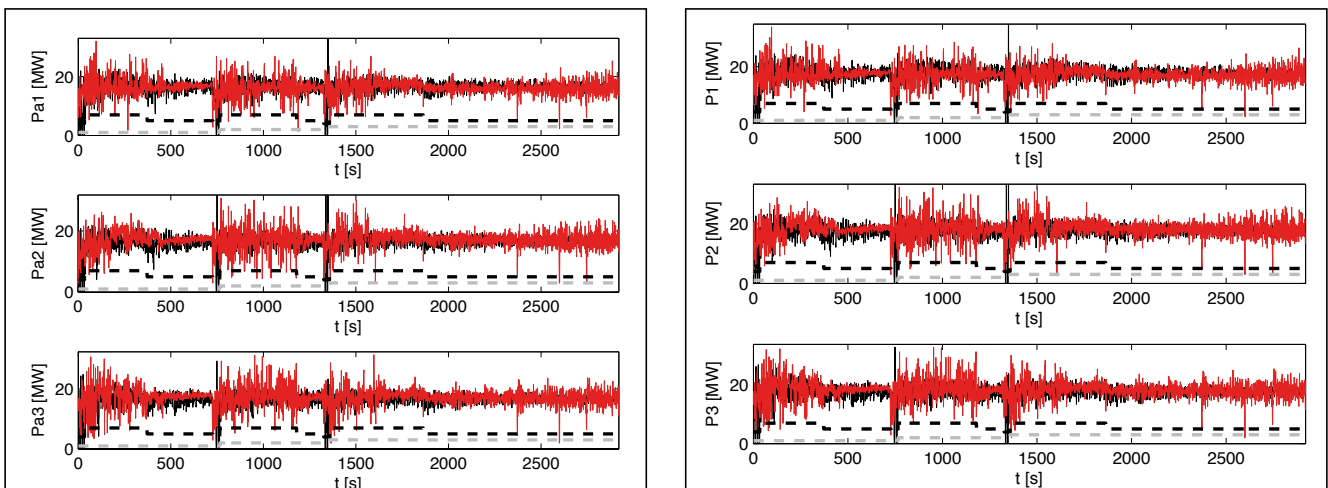
Slika 3 prikazuje naraščanje reaktanc oblokov ob vsakem dodajanju košare, ki mu sledi eksponentni upad. Vzrok temu je dodatna količina jekla v trdnem stanju, ki poviša nestabilnost gorenja oblokov ter s tem viša njihovo reaktanco, upad reaktance pa je posledica taljenja jekla in formiranja žlindre. S slike 3 je razvidna tudi večja kaotičnost v začetnih fazah taljenja kot v končnih.

Slike 4 in 5 prikazujeta rezultate podmodelov za simulacijo delovne, obločne, jalove in navidezne moči. Razvidna je velika podobnost med merjenimi in simuliranimi podatki, kar kaže na ustreznost zgrajenega modela.

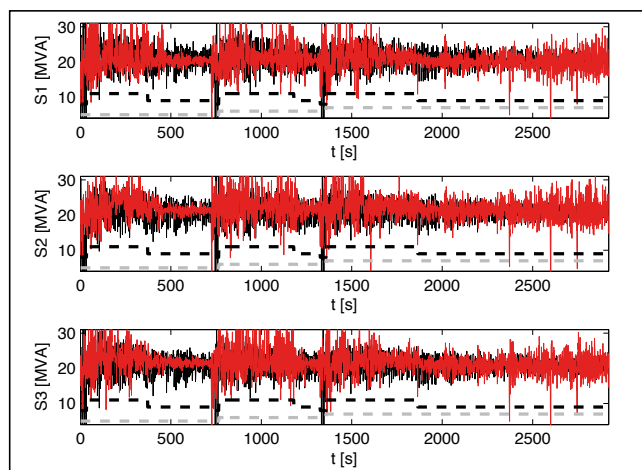
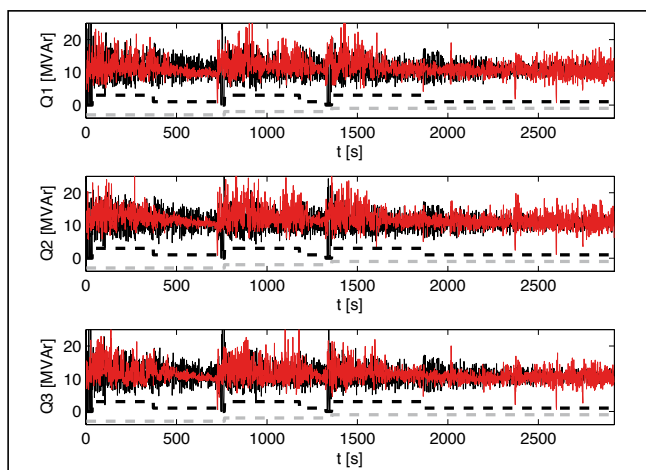
Slike 6 je razvidno, da EOP obratuje z močnostnimi faktorji 0,85–0,90,



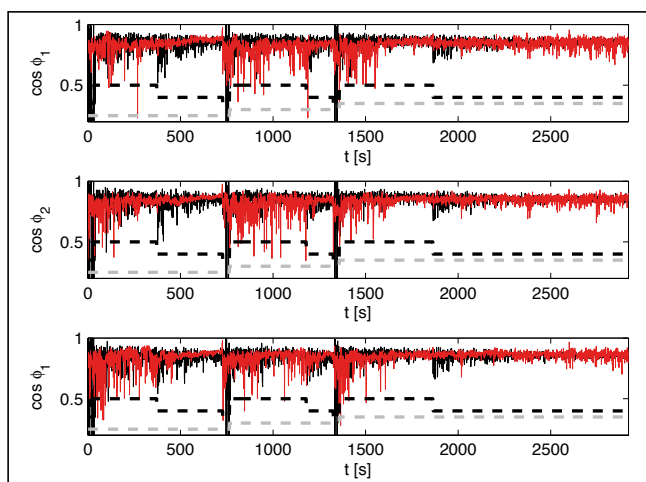
Slika 3. Upornost obloka (leva slika) in reaktanca (desna slika) v  $m\Omega$  za vse tri faze: siva črtkana črta – trenutna košara, črna črtkana črta – trenutna stopnja transformatorja, tanka črna črta – merjeni podatki, tanka rdeča črta – simulirani podatki



Slika 4. Moč obloka v MW (leva slika) ter delovna moč v MW (desna slika) za vse tri faze: siva črtkana črta – trenutna košara, črna črtkana črta – trenutna stopnja transformatorja, tanka črna črta – merjeni podatki, tanka rdeča črta – simulirani podatki



**Slika 5.** Jalova moč v MVA (leva slika) in navidezna moč v MVA (desna slika) za vse tri faze: siva črtkana črta – trenutna košara, črna črtkana črta – trenutna stopnja transformatorja, tanka črna črta – merjeni podatki, tanka rdeča črta – simulirani podatki



**Slika 6.** Močnostni faktorji za vse tri faze: siva črtkana črta – trenutna košara, črna črtkana črta – trenutna stopnja transformatorja, tanka črna črta – merjeni podatki, tanka rdeča črta – simulirani podatki

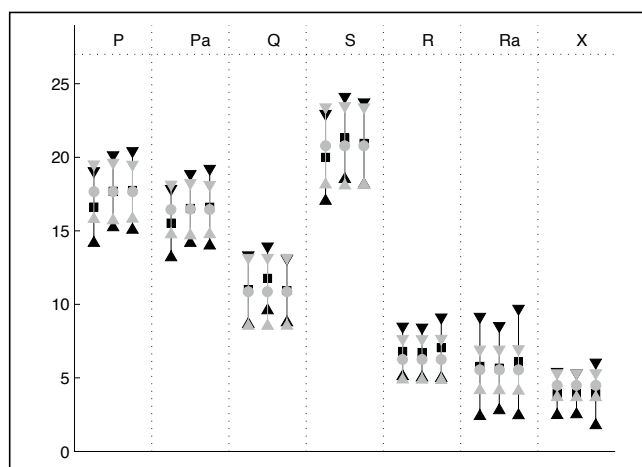
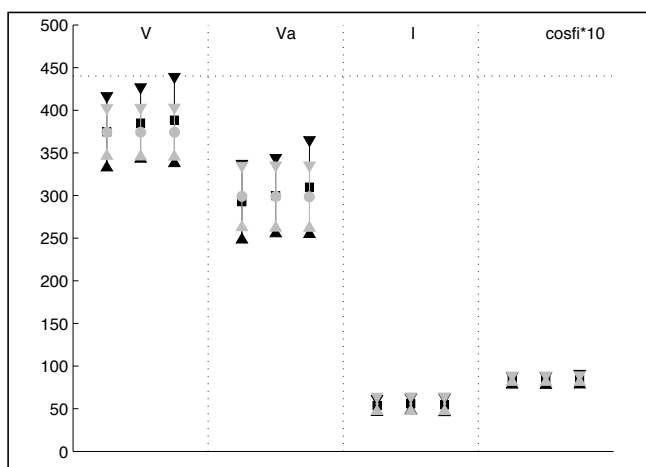
kar je posledica impedančnih bremen, ki poslabšajo razmerje med delovno in jalovo močjo, vendar so potrebni zaradi stabilizacije gorenja el. oblokov.

Slika 7 prikazuje povprečne izmerjene in simulirane vrednosti, vključno s standardnimi odkloni za eno šaržo taljenja.

Kot prikazuje slika 7, so povprečne vrednosti in standardni odkloni izmerjenih in simuliranih podatkov podobni, kar dodatno nakazuje na ustreznost zgradbe in parametrizacije dobljenega modela EOP.

#### 4. Zaključek

Članek obravnava enega izmed možnih pristopov k modeliranju električnih procesov EOP. Pridobljeni simulacijski rezultati kažejo, da zgrajeni model zadošča ciljem načrtovanja, saj izkazuje visoko podobnost z izmerjenimi obratovalnimi podatki. Primeren model električnih procesov EOP predstavlja osnovo nadaljnega dela, tj. načrtovanja re-



**Slika 7.** Povprečne izmerjene in simulirane vrednosti, vključno s standardnimi odkloni:  $V$  – napetosti sekundarja [V],  $V_a$  – oblačne napetosti [V],  $I$  – fazni tokovi [kA],  $\cos\phi$  – močnostni faktorji (\*10),  $S$  – navidezna moč [MVA],  $P$  – delovna moč [MW],  $P_a$  – moč obloka [MW],  $Q$  – jalova moč [MVA],  $R$  – skupna upornost [ $m\Omega$ ],  $R_a$  – upornost obloka [ $m\Omega$ ],  $X$  – skupna reaktanca [ $m\Omega$ ]; črni kvadrati – izmerjene povprečne vrednosti, sivi krogi – simulirane povprečne vrednosti, črni trikotniki – izmerjeni standardni odkloni, sivi trikotniki – simulirani standardni odkloni



gulacijskih struktur ter optimizacije porabe električne energije. Vsekakor bo za ta namen uporabe potrebno električni model dopolniti še z ostalimi modeli, tj. kemičnimi, toplotnimi in energijskimi, ki v celoti zagotovijo natančno in smiselno analizo delovanja EOP.

## Viri

- [1] Regional Management Lorraine Champagne. *Electrode Regulation – E.M.P.E.R.E.* Rue de la Champagnerie 1, Uckange, June 2001.
- [2] Y. Lee and H. Nordborg and Y. Suh and P. Steimer. Arc stability criteria in ac arc furnace and optimal converter topologies. In *22<sup>nd</sup> Annual IEEE Applied Power Electronics Conference (2007)*, pp. 1280–1286.
- [3] A. M. Cassie. Arc rupture and circuit severity. Tech. Rep. 102, Internationale des grands Reseaux Electriques a haute tension (CIGRE), Paris, France, 1939.
- [4] O. Mayr. Beiträge zur theorie des statischen und dynamischen lichtbogens. *Archiv für Elektrotechnik* 37 (1943), 588.
- [5] S. Köhle and M. Knoop and R. Lichtenbeck. Lichtbogenreaktanzen von drehstrom-lichtbogenöfen. *Elektrowärme international* 51 (1993), 175–185.
- [6] A. Z. Nemirovskii and F. Puchka- rev. Arc voltage as a function of cathode thermophysical properties. *Journal of Physics D: Applied Physics* 25 (1992), 798–802.
- [7] J. Bratina. *Elektroobložna peč*. Slovenske Železarne, 1994.
- [8] E. Kirchenmayer. Electrical engineering of arc furnaces: Furnace transformers. Tech. rep., Institut für Bildung im Stahl-Zentrum, Hamburg, Germany, 16–19. September 2003.
- [9] G. Jang and W. Wang and G. T. Heydt and S. S. Venkata and B. Lee. Development of enhanced electric arc furnace models for transient analysis. *Electric Power Components and Systems* 29 (2001), 1060–1073.

## Modelling of the electric arc furnace processes

**Abstract:** The paper presents a possible approach to the mathematical modeling of 3-phase AC electric arc furnace (EAF) processes. The EAF can be, from the modeling point of view, considered as a combination of electrical, hydraulic, chemical, thermal and several energy-balance sub-processes or sub-models. In this paper the modeling of the electrical sub-model is presented in detail, which is obtained in accordance with different mathematical, electrical and mechanical laws. Parameters, which are needed to successfully identify the scrap-melting process, were fitted experimentally, using the measured operational data of an 80 MVA AC furnace during different periods of the melting process. Similar data has also been used for the validation of the developed model. The aim of the presented EAF modeling is to obtain an accurate and realistic mathematical model of the melting process, which will be used for control-design purposes and the optimization of the energy consumption.

**Keywords:** EAF, electric model, experimental validation, harmonic analysis

**IRT**<sup>3000</sup>  
inovacijarazvojt tehnologije

**NEPOGREŠLJIV VIR  
INFORMACIJ ZA STROKO**

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

**Vodnik skozi množico informacij**

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

# Razvoj avtomata za montažo zvitkov kondenzatorja

Janez BENEDIK

Pri razvoju avtomata za montažo zvitkov je bilo potrebno uporabiti »nizkocenovne«, zanesljive rešitve, ki smo jih lahko izdelali sami. Kupili smo samo tiste sestavne dele, ki se jih v specifičnih ekonomskih pogojih v Sloveniji res ni izplačalo ali jih ne moremo izdelati doma.

## ■ 1 Uvod

Naročilo za projekt je prišlo v času hudega pomanjkanja dela. Izpogajana cena je bila prenizka za normalne okoliščine.

Naročnik je pričakoval napravo z »računovodskim« ciklom 2 sekundi za kos. Po naših ocenah je 2-sekundni takt prekratek za nivo tehnike, ki ga uporabljamo, še posebej, ker je bilo za izvedbo projekta na voljo relativno malo časa.

Naročnika smo prepričali, da je z vidika varnosti projekta in proizvodnje bolje, da uporabimo dve enaki napravi in podaljšamo takt na 4 sekunde, kar je za nivo in cenovni razred tehnike, ki ga uporabljamo, varnejša rešitev. Poleg podaljšanja takta je bistvena prednost dveh naprav še večja prilagodljivost proizvodnje (več različnih izdelkov zahteva spremembe nastavitvev), manjše pa je tudi tveganje morebitnih zastojev.

Dve enaki napravi sta prednost tudi za izdelovalca naprave: ker so skoraj vsi moduli skonstruirani in izdelani doma:

- manipulator za prelaganje,
- krožni dodajalnik,

Janez Benedik, univ. dipl. inž.,  
DTA44, d. o. o. Bled, Bled

- Z-os robota s kleščami,
  - vsa vpenjala in ostali spremljajoči deli,
- je z vidika ekonomike ključno, da izdelamo dva enaka dela, saj razvoj in izdelava le enega nista gospodarna.

## ■ 2 Obdelovanec



Slika 1. Zvitek

Obstajata dve različni višini zvitkov in množica različnih premerov, od  $D = 19$  do 28 mm premera. Na nazivni premer zvitka ima velik vpliv tudi toleranca debeline papirja, saj se



Slika 2. Zvitki z oblikovanimi kontakti, zloženi v okvir

pri nekaj 100 ovojih premer znatno spremeni.

## ■ 3 Krožni dodajalnik



Slika 3. Krožni dodajalnik

Krožni dodajalnik je skonstruiran in izdelan »doma«. Posebnost tega dodajalnika je ravna rotirajoča plošča (ni vibracijski dodajalnik), ki s pomočjo usmerjevalnih elementov pripelje obdelovance na točno določeno mesto, od koder jih pobira manipulator.

## ■ 4 Dvoosni manipulator za prekladanje zvitkov

Slika 4 prikazuje dvoosni manipulator, ki preklada zvitke iz krožnega dodajalnika na indeksno mizo. Ker je zvitek mehek, morajo biti prijemala klešč štiritočkovna, sila klešč pa nastavljava oziroma čim manjša – le tolikšna, da zvitek ne pade iz klešč. Klešče so univerzalne za vse premere zvitkov.

Zvitki se navijajo na navijalnih strojih in nakladajo na pladnje za tran-



Slika 4. Dvoosni manipulator

sport zvitkov od navijalnih strojev do montaže. Zaradi občutljivosti kontaktov na zvitkih morajo biti zvitki med transportom v pokončni legi. Pokončni položaj zvitkov zagotavlja, da se kontakti med transportom ne skrivijo oziroma poškodujejo. Kontakti so izdelani iz 0,03 mm debele pokositrane medenine. Zato so tudi pri avtomatiziranem postopku zvitki v pokončnem položaju.



Slika 5. Vpenjalo

## ■ 5 Indeksna miza

Indeksna miza ima 8 postaj in je proizvod firme Weiss (Vial).

## ■ 6 Vpenjalo

Slika 5 prikazuje vpenjalo, ki je sestavljeno iz pozicijske puše (zgornji del), ohišja, kolesa za vrtenje ter dvižnega droga (spodaj).

Zaradi velikega števila različnih premerov zvitkov je bilo potrebno izdelati vpenjala z različnimi izmenljivimi pozicionirnimi pušami.

## ■ 7 Enota za upogibanje in ravnanje kontaktov

Glavni del enote za upogibanje kontaktov je pinola z vzmetnimi prsti, ki prepogne kontakte iz centra navzven.

Vzmetni prsti naležejo na zvitek, ga po potrebi potisnejo na dno vpenjala ter končno razprejo prste in prepogne kontakte.



Slika 6. Enota za upogibanje kontaktov



Slika 7. Enota za ravnanje kontaktov

Slika 7 prikazuje enoto za ravnanje kontaktov, ki kontakte dodatno poravnava v vodoravno lego.

## ■ 8 Enota za orientacijo in kontrolo zvitkov



Slika 8. Orientacija in optična kontrola zvitkov

Pri izdelavi enote za orientacijo in kontrolo zvitkov sta bili dve možnosti:

- sistem fotocelic z mehanizmom za nastavljanje,
- TV-kamera.

Odločili smo se za enostavno TV-kamero, ki je povezana s pogonom za rotacijo zvitka. Zvitek se vrti. Ko so kontakti v zahtevani legi, kamera zaustavi vrtenje. Kamera je izdelek firme Cognex, dobavo in instalacijo je izvedla firma Tiptech. Kamera se je izkazala za zelo prilagodljivo in zanesljivo rešitev.

Zvitki, ki jih kamera iz kateregakoli razloga ne more orientirati, gredo v izmet. Ti zvitki se potem ročno zložijo po stari tehnologiji.

## ■ 9 Enota za ploščenje in zlaganje zvitkov



Slika 9. Dvoosni robot s kleščami

Slika 9 prikazuje robot X-Y s pnevmatično Z-osjo, z dvema višinama in kleščami. Klešče s podaljšanim hodom so izdelek firme SMC.

Ko je zvitek orientiran, ga na naslednji postaji dvignemo iz pozicionirane puše, klešče istočasno primejo zvitek, ga sploščijo in prestavijo na montažno ploščo, kjer je že postavljen prazen okvir za zvitek.

## ■ 10 Zlaganje zvitkov v okviru



Slika 10. Nihajna miza z dvema montažnima ploščama

Slika 10 prikazuje nihajno mizo z dvema montažnima ploščama. Na ploščo, ki je trenutno v srednjem položaju, robot naklada zvitke.

Vrstice z zvitki so razmaknjene za razdaljo, ki je potrebna, da se klešče robota odprejo, ne da bi pri tem porle sosednje zvitke.

Med vrstice zvitkov po programu vstavljamo prečne pregrade, ki so potrebne, da se stolpec z zvitki pri stiskanju ne ukloni – o tem v naslednjem poglavju.

Na montažni plošči, ki je trenutno v stranski legi, levi ali desni, delavec ročno dokonča okvir. Zato potrebujemo dve stiskalnici okvirov, o tem v poglavju 13.

## ■ 11 Dodajanje pregrad



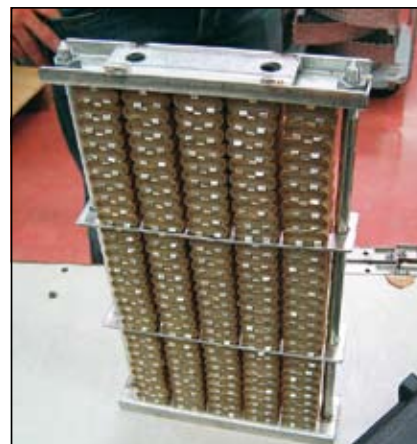
Slika 11. Dodajanje pregrad v okvir

Slika 11 prikazuje zalogovnik s pregradami in čelo pehala, ki je opremljeno z elementi za pozicioniranje pregrade, s senzorjem za zaznavanje le-te in vakuumskim prijemalom. Pregrade so zložene v zalogovniku, od koder jih mehanizem dodaja na čelo pehala.

Ko je na montažni mizi ustrezno število vrstic zvitkov, jih pehala rahlo stisne, obenem pa še vstavi pregrado po programu.

## ■ 12 Okviri

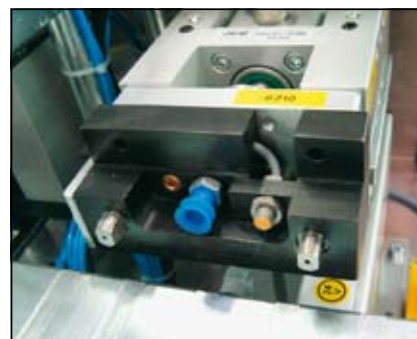
Zgradba okvira je razvidna s slike 12.



Slika 12. Okvir z zvitki (spodnja prečka s stojnima vijakoma, dve vmesni pregradi in zgornja prečka z dvema maticama)

Prvotno so bili okviri namenjeni za ročno delo in morebitne geometrijske nepravilnosti niso bile moteče. Pri avtomatiziranem postopku smo se morali čim bolj prilagoditi obstoječemu stanju, saj ima investitor preko 1000 okvirov in bi bila zamenjava le-teh prevelik strošek.

## ■ 13 Zapiranje okvirov



Slika 13. Enota za stiskanje okvira – stiskalnica

Slika 13 prikazuje čelo stiskalnice z opremo (zatičema za pozicioniranje prečke, senzorjem ter vakuumskim prijemalom).

Delavec ročno vstavi prečko na pozicionirna zatiča. Če je prečka pravilno pozicionirana, jo vakuumsko prijemalo prime.

Delavec z dvoročnim vklopom sproži stiskalnico, ki z nizkim tlakom natakne prečko na stojna vijaka, tako da naleže na zvitke. S ponovnim aktiviranjem dvoročnega vklopa stisne zvitke z visokim tlakom ter ročno privije matici.

Delavec končno sname polni okvir iz vpenjalne plošče ter vstavi praznega.

### ■ 14 Izmet neorientiranih zvitkov

Slika 14 prikazuje enoto za odpihovanje neustreznih zvitkov v izmet. V ta namen smo uporabili hitroizpustni ventil in temu prilagojen rezervoar zraka.

Celotna uporabljena pnevmatika na projektu je proizvod podjetja Hypex, ki se je izkazala za cenovno najugodnejšo, robustno in zanesljivo.

### ■ 15 Zaključek

Obljubljene takt 4 sekunde za kos smo presegli: končni takt je bil 2,7–2,8 sekunde za kos oziroma 7 minut za okvir (140–180 zvitkov).



Slika 14: Odpihovanje neustreznih zvitkov

Investitor uporablja eno napravo samo za tip zvitka, ki je najbolj pogost, na drugi napravi pa zloži vse ostale tipe zvitkov. ■



DOZIRNA TEHNIKA IN  
AVTOMATIZACIJA d.o.o.

DTA44 d.o.o Bled  
Mladinska cesta 9  
4240 Bled

Web: [www.dta44.com](http://www.dta44.com)  
E-mail: [dta44@siol.net](mailto:dta44@siol.net)  
Tel: (+386) 04 531 63 30

## Doziranje 1 in 2 komponentnih medijev

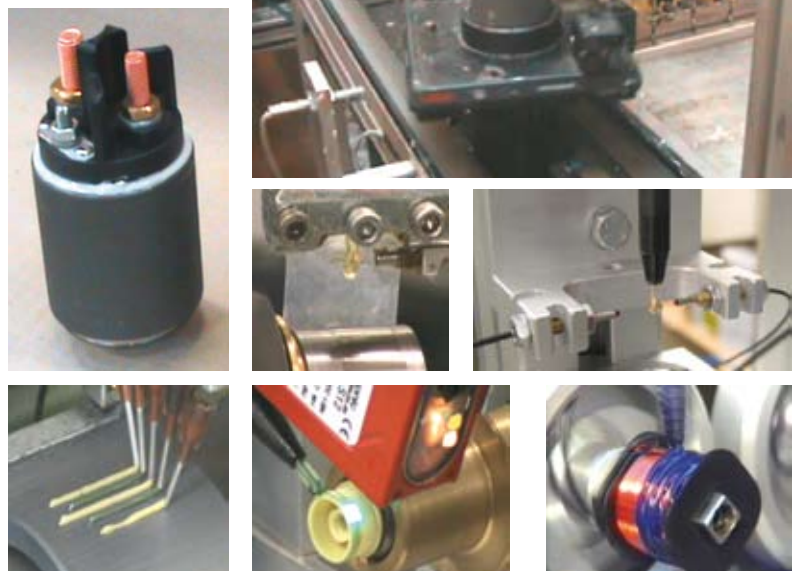
Dozirni aparati in pripadajoča oprema za doziranje 1 in 2 komponentnih medijev



Naprave za doziranje maziv (masti, olja)



Izdelava strojev za avtomatizirano lepljenje s kontrolo



# Izboljšanje učinkovitosti in delovnih pogojev z avtomatizacijo notranjih pretokov v avtomobilski industriji

Mitja NOVAK

Prizadevanja za izboljšanje učinkovitosti in zmanjšanja stroškov v avtomobilski industriji pogosto posegajo tudi v avtomatizacijo notranjih pretokov. Za analizo in organizacijo dela (AOT) sta med najprimernejšimi pokazatelji čas DST (Design Standard Time) in razmerje DSTR (Design Standard Time Ratio). Izboljšata se predvsem z dobro zasnovanim konceptom proizvoda in proizvodnje ter z zmanjšanjem nedodane vrednosti (NVA). Z zmanjšanjem NVA se ukvarja postopek iFA (integrated Factory Automation), ki ga uporabljata tako Renault kot Nissan. Postopek je hkrati proces in se dobro dopolnjuje z ostalimi metodami SPR-ja (Systeme de Production Renault). Na terenu je v kombinaciji z iFO pri zmanjševanju NVA najbolj učinkovit postopek KAIZEN, ki se uporablja predvsem pri problematiki optimalne urejenosti delovnih mest in njihove okolice.

Rešitve za povečanje učinkovitosti in zmanjšanje stroškov, do katerih pridemo s sistematskim obravnavanjem delovnih mest, pogosto zahtevajo tudi avtomatizacijo notranjih pretokov, vendar šele po tem, ko so pretoki že optimizirani in poenostavljeni. Vplivajo pa tako na učinkovitost in zmanjšanje stroškov kot na izboljšave na področju kakovosti, ergonomije in pogojev dela, vodenja raznolikosti ter socialnega ozračja.

## ■ 1 Uvod

V procesu proizvodnje vozil v avtomobilski industriji je učinkovitost merljiva z več kazalci. Čas DST (Design Standard Time) in razmerje DSTR (Design Standard Time Ratio) sta dva izmed njih, s pomočjo katerih pri analizi časov in organizacije dela (AOT – Analyse et Organisation du Travail) pridemo do medsebojne primerjave in ocene sicer zelo različnih delovnih mest. Oba kazalca pa lahko izboljšamo s postopkom iFA (integrated Factory Automation).

Mitja Novak, univ. dipl. inž., Revoz, d. d., Novo mesto

## ■ 2 Izboljšanje učinkovitosti na podlagi analiz

DST je kazalec, po katerem je vsaki koristni aktivnosti dodeljen optimalni potreben »tehnološki čas«. To je teoretični čas, v katerem bi bila lahko v idealnem primeru izvedena določena aktivnost glede na izbrano tehnologijo. Nekoristne aktivnosti, ki jih štejemo med »nedodano vrednost« (NVA – Non Valeur Ajoute), se v tem času ne upoštevajo. Iz DST-ja samega je razvidna predvsem »časovna zahtevnost« operacije, ki je determinirana z dizajnom in tipom proizvodnje, ki je v osnovi lahko ročna, avtomatska, z večjim ali manjšim deležem avtomatizacije notranjih pretokov. DST na primer pove, da lahko teoretično

zvarimo dva sklopa v 100 centimintah, celotno karoserijo pa v 106 minutah.

Do razmerja DSTR pa pridemo, če delimo dejanski »korigirani porabljeni čas« (HPA – Heures Passees Ajustees) s seštevkom časov DST-ja določene operacije. Čas HPA je vsota dejansko porabljenega časa za proizvodnjo, ki mu prištejemo še čas, porabljen za popravila, vodenje, izobraževanje, oskrbo, kontrolo, prekinitve dela, ... Vključuje torej tudi nedodano vrednost NVA.

Idealno razmerje med HPA in DST bi bilo seveda 1. V odvisnosti od velikosti opazovanega obsega pa se v praksi razmerje DSTR giblje med 1,5

do 6. Na nivoju posamezne operacije je razmerje DSTR 1,5 zelo dober rezultat. Na nivoju celotnega obrata je vrhunsko razmerje DSTR med 2,2 in 2,5.

Eden od postopkov, ki pa je hkrati tudi proces za izboljšanje učinkovitosti proizvodnje za zmanjšanje stroškov, je iFA (integrated Factory Automation). Uporablja se za odpravo nedodane vrednosti, ki se neposredno izraža v DST-ju in DSTR-ju. S tem postopkom analiziramo nedodano vrednost:

- na delovnem mestu (Vision Point Nissan: »točka«),
- na celotnem »vektorju« od vhoda do delovnega mesta, vključujoč tako proizvodnjo kot logistiko, na osnovi poenostavljenega pretoka delov in uvedbe poceni avtomatizacije (LCA – Low Cost Avtomatization), za enostavne pretoke (Vision Line Nissan: »črta«),
- na osnovi razmišljanja o »dolgoročnem planu tovarne« (»schema directeur«), in sicer njenih pretokov in razporeditev po »Want To Be« (Vision Plane Nissan: »ravšina«).

### integrated Factory Automation

Postopek iFA je projekt, ki mora mobilizirati vse akterje v tovarni. Oddelki morajo napredovati skupaj, deliti medsebojne probleme, da bi našli optimalen kompromis za tovarno in uresničili končno stanje »Want to Be«.

Vsi procesi niso več obravnavani individualno, ampak tudi kot vizija o nenehnemu napredku (kaizenu), ki je širši, saj ne zajema le delovnega mesta, ampak tudi pretoke do delovnega mesta.

Avtomatizacija preprostih pretokov s strani »delavnic kaizen« nima smisla, če ni narejena z zmanjšanimi stroški avtomatizacije (LCA – Low Cost Automation). Avtomatizacija se ne planira »kar tako«, ampak šele na koncu, ko so pretoki že optimizirani in poenostavljeni.

Na terenu je v kombinaciji z iFA učinkovit standardizirani postopek



**Slika 1.** Pogled na delovno mesto robotske varilne celice za predsestavo notranjih oblog stranice karoserije OP 40 s strani vlaganja kosov

kaizen, ki se ukvarja s problematiko optimalnega stanja oziroma razporeditve delovnih mest in okolice. V okviru kaiznov obvezno posegamo tudi v poenostavljanje in optimiranje notranjih pretokov. Če je upravičeno, jih seveda tudi avtomatiziramo.

### ■ 3 Primer na terenu

V okviru večjega projekta, ki je bil tudi posledica iFE, je bila v karoseriji ena od operacij, OP 60, prese-

ljena v bližino operacije OP 40 (slika 1, slika 2). OP 40 je robotska varilna celica za predsestavo notranjih oblog stranice karoserije z ročnim vlaganjem kosov, OP 60 pa je operacija varjenja, kjer je zvarjenec iz OP40 eden od vstopnih kosov.

Novonastalo situacijo smo po principih SPR analizirali s pomočjo AOT, v okviru iFE in kaiznov. Ugotovljeno je bilo, da je potrebno izboljšati učinkovitost operaterjev, notranje



**Slika 2.** Pogled na delovno mesto robotske varilne celice za predsestavo notranjih oblog stranice karoserije OP 40 s strani izstopa kosov



**Slika 3.** Robotska celica z dodanim tretjim robotom s prijemalom za prenos kosov

pretoke in logistiko ter povečati varnost in izboljšati ergonomsko oceno delovnega mesta. Projekt pa je moral biti tudi ekonomsko upravičen, z največjim možnim prostim denarnim tokom in rentabilnostjo prej kot v letu dni.

Temu je ustrezala robotizacija odlaganja zvarjenih kosov na OP 40 s pomočjo dodatnega robota, ki kose s pomočjo ustreznega prijemala odlaga na vozičke na gravitacijski drči, ki povezuje OP 40 in OP 60 (slika 3).

Poseg je obsegal:

- preboj zidu med OP 40 in OP 60 in sprememba velikosti robotske celice,
- postavitve dvojne drče iz jeklenih krivljenih cevi z avtomatskim vračanjem vozičkov,
- postavitve dodatnega robota s prijemalom za prenos kosov (slika 3),
- izdelava sistema za fiksiranje vozičkov na mestu odlaganja kosov na drčo s potrebno senzoriko in dodatno varnostjo,
- ureditev delovnega mesta.

Izvedba projekta je bila timsko delo proizvodnje, tehnologije, vzdrževanja ter ostalih služb (ARM, Investicije, DLI, SVD ...). Zunanjim izvajalcem so bila zaupana le gradbena dela ter študija varnosti ter elektrifikacije

robota, prijemala ter sistema za fiksiranje vozičkov. Dela so potekala v tesnem sodelovanju z zunanjimi izvajalci, tako v fazi študije kot v fazi realizacije. Do optimalne rešitve smo prišli šele v več korakih.

#### Pridobitve

Zaradi drče se je močno izboljšala interna logistika, saj je popolnoma odpadel transport palet med OP 40 in OP 60. Paleta s po 12 kosi so se prej vozile 8-krat na uro v razdalji 50

metrov z viličarjem, ki je bil zato 55-odstotno zaseden.

Na obeh delovnih mestih je bilo prej potrebno zagotoviti prostor za palete, za varnostno zalogo pa je bilo potrebnih 40 m<sup>2</sup> prostora, ki je sedaj sproščen. Vmesna varnostna zaloga je sedaj zagotovljena na drči (slika 4). Spremenjena je oskrba na strani vlaganja: približani sta drči dveh večjih kosov ter optimizirane in izboljšane lokacije ostalih komponent.

Učinkovitost operaterjev se je močno izboljšala, saj sedaj namesto dveh operaterjev na izmeno (6 na dan) delovno mesto OP 40 oskrbuje 1 operater na izmeno (3 na dan). Čas DST delovnega mesta se je spremenil s 122 centiminut na 102 centiminuti, saj je z avtomatizacijo odpadlo odlaganje zvarjenih kosov. Razmerje DST se je izboljšalo z 2,25 na 1,51. Nedodana vrednost NVA je prej predstavljala 40 %, sedaj pa le 24 % časa cikla. Delež korakov je bil prej 18 %, sedaj pa je zmanjšan le na 13 %.

Uspelo nam je ohraniti nespremenjen čas cikla. Zaradi enourne varnostne zaloge na drči pa sta se povečali tudi avtonomija delovnega mesta in zanesljivost sklopa dveh delovnih mest.

Prvotno sta bili delovni mesti obeh operaterjev predvsem zaradi velikega števila



**Slika 4.** Pogled na del drče proti OP 60 z vidno varnostno zalogo



korakov, velike mase sestavljenega kosa (14 kg) in visoke frekvence manipulacije ocenjeni z ergonomsko oceno 3 / 4 (oranžno). Zaradi robotizacije odlaganja sestavljenega kosa (slika 5) je nova ergonomska ocena za »preostalega« delavca 3 / 3 (zeleno). Najtežji kos ima sedaj maso 7,2 kg. Po novem tudi ni več potrebe po polivalentnih krogih zaradi težavnosti delovnega mesta.

Ukinitiv viličarja za prevoz palet je prispevala tudi k povečani varnosti tako operaterjev kot naključnih mimoidočih, saj je transport kosov z viličarjem bolj rizičen kot transport po varovani drči.

Zaradi optimizacije in poenostavitve pretokov je lažje tudi vodenje zalog, raznolikosti proizvodov ter proizvodnje same. Vse to pa je dobra osnova za nadaljnje optimizacije. Dobljeni rezultati vplivajo tudi na izboljšanje socialnega ozračja, saj so tudi operaterji zadovoljni z olajšanim delom.

#### ■ 4 Zaključek

Povečanja učinkovitosti se je smiselno lotiti na podlagi predhodnih



Slika 5. Sistem za fiksiranje vozičkov za obešanje kosov na gravitacijsko drčo

analiz. Če se izkaže, da je smiselno poseči tudi v avtomatizacijo notranjih pretokov, naj bo ta vpeljana po principu LCA (Low Cost Avtomation) in šele takrat, ko so pretoki že optimizirani in poenostavljeni.

#### Literatura

[1] Matthieu-Dosa, M., Formation

RA et RU, UET AOT; Analyse et Organisation du Travail, DICAP 65306, 2008.

[2] Gorše, G., Interno izobraževanje Revoz; Vpeljava iFA, uresničevanje projekta DSTR 2.5, DIVD NM, 2010.

nadaljevanje s strani 13

### ■ 3<sup>rd</sup> International Workshop on Aircraft System Technologies (AST 2011) – Tretja mednarodna delavnica o tehnologiji letalskih sistemov

31. 03. in 01. 04. 2011  
Hamburg, Nemčija

Informacije:

- Claudia Plötz, Institute of Modeling and Computation, Hamburg, University of Technology
- tel.: + 49 (0) 40 42878 3232
- faks: + 49 (0) 40 42878 4353
- e-pošta: [ast\(at\)tu-harburg.de](mailto:ast(at)tu-harburg.de)

### ■ Fluid Power Conference & Expo – co-located with Wast Expo – Konferenca o fluidni tehniki – vzporedno z razstavo o ravnanju z odpadki

9.–11. 05. 2011  
Dallas, Teksas, ZDA

Informacije:

- [www.fluidpowerexpo.com](http://www.fluidpowerexpo.com)
- e-pošta: [steve.palmison@penton.com](mailto:steve.palmison@penton.com) ali [adrian.marhefka@penton.com](mailto:adrian.marhefka@penton.com)

### ■ The 12<sup>th</sup> Scandinavian International Conference on Fluid Power (SICFP 2011) – Dvanaajsta skandinavska mednarodna konferenca o fluidni tehniki

18.–20. 05. 2011  
Tampere, Finska

Informacije:

- prof. Kari T. Koskinen – predsednik SICFP 2011,
- prof. Matti Vilenius – častni predsednik,
- Tampere University of Technology, Department of Intelligent Hydraulics and Automation
- tel.: + 358 3 3115 2264
- faks: + 358 3 3115 2240
- e-pošta: [scifp11@tut.fi](mailto:scifp11@tut.fi)
- internet: [www.tut.fi/scifp11](http://www.tut.fi/scifp11)

Pomembni datumi:

- prijava prispevkov: 03. 2011
- dostava prispevkov: 06. 2011

nadaljevanje na strani 58

nadaljevanje s strani 57

## ■ International Conference on Fluid Power and Mechatronics (IFPM 2011) – Mednarodna konferenca o fluidni tehniki in mehatroniki

17.–20. 08. 2011  
Peking, Kitajska

Informacije:  
– internet: <http://www.fpm2011.org>

## ■ Fluid Power Conference & Expo – Konferenca in razstava fluidne tehnike

25. in 26. 10. 2011  
Cleveland, Ohio, ZDA

Informacije:

- [www.fluidpowerexpo.com](http://www.fluidpowerexpo.com)
- e-pošta: [steve.palmison@penton.com](mailto:steve.palmison@penton.com) ali [adrian.marhefka@penton.com](mailto:adrian.marhefka@penton.com)

## ■ The 8th Japanese Fluid Power Symposium (JFPS 2011) – Osmi japonski simpozij o fluidni tehniki

25.–28. 10. 2011  
Okinava, Japonska

Informacije:  
– e-pošta: [info@jfps.jp](mailto:info@jfps.jp)  
– internet: [http://www.jfps.jp/fluid\\_e/](http://www.jfps.jp/fluid_e/)

**FLUIDNA TEHNIKA - AVTOMATIZACIJA - INDUSTRIJSKA OPREMA**

# Hypex

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

**MERILNA TEHNIKA IN SENZORIKA**  
senzorji in merilci sile, temperature, tlaka, magnetnega polja ter indukcijski senzorji

**PROCESNA TEHNIKA**  
krogelni in loputasti ventili, ploščati zasuni, pnevmatski in električni pogoni, varnostni ventili

**LINEARNA TEHNIKA**  
tirna vodila, okrogla vodila, kroglična vretena, blažilci sunkov, regulatorji hitrosti

**PROFILNA TEHNIKA IN STROJEGRADNJA**  
konstrukcijski alu profili, delovna oprema, ogrođja strojev

**STORITVE**  
konstrukcija in obdelave na klasičnih in CNC strojih

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

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

Najavljamo posvet

# AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2011 – ASM `11

v novembru 2011

v Ljubljani

[www.posvet-asm.si](http://www.posvet-asm.si)

## Tematski sklopi na posvetu

Avtomatizacija strege in montaže 2011 bodo:

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

## Pokrovitelji in sponzorji

**FESTO**

**IRT<sup>3000</sup>**  
inovacije razvoj tehnologije  
[www.irt3000.com](http://www.irt3000.com)

**VENTIL**  
Rešila in FLEKČNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO in MEHANIČARSTVO

**YASKAWA**  
MOTOMAN

**SICK**  
Sensor Intelligence.

**OPL** **Rexroth**  
Bosch Group  
Začetnik

**FDS**  
RESEARCH  
COMPUTER VISION GROUP

**ABB**

## Organizator posveta

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za strojništvo



**LASIM**  
LABORATORIJ ZA STREGO, MONTAŽO  
IN PNEVMATIKO

**DAX**

**FANUC**  
ROBOTICS EUROPE

**DTA 44**

DOZIRNA TEHNIKA IN AVTOMATIZACIJA d.o.o.

## Dodatne informacije:

Laboratorij LASIM, UL, FS, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana  
tel.: 01/47-71-726(725); fax.: 01/47-71-434  
e-mail: [asm.lasim@fs.uni-lj.si](mailto:asm.lasim@fs.uni-lj.si) ali [niko.herakovic@fs.uni-lj.si](mailto:niko.herakovic@fs.uni-lj.si)  
Internetna stran: [www.posvet-asm.si](http://www.posvet-asm.si)

**MIEL** **OMRON**  
[www.miel.si](http://www.miel.si)  
Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo

# Prihodnost je v biomimetiki

Biomimetika je veda, ki se ukvarja s posnemanjem narave, njenih modelov, sistemov, procesov in elementov pri reševanju človeških problemov. Ljudje so navdih za rešitve svojih problemov vedno iskali v naravi, vendar vse premalokrat. Danes se biomimetika uveljavlja domala na vseh področjih, tudi na področju arhitekture in gradbeništva in drugje. Biološki vzori so lahko model za imitacijo, kopiranje in učenje ali inspiracija za povsem nove tehnologije.

V času pospešenega razvoja nanotehnologije v zadnjih letih je prišlo tudi do ponovnega razcveta biomimetike in danes na splošno razlikujemo dva pristopa, ki se že uporabljata in kjer so biološki zgledi model za imitacijo, kopiranje in učenje in inspiracija za nove tehnologije. Osnova biomimetičnih gradiv so biološki zgledi (živi organizmi), saj so izjemno učinkoviti, minimalno porabljajo surovine in izpolnjujejo kompleksne zahteve živih bitij. Prenesti morajo statične in dinamične obremenitve, upogib, lom, pretrati poškodbe in fleksibilnost. Biomimetična gradiva so umetno ustvarjena gradiva, ki posnemajo naravna gradiva in njihove lastnosti in se danes razvijajo v naslednjih skupinah gradiv, kot biomimetična nanogradiva, biomimetične tehnične tekstilije in biomimetična samozdravilna gradiva. Biomimetična nanogradiva so produkti nanotehnologije, ki omogoča obdelavo atomov in molekul. Nanotehnologija na področju gradbeništva in arhitekture zdaj povečuje razvojne možnosti biomimetičnih gradiv in se širi na skoraj vse družine gradiv, kot so plastika, keramika, steklo, beton, kompoziti ter naravna gradiva, vendar ne gre le za proizvodnjo dragih nanogradiv in njihovih izdelkov, ki bi v prihodnosti lahko nadomestili konvencionalna gradiva.

Gre za nov koncept kreiranja gradiv, ki se zgleduje po naravi. Na področju kreiranja nekaterih nanogradiv se trenutno izhaja iz biomimetičnega pristopa, pri katerem je biologija model za imitacijo, kopiranje in učenje. Danes so izjemno zanimive tudi biomimetične tehnične tekstilije iz visokokvalitetnih vlaken, ki pri



*Človek gradi in posnema naravo*

spremembah okoliških pogojev dalj časa ohranijo fizikalne lastnosti. Ta vlakna z zelo dobrimi trdnostnimi in odpornostnimi lastnostmi so steklena, keramična, karbonska, razvijajo pa se tudi t. i. pametna vlakna z izrednimi fizikalnimi in kemičnimi lastnostmi, ki bodo uporabi tehničnih tekstilij v prihodnosti dala povsem novo dimenzijo (npr. ogljikove nanocevke). Biomimetične raziskave potekajo v zelo različne smeri. Na Fraunhoferjevem inštitutu so npr. za solarne energetske sisteme uporabili t. i. učinek metuljevega očesa za izdelavo prozornih odbojnih vrhnjih plasti. Danes že proizvajajo mikrostrukture z več kot 0,00022-milimetrsko natančnostjo. Na ta način naraste prepustnost stekla čez 98 %.

Neodbojno steklo namreč prepušča samo 91,5 % svetlobe. Zaradi visokih cen mikrostruktur z njimi še ni mogoče nadomestiti običajnih slojev, ki zmanjšujejo bleščavost na steklih očal in objektivov. Ti sloji so uglasi le na vidni del svetlobnega spektra. To je seveda izrednega pomena pri uporabi v solarni tehniki. Zaradi odboja svetlobe izgubijo steklene površine na obeh straneh stekla pri vpadnem kotu 0° približno 4 % energije, pri vpadnem kotu 70° pa približno 17 % energije. Mikrostrukturirane površine s širokopasovnim delovanjem, posnete po vzorcih iz narave, bi lahko te izgube občutno zmanjšale. Velik izziv in vir biomimetičnih raziskav je tudi pajkova mreža. Krožno zasnovana mreža je sestavljena iz iz-

redno lahkih, vendar trdnih, skoraj nevidnih kontinuiranih nití, ki so med seboj povezane s tisočerimi stiki. Mreža je odporna na vodo, veter in sončno svetlobo. Svilena nit, ki jo producira pajek, prekaša trdnost visokotehnološko razvitih gradiv, kot npr. kevlar, ki se uporablja v neprebojnih jopičih, letalski industriji, oziroma povsod, kjer so potrebna lahka in trdna vlakna. Čeprav se svilena pajkova nit proizvaja v vodi, sobni temperaturi in pod pritiskom, je velikokrat močnejša od jekla, kar si seveda v praksi težko predstavljamo. V zadnjem času napredki na področju nanotehnologije obljublajo proizvodnjo izjemnih vlaken, ki bodo trdna, lahka in vsestransko uporabna. Biomimetika je brez dvoma uvedla nove pristope pri raziskovanju novodobnih oblik, tehnologij in gradiv, tudi v arhitekturi se je pojavil nov izziv in razvila se je nova, radikalno revolucionarna geometrija, ki prav tako temelji na zakonitostih biologije in predstavlja

nove trende v sodobnem oblikovanju. Računalniška tehnologija danes ni več le pripomoček, ki nadomesti arhitektovo risalo in papir, temveč soustvarja arhitekturno obliko, na katero vplivajo različni parametri. Biomimetika predstavlja še večji razmah na področju novih gradiv. Dejstvo namreč je, da redko katero umetno ustvarjeno gradivo s svojimi lastnostmi presega žive tvorbe, ki jih je v procesu evolucije izoblikovala narava. V zadnjih letih se tako proučujejo živi organizmi, ki so kot biološki zgledi osnova za razvoj gradiv, ki bodo soustvarjala naše grajeno okolje v prihodnosti: biomimetična nanogradiva, biomimetične tehnične tekstilije in biomimetična samozdravilna gradiva. Vse tri skupine posnemajo procese v naravi in jih na svoj način aplicirajo tudi v umetne tvorbe. Nanotehnologija pa bo kmalu prispevala gradiva, ki bodo imela samočistilne, optične, izjemne statične lastnosti ob majhni porabi surovin in energije za proizvo-

dnjo, po koncu uporabe pa ne bodo obremenjevala okolja. Tehnične tekstilije, ki si že nekaj časa utirajo pot v arhitekturo, bodo po bioloških zgledih postale fleksibilne v vseh vremenskih razmerah, ob tem pa bodo imele tudi izjemne natezne in tlačne trdnosti. V kratkem pa se bodo pojavila tudi gradiva, ki bodo sposobna popravljanja poškodb, ki nastajajo v fazi njihove uporabe. Na ta način se bodo znižali stroški vzdrževanja zgradb in podaljšala življenjska doba gradiv. Na podlagi proučevanja narave in naravnih procesov se je torej v zadnjih letih začela razvijati nova družina gradiv, ki bo že v bližnji prihodnosti vplivala na arhitekturno oblikovanje. Nekaj teh tehnoloških trendov bomo predstavili že na našem 7. Nanotehnološkem dnevu, ki ga letos v marcu organizira odbor za znanost in tehnologijo pri OZS.

*Janez Škrlec, inženir mehatronike  
Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije*

# 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](http://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

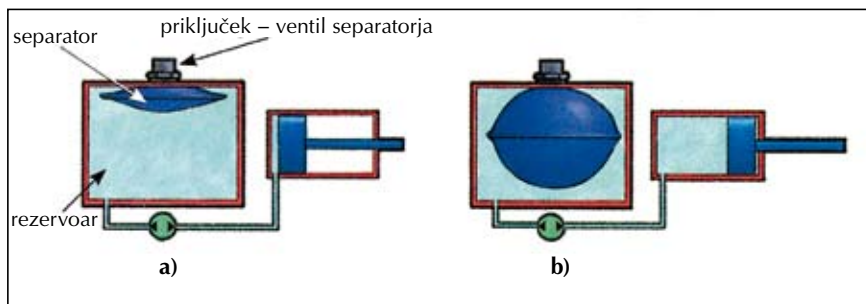
## Zaprta hidravlični rezervoarji

Pri hidravličnih napravah večinoma ni enostavno preprečiti vstopa umazanije in vlage v njihove rezervoarje. Vzrok so predvsem nihanja ravni oz. količine olja v rezervoarju zaradi cikličnega delovanja strojev. Pri praznjenju rezervoarja zaradi polnjenja asimetričnih aktuatorjev (delovnih valjev) prostor zapolni okoliški zrak, ki je največkrat onesnažen z umazanijo in vlago. Če ni filtriran in posušen, nečistoče in vlaga prodrejo v napravo.

Ena od rešitev je uporaba zaprtega in zatesnjena rezervoarja, kar pa lahko znatno podraži in zaplete izvedbo naprave.

Eno od takšnih rešitev je pripravila firma *Pronal* iz Leersa v Franciji. Predlaga uporabo kompenzatorjev prostornine- separatorjev z mehomo iz vulkaniziranih sintetičnih vlaken z oljeodpornim elastomerom, napolnjenim z zrakom. Separator je vgrajen v notranjosti na pokrovu rezervoarja in je pred začetkom delovanja naprave, ko je rezervoar poln, stisnjen (*slika 1a*). Pri delovanju naprave, ko del olja izteče v aktuatorje, separator zapolni prazen prostor s povečanjem svoje prostornine (*slika 1b*). Pri vračanju olja v rezervoar se separator zopet stisne.

Na zgornji – zunanji strani je separa-



**Slika 1.** Hidravlični rezervoar s separatorjem: a) pred začetkom delovnega giba, b) na koncu delovnega giba

tor je opremljen z ustreznimi ventili za polnjenje in praznjenje. Mogoča je tudi izvedba z zunanjim separatorjem, ki je z rezervoarjem povezan

z ustreznim cevovodom. Podobna izvedba rezervoarja s separatorjem je lahko primerna tudi za delovanje pod vodo ali v brezračnem prostoru (letala, vesoljska oprema).

Značilne izvedbe in oblike separatorjev so prikazane na *sliki 2*.

Več informacij dobite na tel.: +33(0)3 20 99 75 00 ali spletnem naslovu: [www.pronal.com/en](http://www.pronal.com/en).

Po H & P  
63(2010)12 – str.  
12



**Slika 2.** Izvedbe in oblike separatorjev

# TRANSPORT & LOGISTIKA

## DNEVI PREVOZNIKOV

13. in 14. maj 2011, BTC Logistični center Ljubljana

- STROKOVNA KONFERENCA
- ZAKLUČEK AKCIJE GOSPODARSKO VOZILO LETA 2011
- PODELITEV PRIZNANJA PREVOZNIK LETA 2011
- IN PODELITEV NAGRAD
- DRŽAVNO PRVENSTVO POKLICNIH VOZNIKOV
- ATRAKTIVEN SPREMLJEVALNI PROGRAM



Organizator



Izvajalec



Partner prireditve



Medijska sponzorja



več informacij na:

[www.logistika-slo.si](http://www.logistika-slo.si)

[www.logisticni-center.si](http://www.logisticni-center.si)

## Digitalni elektrohidravlični servoaktuatorji

Digitalni elektrohidravlični servoaktuatorji predstavljajo učinkovit način obvladovanja velikih sil in natančno krmiljenih hitrosti z vrhunsko kompaktnimi in programskimi linearnimi akuatorji. Omogočajo sisteme krmiljenja s sklenjeno zanko in visoko ponovljivostjo, ki ustrezajo izpolnjevanju zahtev v široki pahljači aplikacij.

Takšni integrirani pametni hidravlični valji so sestavljeni iz:

- servovalja z majhnim trenjem, opremljenega z zaznavali sile, položaja in (po potrebi) hitrosti, ki zagotavlja mehko krmiljenje tako visokih kot nizkih hitrosti;
- servo- ali proporcionalnega ventila, opremljenega z ustrežno krmilno elektroniko, ki zagotavlja zanesljivo krmiljenje in varno delovanje tudi v primeru okvare v sistemu;
- integralnega digitalnega pogonskega krmilnika (imenovanega včasih tudi osni krmilnik) z ustreznim računalniškim algoritmom, oblikovanim posebno za elektrohidravliko, ki zagotavlja mehko gibanje brez zatikanja tudi pri zelo nizkih hitrostih, brez odrekanja največjih hitrosti.

Digitalni akuatorji omogočajo avtomatizacijsko arhitekturo pogonsko-krmilnih sistemov, ki temeljijo na distri-

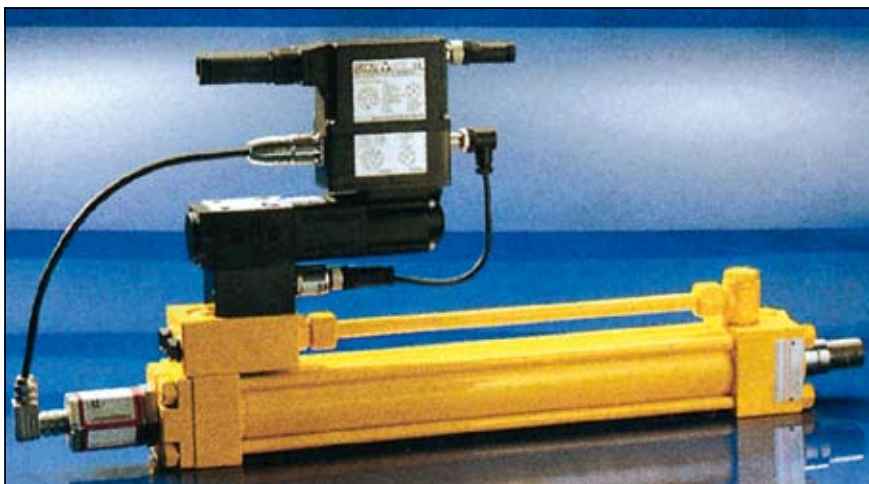
buirani inteligenci in poljskih vodilih, neposredno povezanih v obstoječa digitalna krmilna omrežja CANopen ali PROFIBUS. Lahko oblikujejo sledilna krmilja, ki delujejo v sklenjeni zanki, v realnem času, na osnovi referenčnih signalov iz analognih krmilnikov ali poljskih vodil; lahko omogočajo tudi krmiljenje cikličnih gibov z izvajanjem predprogramiranega časovno-pozicijskega krmiljenja v sklenjeni zanki. Procesni krmilnik stroja mora le zagotoviti ustrezne digitalne komande (start, stop, preklop), ki sinhronizirajo delovanje servoaktuatorja z delovanjem stroja – naprave v celoti.

Delovanje servoaktuatorja v načinu krmiljenja »položaj – sila« omogoča sočasno obvladovanje gibanja in sile samo z eno enoto elektrohidravlične osi. Osni krmilnik avtomatično odloča o tem, kateri parameter krmiljenja je vodilni, položaj, tlak ali sila, katerih povratne signale sporočajo ustrezni senzorji.

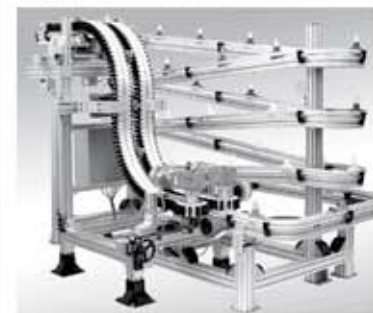
Originalna programska oprema firme Atos z intuitivnim in učinkovitim grafičnim vmesnikom omogoča enostavno snovanje in programiranje takšnih servoaktuatorjev z učinkovitim delovanjem in integrirano diagnostiko za specifične zahteve uporabe.

Več informacij je na voljo na spletnem naslovu: [www.atos.com](http://www.atos.com)

Po H & P 63(2010)11 – str. 10



**Rexroth**  
Bosch Group



**OPL**  
automation

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

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

## Rušilno delovanje tlačnih konic

Tlačne konice lahko resno poškodujejo ali celo porušijo sestavne dele in sestavine hidravličnih naprav. Pri temu ni odločujoča višina tlaka, ampak predvsem njegov časovni porast. Ta se opredeljuje s »časom porasta tlaka« –  $dp/dt$  z enoto bar/s. Čim hitreje tlak raste, tem večja je vrednost »časa porasta tlaka«. Če npr. tlak poraste od 0 do 250 bar v 0,002 s, potem je »čas porasta tlaka«  $250/0,002 = 125\,000$  bar/s. Vrednost je zelo visoka, toda nobena redkost pri hidravličnih napravah. Temu ustrezna je tudi rušilna moč, posebno za majhne sestavne dele. Učinek si lahko nazorno predstavimo s kladivom in žebeljem. Kaj se zgodi, če kladivo, težko 250 g, položimo na žebelj? Nič! Sedaj pa zamahnimo s kladivom po žeblju – žebelj bo potisnjen v desko. Vsak mehanik pozna posledice ponavljajočega se udarjanja s kladivom, del bo poškodovan – deformiran ali pa bo zveza postala ohlapna.

Tlačne konice povzročajo tudi netesnost, ker so vijajne zveze ali tesnilni spoji neprestano preobremenjeni. Katere hitrosti porasta tlaka so pri hidravličnih sestavinah dovoljne, na splošno ni znano. Sicer pa je učinkovitost razstreliv opredeljena s hitrostjo porasta tlaka.

Kako se lahko merijo tlačne konice? Merilna tehnika mora biti sposobna zajemati podatke v milisekundnem območju. To pa je mogoče samo z elektronskimi visokoobčutljivimi zaznavali s frekvenco zaznavanja najmanj 1000 Hz oz. 1000 podatki na sekundo. Višina tlačne konice ni dovolj, na voljo mora biti tudi čas porasta. To se najbolje prikaže s kurzorjem merjenih vrednosti. Gibki merilni cevovodi delujejo dušilno, zato za merjenje tlačnih konic niso primerni.

Kateri so vzroki pojavljanja tlačnih konic? Zrak v sistemu je eden od mogočih vzrokov. Pospešni stolpec olja z veliko hitrostjo komprimira mehurček zraka, ki se potem nenadoma zaustavi. V tem primeru deluje kinetična energija oljnega stolpca. Tudi pri hitrih krmilno-regulacijskih posegih lahko nastanejo tlačne konice. Pri tem se oljni stolpec hitro pospešuje ali zaustavlja, to je še posebno očitno pri dolgih hidravličnih vodih. Hitra prekrmljenja potnih ventilov mnogokrat povzročajo tlačne konice, še posebno če gre za visoke razlike tlakov v aktuatorjih. Posebno ekstremne vrednosti se pojavljajo pri podtlaku z izločanjem zračnih mehurčkov. Na to so posebno občutljivi povratni vodi. Če 250

bar udarno deluje v povratni vod, so posledice podobne detonaciji.

Kakšne strategije optimiranja so na voljo? Sistem mora biti pravilno odzračen. Pri podtlaku pa se bo še vedno izločal zrak iz olja. Zato je treba krmilnotehnično preprečiti pojav podtlaka v sistemu. Po potrebi je pred krmilno-regulacijskimi ventili in za njimi smiselno vgraditi hidravlične akumulatorje, ki podaljšajo prekrmljene čase, ali z zareznim zaobljenjem krmilnih robov preprečiti trenutna udarna prekrmljenja ventilov.

Vsi posegi naj se z meritvami sledijo in preverijo. Pri tem je seveda pomembno, da se s podaljšanjem časov prekrmljenja ne zmanjša produktivnost stroja ali naprave. Mednarodna akademija za hidravliko v Dresdnu je ena od ustanov, ki s svojimi izkušnjami in znanjem ter sodobno merilno opremo lahko pomaga pri ugotavljanju in odstranjevanju pojavljanja tlačnih konic.

Več informacij dobite na elektronskem naslovu: [info@hydraulic.aka-demie.de](mailto:info@hydraulic.aka-demie.de).

Po Fluid 43(2010)10 – str. 20

## Uspešnost cinkovo-nikljevih prevlek

Površinska zaščita hidravlične opreme, ki deluje v korozivnih okoljih, kot je npr. morska atmosfera, je vedno vprašljiva in zahtevna. V zvezi s tem so bili nedavno objavljeni odlični rezultati, ki so jih dosegli s cinkovo-nikljevo prevleko iglastih ventilov in ventilskih blokov (firma: Noshok, Berea, Ohio, ZDA). Rezultati so seveda obetavni tudi za druge sestavine in sestavne dele hidravličnih naprav.

Certificirano poskušanje so opravi-

li v neodvisnem laboratoriju. Dva preskušanca sta bila skladno z zahtevami standarda ASTM B-117-07a v preskusni komori za 1000 ur izpostavljena 5-odstotni slani kopeli (megli). Elektrogalvansko z nikljem zaščiten preskušavec je že po 21 urah kazal resne korozijske poškodbe. Medtem ko preskušavec s cinkovo-nikljevo prevleko tudi po 1000 urah ni kazal nobenih vidnih poškodb.

Lastna interna preskušanja so dala podobne rezultate. Tudi po 3500

urah potopitve v 10-odstotni solni raztopini so ventili s cinkovo-nikljevo površinsko prevleko glede protikorozijske odpornosti daleč prekašali tiste z galvansko-nikljevo ali kobaltovo prevleko.

Cinkovo-nikljeva prevleka pa dodatno zagotavlja tudi povečano površinsko trdoto in s tem izboljšano odpornost proti obrabi, torej večjo trajnost tako zaščitene opreme.

Po H & P 63(2010)9 – str. 6



# PRIHODNOST POT V

vrhunski bienalni mednarodni  
strokovni sejmi

# 4

NAJVEČJI SEJMI  
NAJPOMEMBNEJŠIH  
PODROBNOSTI

## 11 FORMA TOOL

orodja, orodjarstvo, stroji

## 9 PLAGKEM

plastika, guma, kemija

## 5 GRAF&PACK

grafika, embalaža, pakiranje

## 4 LIVARSTVO

livarski stroji, oprema, materiali



CELJSKI SEJEM

**EVROPA, SLOVENIJA, CELJE**  
**12.-15. april 2011**

4 specializirani poslovni sejmi so platforma za predstavitev najbolj aktualne ponudbe in novosti, novih tehnologij in najbolj inovativnih izdelkov.

Premišljena razdelitev razstavnih programov omogoča ciljno usmerjeno promocijo izdelkov in storitev. Zato nikjer drugje ni mogoče srečati toliko novih kupcev in poslovnih partnerjev.

Spremljevalni strokovni program razkriva trende in izzive v nosilnih in sorodnih panogah.

Nove poslovne priložnosti, srečanja, možnosti financiranja, podpora razvoju, zaposlitve.



## Program za grafično programiranje LabVIEW pomagal skrajšati razvojno dobo z več let na nekaj mesecev

Zadnjih nekaj desetletij je napredek na področju računalniške tehnologije za osebno uporabo razvil osebne računalnike v močno orodje za gradnjo po meri razvitih sistemov za meritve in avtomatizacijo. Tako razviti sistemi, ki temeljijo na osebnih računalnikih, so pogosto precej cenejši od tradicionalnih sistemov, ki jih dokončno določi prodajalec. Seveda pa ima tudi ta medalja dve plati. Vsak po meri narejen sistem zahteva določeno stopnjo razvoja programske opreme. Hkrati je lahko raznolikost vodil in procesorjev, komunikacijskih protokolov ter operacijskih sistemov precejšen izziv za inženirje s področja preizkusne in avtomatizacijske tehnologije, saj večinoma niso strokovnjaki za računalniške znanosti.

Okolje za grafični razvoj NI LabVIEW inženirjem omogoča, da sami oblikujejo in razvijejo meritvene, nadzorne ter avtomatizacijske sisteme z uporabo ikon, namesto s pisanjem v programskem jeziku. V nasprotju s programskimi jeziki, ki temeljijo na znakovnih nizih, program NI LabVIEW uporablja programiranje s pomočjo toka podatkov. V tem primeru tok podatkov skozi vozlišča na blokovni shemi določa izvajanje funkcij. Program LabVIEW je bil razvit za inženirje in znanstvenike in torej združuje vrsto merilnih vhodno-izhodnih naprav ter ponuja znanstvene knjižnice podatkov za preizkuse, meritve in nadzor. Danes se program LabVIEW uporablja v operacijskih sistemih MacOS, Windows, Linux, Solaris, namenskih sistemih ter v tehnologiji FPGA.

Na stotisoče inženirjev in znanstvenikov po vsem svetu se je z veseljem pridružilo skupnosti programerjev, ki delajo s programom LabVIEW. Vizualna ponazoritev njihovih idej se jim zdi preprosta in osvežujoča. Možnost hitrega razvoja prototipov, pri čemer se lahko zanesejo tudi na veliko zbirko podatkovnih knjižnic s svojega področja, se kaže v opaznem povečanju storilnosti. Dober primer je podjetje Supreme Electrical Services, Inc.

Supreme Electrical Services, Inc je podjetje, ki razvija in izpopolnjuje visoko kakovostno merilno in instrumentacijsko tehnologijo za težavna okolja. Podjetje je moralo razviti napreden nadzorni sistem, ki lahko de-



*Napredni nadzorni sistem osnovan na platformi CompactRIO, ki je lahko nameščen direktno na črpalko naftnega črpališča v industrijskem okolju*

luje pritrjen neposredno na črpalko naftne vrtine in izvaja napredno analizo podatkov s senzorja. Robert Stewart (Supreme Electrical Services, Inc) pravi, da strojna oprema izdelovalca National Instruments in programska oprema LabVIEW ponujata optimalno rešitev za njihov sistem, zato predstavljata hrbtenico celotnega krmilnega sistema.

*»Program LabVIEW je omogočil veliko hitrejši razvoj programske opreme kot pa programiranje v programskem jeziku C, s katerim smo delali v preteklosti. Kar zmore večina programerjev napraviti v programskem jeziku C v dveh letih, lahko mi dokončamo v nekaj mesecih. Prihranek časa lahko nato porabimo za hitrejši dostop do trga ter izkoristimo zaostanek naše*

*konkurence.« Robert Stewart (višji podpredsednik – Supreme Electrical Services, Inc)*

Nadzorni sistem naftne vrtine je zasnovan tako, da nadzoruje delovanje glavnih komponent naftne črpalke med njenim delovanjem. Izdelek, ki je še na predtržni stopnji, nadzira predvsem visokotlačne črpalke, ki se uporabljajo pri vzdrževanju in stimuliranju naftnih vrtin. Vsaka enota ima močan dizelski motor ter prenos, ki je povezan s trivaljno ali petvaljno črpalko. Tako motor kot prenos sta opremljena z elektronskim vmesnikom, ki nadzoruje kritične funkcije in med delovanjem enote pridobiva diagnostične podatke. Motor in prenos posredujeta podatke, ki nato potujejo prek komunikacijskega protokola SAE J1939.

Trenutno tovrstne črpalke ne vsebujejo več kot par diskretnih senzorjev, ki nadzorujejo kritične delovne parametre. Običajno nadzirajo zgolj izhodni tlak, hitrost vrtenja in temperaturo mazalnega olja. Vsakega od teh parametrov meri en senzor in en signalni kabel, ki vodi nazaj do glavne nadzorne enote.

Cilj izdelka je nadzor teh funkcij in več ostalih funkcij ter prenos podatkov nazaj v glavno nadzorno enoto prek istega protokola omrežja krmilnega območja SAE J1939 (CAN). Naš sistem mora pridobivati značilne podatke zunaj običajnega delovnega okvira in tudi v primeru okvar v delovanju nadzirane naprave. S takšnimi ažurnimi podatki se lahko upravljavci na podlagi pokazateljev trenutnega delovanja odločijo, ali naj napravo ustavijo ali nadaljujejo z delom. Ta sistem naj bi na koncu zmanjšal število okvar črpalke in tudi splošne stroške vzdrževanja.

### Sistema NI CompactRIO in LabVIEW ter njuna pot v težavno okolje

Za našo dejavnost ni primernejšega paketa strojne opreme, kot je sistem CompactRIO, prav tako proizvajalca National Instruments. Všeč nam je tudi, da lahko programsko opremo s programom LabVIEW razvijamo hitreje kot večino ostalih programskih okolij. Platformo LabVIEW uporabljamo za programiranje sistemov realnega časa, FPGA, in vhodno-izhodnih naprav za sistem CompactRIO. Z njim razvijamo tudi vmesnik za nadzor in krmiljenje vsakega vidika servisne in stimulacijske opreme, ki jo ponavadi najdemo v naši industriji. Verjamemo, da so modularne vhodno-izhodne enote zanesljivega



*Robusten zaslon na dotik za nadzor kritičnih funkcij in prikazovanje diagnostičnih informacij*

sistema CompactRIO več kot primerne, saj prenesejo ekstremne pogoje, tresljaje in temperaturne razlike. Sistem je namreč pritrjen na mobilni kos opreme, ki ga vlečijo s sabo po cestah naftnih nahajališč po vsem svetu. Prilagodljivost programa LabVIEW in strojne opreme proizvajalca National Instruments olajšata povezavo z vrsto različnih senzorjev, programske opreme in protokolov, na primer:

- senzori – pretvorniki tlaka, magnetni senzori tresljajev, digitalni kodirniki, temperaturni senzori, nuklearni denzitometri, merilniki magnetnega pretoka, Coriolisov merilnik pretoka itd.; programska oprema – simulacija utrujenosti materiala navitih cevi in obrabljenosti materiala;
- operacijski sistemi – Windows XP Embedded, Windows CE, Linux®;
- industrijsko specifični protokoli – SAE J1939, J1587, J1708; Modbus; Ethernet, 802.11; PROFIBUS.

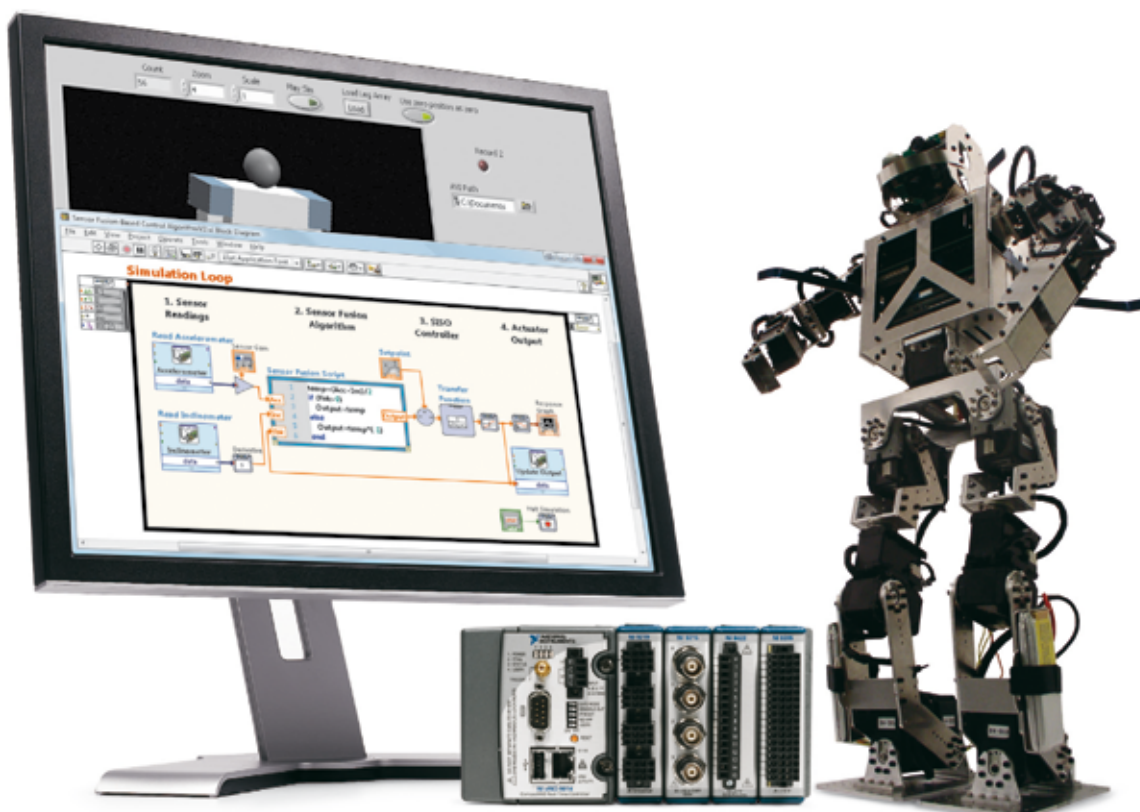
### Uporabniško prilagojena postavitve z opremo Single-Board RIO

Ker je oprema Single-Board RIO kompaktna in zahteva majhen finančni vložek, vidimo veliko priložnost v njeni uporabi, saj bi z njo našim strankam lahko ponudili njim prilagojeno rešitev. Z obema paketoma strojne opreme, CompactRIO in NI Single-Board RIO, lahko oblikujemo različne oblike in cenovne razrede paketov za naše nadzorne sisteme.

*Thorsten Mayer, Éva Porgánszki;  
oba National Instruments,  
Robert Stewart, Supreme Electrical  
Services, Inc*

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

# NI LabVIEW za krmiljenje in mehatroniko



## Ena platforma od zamisli do izvedbe



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

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

>> Prenesite svoj komplet virov na naslovu [ni.com/academic/controls](http://ni.com/academic/controls)

080 080 844

**National Instruments,**  
**Instrumentacija, avtomatizacija in upravljanje procesov d.o.o.**  
Kosovelova ulica 15, 3000 Celje, Slovenija  
Tel: +386 3 425 4200 • Fax: +386 3 425 4212 • E-mail: [si.slovenia@ni.com](mailto:si.slovenia@ni.com) • Web: [www.ni.com/slovenia](http://www.ni.com/slovenia)  
Držaba registrirana pri Okrobnem sodišču v Ljubljani, vložna številka: 1/01105/00 • Matična številka: 530178, osnovni kapital: 2.100.000, 00 S/I • Davčna številka: SI8872891



National Instruments, Instrumentacija, avtomatizacija in upravljanje procesov d.o.o. • Kosovelova ulica 15, 3000 Celje, Slovenija  
Tel: +386 3 425 4200 • Fax: +386 3 425 4212 • E-mail: [si.slovenia@ni.com](mailto:si.slovenia@ni.com) • Web: [www.ni.com/slovenia](http://www.ni.com/slovenia)  
Držaba registrirana pri Okrobnem sodišču v Ljubljani, vložna številka: 1/01105/00 • Matična številka: 530178, osnovni kapital: 2.100.000, 00 S/I • Davčna številka: SI8872891  
© 2011 National Instruments Corporation. Vse pravice pridržane. National Instruments, NI in ni.com so blagovne znamke National Instruments.  
Ostali uporabljeni izdelki in imena podjetij so zaščiteni blagovni znamki njihovih lastnikov.

## BHT-OS je najstabilnejši operacijski sistem doslej



Japonsko podjetje Denso je priznan proizvajalec terminalov z vgrajenim CCD-čitalnikom črtne kode in razvojniki operacijskega sistema BHT-OS, ki je bil razvit pred več kot 20 leti posebej za zahteve industrije avtomastke identifikacije. Število terminalov s tem operacijskim sistemom narašča in trenutno vključuje serije BHT-300, BHT-500, BHT-600, BHT-800, BHT-900 in BHT-8000 (o serijah govorimo zaradi tega, ker v okviru vsake obstaja nekaj modelov, ki se med seboj razlikujejo v nekaterih tehničnih značilnostih). Ta rastoči trend kaže na vse večjo pomembnost, ki jo informatiki/programerji namenjajo stabilnosti operacijskega sistema v želji zagotoviti uporabnikom terminalov (skladiščnikom, potnikom na terenu, prodajalcem, popisovalcem, serviserjem idr.) najkakovostnejšo podlago za delovanje ustreznih programov. Doslej je bilo predstavljenih že več različnih modelov ročnih terminalov za zajemanje podatkov z BHT-OS. Njihov prvi model s konca 80-tih let je nosil oznako BHT-1. Sledile so mu serije terminalov BHT-2000, BHT-3000, BHT-4000, BHT-5000, BHT-6000 in BHT-7000 in še vedno aktualna BHT-8000. Nastavitve terminalov so dosegljive z meniji, ki so prikazani na prikazovalniku, svoje odločitve pa vnašamo vanj preko tipkovnice. S tem je uporabnikom omogočeno, da lahko zelo hitro začnejo uporabljati terminale, praktično takoj po njihovem nakupu in brez dolgih priprav.

**Prednost sistema BHT-OS** je v osredotočenosti na ključne funkcije poslovanja – na zajem podatkov in njihov prenos. Ker je bil BHT-OS razvit posebej za mobilne aplikacije z zajemom podatkov, zagotavlja uporabnikom ročnih terminalov zrelo, stabilno, neodvisno in zanesljivo platformo za učinkovito poslovanje. Za to obstaja več razlogov: BHT-OS

uporablja samo integrirani pomnilnik, kar pomeni, da ostanejo vse aplikacije delujoče tudi takrat, kadar na terminal namestimo novejšo različico operacijskega sistema. Terminali z BHT-OS delujejo zelo hitro in nudijo odlično dostopnost, visoko hitrost in zanesljivost celo v spletnih aplikacijah.

### Širok krog zadovoljnih uporabnikov

Trenutni uporabniki terminalov BHT-OS so z opremo izredno zadovoljni in je ne nameravajo zamenjati, pač



*Denso BHT je nepogrešljivo orodje za efektivno izvajanje popisov*

pa načrtujejo njeno nadaljnjo in širšo uporabo. Ta visoka raven zadovoljstva temelji na zanesljivosti programske opreme v kombinaciji s kakovostjo strojne opreme. Posebno cenjen je tudi ta vidik, da so vse posodobitve Densove programske opreme brezplačne za celotno življenjsko dobo terminala. Ne omahujte, odločite se za najzanesljivejše ročne terminale z izredno stabilnim BHT-OS in pospešite svoje poslovanje! Terminale Denso BHT dnevno uporablja zelo veliko dostavljavcev, skladiščnikov, popisovalcev, prodajalcev na terenu, serviserjev idr. Med

njimi najdemo uspešna podjetja, kot so: Müller, Schleckler, E. Leclerc, Toyota, AlSCO, TNT, Deichmann, Bucherer, Hypo Bank, Addenbrooke's Hospital, Spar, Linde Gaz Polska, Bella Flora, Nestle idr. ter več kot 200 organizacij v Sloveniji in na Hrvaškem.

### Zagotoviti združljivost starih BHT-aplikacij z novimi terminali

Kot eden redkih proizvajalcev v celotnem proizvodnem spektru zagotavlja Denso povratno združljivost BHT-aplikacij s prejšnjimi in novejšimi različicami terminalov in tako dodatno ščiti vse naložbe v BHT-aplikacije. Primer: te aplikacije so izdelane tako, da jih lahko poženejo tudi z morebitnimi nasledniki modelov in obratno. Novi terminali bodo vedno združljivi s starejšimi. Če na primer terminalu Denso zamenjamo komponento, je zagotovljena prilagoditev tej spremembi BHT-OS v najkrajšem možnem času.

Operacijski sistem BHT-OS že več kot 20 let kljubuje času. Ne verjamete? Za demonstracijo delovanja operacijskega sistema na ročnih terminalih Denso nas pokličite na (01) 530 90 35 ali nam pišite po e-pošti [leoss@leoss.si](mailto:leoss@leoss.si).

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

**VENTIL**

REVIZIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

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

## Valji za čisto okolje – DSBF

Ravne ploskve, veliki radiji in nobenih mest za zbiranje umazanije so osnovne značilnosti valjev za čisto okolje družine DSBF. Še posebej so idealni za prehrambno in pakirno industrijo ter industrijo pijač. Prijaznost pri čiščenju in korozijska odpornost sta dopolnjeni še s standardnimi velikostmi po ISO 15552 ter obsežnim priborom za pritrditev.

Mast NSF-H1 in čistilni obroči FDA skrbijo za to, da ne pride do stika z živili. Tudi pritrditve senzorjev so zasnovane higiensko.

Zahvaljujoč specialnim prevlekam običajna čistilna sredstva skoraj ne



vplivajo na površino valja. Tudi pri zelo pogostem čiščenju je življenjska doba valjev DSBF dolga. Izbrati je mogoče tudi valj s posebnim sušilnim tesnilom.

Gospodarnost je izražena z dolgo življenjsko dobo in higieno, kar omogoča samonastavljivo končno dušenje PPS.

Valj, ventilski otok, dušilni ventili, priključki in cev so odporni na čistila in so med seboj učinkovito usklajeni.

Valji se izdelujejo v standardnih dimenzijah premerov batov – 32, 40, 50, 63, 80 in 100 mm – in gibov med 10 in 2000 mm. Mogoče je podaljšanje batnice do 500 mm in navojev med

35 in 70 mm. Izbirati je mogoče med ročnim in samonastavljivim končnim dušenjem, s končnimi stikali ali brez njih, z zunanjim ali notranjim navojem na batnici in enostransko ali skoznjo batnico.

Vir: *FESTO, d. o. o., Blatnica 8, 1236 Trzin, tel.: 01 530 21 00, faks: 01 530 21 25, e-mail: info\_si@festo.com, http://www.festo.com, g. Bogdan Opaškar*

## Novi visokozmogljivi servopogoni in motorji

Novi izdelki ponujajo rešitev za porazdeljeno krmiljenje gibanja s tehnologijo EtherCAT.

Družba *National Instruments* je predstavila nove *servopogone AKD* in *servomotorje AKM*, s katerimi lahko načrtovalci in znanstveniki na preprost način gradijo razširljive porazdeljene sisteme za krmiljenje gibanja. Novi izdelki poenostavljajo pripravo in konfiguriranje pri izvedbi aplikacij za krmiljenje gibanja po meri s poljubnim krmilnikom NI za delovanje v realnem času, ki podpira tehnologijo *NI EtherCAT*, kar vključuje krmilnike *NI CompactRIO*, krmilnike za delovanje v realnem času *PXI* in industrijske krmilnike NI. podlaga

Novi brezkrtačni servomotorji AKM ponujajo vrhunsko dinamično zmogljivost, na voljo so v štirih različnih velikostih ohišja, odlikujejo pa jih visok navor, velika gostota moči in širok razpon hitrosti. Motorji imajo rotorje z nizko vztrajnostjo, njihova prednost pa je magnetna zasnova z nizkim nihanjem navora in nizkim harmonskim popačenjem.

Novi pogoni prinašajo vrhunsko tehnologijo in zmogljivost, saj se zanka za krmiljenje navora posodablja vsakih 0,67  $\mu$ s, zanki hitrosti in položaja pa vsakih 62,5 in 125  $\mu$ s. Servopogoni AKD ponujajo rešitve za zelo veliko načinov uporabe, od osnovnih načinov uporabe s krmiljenjem navora in hitrosti do indeksiranja ter večosnega programabilnega krmiljenja gibanja, vse z grafičnim načrtovanjem sistema.

Novi motorji in pogoni ponujajo popolno integracijo z grafičnim programiranjem v okolju LabVIEW preko enote LabVIEW NI SoftMotion Module, ki omogoča grafični razvoj aplikacij za krmiljenje gibanja po meri.

Obiščite [www.ni.com/motion](http://www.ni.com/motion), če želite izvedeti več o novih servopogo-



nih in motorjih ter programski opremi za krmiljenje gibanja NI.

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



## Sistem za zajemanje podatkov s tipali z optičnim vlaknom za vodilo PXI Express

Nova enota premaguje občutljivost na šum, omejitve razdalje prenosa in druge omejitve klasičnih tipal.

Družba *National Instruments* je najavila sistem za zajemanje podatkov s tipali z optičnim vlaknom *NI PXIe-4844*, z enoto za dve razširitveni mesti 3U *PXI Express*, ki omogoča odčitavanje tipal z optičnim vlaknom z Braggovo mrežico (FBG). Tipala FBG delujejo tako, da odbijajo določeno valovno dolžino svetlobe, ki je odvisna od fizikalnih pojavov, kot sta obremenitev in temperatura. V primerjavi z običajnimi električnimi tipali so tipala FBG neprevodna, električno pasivna in odporna proti elektromagnetnim motnjam, zato so varna in zanesljiva alternativa v okoljih, ki so izpostavljena šumu, koroziji ali izrednim vremenskim razmeram. podlaga

Enota *NI PXIe-4844* ima štiri optične kanale, ki se hkrati odčitavajo s frekvenco 10 Hz. Vsak kanal ima raz-



pon valovnih dolžin širine 80 nm (od 1510 do 1590 nm), kar omogoča odčitavanje najmanj 20 tipal FBG na kanal (to je več kot 80 tipal FBG na enoto, odvisno od razdalje do tipala). Enota *NI PXIe-4844* poleg štirih kanalov ponuja tudi optično jedro, ki združuje močan nizkošumni laser z zvezno nastavljivo valovno dolžino in vlakenski nastavljivi Fabry-Perotov filter iz podjetja *Micron Optics*. Enota zagotavlja točnost, ponovljivost in stabilnost valovne dolžine 1 pm, kar

pomeni točnost tipal FBG približno 1,2 mikroraztezka pri tipalih raztezka in 0,1 °C pri tipalih temperature.

Enota *NI PXIe-4844* je primerna za najrazličnejše načine uporabe, na primer za zaznavanje stanja zgradb, ki zahteva razdeljene meritve na velikih razdaljah pri mostovih, jezovih, predorih in drugih zgradbah, v energetiki, kjer moramo nadzorovati lopatice vetrnih elektrarn, cevovode, jedrske reaktorje, naftne ploščadi ter generatorje, in transport, kjer preizkušamo

in nadzorujemo ladje, železniška vozila ter dele letal.

Za več informacij o novem sistemu *NI PXIe-4844* za zajemanje podatkov s tipali z optičnim vlaknom obiščite [www.ni.com/opticalsensing](http://www.ni.com/opticalsensing).

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

## Električne delovne enote serije LE



Enostavno nastavljive električne delovne enote serije LE\* so uporabniku prijaznejše kot že običajne enote z električnim pogonom. Odlikuje jih možnost nastavitve sile, hitrosti in pozicioniranja v 64 točkah, kar omogoča široko uporabnost v različnih primerih avtomatizacije. Delovne enote s krmilnikom LEC\* imajo že delno prednastavljene parametre, kar skrajša čas zagona in nadaljnega programiranja. Cenov-



Serija LEHZ

ni nivo serije je nekje vmes med klasično pnevmatiko in običajnimi električnimi pogoni.



Serija LEY

Vir: *SMC Industrijska avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7, 8210 Trebnje, tel.: 07 388 54 12, fax: 07 388 54 35, e-mail: office@smc.si, internet: www.smc.si*

## Optičnim senzor Inspector P30

Podjetje SICK predstavlja novega člana iz serije optičnih senzorjev Inspector za ugotavljanje pravilnega položaja v industrijskih razmerah. V že poznanem okrovu so združeni zajemanje slike, osvetlitev in zanesljivo orodje za pozicioniranje.

Inspector P30 ponuja enostavno metodo za iskanje naučenih delov ali »blobov« (objekti nepravilnih oblik). Je ključna komponenta za izdelovalce strojev in integratorje strojnega vida ter končne uporabnike po vsem svetu, enostavno in močno orodje pri nadzoru in iskanju objektov, različnih orodij kakor tudi za podrobno pregledovanje izdelkov, obdelovancev in embalaže. Pomeni pa tudi razširjen koncept enostavne uporabe pri pozicioniranju robotov, avtomatiziranih vozil ter za različne manipulatorje – primi-odloži.

Optični senzorji so prva izbira pri hitri in zanesljivi vgradnji, ki jo izvaja oseba, ki nima poglobljenega znanja iz obdelave slik ter programiranja. Pri reševanju nalog pozicioniranja Inspector P30 omogoča nastavljanje parametrov v znanem programskem okolju SOPAS. Po konfiguraciji vseh za aplikacijo odvisnih spremenljivk ponuja uporabniku prijazno



možnost priključitve pozicijske opreme preko štirih preklopnih izhodov ali do prenosa podatkov o položaju predmeta ter kotnem zasuku preko vodila Ethernet. Programsko orodje za iskanje objektov s podtočkovno ločljivostjo ponuja osveževanje podatkov s frekvenco do 75 Hz za predhodno naučene objekte ali do 40 Hz v načinu iskanja objektov nepravilnih oblik.

P30 je na voljo s prilagodljivim okrovom za enostavno izmenjavo leč, enako kot pri predhodnih različicah Inspectorja. Vgrajena je LED-osvetlitev v kombinaciji z različnimi barvnimi filtri ali dodatno kupolasto osvetlitvijo. To je edinstven sistem, ki brez dodatnega ožičenja ponuja rdečo, zeleno, modro ali razpršeno belo osvetlitev. Zagotavljanje prave osvetlitve ni bilo še nikoli tako enostavno!

Izdelki iz serije Inspector omogočajo uporabo paketa orodij, ki so že vnaprej določena znotraj programskega okolja SOPAS. Tako lahko s pomočjo emulatorja spreminjamo fine nastavitve in preverjamo rešitev brez prekinitve v proizvodnem procesu. Možno je tudi pošiljanje in spremljanje slik za analizo problemov med samim delovanjem.

Zdaj je optični senzor na voljo po sprejemljivi ceni tudi za primere, kjer še vedno prevladujejo kompleksni sistemi za obdelavo slik.

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

## Novi laserski senzor za posebno zahtevne naloge

Podjetje Baumer širi svojo družino laserskih merilnikov razdalje OADM s tremi novostmi. Po zaslugi inovativnih tehničnih izboljšav senzorji laserskega razreda 1 rešujejo posebej zahtevne, do sedaj še nerešene naloge. Hkrati pa so enostavni za uporabo.

Pri senzorju je povečana občutljivost sprejemnika za meritve površin, ki zelo absorbirajo svetlobo. Do sedaj so materiali z nizko odbojnostjo, kot so črni papir ali guma, tudi zelo svetleče površine, kot so plastični deli ali lakirana pločevina, predstavljali velik problem. Sedaj se lahko za take primere uporabijo novi senzorji OADM 13, ki so sposobni

zaznavati površine predmetov z odbojnostjo do 0,5 %.

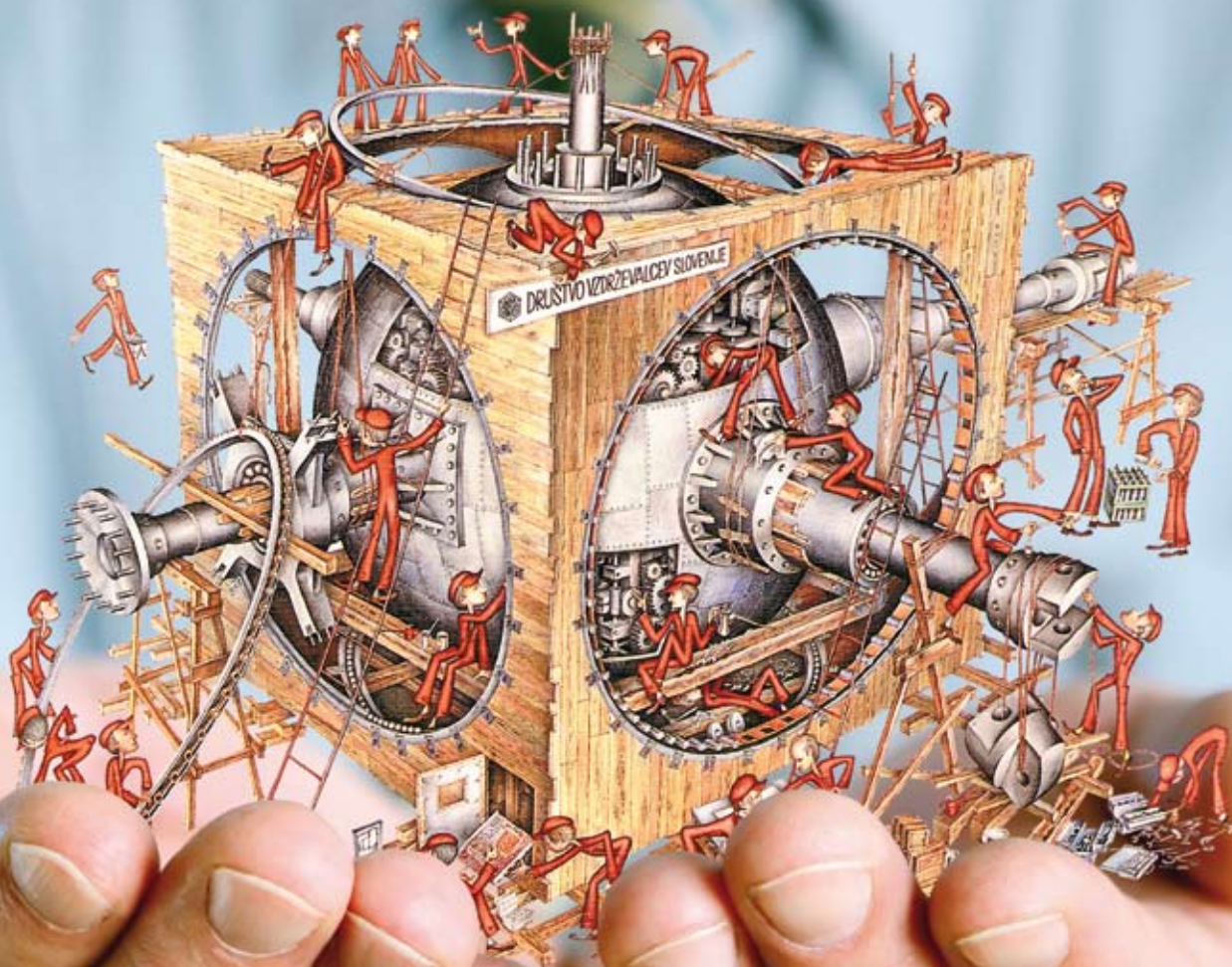
Uporabljena programska oprema je optimizirana na zelo visoko neobčutljivost na svetlobo okolice z več kot 100 kLux. Zanesljivo meritev je mogoče zagotoviti pri vseh pogojih merjenja. Poleg tega je natančnost meritev na barvnih prehodih, na primer v tiskanih proizvodih ali oksidiranih površinah, znatno povečana z boljšo optiko. Novi laserski senzorji delajo z zelo ozkim linearnim žarkom, ki prav tako omogoča merjenje majhnih predmetov. Merilna razdalja zelo kompaktnega senzorja je od 50 do



200 mm z ločljivostjo do 15 µm.

Vir: Vial Automation, d. o. o., Gotovlje 57, 3310 Žalec, tel.: 03 713 27 96, faks: 03 713 27 94, internet: www.vial-automation.si, bostjan.pelko@vial-automation.si





Program posvetovanja in razpisni pogoji na:  
<http://tpvs.drustvo-dvs.si/>

**21.** TEHNIŠKO POSVETOVANJE  
VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE  
Rogla, 13. in 14. oktober 2011



DRUŠTVO  
VZDRŽEVALCEV  
SLOVENIJE

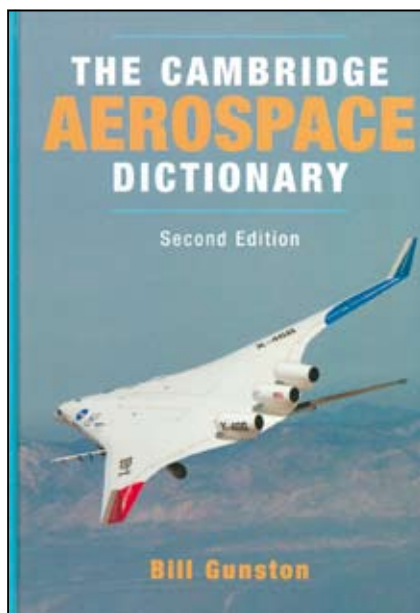
**DVS**

## Frankfurt po Frankfurtu v Ljubljani

V začetku lanskega decembra je v prostorih Mladinske knjige v Ljubljani potekal knjižni sejem Frankfurt po Frankfurtu. Sejem je prijetno presenetil z obilico strokovne literature. Tudi letalske ni manjkalo. Knjige je bilo mogoče kupiti. Med številnimi novimi naslovi sta nam zbudili zanimanje predvsem Gunstonov Cambridgeov letalsko-vesoljski slovar v drugi izdaji in Priročnik o človeških faktorjih v letalstvu avtorjev Wisa, Hopkinsa in Garlanda.

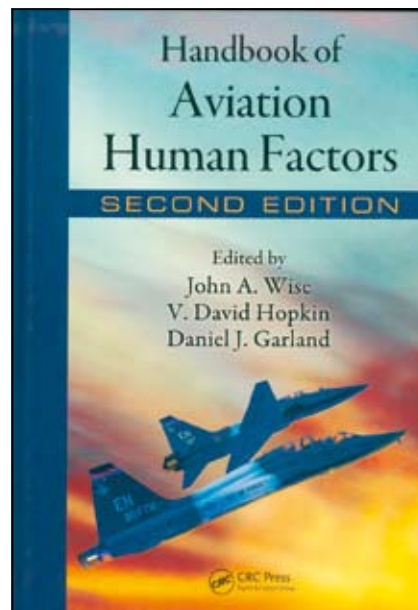
Bill Gunston, ki je trenutno novinar pri Jane's Information Group, je začel svojo poklicno pot kot bojni pilot v Kraljevskih letalskih silah Velike Britanije (RAF). Njegov slovar, ki v izvirniku nosi naslov *The Cambridge Aerospace Dictionary*, je že druga izdaja tega obširnega letalsko-vesoljskega slovarja, ki ga je pripravil poznavalec terminologije z obeh področij.

Področji sta med seboj tesno povezani, zato tudi skupni slovar. Prvi izdaji, ki je vsebovala okrog 15.000 gesel, je avtor v drugi izdaji dodal še 5.000 novih. Letalsko-vesoljski slovar je koristno orodje za strokovnjake, ki delajo v obeh industrijah, prav tako



pa bo koristil vsem, ki morajo brati in razumeti tehnično letalsko in vesoljsko literaturo oziroma se ukvarjajo s posameznimi zrakoplovi ali vesoljskimi plovili. Poleg obširnega slovarskega dela vsebuje knjiga še 12 prilog, ki predstavljajo in razlagajo grške simbole, potence števila 10 (Yotta =  $\times 10^{24}$ ), elektromagnetni frekvenčni prostor, kategorije Mednarodne letalske zveze (FAI), fonetično abecedo (med drugim tudi tisto od ICAO), ameriške oznake za vojaške zrakoplove, za motorje, ameriške oznake za zrakoplove brez posadke, skupni elektronski označevalni sistem, registracijske oznake civilnih letal, britanske oznake kategorij poškodb vojaških letal in NATO oznake za sovjetska vojaška letala. Slovenci se še ne moremo pohvaliti s čim podobnim. Imamo sicer Angleško-slovenski letalski slovar (terminologija ICAO) prof. mag. Alenke Kukovec in Letalski razlagalni slovar Dominika Gregla. Slednjega bi morda lahko primerjali z letalsko-vesoljskim slovarjem, vendar je v primerjavi z njim precej skromnejši. Gunstonov slovar, ki ima čez osemsto strani, najbrž v Sloveniji še dolgo ne bo preveden, bi pa z gotovostjo pripomogel k uporabi slovenskega izrazja v letalski in vesoljski terminologiji. Knjiga je izšla pri založbi Cambridge University Press leta 2009. Ko jo preberemo, nam postane jasno, da so kratice, oznake in akronimi del našega življenja. Brez njih bi mednarodne konference trajale dlje, z njimi pa se sporazumevamo med seboj. Težava je v tem, da jih je vsak dan več in ker ena kratica lahko ponudi več pomenov. Ker pa je čas zlato, temu ne bo mogoče ubežati, zato je tudi letalsko-vesoljski slovar dobrodošla pridobitev.

Delo treh avtorjev, ki v izvirniku nosi naslov *Handbook of Aviation Human Factors*, prav tako druga izdaja, nosi letnico 2010. Delo je izšlo pri založbi CRC Press-Taylor & Francis Group. Priročnik se ukvarja z vsemi človeškimi faktorji, ki nastopajo v letalstvu, in pilot je samo eden med njimi. Človeške faktorje v letalstvu



je potrebno proučevati, pridobljene izkušnje pa povezovati v sistem, ki naj zagotovi najvišjo stopnjo varnosti v danem trenutku. V petih poglavjih so tako združene ugotovitve 42 avtorjev, ki proučujejo zgodovino o človeških faktorjih, človeške sposobnosti in njihove učinke, pilota, njegovo izbiro in izpopolnjevanje, zračno kontrolo ter letalske operacije in konstrukcije. Priročnik ima čez osemsto strani besedil v za knjigo precej majhnih črkah, veliko skic, grafikonov in navajanja literature. Če rečemo, da gre za knjigo, ki zahteva zelo zbrano branje in razumevanje, nismo daleč od resnice. Ko jo preberemo, smo nagajeni s spoznanjem, da je letalstvo veliko več kot samo poveljujoči pilot, na katerega pomislimo takoj, ko je beseda o letalstvu.

Prvo poglavje nam tako ponudi letalsko zgodovino; opiše začetke letalstva, letalstvo pred prvo svetovno vojno in po njej, pilote, ki so si služili kruh z akrobatskimi nastopi, drugo svetovno vojno in začetek »resnega« civilnega letalstva, obdobje hladne vojne in letalsko raziskovanje Arktike.<sup>1</sup> Prvo poglavje se nadaljuje z raziskovanjem letalstva in njegovim razvojem, ki mu sledi prispevek o merjenju v letalskih sistemih. Razvoj tehnologij v letalstvu je zelo hiter. Kako bomo vedeli, ali je ocena take-

ga razvoja uspešna ali ne? Poglavje je zaključeno s prispevkom o organizacijskih faktorjih, ki so povezani z varnostjo in uspehom neke naloge v letalskem okolju.

Drugo poglavje proučuje človeške sposobnosti in njihovo udejanjanje. V ospredju je problem doslednosti (resilience) ravnanja. Piloti se kljub novim spoznanjem preprosto ne dajo vplivati in ravnati drugače, kot so se naučili. Avtor predstavi tudi t. i. problem Matrijoška – vse v enem ali povedano drugače: kako narediti sistem tak, da bo vse zajemal in ne bo šibkih točk. Sledi razprava o kognitivnem procesu in učenju na napakah. Presenetljiva je razprava o avtomatizaciji v civilnem letalstvu, pilotovih napakah, izpopolnjevanju pilotov, ki bodo kos avtomatizaciji, predvsem pa kako staranje pilotov uskladiti z avtomatizacijo. Prispevek o timskem procesu je mogoče odgovor na težave, ki nastajajo z avtomatizacijo. Zadnji prispevek v tem poglavju se ukvarja z

upravljanjem s posadko letala in t. i. CRM-izpopolnjevanjem (Crew Resource Management).

Tretje poglavje je namenjeno proučevanju zrakoplova. V ospredju so izbira osebja in izpopolnjevanje, pilotovo delo in kako ga meriti, delovno breme, psihična kondicija, nadzor posadke. Veliko prostora je namenjenega opremi in estetiki pilotske kabine, ki naj bi v končni fazi prispevala k boljšemu (lažjemu, bolj preglednemu) delu pilota. To poglavje se dotika tudi dela v helikopterju in zračnih vozilih brez posadke.

Ko govorimo o civilnem letalstvu, ne moremo mimo kontrole zračnega prometa (ATC). Avtorji prispevkov v četrtem poglavju predstavijo najprej zgodovino simulatorjev za letenje in razloge za njihovo uporabo. Predstavijo učinkovitost simulatorja, njegove šibkosti ali bolezni in njihovo bodočnost. Prav gotovo kontrolorji letenja tega poglavja ne smejo izpustiti.

Zadnje, peto poglavje se ukvarja z letalskimi operacijami in načrtovanjem. Najprej gre za proučevanje bodočnosti odnosa med kontrolo zračnega prometa in kabino letala. Torej za digitalno komunikacijo. Sledi razprava o inteligentnih povezavah, kako predstaviti vremenske napovedi, vzdrževanje letal in varovanje civilnega letalstva, preiskovanje nesreč in dogodkov ter forenzične preiskave človeških faktorjev v primeru letalskih nesreč in dogodkov in pravne postopke v zvezi s tem.

*mag. Aleksander Čičerov, univ. dipl. pravnik*  
*Višji predavatelj letalskega prava in predpisov*

<sup>1</sup> O tem je precej zapisanega tudi v delu z naslovom Mednarodno letalsko pravo (avtor A. Čičerov), Uradni list RS, Ljubljana 2009, str. 65–97.

## Plinski odvodnik za zaščito pred prenapetostjo pri udarih strele

Izšla je knjiga, ki zapolnjuje vrzel v strokovni literaturi o udarih strele in plinskih odvodnikih na Slovenskem. Povzema strokovne temelje za nastanek in zaščito pred prenapetostmi pri udaru strele ter podaja širok pogled na plinske odvodnike doma in po svetu. Obeta zanimivo branje.

Knjiga je nastala kot rezultat raziskovalnega in razvojnega dela strokovnjakov s področja zaščitnih elementov v elektrotehniko, ki prihajajo iz raziskovalnih organizacij in industrije. Povezana je z izvajanjem dveh aplikativnih raziskovalnih nalog, ki ju je vodil **Tehnološki center SEMTO** in sofinancirala **Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije**.

Avtorji so na 176 straneh posebej predstavili atmosferske razelektritve, ki nastanejo kot udar strele, zaznamo pa jih kot blisk in grom. Prav atmosferske razelektritve so vzrok nevarnih prenapetosti



v električnih omrežjih, ki poškodujejo ali celo uničijo naše električne naprave. Zato so predstavili učinkovite zunanje in notranje vrste zaščite, kot so lovilci strel in plinski odvodnik, ki naše naprave uspešno obvarujejo.

Monografija je v prvi vrsti namenjena vsem, ki bi želeli izvedeti kaj več o nastanku in udaru strele ter uspešni zaščiti pred njo, pa tudi strokovnjakom s področja plinskih odvodnikov kot osnova za nadaljnje raziskovanje. Poleg tega pa je izvrsten študijski pripomoček. Knjiga ponuja bralcu odgovore na vprašanja: kaj je strela, kakšne vrste strel poznamo, kako nastane strela, kako uspešno zaščititi naprave proti udarom strele in kako je sestavljen ter kako deluje plinski odvodnik kot učinkovita zaščita.

Več o knjigi preberite na spletni strani [www.semto.si](http://www.semto.si), kjer lahko knjigo tudi naročite.

*Nataša Robežnik*

Urednik: doc. dr. Martin Bizjak  
Založnik: Zavod Tehnološki center SEMTO, Stegne 25, Ljubljana

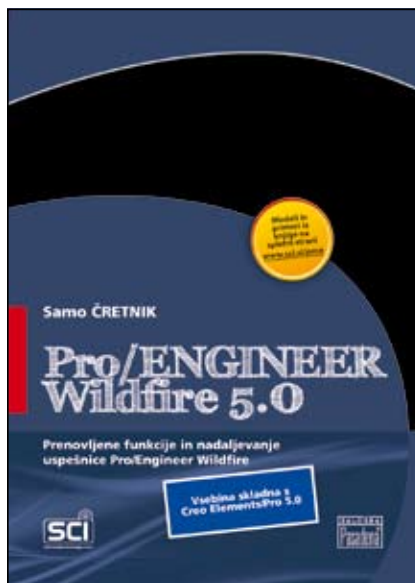
# Pro/ENGINEER Wildfire 5.0

Avtor priročnika *Pro/ENGINEER Wildfire 5.0* je mag. Samo Čretnik, profesor na Tehniškem šolskem centru Maribor. Knjigo je napisal kot pripomoček pri predmetih Računalniško podprte tehnologije ter Prostorsko modeliranje in priprava dokumentacije. Knjiga je nadaljevanje uspešnice *Pro/Engineer Wildfire V2.0*, ki je izšla leta 2005. Priročnik *Pro/ENGINEER Wildfire 5* je namenjen uporabnikom različnih stopenj znanja o prostorskem modeliranju. Lekcije so kratke, osredotočene na primere in lahko razumljive. Uporabniki, ki o programu *Pro/ENGINEER* ne veste ničesar, boste v priročniku našli pomembna osnovna navodila in razlage možnosti, ki jih ponuja program. Tisti, ki ste s programom že delali, pa boste spoznali novosti v verziji 5.0 in veliko dodatnih pristopov h konstruiranju ter vaj s postopki in metodami risanja.

## Iz vsebine:

### Prenovljene funkcije Pro/E 5.0:

- Modul Sketch: Skicirka
- Modul Part: Prostorsko modeliranje
- Relations: Relacije



- Modul Assembly: Sestavljanje modelov
- Modul Drawing: Tehniška dokumentacija
- Helical sweep: Vzmeti
- Krivulje z uporabo parametričnih enačb
- Evolventni zobnik z ravnim ozobjem
- Evolventni zobnik s poševnim ozobjem
- Mechanism: Mehanizmi

Naprednejšim uporabnikom je namenjen drugi del knjige, ki opisuje napredne funkcije *Pro/ENGINEER*-ja, kot so obdelovalni procesi, preračuni z metodo končnih elementov, delo s površinami in s pločevinami.

### Napredne funkcije Pro/E 5.0:

- Family table: Družinske tabele
- Mapkeys: Dodajanje novih funkcij
- Expert Machinist: 2.5-osno freziranje
- Pro/Manufacturing: 3-osno freziranje
- Pro/Manufacturing: struženje
- Pro/Mechanica
- Surfaces: Površine
- Funkcija Warp
- Sheetmetal: Pločevine

Avtorjevo vodilo je: čim več risb, modelov in sestavov narišejo uporabniki s *Pro/ENGINEER Wildfire*, hitreje bodo razumeli in obvladovali program. Vsako poglavje predstavi nov izbor ukazov, ki se skozi priročnik težavnostno stopnjujejo.

Primeri in vaje iz knjige so na voljo na spletni strani [www.sci.si/proe](http://www.sci.si/proe).

## Nove knjige

[1] Berendsen, F. P.: **Fluid Power Designer's Lightning Reference Handbook** (osma izdaja) – To je najbolj iskan priročnik za projektante, graditelje, vzdrževalce in uporabnike hidravličnih naprav. Gradivo na okoli 200 straneh strnjeno obravnava vse najpomembnejše informacije, vključno s standardi ISO in ANSI, tehničnimi lastnostmi in dimenzijami pomembnih sestavin in enot (tudi za pogonske elektromotorje) ter formulami za izračune in specifikiranje parametrov hidravličnih sestavin. Dodana sta kratek slovar in seznam okrajšav v fluidni tehniki.

To pa ni vse! Posebna pog-

lavja izčrpno obravnavajo tudi vsa osnovna vprašanja o hidravličnih tekočinah in njihovem vzdrževanju, dimenzioniranju črpalk in aktuatorjev ter izbiri in specifikiranju cevovodov (cevi, priključkov, gibkih cevovodov itd.), rezervoarjev in druge opreme hidravličnih naprav. *Zal.*: Hydraulics & Pneumatics, published by Penton Media; vse informacije in naročilo na spletni strani: [www.hydraulicspneumatics.com](http://www.hydraulicspneumatics.com); klik na tipko: Bookstore; ali kličite na naslov: Pat Wroblesky, tel.: +(216) 931-9424, e-pošta: [pat.wroble-sky@penton.com](mailto:pat.wroble-sky@penton.com).

[2] Johnson, J. L.: **Basic Electronics for Hydraulic Motion Control** – Knjiga omogoča študij osnov elektronike in je posebno prirejena za inženirje in tehnike praktike, ki

se ukvarjajo s sodobno hidravliko. Posreduje vsa potrebna znanja iz elektronike s poenostavljeno obravnavo analogij med obema povezanima področjema tehnike.

Vse, čemur se čudite in kar potrebujete, je tu: pretvorniki, vmesniki, signalni generatorji, modulacija, krmilniki, ojačevalniki, tranzistorji, analogna in digitalna elektronika itd. Opisano je vse, kar potrebujete za razumevanje, certificiranje in uporabo sodobne elektrohidravlike. *Zal.*: Hydraulics & Pneumatics, published by Penton Media; ISBN: 0-932905-07-2; obseg: 438 strani; cena: 49,95 USD; informacije in naročilo na spletni strani: [www.hydraulicspneumatics.com](http://www.hydraulicspneumatics.com); klik na tipko: Bookstore.

- [3] Johnson, J. L.: **Designer's handbook for Electrohydraulic Servo and Proportional Systems** (četrti izdaja) – Priročnik vsebuje še več uporabnih informacij kot njegova tretja izdaja, ki je sicer že postala »biblija« elektrohidravlike. Sedaj lahko spoznate še več o elektrohidravličnih sistemih in njihovem projektiranju, kot npr.:
- kako izračunati tlačne izgube v cevovodih, priključnih ploščah in razvodnih blokih,
  - kako obravnavati različne pogoje in krmilja strojev, naprav in postrojev,
  - dinamične lastnosti krmilnih ventilov in kako jih vgraditi v vaš sistem,
  - elektronika, posebni merilni pretvorniki in krmilniki ter
  - mobilna oprema elektronskih naprav vključno z baterijami, akumulatorji in opremo za njihovo polnjenje.

Elektrohidravlika revolucionarno vpliva na razvoj moderne industrije in mobilnih strojev. Če je vaš smoter certifikacija elektrohidravlike, potem je četrta izdaja tega priročnika prava pomoč za njeno pripravo. *Zal.*: Hydraulics & Pneumatics, published by Penton Media; vse informacije in naročilo na spletni strani: [www.hydraulic-spneumatics.com](http://www.hydraulic-spneumatics.com); klik na tipko: Bookstore.

- [4] Nikkel, S.: **Safety Mode Easy (It's Not Possible)** – Izhodišče avtorja Steva Nikkla je, da zahteva varnost pri delu resne napore. Začne se pri

vodstvu podjetja, ki mora varstvo pri delu obravnavati nadvse resno in poskrbeti za jasne tovrstne komunikacije na vseh ravneh vodenja in dejavnosti podjetja. Če vodstvo ne posveča dovolj pozornosti vprašanju varnosti, ni pričakovati ustrezne prizadevnosti podrejenih in mnogi bodo neposredno čutili posledice. Vodstvo mora upoštevati mnenja in predloge zaposlenih. Avtor ima lastne izkušnje iz težke industrije in se poklicno ukvarja s svetovanjem o vprašanih varnosti pri delu. Njegovo stališče je, da varstvo pri delu zahteva strogo disciplino. Drži se rekla, da »okolje brez poškodb zahteva ničelno toleranco pri spoštovanju opozoril in navodil za varno delo«. – *Zal.*: samozaložba; UCI, PO box 2079, Wichita, Kansas 67201-2079, USA; 2010; *ISBN*: 978-0-557-33610-4; *obseg*: 54 strani; *cena*: 15,99 USD.

- [5] Seung-Bok Choi in Yong-Min Han: **Piezoelectric Actuators: Control Application of Smart Materials** – Pametni materiali se že uspešno uporabljajo v različnih vejah tehnike. Kljub temu avtorja knjige predpostavljata, da so to šele začetki. Vsebina knjige temelji na njihovi raziskavi z naslovom: *Piezoelectric Actuators*, ki je referenca za uporabo pametnih materialov za senzorje in aktuatorje v povezavi s piezoelektričnimi materiali. Delo je namenjeno tako inženirjem kot študentom, ki se ukvarjajo s krmilno tehniko. Knjiga obsega osem poglavij z uravnoteženo obravna-

vo teorije in prakse. Posamezna tematika obravnava vprašanja krmilne in vibracijske tehnike, piezoelektrične sestavine in vezja, krmiljenje manipulatorjev in robotov, uporabo preciznih mehanskih pogonov in hidravličnih krmilij ipd. Besedilo je bogato ilustrirano z enačbami in diagrami. – *Zal.*: CRC Press, Taylor & Francis, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742, USA; 2010; *ISBN*: 978-1-439818084; *obseg*: 255 strani; *cena*: 19,95 USD.

- [6] Tooley, M. (ur.): **Design Engineering Manual** – Najnovejši angleški priročnik za konstruiranje in projektiranje v eni knjigi strnjeno predstavlja vse potrebne osnovne informacije za smotno načrtovanje strojev in naprav. Vsebina obravnava široko paleto potrebnih tematik (osnove konstruiranja, novi materiali, ergonomija, zanesljivost, varnost, vzdrževalnost) potrebnih pri snovanju strojnih, elektrotehniških, gradbenih in arhitektonskih sistemov. Posamezna poglavja so bogato ilustrirana s številnimi ilustracijami, primeri in podatki. Posebne sekcije obravnavajo postopke načrtovanja strojev, elektroniko in plastičnih izdelkov. Knjiga je namenjena načrtovalcem, razvojnikom novih materialov in študentom tehniških usmeritev. – *Zal.*: Elsevier, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, OX5 1GB, Oxford, United Kingdom; 2010; *ISBN*: 978-1-85617-838-9; *obseg*: 610 strani; *cena*: 125,00 USD.

## Novi standardi NFPA

Na voljo je sedem novih standardov ameriškega združenja za fluidno tehniko (*National Fluid Power Association – NFPA*).

Med najpomembnejšimi je standard *NFPA/T3.6.37 R1-2010: Hydraulic fluid power – Cylinders – Method for determining the buckling*

*load* (Fluidna tehnika – Hidravlika – Valji – Metoda določanja uklonske obremenitve), ki predstavlja postopek izračunavanja teoretične kritične uklonske obremenitve pri hidravličnih valjih.

Ostali novi standardi se nanašajo na elektropnevmatične tokovne in tlačne ventile, metode preskušanja hidravličnih cevni spojk in dimen-

zije pomožne opreme za industrijske izvedbe valjev s prizmatičnimi pokrovi.

Podrobnejše informacije o vseh standardih NFPA dobite na spletnih naslovih: [fluidpowertalk.blogspot.com](http://fluidpowertalk.blogspot.com) ali [www.nfpa.com](http://www.nfpa.com).

*Po H & P 63(2010)11 – str. 6  
A. Stušek*

# Prihodnost energijske oskrbe je v kogeneracijah

Gašper RAVNAK

Najbrž niste edini, ki opazate, da so računi za elektriko vse večji. Poleg tega, da se cene povečujejo, imamo vse več električnih naprav, ki so danes nujno potrebne v gospodinjstvu. V večji skrbi za okolje in potrebi po varčevanju z električno energijo bodo kmalu prišle na trg hišne kogeneracije oziroma mikrokogeneratorji nove generacije, ki jih v svetu že razvijajo, med drugimi tudi korporacija, kamor sodi Butan plin. **Mikrokogeneracije** bodo omogočale ogrevanje, pripravo tople sanitarne vode in hkrati proizvodnjo električne energije – torej velik izkoristek tudi v manjših stanovanjskih enotah.

Butan plin je vedno skrbel za razvoj, čistejše okolje (UNP je okolju eden bolj prijaznih energentov) in tudi tokrat sledi novostim na slovenskem trgu.

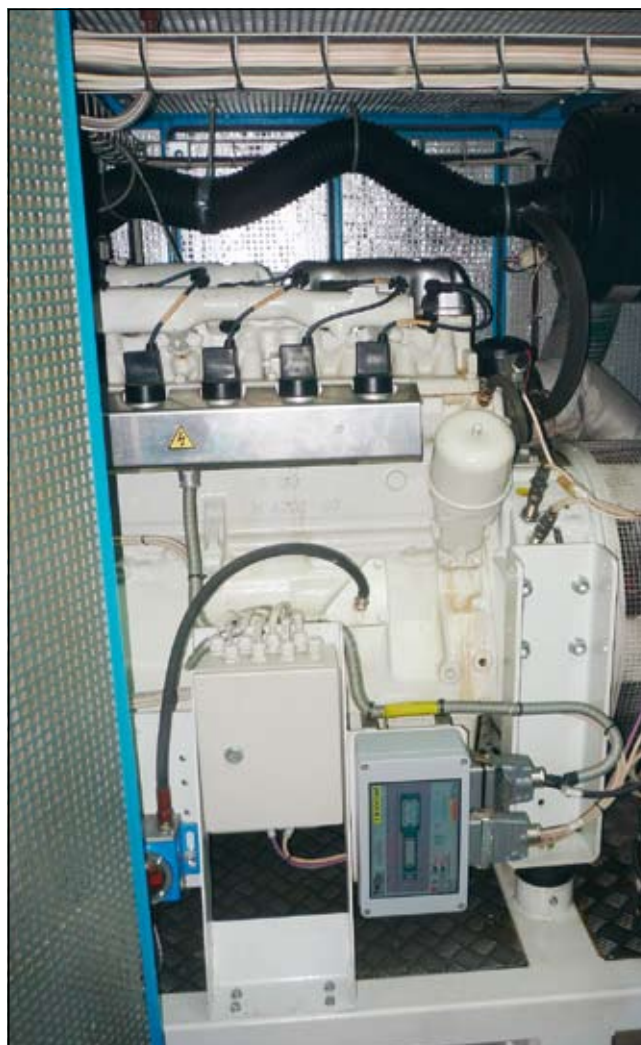
## Kaj je kogeneracija?

Najbrž ima vsak izmed nas avtomobil, toda le malokdo ve, da avto pozimi deluje kot kogenerator. Del mehanske energije se namreč prenese na alternator, ki proizvaja električno energijo, toplota, ki jo oddaja motor, pa se porabi za gretje notranjosti avtomobila. Povedano drugače – kogeneracija je hkratna proizvodnja toplotne in električne energije ali krajše SPTE. Ob tem se toplotna energija koristno uporabi pri ogrevanju, z generatorjem pa se proizvaja električna energija. Pomembno je, da ta energija nastaja tam, kjer se tudi uporablja, zato ni izgub pri prenosu elektrike, poleg tega pa sistem pomeni najbolj učinkovito pretvorbo primarne energije v električno in toplotno energijo, saj prihranimo znaten del primarne energije v primerjavi z ločeno proizvodnjo. Poleg tega upo-

raba UNP in prihranki energije, ki jih omogoča kogeneracija, predstavljajo tudi dodatno zmanjšanje emisij škodljivih plinov in vplivov na okolje. Zaradi tega se kogeneracije uvrščajo med okolju prijazne tehnologije, še posebej, če se kot energent uporablja UNP.

## Okolju prijazne tehnologije

Poglejmo primer manjše enote SPTE, ki ima skupni izkoristek nad 90 %. Če primerjamo električno energijo, ki je proizvedena v termoelektrarni Šoštanj, se izkaže, da lahko z novim postrojenjem SPTE bistveno zmanjšamo emi-



*Motor z notranjim zgorevanjem na utekočinjeni naftni plin, ki deluje v kogeneracijskem postrojenju v Park Hotelu Bohinj*

Gašper Ravnak, univ. dipl. inž.,  
Butan Plin, d. d., Ljubljana

sije CO<sub>2</sub>. Ob upoštevanju lokalno proizvedenih emisij, se pri delovanju SPTE na UNP sprošča okoli 0,23 kg CO<sub>2</sub> na proizvedeno kWh energije (toplote in električne energije skupaj), medtem ko se pri proizvodnji električne energije iz TEŠ proizvede 1,2 kg CO<sub>2</sub> na proizvedeno kWh električne energije. Ob tem ugotovimo, da smo z električno energijo, proizvedeno v kogeneracijskem postrojenju, zmanjšali emisije za okoli 80 %. Če pa smo kot energent za ogrevanje predhodno uporabljali kurilno olje, se bodo emisije CO<sub>2</sub> v ozračje še dodatno zmanjšale za približno 30 %.

Pri kogeneracijah, ki so danes na slovenskem trgu, ni toliko problem v velikosti, temveč v tem, da zahtevajo dodatno uporabo toplote. In to ne le pozimi, ko imamo vklopljeno centralno ogrevanje, temveč tudi poleti, ko proizvajamo električno energijo; takrat je toplota višek. Takšne kogeneracije običajno uporabljajo pri zgradbah, ki imajo bazen ali povečano potrebo po porabi sanitarne vode. Glede na ponudbo kogeneracij, ki so trenutno na voljo na slovenskem trgu, so zaenkrat najmanjše kogeneracije z električno močjo okoli 5 kW. Te pa so prevelike za uporabo kot hišni kogeneratorji. Predvsem so primerne za objekte, kot so hoteli, domovi za ostarele, zdravstveni domovi, šole, vrtci,

večji stanovanjski objekti ipd.

### Prednosti za uporabnike kogeneracij

Investitor, ki se odloči za investicijo v mikrokogeneracijo, bo še vedno porabil enako količino energije, vendar je bo del namenil za proizvodnjo električne energije, del pa za proizvodnjo toplote. Ob tem bodo celotne izgube energije manjše kot pri ločenih sistemih proizvodnje in bodo povprečno znašale le okoli 10 %.

Če se odločite za napravo z električno močjo do 50 kW, ki obratuje do 4000 ur letno, lahko za obratovanje SPTE pridobite obratovalno podporo v višini 0,194 € za proizvedeno kWh električne energije ali podporo v obliki zagotovljenega odkupa električne energije po ceni 0,2399 €/kWh. Ob tem je potrebno upoštevati dejstvo, da ste upravičeni do obratovalne podpore, tudi če uporabljate proizvedeno električno energijo za lastne potrebe oz. prodajate na trg samo viške. S proizvodnjo električne energije



Enoti kogeneracijskega postrojenja v Park Hotelu Bohinj

tako lahko tudi nekaj zaslužite, kar pa pozitivno vpliva na povračilno dobo investicije, ki se v večini primerov povrne v zelo kratkem času, saj je povprečna doba vračanja med 3 in 6 leti.

### Zmogljivost hišnega kogeneratorja nove generacije

Večina mikrokogeneracijskih postrojenj, ki obratujejo na območju Slovenije, deluje na principu motorjev z notranjim zgorevanjem. Ker so naprave v večini zelo dobro zvočno izolirane, se ropot, ki nastaja pri delovanju, zelo močno zadržuje in ne presega zvoka, ki nastaja pri delovanju nekaterih drugih gospodinjinskih aparatov.

Hišni mikrokogenerator bo primeren za vse stanovanjske hiše. Prednost UNP je tudi njegova dostopnost, saj ni odvisen od plinovodnega omrežja in ga lahko dostavimo praktično povsod. V času hitrih podnebnih sprememb, ko so neurja tudi v Sloveniji vse bolj uničujoča in izpadi električne energije zaradi podrtih električnih vodov že skoraj nekaj običajnega, bodo stavbe ali objekti z mikrokogeneratorji oskrbljeni z električno energijo tudi v primeru prekinitve dobave električnega toka. ■



Enota mikrokogeneracijskega postrojenja Senertec skrbi za toplotno in električno oskrbo v aparthotelu Vila Silva Marija v Pišecah (vir: Energen d. o. o.)



## Kogeneracija Butan plina v Park hotelu v Bohinju

Butan plin je sodeloval pri gradnji kogeneracije v Park hotelu Bohinj, ki leži v enem izmed najlepših in najbolj ohranjenih delov Slovenije. Park hotel Bohinj ima poleg lastne energetske vrtine tudi lastno energetska postajo. Dve kogeneracijski napravi poganja utekočinjeni naftni plin (UNP), ki ga dobavlja Butan plin, skupaj pa sočasno proizvajata električno in toplotno energijo. Tako proizvedena električna energija skrbi za pogon toplotnih črpalk v hotelu in za celotno napajanje hotela ter vodnega parka. Toplota, ki se sprošča ob proizvodnji električne energije, pa se uporabi za gretje bazenov. Takšen sistem ima zaradi uporabe preostale toplote do 90-odstotni izkoristek. Z istočasno proizvodnjo toplotne in električne energije pa se prihrani tudi do 30 odstotkov primarne energije v primerjavi z ločeno proizvodnjo.



*Park Hotel Bohinj je prvi EKO hotel v Sloveniji, ki za svoje energetske potrebe uporablja utekočinjeni naftni plin*

## Mikrokogeneracija Butan plina v apartotelu Vila Silva Marija v Pišecah

Primer uspešnega zagona mikrokogeneracijskega postrojenja *SenerTec Dachs* je podjetje Butan plin izvedlo v apartotelu Vila Silva Marija v Pišecah. Mikrokogeneracijska enota, ki obratuje v tem objektu, je posebej primerna za uporabo v manjših objektih, kot so domovi za ostarele, zdravstveni domovi, šole, vrtci, večji stanovanjski objekti ipd. Enota pri skoraj 90-odstotnem izkoristku doseže do 12,5 kW toplotne moči in do 5,5 kW električne moči, ki se lahko porabi za lastne potrebe ali pa se po subvencionirani ceni prodaja na trg električne energije. Investicija v mikrokogeneracijske enote je še zlasti zanimiva, saj omogoča zaslužek v obdobju 10-letnega zagotovljenega odkupa proizvedene električne energije.



[www.butanplin.si](http://www.butanplin.si)  
[info@butanplin.si](mailto:info@butanplin.si)



## Dobrodošli doma!

**Z nami vam bo prijetno toplo.**

Utekočinjen naftni plin (UNP) je zanesljiv, okolju prijazen in ekonomičen vir energije. Z njim je odveč vsaka skrb pri ogrevanju, kuhanju ali segrevanju sanitarne vode.

**Informacije o plinu  
za ogrevanje:**

**080 1005**

**Informacije o plinu  
v jeklenkah:**

**080 2005**



# Uporaba naprednih industrijskih senzorjev v robotskih aplikacijah

Božidar ZAJC

Namen prispevka je prikazati uporabo nekaterih naprednih industrijskih senzorjev, ki so v zadnjem času vse bolj nepogrešljivi v robotskih aplikacijah. Najprej je predstavljen kratek pregled senzorjev pri podjetju Sick, ki se najpogosteje uporabljajo v robotskih aplikacijah, razen varnostnih senzorjev in sistemov, ki zaradi obsežnosti potrebujejo posebno obravnavo. Nekatere vrste senzorjev so le na kratko omenjene, večji poudarek pa velja laserskim skenerjem, preciznim laserskim merilnikom razdalje, predvsem pa vizualnim senzorjem in sistemom, ki se vse bolj uporabljajo v robotskih aplikacijah. Še posebej pa to velja za tako imenovane 3D kamere.

## ■ 1 Uvod

Kot eden vodilnih svetovnih proizvajalcev na področju industrijskih senzorjev z več kot šestdesetletnimi izkušnjami ima podjetje Sick verjetno najobsežnejšo zbirko proizvodov in tehnologij in je tudi vodilni na področju inovacij.

Celoten obseg avtomatizacije je pri Socku razdeljen na tri velika področja:

1. Avtomatizacijo v industriji:
  - standardni, napredni industrijski senzorji in dajalniki impulzov,
  - varnostni senzorji in sistemi.
2. Avtomatizacijo v logistiki:
  - avtomatska identifikacija optičnih in RFID kod,
  - laserski merilni sistemi.
3. Avtomatizacijo procesov.

Čeprav uvrščamo rešitve za robotiko predvsem na področje avtomatizacije v industriji, se v robotiki uporabljajo tudi mnogi senzorji, ki jih uvrščamo

predvsem na področje avtomatizacije v logistiki. Posebno področje pa predstavljajo senzorji in sistemi za varovanje ljudi pri delu z roboti, ki pa zaradi specifičnosti in obsežnosti zahtevajo posebno obravnavo. Če izvzamemo varnostne sisteme, se v robotiki tako najpogosteje uporabljajo naslednje skupine senzorjev:

1. standardni industrijski senzorji: fotoelektrični senzorji, približevalna stikala,
2. napredni industrijski senzorji: senzorji za registracijo, merilniki razdalje, vizualni senzorji in sistemi,
3. dajalniki impulzov (enkoderji),
4. senzorji in sistemi za identifikacijo: bralniki črtne kode, 2D kode in RFID,
5. merilni laserski skenerji.

V nadaljevanju je uporaba standardnih industrijskih senzorjev in senzorjev za identifikacijo omenjena bolj na kratko, malo podrobneje so prikazani laserski merilni skenerji. Poudarek je podan predvsem na naprednih industrijskih senzorjih, še posebej pa na preciznih merilnikih razdalje in na vizualnih senzorjih ter sistemih, ki

postajajo vse bolj pomemben sestavni del aplikacij z roboti.

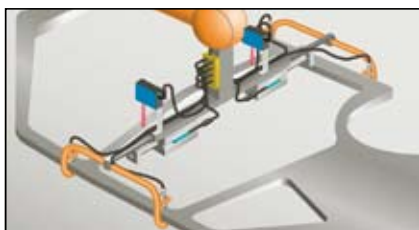
## ■ 2 Standardni senzorji za industrijsko avtomatizacijo

Med standardne industrijske senzorje uvrščamo:

- induktivne senzorje
- kapacitivne senzorje,
- magnetne senzorje,
- magnetne cilindrične senzorje,
- svetlobna tipala,
- refleksne svetlobne zapore in
- enosmerne svetlobne zapore.

Od teh se v robotskih aplikacijah največ uporabljajo induktivni senzorji, magnetni cilindrični senzorji in svetlobna tipala. Primer uporabe standardnih industrijskih senzorjev vidimo na *sliki 1*. Za uporabo senzorjev v robotskih aplikacijah so pogosto podane posebne zahteve kot so višja maksimalna delovna temperatura, dodatna zaščita površine senzorja (nerjaveče jeklo, teflon, dodatno zaščitno steklo...) in neobčutljivost na močna zunanja elektromagnetna polja v primeru varilnega robota, predvsem pa mehanska trdnost, visoka stopnja IP zaščite, kemična odpornost

Božidar Zajc, univ. dipl. inž.,  
Sick, d. o. o., Ljubljana



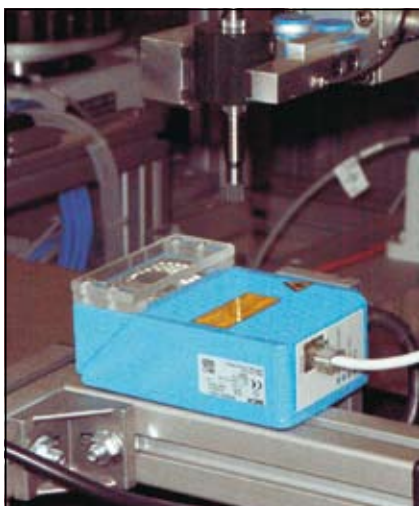
**Slika 1.** Primer uporabe standardnih senzorjev

(n.pr. zaradi emulzije), neobčutljivost na zunanjo svetlobo pri svetlobnih tipalih ...

### ■ 3 Senzorji za identifikacijo in merilni laserski skenerji

Iz te skupine se v robotskih aplikacijah najpogosteje uporabljajo:

- Bralniki črtni (1D) kode.
- Bralniki 2D kode.
- RFID bralno/zapisovalne enote.
- merilni laserski skenerji.



**Slika 2.** Branje matrične DPM kode

Primer uporabe bralnika 2D kode vidimo na *sliki 2*. V tem primeru gre za preverjanje matrične kode zapisane na samo površino predmeta z laserjem (DPM) – robot prinese predmet v bližino fiksno montiranega bralnika in preveri kodo.

Nove generacije bralnikov 2D kode pa omogočajo, poleg zanesljivega branja različnih 2D kod z majhnim kontrastom na zahtevnih podlagah, tudi branje standardnih črtnih kod in enostavno razpoznavanje teksta (OCR). Uporabo laserskih merilnih skenerjev v robotskih aplikacijah lahko razdelimo na tri skupine:

- Zaznavanje objektov/ovir.



**Slika 3.** AGV z laserskimi skenerji za navigacijo in zaznavanje ovir

- Dvodimenzionalno merjenje razdalj.
- Notranjo navigacijo.

Zaznavanje ovir, predvsem pa notranja laserska navigacija, se uporabljata v glavnem za smodajno vodena vozila AGV (*slika 3*), medtem ko se dvodimenzionalno merjenje razdalj uporablja pri aplikacijah s »klasičnimi« roboti.

Merilni laserski skener je naprava, ki s pošiljanjem kratkih laserskih impulzov v prostor pod različnimi koti v eni ravnini in merjenjem časov odboja posameznega impulza, izmeri razdaljo do posameznih točk v prostoru. Ti podatki se potem lahko uporabijo za zaznavanje ovir, navigacijo v prostoru, ali pa za določanje položaja in oblike/kota zasuca predmeta za zanesljivo prijema-



**Slika 4.** Primer uporabe LMS400

nje z robotom. Od dimenzij/volumna je lahko tudi odvisno, kam oziroma kako naj robot predmet odloži. Na *sliki 4* je prikazan primer uporabe laserskega skenerja LMS400 v praksi.

Možna sta dva primera uporabe: laserski skener je lahko montiran na sami robotski roki in robot poskrbi za vzdolžni pomik skenerja nad predmetom oziroma skupino predmetov na paleti, ali pa je laserski skener montiran fiksno nad transporterjem in med pomikanjem predmeta na transporterju izmeri posamezne profile, iz katerih lahko dobimo trodimenzionalno sliko. V tem primeru se običajno uporablja še dajalnik impulzov za izravnavo odstopanj v hitrosti transporterja.

### ■ 4 Napredni industrijski senzorji

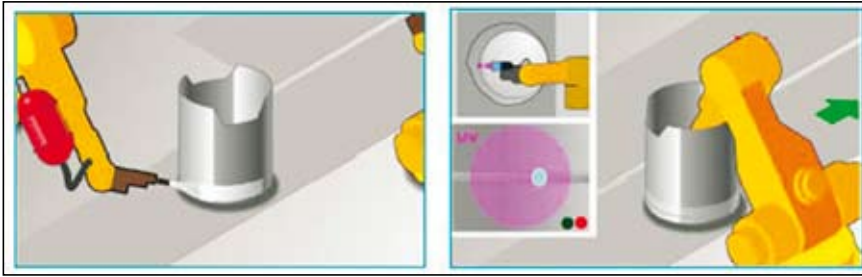
Med napredne industrijske senzorje prištevamo:

- senzorje za registracijo: kontrastne, barvne, luminescentne, viličaste, vrstične,
- svetlobne mreže za avtomatizacijo,
- merilnike razdalje: precizni merilniki razdalje, merilniki srednjega dometa, merilniki dolgega dometa, linearni, merilni senzorji, ultrazvočni senzorji, senzorji za optični prenos podatkov, pozicionirni senzorji,
- vizualne sisteme: vizualni senzorji, pametne kamere, 3D kamere.

Gre za najpomembnejšo skupino senzorjev, ki se v robotskih aplikacijah vse več uporabljajo, kar še posebej velja za precizne merilnike razdalje in vizualne senzorje in sisteme.

#### Senzorji za registracijo

Med senzorji za registracijo je mogoče najbolj zanimiva uporaba senzorja LUT, ki ima izvor svetlobe v UV območju, sprejemnik pa zaznava svetlobo v vidnem delu spektra. Tako lahko zanesljivo zaznamo tako naravno luminescentne snovi, kot snovi, ki smo jim umetno dodali luminoforescentne senzorje ali v zadnjem času tudi UV vizualne senzorje.



Slika 5. Preverjanje zvara z senzorjem LUT

Tako lahko na primer preverjamo zadosten nanos lepila pred lepljenjem delov, tesnenje zvarov s pomočjo luminescentnega olja (slika 5) ali pa omogočimo vodenje AGV-ja s pomočjo luminescentne proge, nalepljene na tleh.

### Merilniki razdalje

Pogosto je potrebno pri delu z roboti preverjati natančno pozicijo ali pa preveriti dimenzije v nekaj točkah. V ta namen lahko uporabimo precizne merilnike razdalje oziroma merilnike odstopanja («displacement» senzori). Ti merilniki merijo v območju od  $\pm 1$  mm do  $\pm 200$  mm z ločljivostjo vse do  $0,02 \mu\text{m}$  pri senzorju OD Precision (OD5-25T01). Senzorji OD delujejo na principu triangulacije, kar pomeni, da se z razdaljo spreminja kot vpadne svetlobe in s tem mesto na sprejemnem digitalnem senzorju CMOS. Najpogosteje se uporabljajo senzori OD Value za enostavnejše in OD Max ter OD Precision za zahtevnejše aplikacije. Medtem ko je senzor OD Value samostojen senzor z merilno glavo in elektronskim delom v enem ohišju (slika 6), imata senzorja OD Max in OD Precision merilne glave ločene od krmilne enote. V vsaki skupini pa je več različnih merilnikov glede na območje merjenja in pri senzorju



Slika 6. Sensor OD Value

OD Precision (slika 7) tudi glede na širino laserskega žarka.



Slika 7. Sensor OD Precision

Najpomembnejše značilnosti senzorja OD Precision so naslednje:

- na voljo senzori s širokim ali ozkim žarkom,
- visoka ločljivost in linearnost,
- priklop do 3 merilnih glav na eno krmilno enoto za obdelavo,
- možna samostojna uporaba merilnih glav,
- merjenje debeline n.pr. stekla z eno glavo,
- velik in kvaliteten barvni LCD prikazovalnik za enostavno nastavitve in prikaz merilnih rezultatov,
- robustno kovinsko ohišje IP67.

Primer uporabe senzorja OD Precision za preverjanje kvalitete/dimenzij aluminijastega odlitka vidimo na sliki 8.

### Vizualni senzori in sistemi

Najpomembnejši predstavniki so vizualni senzor Inspector, pametni kameri IVC 2D in 3D in najzmogljivejša 3D kamera Ranger.

#### Vizualni senzor Inspector

Vizualni senzor Inspector je kompakten, uporabniku prijazen in natančen



Slika 8. Preverjanje odlitka s senzorjem OD Precision s tremi merilnimi glavami

2D vizualni senzor z vgrajeno osvetlitvijo, vgrajenimi algoritmi za vrednotenje slik ter vmesnikom Ethernet. Inspector lahko pregleda izdelek v katerikoli poziciji ali orientaciji in zanesljivo določi v realnem času ali izdelek zadovoljuje dane kriterije. Inspektor uporablja inteligentne in hitre algoritme, ki mu omogočajo, da lahko sledi tudi največjim hitrostim katerekoli proizvodne linije v pakirni industriji. Vse to velja tako za osnovna modela i10 Standard in i10 Dome, kot tudi naslednike, ki ponujajo izboljšane karakteristike in dodatno funkcionalnost (slika 9):

- i20 Flex in i20 UV: izmenljivi objektivni, izmenljiva stekla/filtri, nastavek za kupolasto osvetlitev, dodatna vhodno/izhodna enota.
- i40 Flex in i40 LUT: ločljivost VGA (640 x 480), višja hitrost, dodatni algoritmi, shranjevanje slik na FTP, PLC povezava preko EtherNet/IP.
- p30: določanje pozicije in kota, podatki preko povezave Ethernet, digitalni izhodi za vodenje.

Pri modelih i20, i40 in p30 je na voljo tudi dodatni pribor (slika 10), ki bistveno poveča funkcionalnost in prilagodljivost osnovne verzije: nastavek za kupolasto osvetlitev, izmenljivo



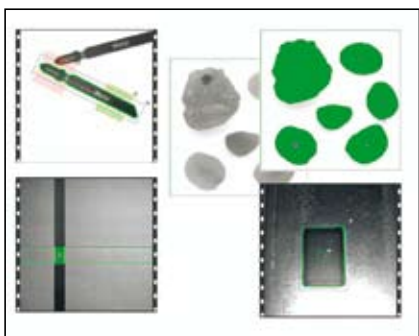
Slika 9. Vizualni senzori Inspector



**Slika 10.** Dodatni pribor za Inspector prednje steklo in različni barvni filtri ter različni objektivni.

Nekaj primerov aplikacij s senzorjem Inspector p30 (nekaj primerov slik iz programa za nastavitev Sopas vidimo na *sliki 11*):

- Določanje pozicije predmeta za avtomatizirano pobiranje.
- Poravnavanje delov pri proizvodnji.
- Pobiranje prehrabnenih izdelkov različnih velikosti in oblik.
- Usklajevanje zasukov.
- Sledenje liniji pri samodejno vodenih vozilih (AGV).
- Končno določanje pozicije pri dvigalih v visokoregalnih skladiščih.



**Slika 11.** Prikaz aplikacij p30 v Sopas-u

Zmogljiv kot kamera in enostaven za uporabo kot standardni fotoelektrični senzor – to so dejstva, ki veljajo za celotno družino vizualnih senzorjev Inspector. Majhne dimenzije, robustno kovinsko ohišje z IP67 zaščito pa še



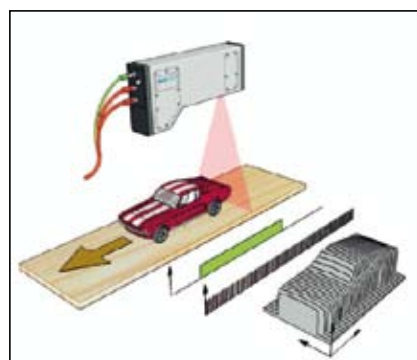
**Slika 12.** Inspector Viewer

dotatno potrjujejo primernost Inspectorja za robotske aplikacije. Kot pripomoček, ki še dodatno olajša uporabo vizualnih senzorjev Inspector, pa je sedaj na voljo tudi senzor Inspector Viewer, ki omogoča tako začetno nastavitev, kot tudi spremljanje delovanja večih Inspectorjev preko Ethernet-ne povezave (*slika 12*)

### IVC-3D – prva pametna 3D kamera na svetu

Ko mora robot zanesljivo prijemati, zahtevani položaj prijemancev pa v mejah podanih toleranc ni mogoče vzdrževati, je nepogrešljiva uporaba pametne kamere IVC-3D. S pomočjo kamere je mogoče hitro in natančno ugotoviti dejanski položaj kosov v treh dimenzijah.

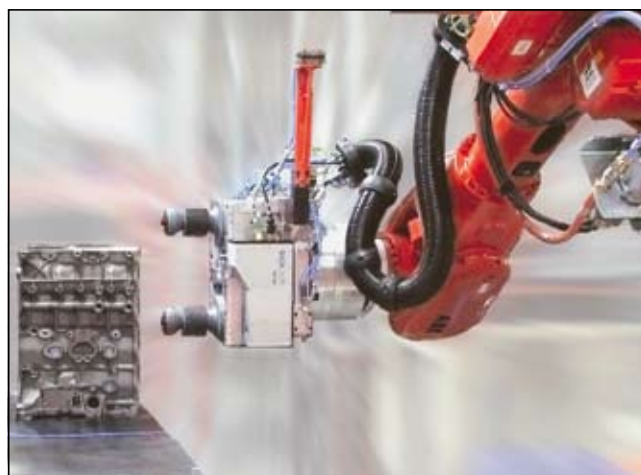
Kamera IVC-3D je zahvaljujoč knjižnicam uporabnih rešitev kompaktna, pametna in enostavna za parametризacijo. Kamera projicira linij-



**Slika 13.** Nastanek 3D slike na osnovi profilov

ski laserski žarek na objekt in zazna odstopanje z vgrajeno tehnologijo CMOS. Z dodatnim gibanjem kamere glede na objekt znotraj merjenega območja se ustvari zelo natančen 3D-model objekta, ki omogoča določanje koordinat za dostop in usklajevanje gibanja robota.

Nastanek 3D slike na osnovi posameznih profilov vidimo na *sliki 13*,



**Slika 14.** Primer uporabe IVC-3D kamere

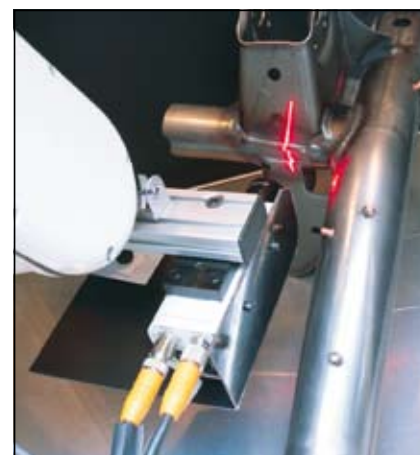
primer uporabe IVC 3D kamere na robotu pa na *sliki 14*.

### Ranger E – najhitrejša 3D kamera!

Tudi pri kamerah Ranger govorimo o 3D kamerah, ker je njihov osnovni namen zajemanje 3D profilov, a zmore kamera še veliko več. Tudi pri Rangerju temelji zaznavanje profilov na laserski triangulaciji, a je potrebno tu zagotoviti ločen laserski vir. Uporabnik lahko na tak način določa vidno polje, višino območja in ločljivost v višino glede na specifično aplikacijo.

Osnovne značilnosti Rangerja E:

- Zajemanje 35.000 profilov/s v 3D načinu.
- 3D in MultiScan pri najvišjih hitrostih.
- 3D meritve neodvisne od kontrasta.
- Ločljivost do 1536 točk pri zajemanju 3D profilov.



**Slika 15.** Preverjanje kvalitete zvara z Rangerjem



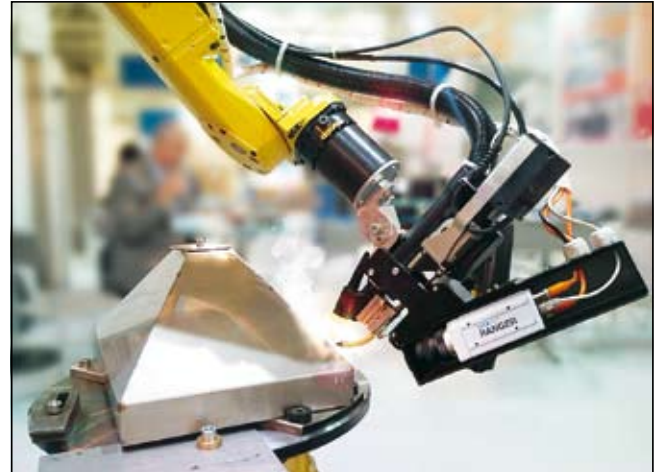
**Slika 16.** Določanje 3D položaja predmetov pri pobiranju

- Ločljivost 3072 točk pri zajemanju sivinske slike.
- Patentirana tehnologija za meritve sipanja laserske svetlobe.
- Zmanjšanje vpliva zunanje svetlobe z IR opcijo.
- Gigabit Ethernet povezava.

Uporabo Rangerja pri preverjanju kvalitete zvara in pri določanju 3D položaja pri pobiranju predmetov vidimo na slikah 15 in 16.

Najnovejši član Sickove družine 3D kamer pa je Color Ranger E, ki z zagotavljanjem RGB barvne slike visoke ločljivosti do 3072 točk na vrstico, še razširja možnosti preverjanja izdelkov. S sočasno 3D in barvno informacijo pri frekvenci delovanja več kot 11 kHz, omogoča več preverjanj paralelno pri polni hitrosti proizvodne linije.

3D kamera Color Ranger združuje funkcionalnost 3D kamere in linijske barvne kamere. Sickova Multi-



**Slika 17.** Uporaba kamere Ranger pri varjenju (WiseWelding)

Scan tehnologija omogoča hkrati več meritev, kot je na primer 3D oblika, zajemanje sipanja laserske svetlobe na površini, zajem monokromatske in barvne slike itd. Ena sama kamera Color Ranger lahko tako nadomesti več

kamer, kar znižuje velikost sistema, kot tudi ceno za strojno opremo, vgradnjo in vzdrževanje.

Na koncu pa si pogledjmo še primer uporabe kamere Ranger E pri zahtevnem varjenju za izdelavo delov za uporabo v farmaciji, kemični in prehranbeni industriji. Gre za rešitev podjetja Modre tehnologije, ki s pomočjo kamere Ranger E (slika 17) omogoča robotu zaznavanje reže, določanje poti varjenja in predvsem prilagajanje poti med samim varjenjem. Pot varjenja se tako določi le enkrat, vsem nadaljnjim odstopanjem pa se lahko robot sproti prilagaja. Niti močno visokofrekvenčno elektromagnetno polje varilnega procesa, niti ekstremno močna svetloba med samim varjenjem ne vplivata na natančno vodenje robota.

S to rešitvijo se je bistveno povečala storilnost robota, povečala se je kakovost procesa varjenja in samih

zvarov ter s tem tudi kakovost proizvodov.

## ■ 5 Zaključek

V prispevku je predstavljen le izbor iz široke palete Sickovih senzorjev, ki se uporabljajo tudi v robotskih aplikacijah, s poudarkom na merilnih laserskih skenerjih in naprednih industrijskih senzorjih.

Vse bolj zmogljive in hkrati robustne izvedbe merilnih laserskih skenerjev, še posebej pa 3D kamer, omogočajo robotu hitro in zanesljivo določanje položaja bolj ali manj naključno postavljenih delov in s tem občutno povečajo učinkovitost robota.

## Literatura

- [1] Veliki angleško slovenski slovar, Grad, Škerlj, Vitorovič, DZS.
- [2] Elektrotehniški trojezični slovar, Požanel, TZS, 1999.
- [3] Revija Avtomatika, 84, 87/2008
- [4] Revija Avtomatika, 89, 91, 92/2009
- [5] Revija Avtomatika, 99, 100/2010
- [6] Revija Ventil, 16/2010/5
- [7] SICKinsight, 2/2008, 1/2009, 2/2009, 1/2010
- [8] Machine Vision Introduction, Sick, 3/2010
- [9] Sick Vision Products, Sick, 6/2010

## Nova programska oprema za simulacije in projektiranje v FT

ITI iz Dresdna v Nemčiji je nedavno predstavil novo inačico programske opreme *Simulation X*. Simulaton X3.4 omogoča modeliranje sistemskih sestavin z različnih področij in medsebojne interakcije in povratne zveze na isti platformi. Simulation X se razlikuje od druge programske opreme CAD, kot sta npr. FEM in CFD. Omogoča modeliranje, simulacije in analize fizikalnih pojavov in obsega neposredno uporabne modelske knjižice za hidravliko, pnevmatiko, pogonsko tehniko, 1D-mehaniko, 3D-večtelesne sisteme, toplotno fluidiko ter električne naprave, pogone in krmilja.

*Simulation X3.4* nudi popolno podporo programskemu paketu *Modelica 3.1*, vmesniki pa so na voljo za pakete *MatLab/Simulink*, *CarSim*, *mode - Frontier*, *Ansys*, *Comsol*, *LabView*, *NI VeriStand* in *FMI*.

*Simulation X 3.4* je na voljo v 64-bitni inačici, ki vsebuje tudi nov paket za analizo torzijskih vibracij z modelom simulacije v frekvenčni domeni. Analiza torzijskih vibracij dodaja strnjeno modelsko knjižico za natančne študije, učinkovito modeliranje in simulacije pogonskih sistemov. Linearni in nelinearni modeli so oblikovani tako, da omogočajo razširjene simulacije ustaljenega stanja sistemov. Uporabniki lahko sami modificirajo in razširjajo odprto strukturirane knjižice po lastnih željah.

*Simulation X3.4* podpira tudi uvajanje CAD-podatkov iz paketov *SolidWorks* in *ProEngineer*. Geometrične pomanjkljivosti se lahko definirajo s povečanim vnosom CAD-podatkov, tako je mogoče avtomatično povezovanje z modelskimi elementi, ki jih opredeljujejo pomanjkljivosti. Položaji modelskih elementov v

strukturi se izvezajo iz položaja CAD-komponent in močno zmanjšujejo pomembnost dela in število napak pri zahtevnih CAD-modelih.

Poseben vmesnik omogoča vnos 3D-mehanskih struktur iz FE-programov v večtelesne sisteme *Simulation X*. Tudi elastične strukture se lahko integrirajo kot reducirani podmodeli. To omogoča večja gibanja v nevtrajnostnem okviru in obsežnejše modeliranje z realistično vizualizacijo deformiranih FE-mrež.

Več informacij lahko dobite na elektronskih naslovih: [joseph@itisim.com](mailto:joseph@itisim.com) ali [www.itisim.com](http://www.itisim.com)

Po H & P 63(2010)12 – str. 10  
pripravil A. Stušek

## Zanimivosti na spletnih straneh

- [1] **Ekskluzivne informacije o FT – [www.hydraulicspneumatics.com](http://www.hydraulicspneumatics.com)** – Na spletnih straneh revije *Hydraulics & Pneumatics* objavljajo tudi zelo ekskluzivne informacije o fluidni tehniki, tudi tiste, ki jih v tiskanih medijih ni zaslediti. Med takšne zanimivosti npr. sodijo: najnovejši zavorni sistemi firme ABB in njen nakup podjetja Baldor Electric Co., nove izvedbe sestavin FT, novosti na področju tehnologije ter zanimivi primeri uporabe hidravlike in pnevmatike, med njimi originalna izvedba hidravličnega sistema na letalu McDonnell – Douglas MD-80. Izkoristite zanimive vire informacij!
- [2] **Področja fluidne tehnike na IFPE – [www.hydraulicspneumatics.com](http://www.hydraulicspneumatics.com)** – Vsakoletna konferenca in razstava o fluidni tehniki IFPE je v ZDA postala med najpomembnejšimi tovrstnimi prireditvami. Takšna bo tudi to pomlad (glej objavo v rubriki Znanstvene in strokovne

prireditve). Revija *Hydraulics & Pneumatics* na svojih spletnih straneh izčrpno predstavlja posamezna področja fluidne tehnike – od seznama razstavljalcev s seznama izdelkov in izčrpnimi komercialnimi informacijami do programov in vsebin izobraževalnih prireditev.

- [3] **Novo vodstvo IFPS – [fluidpower-talk.blogspot.com](http://fluidpower-talk.blogspot.com)** – Na nedavnem 51. letnem občnem zboru je Med-

narodno društvo za FT (*International Fluid Power Society – IFPS*) – s sicer skoraj popolnoma ameriškim članstvom – izvolilo novo vodstvo in sprejelo načrt nadaljnje dejavnosti. Za predsednika so izvolili *Jona Jensena* iz *SMC Corp. of America*. Izčrpen seznam članov izvršnega odbora in častnih članov ter druge informacije o društvu in občnem zboru dobite na zgornjem spletnem naslovu.

## Seznam oglaševalcev

BUTAN PLIN, d. o. o., Ljubljana	80
CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	65
DOMEL, d. d., Železniki	11
DTA 44, d. o. o., Bled	44, 54
DVS, Ljubljana	73
FESTO, d. o. o., Trzin	1, 88
GR INŽENIRING, d. o. o., Ljubljana	62
HYDAC, d. o. o., Maribor	1
HYPEX, d. o. o., Lesce	58
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.)	
NORGREN, Lesce	1
IPMIT, Ljubljana	19
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	61
KLADIVAR, d. d., Žiri	2
LOTRIČ, d. o. o., Selca	1, 13
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	1

MOTOMAN ROBOTEC, d. o. o., Ribnica	4
NATIONAL INSTRUMENTS, d. o. o., Celje	68
NUMIP, d. o. o., Ljubljana	27
OLMA, d. d., Ljubljana	1
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin 1,	63
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	1
PIRNAR & SAVŠEK inženirski biro, d. o. o., Zagorje ob Savi	1
PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	43
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	49, 87
SICK, d. o. o., Ljubljana	1
TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	16
UL, Fakulteta za elektrotehniko Ljubljana	17
UM, Fakulteta za strojništvo Maribor	15
UL, Fakulteta za strojništvo Ljubljana	59



# 3 industrijski forum 2011

Inovacije, razvoj, tehnologije

## Forum znanja in izkušenj

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

## Priznanje TARAS

Priznanje TARAS podeljuje organizator Industrijskega foruma IRT in izdajatelj strokovne revije IRT3000 za najuspešnejše sodelovanje znanstvenoraziskovalnega okolja in gospodarstva na področju inoviranja, razvoja in tehnologij.

## Osrednje teme IFIRT

- inoviranje
- razvoj
- izdelovalne tehnologije
- orodjarstvo in strojogradnja
- 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

# Portorož, 6. in 7. junij 2011

Glavni  
pokrovitelj  
dogodka:



Pokrovitelji dogodka:

Power and productivity  
for a better world™





**FESTO**

# Tek na dolge proge

Visoka gospodarnost: v okviru standardnih obremenitev, dinamike in natančnosti ima enota ELGR z zobatim jermenom ekstremno dolgo življenjsko dobo.

**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