



OPL

FESTO

POCLAIN
Hydraulics

OMVA
LUBRICANTS

Parker

IMI
Precision Engineering

SICK
Sensor Intelligence.

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

VISTA
HIDRAVLIKA

OMEGA
AIR

- 100 let podjetja Yaskawa Electric Corporation
- Digitalna hidravlika
- Karakteristike hidravličnih batnih ventilov
- Optimiranje tehnologije
- Učinkovitost pnevmatičnih sistemov
- Letalstvo
- Podjetja predstavljajo



Rexroth
Bosch Group

Zastopstvo



Clean
Room

Ergonomija
Vitka proizvodnja
Fleksibilna avtomatizacija

HIDRAVLICNE NAPRAVE



Obdelovalni stroj



Hidromehanska oprema



Ladijski vitel

Impresum	417	■ OBLETNICA	
Beseda uredništva	417		
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	422		
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	428		
Seznam oglaševalcev	497		
Znanstvene in strokovne prireditve	438		

Naslovna stran:

Poclain Hydraulics, d.o.o. Industrijska ulica 2, 4226 Žiri Tel.: +386 (04) 51 59 100 Fax: +386 (04) 51 59 122 e-mail: info-slovenia@ poclain-hydraulics.com internet: www.poclain- hydraulics.com	IMI INTERNATIONAL, d. o. o. (P.E.) NORGREN HERION Alpska cesta 37B 4248 Lesce Tel.: + (0)4 531 75 50 Fax: + (0)4 531 75 55
OPL Avtomatizacija, d. o. o. BOSCH Automation Koncesionar za Slovenijo IOC Trzin, Dobrave 2 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 560 22 40 Fax: + (0)1 562 12 50	SICK, d. o. o. Cesta dveh cesarjev 403 2000 Maribor Tel.: + (0)1 47 69 990 Fax: + (0)1 47 69 946 e-mail: office@sick.si www.sick.si
FESTO, d. o. o. IOC Trzin, Blatnica 8 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 530 21 10 Fax: + (0)1 530 21 25	MIEL Elektronika, d. o. o. Efenkova cesta 61, 3320 Velenje Tel: +386 3 898 57 50 Fax: +386 3 898 57 60 www.miel.si
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	www.omron-automation. com
PARKER HANNIFIN Corporation Podružnica v Novem mestu Velika Bučna vas 7 8000 Novo mesto Tel.: + (0)7 337 66 50 Fax: + (0)7 337 66 51	VISTA Hidravlika, d. o. o. Kosovelova ulica 14, 4226 Žiri Tel.: 04 5050 600 Faks: 04 5191 900 www.vista-hidravlika.si
	OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana Cesta Dolomitskega odreda 10 1000 Ljubljana T + 386 (0)1 200 68 63 F + 386 (0)1 200 68 50 www.omega-air.si

Alen LJOKI, Jakob PINTAR, Jan RAK, Franc MAJDIČ, Anže ČELIK:
Modeliranje in simulacije tokovnih karakteristik
hidravličnih batnih ventilov 452

■ OPTIMIZACIJA POVRTAVANJA

Peter ENIKO, Davorin KRAMAR: Optimiranje tehnologije izdelave
v redni proizvodnji 462

■ PNEVMATIKA

Dragica NOE: Energijska učinkovitost pnevmatičnih sistemov –
poraba energije in stroški 470

■ LETALSTVO

Aleksander ČIČEROV: Združeni narodi in Mednarodna organizacija
civilnega letalstva – ob rob 70. obletnici ustanovitve Organizacije
združenih narodov 478

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Elektroprevodna obloga E-CTFE (Halar®) (*CINKARNA*) 482

Krilni zasučni valj DRVS (*FESTO*) 483

Varnostne rešitve »Pripravljeno za uporabo« (*MIEL Elektronika*) 484

Servomotor z vgrajenim regulatorjem (*MIEL Elektronika*) 485

■ NOVOSTI NA TRGU

Odstranjevanje vode in trdnih delcev iz dizelskih goriv (*HYDAC*) 486

B & R Power Panel C70 Starting kit (*PS*) 487

Svetlobne varnostne zavese DeTec4 Core Ex za eksplozivna
okolja (*SICK*) 488

■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Roboti Stäubli v prehrabni in živilski industriji (*DOMEL*) 490

Zakaj je veriga pristala v smeteh (*HENNLICH*) 492

Sterilizacija stisnjenega zraka s filtracijo (*OMEGA AIR*) 494

■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Frankfurt po Frankfurtu 496

Nove knjige 496

■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

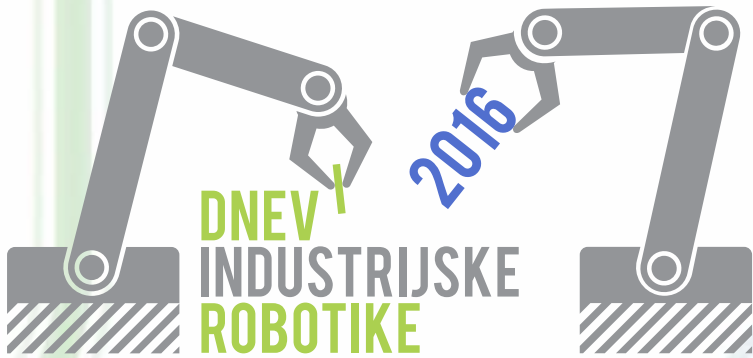
Zanimivosti na spletnih straneh 498

VENTIL
REVUIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
ISSN 1018-7219 | DECEMBER 21 / 2015 / 6

- 100 let podjetja Yaskawa Electric Corporation
- Digitalna hidravlika
- Karakteristike hidravličnih batnih ventilov
- Optimiranje tehnologije
- Učinkovitost pnevmatičnih sistemov
- Letalstvo
- Podjetja predstavljajo

OPL
Rexroth
SICK
MIEL
VISTA
OMEGA AIR

Ergonomija
Vitka proizvodnja
Fleksibilna avtomatizacija



Ste se vprašali kaj vse lahko naredimo z robotom? S tem vprašanjem se srečujemo tudi snovalci dogodka **Dnevi industrijske robotike – DIR 2016**, ki se trudimo prikazati kaj vse so zmožni sodobni roboti. DIR bo tako potekal od **4. do 8. aprila 2016** na **Fakulteti za elektrotehniko** in bo razdeljen na več sklopov.

Kot že nekaj let, je pred samim dogodkom študentsko tekmovanje **RobotChallenge**, katerega tematika bo v načrtovanju robotskih celic v okolju RobotStudio, prijavite se. Prvi dan dogodka bomo prisluhnili strokovnjakom, ti nam bodo preko zanimivih predavanj posredovali znanje o robotiki.

Na DIR-u 2016 bomo pripravili vrsto zanimivih aplikacij. Med drugim se boste lahko pomerili v **metanju pikada** proti robotu ali pa se sproščali, medtem ko vas bo **masiral robot**. Nismo pozabili tudi na industrijske aplikacije, kot sta robotsko **polnjenje epruvet** in **spajkanje**. V vseh teh aplikacijah bodo udeleženci* dejavno vključeni.

Zato vas vse bralce revije Ventil vabimo, da se nam pridružite na Dnevih industrijske robotike, ali si kot obiskovalci od blizu ogledate delovanje robota pri različnih opravilih**. Vedno smo veseli dobrega odziva industrijskih partnerjev, kontaktirajte nas.

*Udeleženci so lahko študentje katerekoli fakultete ali univerze. Udeleženci: se podrobno seznanijo z delovanjem robotov. Število mest je omejeno, zato priporočamo čimprejšnjo prijavo. S tem je aplikacija z animatorji na voljo prijavitelju ob definirani uri. Študentje organizatorji prilagodimo kompleksnost predstavitve predznanju slušatelja, specifično predznanje ni zahtevano.



ZLATI POKROVITELJI



SREBRNI POKROVITELJI



BRONASTI POKROVITELJI



INDUSTRIJSKI PARTNERJI

MEDIJSKI PARTNERJI

**Sam ogled celotnega programa DIR za vse obiskovalce je možen v popoldanskem času brez najave, vstop je brezplačen. Do zapolnitve so lepo vabljeni tudi skupine srednjih ali osnovnih šol. Več informacij o prijavi in samem dogodku lahko najdete na spletni strani www.dnevirobotike.si.

© Ventil 21 (2015) 6, Tiskano v Sloveniji.
Vse pravice pridržane.
© Ventil 21 (2015) 6, Printed in Slovenia.
All rights reserved.

Impresum

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

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

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

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

Letnik	21	Volume
Letnica	2015	Year
Številka	6	Number

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

Ustanovitelj:
SDFT in GZS – ZKI-FT

Izdajatelj:
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Glavni in odgovorni urednik:
prof. dr. Janez TUŠEK

Pomočnik urednika:
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:
Roman PUTRIH

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

Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

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

Lektoriranje:
Marjeta HUMAR, prof., Brigita OREL

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

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

Marketing in distribucija:
Roman PUTRIH

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

Naklada:
1500 izvodov

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

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

Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.

Na podlagi 25. člena Zakona o davku na dodano
vrednost spada revija med izdelke, za katere se plačuje
9,5-odstotni davek na dodano vrednost.

Internacionalizacija univerze



Vodstvo ljubljanske univerze in vodstva njenih članic so se odločila, da se internacionalizirajo. Napovedali so mednarodne razpise za učiteljska mesta in druge pomembne funkcije ter delovanje v smeri dviga univerze na mednarodnih lestvicah kakovosti.

To je pohvalno, a žal nekaj desetletij prepozno. Kaj pa pomeni beseda univerza? Že iz osnovnega pomena te besede se jasno vidi, da gre za cel svet, vesolje in ne za lokalno dejavnost. Ne vem, zakaj šele sedaj in z najavo, ker bi to moralo biti že dolgo povsem samoumevno.

Toda pri tem nastopi nekaj pomembnih vprašanj.

Ali bomo spremenili zakonodajo in pravilnike, da se bo na primer na rednem študiju lahko predavalo in tujih jeziki ali pa bomo delovali balkansko, kot smo navajeni. In drugo še bolj pomembno vprašanje: kakšne strokovnjake bomo dobili iz tujine, da bodo prišli v slovenski prostor predavat na univerzo za plačilo, ki je sedaj v veljavi? Mislim, da sta to dve zelo pomembni vprašanji, na kateri je treba najti odgovor. Da se ne bo zgodilo in bomo preprosto verjeli in zaupali, ker je tujec, je pač boljši kot domač predavatelj.

Za dvig slovenskih univerz na svetovnih lestvicah kakovosti bo treba postoriti mnogo stvari. Merila za ocenjevanje niso naklonjena našemu načinu dela in naši sedanji situaciji. Treba bo pridobiti tuje študente, tuje predavatelje, mednarodne nagrade – vse do Nobelovih, objavljati v prestižnih revijah, ki so skoraj izključno v angleškem jeziku, pridobivati mednarodne inovacije in patente.

Z dejavnostjo, kot je opisana, bomo na lestvici kakovosti v svetovnem merilu napredovali. Kako pa bo takšna univerza služila slovenskemu prostoru, slovenski industriji, kulturi, prebivalstvu itd.?

Poglejmo samo na tisti del univerze, ki pokriva tehniko. Že sedaj je znano, da je lažje priti do referenc za izvolitve v nazive s pisanjem člankov v še tako zahtevne revije kot raziskovati in delati na praktičnih problemih za industrijo. Očitno se bo ta način delovanja še okrepil in poglobil. Univerza se bo še bolj oddaljila od industrije, raziskovalno delo se bo preselilo na eksotična področja, da se bo lažje objavljalo in raziskovalo. Še bolj bodo prišli do izraza dogovori s kolegi iz drugih držav o medsebojnem citiranju in podobnem.

V znanosti lahko posameznik ali cela skupina deluje le na zelo ozkem področju. To področje se še zoži, če želimo objavljati v visoko rangiranih revijah. Poleg tega je za zelo specifične in poglobljene raziskave potrebna specialna oprema, ki jo je mogoče kupiti le v visoko razvitih državah. Tako ozko in specifično usmerjen profesor in raziskovalec bo lahko deloval le na fakulteti ali inštitutu in ne bo mogel predavati študentom na relativno širokem področju. Bojim se, da bo v teh primerih profesorja »zaneslo« in bo predaval predvsem o svojih raziskavah, o težavah in problemih, s katerimi se srečuje pri raziskovalnem delu. Ocenjujem, da bodo slovenske univerze le s težavo konkurirale priznanim univerzam po svetu, kot so v Cambridge, Oxford, Harvard itd. Na primer na univerzi v Cambridgeu je študiralo 61 Nobelovih nagradencev, 15 predsednikov vlad, trenutno študira 35 % tujih študentov in 97 % diplomantov dobi zaposlitev v 6 mesecih po diplomi.

Kaj pa je druga možnost? Zakaj ne bi delovanje naših univerze posnemali po delovanju nemških univerz, ki so močno povezane z njihovo domačo industrijo. Na mednarodnih lestvicah kakovosti univerz so nemške uvrščene zelo skromno. Na lestvici QS je prva nemška univerza šele na petdesetem mestu. Na šanghajski lestvici pa sta med prvih 50 univerz uvrščeni le dve nemški univerzi. Verjetno ni nikogar, ki bi trdil, da so na področju tehnike nemške univerze slabe.

Po nemških univerzah bi se morali zgledovati glede izbora pedagoškega kadra. Na njih se ne more zgoditi, da bi nekdo na eni in isti univerzi diplomiral, magistriral, doktoriral in pridobil vse možne pedagoške nazive. V Sloveniji pa je to mogoče in večina pedagoškega kadra na naših univerzah ima opisano karierno pot. Sprejeti bi morali zelo preprost zakon, ki bi mladega diplomanta takoj po diplomi poslal v službo zunaj javnega sektorja ali pa vsaj, da bi to moral storiti mlad doktorand. Ko bi ta doktorand preživel nekaj let v podjetju in bi moral delati za trg in hkrati pridobivati reference, bi se lahko potegoval za pedagoško delovno mesto na univerzi, obogaten z realnimi industrijskimi in slovenskimi problemi, kar bi mu pomagalo pri pedagoškem delu.

Janez Tušek

100 let podjetja Yaskawa Electric Corporation

Mihael DEBEVEC

Yaskawa Electric Corporation, vodilni svetovni proizvajalec na področjih robotike in sistemov za avtomatizacijo, letos praznuje 100 let uspešnega delovanja. V ta namen sta 28. oktobra podjetji Yaskawa Slovenija in Yaskawa Ristro, ki ju kot direktor vodi Hubert Kosler, v Ribnici na razvojnem sedežu podjetja Yaskawa za celotno Evropo pripravili svečanost ob stoti obletnici. Na dogodku je spregovoril tudi predsednik vlade RS dr. Miro Cerar, ki je poudaril, da bi uspešnejši primer tuje naložbe v Sloveniji težko našli, in obenem izrazil upanje, da bo prav Slovenija tista država, v kateri bo Yaskawa zgradila svojo novo evropsko tovarno robotov, kar bi predstavljalo največjo tujo investicijo pri nas v letu 2016.



Slavnostni nagovor g. Huberta Koslerja, direktorja podjetij Yaskawa Slovenija in Yaskawa Ristro (foto: arhiv IRT3000)

Yaskawa Electric Corporation, ki je izumila koncept mehatronike, je daleč največji svetovni proizvajalec industrijskih robotov in generira

Dr. Mihael Debevec, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

skoraj 3 milijarde poslovnega obsega letno. Njen sedež je v mestu Kitakyushu, zaposluje pa kar 15.000 ljudi po vsem svetu. Vsako leto proizvede neverjetnih 1,9 milijona inverterjev (v uporabi po svetu jih je 22 milijonov), 1 milijon servopogonov (v uporabi jih je 12 milijonov) in 25.000 robotov (v uporabi jih je 330.000).

Visoke goste, med katerimi so bili predstavniki ministrstva za gospodarski razvoj in tehnologijo, župani Ribnice, Kočevja in Murske Sobotne Jože Levstek, dr. Vladimir Prebilič in dr. Aleksander Jevšek, predstavnik SPIRITA, predstavniki GZS, predsednik akademije SAZU prof. dr. Tadej Bajda in predsednik Inže-

nirske akademije Slovenije prof. dr. Stane Pejovnik, so pozdravili tudi njegova ekscelenca Keiji Fukuda, japonski veleposlanik, ter Manfred Stern, predsednik in izvršni direktor Yaskawa Europe GmbH in hkrati podpredsednik korporacije Yaskawa Electric Corporation, ter Bruno Schneidenburger, predsednik Yaskawa Robotics Europe. Slednji je izpostavil dejstvo, da so roboti od prvih korakov pred 30 do 40 leti do danes popolnoma spremenili industrijsko krajino: »V način proizvodnje so prinesli revolucijo in brez njih bi mnogo izdelkov, ki so danes dostopni vsem, ostalo dostopnih le redkim. V Yaskawi smo ponosni, da smo pri tem odigrali veliko vlogo. Pripravljamo pa se na še večje stvari v prihodnosti, k čemur pomembno prispeva tudi ekipa v Sloveniji, ki pod odličnim vodenjem direktorja Huberta Koslerja od leta 2011 do sega vsako leto kar 30-odstotno rast.« Bruno Schneidenburger je dodal, da je Slovenija vsekakor močna kandidatka za lokacijo nove tovarne tako zaradi podpore države kot zaradi predane ekipe, ki ni odlična le v proizvodnji, temveč tlakuje tudi pot razvoju ter uvajanju vitkih metod v poslovanju, organizaciji in proizvodnji.

»Ob stoletnici pa smo si zastavili vizijo, da do leta 2025 seveda ostane mo vodilni v segmentih inverterjev, servopogonov in industrijskih robotov, a da hkrati družbi ponudimo novo vrednost s fuzijo napredka v jedrni tehnologiji in odprtih inovacijah. Še naprej bomo razvijali koncept mehatronike za avtomatizacijo industrije, si z razvojem tehnologij čiste, zelene energije prizadevali za varno in trajnostno naravnano družbo ter z razvojem na področju humatronike, torej z aplikacijami tehnologije mehatronike na področjih medicine in kakovosti bivanja, z izdelki, kot so eksoskeletoni, pomagali ljudem povečevati njihove sposobnosti,« je vizijo Yaskawe za prihodnost naslikal Manfred Stern.

Premier Cerar je v svojem nagovoru poudaril, da je Yaskawa tudi odličen dokaz, da spodbude, ki jih Slovenija namenja tujim investicijam, deluje-



Številna udeležba na praznovanju 100 letnice Yaskawe Electric Corporation (foto: arhiv Yaskawa Slovenija, d. o. o.)

jo. Subvencija za širitev in nova delovna mesta, ki jo je Yaskawi dodelil SPIRIT leta 2012, je obrodila sadove, saj se je število zaposlenih podvojilo. Uspeh Yaskawe v Sloveniji je tudi najboljši argument za pritegnitev drugih japonskih investorjev, ki iščejo primerno lokacijo v Evropi. Dr. Cerar je izrazil upanje, da se bo dobro sodelovanje med Slovenijo in Japonsko, ki v gospodarskem pogledu temelji na visokotehnoloških proizvodih, novih tehnologijah in izmenjavi znanja, nadaljevalo tudi z odločitvijo Yaskawe, da svojo novo tovarno, ki bo predstavljala center evropske robotike, postavi na naših tleh.

Kot je pojasnil Hubert Kosler, namerava Yaskawa število izdelanih industrijskih robotov v svetovnem merilu s 25.000 povečati na 30.000 letno, zato načrtujejo postavitev tovarne industrijskih robotov v eni od evropskih držav. »Naložba bo vredna 35 milijonov evrov in prinaša okoli dvesto kakovostnih, dobro plačanih novih delovnih mest, kar je izjemno pomembna priložnost za Slovenijo. Že zdaj postajamo Yaskawin evropski center za razvoj robotike. Če se odločijo za nas (konkurenco predstavljajo Slovaška, Češka, Madžarska in Poljska), pa bo Slovenija postala tudi pomembna evropska lokacija za proizvodnjo robotov in robotskih linij,« je o pomenu takšne investicije po-

vedal Hubert Kosler in napovedal, da bi se s tem strma rast uspeha nadaljevala. Kot dodano vrednost Slovenije je izpostavil inovativen inženirski kader. »Seveda pa je odločitev japonskih partnerjev o lokaciji nove tovarne odvisna tudi od spodbud, ki jih bo investiciji namenila država.«

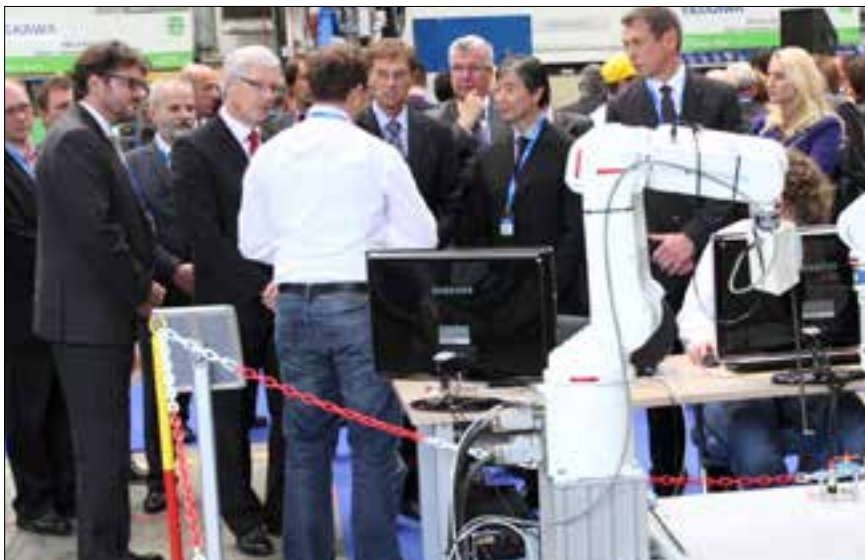
Ker Yaskawa proizvaja kompleksne izdelke za različne industrije, dajejo delo celemu spektru delavcev in že zdaj imajo v podjetjih Yaskawa Slovenija in Yaskawa Ristro sanjski portfolio zaposlenih. Uspeh se preliva tudi drugam, saj Yaskawa daje delo tudi številnim poddobaviteljem ter vrsti inštitutov, fakultet in drugih znanstvenih in tehnoloških organizacij, s katerimi razvija tako nove tehnološke rešitve kot nove proizvodne metode.

»Yaskawa v Sloveniji je zgodba o uspehu,« je na dogodku poudaril Hubert Kosler. »Leta 1996 smo dobili priložnost in zaupanje japonskih lastnikov ter pričeli s proizvodnjo robotskih celic. S trdim delom, borbenostjo in predanostjo smo podjetji Yaskawa Slovenija in Yaskawa Ristro postavili v evropsko ozvezdje. Zdaj opravljamo pomembne strateške naloge za ostala hčerinska podjetja v Evropi, postali smo center inženiringa in proizvodnje, gradimo na kakovosti in ustvarjamo prihodnje trende. Imamo tudi

najboljše rezultate na področju sodelovanja Slovenije z japonskim gospodarstvom. Prihodki so rasli tudi v obdobju recesije.

V zadnjih štirih letih smo občutno zvečali število zaposlenih. Yaskawa Slovenija in Yaskawa Ristro sta imela lani približno 25 milijonov evrov prihodkov in 114 sodelavcev. Danes nas je že 126 in se bližamo skupni prodaji 35 milijonov evrov,« je odlične rezultate naštel Hubert Kosler in poudaril, da je osnova vrhunske organizacije vrhunska ekipa ljudi, ki premika meje povprečja, za kar se je svojim sodelavcem toplo zahvalil.

Vir: Yaskawa Slovenija, d. o. o.



Udeleženci slovesnosti ob ogledu aplikacije z Yaskawinim robotom (foto: arhiv IRT3000)



ZMAGOVALNI TIM

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

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

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

YASKAWA

YASKAWA Slovenija d.o.o.

T: + 386 (0)1 83 72 410

www.yaskawa.eu.com



Robotika za razvoj Evrope



EVROPSKI FORUM ROBOTIKE

www.erf2016.eu

Največji tridnevni dogodek iz področja robotike v Evropi privabi preko 600 raziskovalcev, inženirjev, politikov, poslovnih in predstavnikov industrije ter medijev iz cele Evrope.

Zgodnja registracija do 15. januarja 2016.

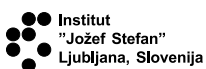
**ODPRTE
PRIJAVE**

za sponzorje
za razstavljalce
za nagrade
za poslovne ideje

ORGANIZIRA:



LOKALNI ORGANIZATORJI:



S PODORO:



25. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije (TPVS)

Tehniška posvetovanja vzdrževalcev Slovenije so se vrsto let prirejala na Rogli. Letos je bilo jubilejno 25. Tehniško posvetovanje že četrto leto zapored na Otočcu. Potekalo je 15. in 16. oktobra.

Predsednik Društva vzdrževalcev Slovenije g. Darko Cafuta je v uvodnem govoru poudaril, da je letos čas za praznovanje *40-letnice društva*, zato se je Društvo vzdrževalcev Slovenije (DVS) ozrlo na prehojeno pot in usmerilo pogled v prihodnost. Vprašal se je, kaj je potrebno storiti, da se v Sloveniji začne z učinkovitim vzdrževanjem in da se to obravnava kot velik potencial za povečanje profita podjetij.

V času svečanega odprtja jubilejnega 25. Tehniškega posvetovanja vzdrževalcev na Otočcu je sedanji predsednik društva predal bivšemu predsedniku plaketo, s katero se je DVS zahvalilo g. Sergiu Tončetiču za dolgoletno predsedovanje društvu in odboru za organizacijo Tehniških posvetovanj vzdrževalcev Slovenije. Gospod Sergio Tončetič je bil predsednik DVS od leta 2008 do leta 2014, torej celih 6 let.

V letošnjem programu posvetovanja je bilo kar nekaj novosti. Poleg standardnih dejavnosti prvega dne posvetovanja: okrogle mize, predavanja in sejma so bili drugi dan posvetovanja organizirani delavnica in sklop predavanj s področja črpalk.

Izkazalo se je, da so bile novosti zanimive za obiskovalce, za delavnico pa sta bili potrebni prijava in kotizacija.

Takoj po koncu otvoritvene slovesnosti je potekala okrogla miza s temo: *Učinkovito vzdrževanje*.

Na okroglo mizo, ki jo je vodil mag. Mihael Hameršak, direktor družbe Talum Servis in inženiring, je DVS povabil pomembne predstavnike



Plaketo DVS je prejel bivši predsednik DVS g. Sergio Tončetič, izročil mu jo je sedanji predsednik DVS g. Darko Cafuta.

vzdrževalske stroke, predvsem iz uspešnih slovenskih podjetij. DVS poskuša tudi s pomočjo okroglih miz stimulirati podjetja, ki še niso dovolj učinkovita na področju vzdrževanja, da sledijo uspešnim podjetjem z učinkovitim vzdrževanjem. Seveda se tako navezujejo poslovna znanstva in prenašajo izkušnje med udeleženci okrogle mize in ostalimi vzdrževalci.

V okviru predavanj, ki so potekala prvi dan posvetovanja, se je predstavilo sedem predavateljev. Preda-

vatelj iz tujine je bil zadržan, vendar je bilo predavanje prevedeno, podal pa ga je mag. Viktor Jemec. Večina predavanj je bila objavljena v zborniku, nekatera pa bodo v naslednjih številkah Vzdrževalca.

Vzdrževalci se udeležujejo Tehniškega posvetovanja iz več razlogov, med najpomembnejšimi je vsekakor obisk spremljajoče razstave podjetij s področja vzdrževanja. Med razstavljavci vzdrževalci iščejo proizvode in storitve, ki jih posebej zanimajo ali za rešitev problemov



Okroglo mizo *Učinkovito vzdrževanje* je vodil mag. Mihael Hameršak, direktor družbe TALUM Servis in inženiring.

pri vzdrževanju v podjetjih. Iščejo tudi novosti, rešitve in nasvete za učinkovitejše delo. Poleg tega obiske razstavljalcev izkoristijo za obnovo poslovnih vezi ali pa za navezavo novih. Sejem je letos obiskalo približno toliko obiskovalcev kot lansko leto. Na posvetovanje so bila povabljeni vsa slovenska podjetja, ki imajo oddelke vzdrževanja, vendar je že kar nekaj let očitno, da predstavniki nekaterih podjetij, predvsem tistih, ki imajo finančne težave, ne prihajajo na Otočec. To vsekakor ni primeren pristop teh podjetij, namesto da bi iskali rešitve za učinkovito vzdrževanje in prenos znanja od učinkovitih podjetij, se še bolj zapirajo.



Pestro dogajanje na razstavišču

Pohvaliti je potrebno razstavljalce, ki kljub težkim gospodarskim razmeram vztrajajo in vsako leto razstavlja na Otočcu. Med razstavljalci je bilo letos rekorder podjetje, ki je že 21-ič razstavljal na Tehniških posvetovanjih. To je podjetje ABC Maziva. Vendar mu tesno sledijo podjetja KOPA RAČUNALNIŠKI INŽENIRING in ULBRICH HIDRO-AVTOMATIKA (18-krat), CINKARNA

CELJE (16-krat), če naštejemo samo tiste, ki so razstavljali že več kot petnajstkrat.

Letos je bil bronasti sponzor Tehniškega posvetovanja vzdrževalcev Slovenije podjetje INPRO.

Prvi dan posvetovanja se je zaključil zvečer s slovesno razglasitvijo zmagovalcev natečaja za najboljšo idejo

s področja vzdrževanja za leto 2015. Komisija je prejela 8 predlogov. Prvo mesto je pripadlo ideji Vojka Mraka in Kristjana Jazbeca: Modifikacija dozatorja v podjetju Žito, drugo mesto je zasedla Iva Mlinšek: Nadgradnja stroja za izsek mrežic iz podjetja Swaty Comet, tretje pa Danijel Juvan in Zoran Maček: Pnevmatška zapora pred datiranjem pločevink iz pivovarne Laško.



Skupinska fotografija vseh nagrajenih na Državnem tekmovanju diplomskih nalog in projektov

V okviru Tehniškega posvetovanja je bilo razpisano *Državno tekmovanje diplomskih nalog s področja vzdrževanja*. Natečaj pridobiva iz leta v leto na višjih strokovnih šolah, visokih šolah in fakultetah tehnične stroke vedno večji ugled in vsako leto se nanj odzove več diplomskih nalog. Letos sta prispela na natečaj tudi magistririj in doktorska disertacija. Poleg tega natečaja je bil letos prvič organiziran še natečaj za najboljši projekt s področja vzdrževanja. V oceno sta prispela dva projekta. Podelitev priznanj Državnega tekmovanja diplomskim nalogam in projektom s področja vzdrževanja poteka tradicionalno drugi dan posvetovanja, v petek dopoldne. Prijavljenih je bilo 18 nalog in 2 projekta. Komisija je izbrala 3 najboljše naloge, en projekt in najboljšo izobraževalno institucijo. Za zlato doktorsko dizertacijo je bila izbrana dizertacija dr. Andreja Debenjaka: *Spremljanje stanja gorivnih celic*, ki jo je zagovarjal na Mednarodni podiplomski šoli Jožeta Stefana. Komisija je izdala posebno pohvalo za

magistrsko nalogo Filipa Nikolovskega: *Seeking for optimal Maintenance strategies via Monte Carlo simulation* (Iskanje optimalnih strategij vzdrževanja s pomočjo simulacije Monte Carlo), ki jo je ravno tako zagovarjal na Mednarodni podiplomski šoli Jožeta Stefana. Za zlato diplomsko nalogo je bila izbrana diplomatska naloga Anžeta Tušarja: *Izdelava tehnične dokumentacije za sistem ogrevanja na lesno biomaso v podjetju orodjarstvo Tušar*, ki jo je opravil na ŠC Postojna, Višja strokovna šola. Za najboljši projekt je bil izbran projekt, ki sta ga na ŠC Postojna, Višja strokovna šola, naredila Nejc Dovjak in Jan Gerbec: *Obnova in predelava kolesa s pomožnim motorjem*. Za najboljšo izobraževalno inštitucijo leta 2015 je komisija izbrala: ŠC Postojna, Višja strokovna šola.

Po podelitvi priznanj so potekale predstavitve zlatega doktorata, posebnega priznanja za magistrsko delo in najboljše diplomske naloge ter projekta.

Drugi dan posvetovanja je bila organizirana tematska praktična delavnica za učinkovito vzdrževanje z naslovom **Strukturirano reševanje problemov in odpovedi**, ki sta jo vodila Bojan Šinkovec in Silvo Lah. Delavnice se je udeležilo 12 vzdrževalcev.

Obenem pa je potekal še sklop predavanj s področja regulacije in krmiljenja črpalk. Firme Burgmann, Danfos, Grundfos in Microsoft so predstavile nove elemente in sklope ter sisteme za regulacijo in upravljanje črpalnih postrojenj.

Vse, ki ste se letos udeležili jubilejnega posvetovanja, in tiste, ki se ga zaradi različnih razlogov niste mogli, vabimo na 26. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije, ki bo 20. in 21. oktobra 2016.

Darko Cafuta
Predsednik Društva vzdrževalcev Slovenije

I PRO ING d.o.o.

V SODELOVANJU Z NAJBOLJŠIMI

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



Servis varilne opreme

Pooblaščen zastopnik za Slovenijo:
I PRO ING d.o.o., Tel.: 01/56-11-045, info@ipro.si, www.ipro.si

Posvet ASM '15

Na GZS v Ljubljani je 2. decembra potekal že 12. strokovni posvet na temo Avtomatizacija strege in montaže 2015 – ASM '15. Posvet, ki je najpomembnejši dogodek v Sloveniji s področja strege in montaže, je organiziral Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko Fakultete za strojništvo, Univerza v Ljubljani, v soorganizaciji z Gospodarsko zbornico Slovenije, Združenjem kovinske industrije.



Udeleženci posveta ASM '15 med predavanji

Glede na razmere v gospodarstvu in družbi nasploh je bil posvet zelo dobro obiskan, saj se ga je udeležilo preko 120 udeležencev iz kar 47 podjetij, iz sedmih raziskovalnih in izobraževalnih inštitucij ter iz štirih medijev. Dober in raznovrsten obisk kaže na izredno zanimanje za ta dogodek in predvsem na pomembnost področja avtomatizacije strege in montaže v gospodarstvu. Za posvet ASM danes že kar nekako velja, da je postal dogodek, na katerem enostavno moraš biti prisoten, če deluješ na področju strege in montaže.

Na posvetu so se predstavila številna podjetja s svojimi dosežki, tehnološkimi rešitvami in novostmi. Mnoge rešitve, ki so bile prikazane, so plod

lastnega razvoja podjetij in inovativnosti njihovih inženirjev in bodo prav gotovo marsikomu pripomogle pri rešitvi njihovih problemov in dilem, s katerimi se srečujejo v vsakodnevni praksi. Predavatelji na posvetu so izhajali iz sledečih organizacij: GZS – Združenje kovinske industrije, Laboratorij LASIM – Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Kolektor Orodjarna, d. o. o. – Kolektor Vision, Yaskawa Slovenija, d. o. o., ABB, d. o. o., Fanuc Adria, d. o. o., Domel, d. o. o., Iskra Mehanizmi, d. o. o., Riko, d. o. o., Hennlich, d. o. o., Sick, d. o. o., Inea RBT, d. o. o., OPL, d. o. o., Armat, d. o. o., Gorenje, d. d., Plastika Skaza, d. o. o., Ptica – zavod in Lek, d. d.

Organizator je skupaj z avtorji iz različnih podjetij pripravil izredno zanimivo srečanje, ki ga je podprlo več ustanov, podjetij in medijev. Med njimi naj posebej omenimo generalnega pokrovitelja Yaskawa Slovenija, ki spada v globalni koncern Yaskawa Electric Corporation. Koncern je v svetovnem merilu dobro prepoznaven in je vodilni svetovni proizvajalec na področjih robotike in sistemov za avtomatizacijo.

Na razstavnem prostoru pred konferenčno dvorano so imela podjetja možnost predstavitve svoje dejavnosti s publikacijami, demonstracijskimi paneli ali večjim promocijskim zaslonom. Posvet ASM '15 je bil torej enkratna priložnost za predstavitev novosti in naprednih pristopov, prav tako pa za srečanje strokovnjakov s področja avtomatizacije in za medsebojno izmenjavo mnenj ter izkušenj.

Vsem udeležencem se za obisk in sodelovanje na ASM '15 najlepše zahvaljujemo in vse zainteresirane vabimo, da se nam kot soorganizatorji ali udeleženci pridružijo na naslednjem posvetu ASM, ki ga načrtujemo v začetku decembra 2016.

Več utrinkov s posveta ASM '15 je dostopnih na spletni strani posveta www.posvet-asm.si.

Dr. Mihael Debevec, OO ASM '15 in UL FS, LASIM



Prijeten pogovor udeležencev posveta med odmorom

Slovenija bo leta 2016 gostila Evropski forum robotike

Biorobotika prinaša rešitve, ki bodo olajšale življenje sodobnemu človeku

Robotika je hitro razvijajoči se trg, k temu pa prispevajo vedno nove rešitve, ki jih je možno aplicirati na področja, kot so industrija, medicina, kmetijstvo, transport itd. Strokovnjaki poudarjajo, da prinaša robotizacija državi konkurenčnost, gospodarski razvoj, nova delovna mesta in priložnosti za tuja vlaganja. Ob Evropskem tednu robotike, ki je letos potekal od 23. do 29. novembra, je bil del pozornosti posvečen biorobotiki in pomembnim raziskovalnim projektom na tem področju. Biorobotika se osredotoča na raziskave in razvoj robotov, ki so podobni biološkimi sistemom oziroma sodelujejo s človekom.

Prof. dr. Tadej Bajd, predsednik SAZU, poudarja: »Biorobotika je pomembno področje, ki mu tudi domači raziskovalci, predvsem na odseku za avtomatiko, biokiberneto in robotiko na Inštitutu Jožef Stefan, namenjajo veliko pozornosti. Humanoidni roboti, podobni človeku in s tem prilagojeni na naše okolje, so danes že prešli otroško dobo, v kateri so se naučili stabilne dvonožne hoje. Raziskave na področju humanoidnih robotov so danes usmerjene v robotski vid, razpoznavanje okolja in učenje gibov v okolju, ki ga ne poznamo vnaprej. Razvijalci robotov pa danes ne posnemajo le človeka, ampak iščejo navdih tudi pri živalih,« in dodaja: »Morda se zdi kot znanstvena fantastika, vendar v prihodnje roboti ne bodo vstopali le v industrijo, ampak bodo prestopili prag naših domov.«

Prof. dr. Matjaž Mihelj iz Laboratorija za robotiko (Robolab) na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani je med drugim sodeloval z raziskovalci prestižne univerze ETH v Zürichu pri razvoju eksoskeleta ARMIN, ki omogoča



Na sliki (od leve proti desni): prof. dr. Marko Munih, predstojnik Laboratorija za robotiko (Robolab) na Fakulteti za elektrotehniko UL; prof. dr. Matjaž Mihelj, Robolab, Fakulteta za elektrotehniko, UL; prof. dr. Leon Žlajpah, Inštitut Jožef Stefan; prof. dr. Tadej Bajd, predsednik SAZU in prof. dr. Zlatko Matjačić, Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča.

urjenje ohromele roke in opozarja na nove priložnosti sodelovanja človeka in robota: »Roboti so naprave, ki predstavljajo vez med digitalnim in fizičnim svetom oziroma stroji, ki nadomeščajo in nadgrajujejo človekove fizične sposobnosti. Namen robotov ni v nadomeščanju ljudi, ampak v sodelovanju z njimi v fizični, socialni in kognitivni interakciji. Sodelovanje človeka in robota poraja vznemirljive nove aplikacije. Kirurški roboti tako pomagajo kirurgom pri zapletenih operacijah, eden takšnih je na primer robot Da Vinci, ki ga uporabljajo v Splošni bolnišnici Celje; rehabilitacijski roboti omogočajo bolnikom povrnitev motoričnih funkcij; robotske proteze in eksoskeleti pa nadomeščajo ali izboljšujejo človekove motorične sposobnosti. Vse to danes že uspešno uporabljamo tudi v Sloveniji.«

Prof. dr. Zlatko Matjačić z Univerzitetnega rehabilitacijskega inštituta Soča je skupaj z dr. Jakobom Oblakom iz podjetja Rehing

razvil prototip oziroma napravo za urjenje vstajanja, ki je namenjena osebam z motnjami v gibanju, te pa so posledica različnih nevroloških okvar. Prof. Matjačić poudarja: »Naprava oziroma rehabilitacijski robot pomaga pri procesu urjenja gibalne spretnosti. Pomemben del tega pa je proces vstajanja iz sedečega položaja. Prednost prototipa, ki smo ga razvili na predlog nemškega podjetja Medica Medizintechnik GmbH, s katerim inštitut Soča sodeluje že vrsto let, je ta, da ima samo en motor, pogonski mehanizem pa pacientu omogoča usklajeno gibanje trupa ter zgornjega in spodnjega dela nog,« in dodaja: »Napredek na področju rehabilitacijske robotike bo v prihodnje zagotovo prispeval k izboljšanju kakovosti življenja oseb z motnjami v gibanju. Rehabilitacija bo s pomočjo robotov seveda hitrejša in bolj učinkovita. Klasične terapevtske tehnike in robotske tehnike nista dve nasprotujoči si področji, ampak komplementarna in združljiva pristopa.«

Prof. dr. Leon Žlajpah z Instituta Jožef Stefan poudarja, da je razvoj na področju robotike pomemben tudi za športne discipline: »Robotika si uspešno utira pot tudi na področju športa. Na Institutu Jožef Stefan smo na primer razvili robota – smučarja, ki je požel precej zanimanja doma in v svetu ter predstavlja učinkovito rešitev na področju testiranja opreme za alpsko smučanje in smučarski tek. Razvili smo tudi merilno opremo, ki nam je v pomoč pri biomehanski analizi alpskega smučanja, s katero preučujemo vplive različnih parametrov na samo izvedbo športnih storitev, kot tudi na varnost in preprečevanje športnih poškodb zaradi preobremenitev,« in dodaja: »Odkritja na področju robotike potekajo izjemno hitro in pričakujemo lahko celo, da bo robotika v prihodnje pomembno spremenila posamezne športne discipline.«

Danes je sicer v svetu še vedno najbolj pogosta uporaba robotov v industriji, kjer lahko nadomestijo človeka pri težkih, monotonih in nevarnih opravilih, ki pogosto potekajo v za človeka neprimernem in nezdravem okolju. Po zadnjih podatkih Mednarodne zveze za robotiko (International Federation of Robotics) naj bi se prodaja indu-

strijskih robotov do leta 2018 na globalnem nivoju vsako leto povečala kar za petnajst odstotkov. Tudi Slovenija velja za dobro robotizirano državo in je glede na uporabo robotov v avtomobilski industriji primerljiva z ostalimi evropskimi državami. Po podatkih je bilo leta 2013 v Evropi v uporabi povprečno 82 industrijskih robotov na 10.000 oseb zaposlenih v proizvodni industriji, v Sloveniji pa 90.

Prof. dr. Marko Munih, predstojnik Laboratorija za robotiko (Robolab) na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, poudarja, da je robotizacija povezana z gospodarsko rastjo in novimi delovnimi mesti: »Večja robotizacija državam prinaša konkurenčnost in gospodarsko rast, zato je potrebno vlagati v njen razvoj. Brez robotike ne bi bilo napredka, pa tudi ne bi bilo sodobnih naprav, kot so telefoni in računalniki, ki jih danes radi uporabljamo. Strah pred izgubo delovnih mest je seveda povsem odveč. Zadnje raziskave kažejo na to, da robotizacija ustvarja nova, vendar drugačna delovna mesta, ki predvidevajo sodelovanje človeka in robota. Glede na ocene Mednarodne zveze za robotiko se pričakuje, da se bo zaradi robotizacije med leti 2017

in 2020 v svetu odprlo od enega do dveh milijonov novih delovnih mest, največ na področju elektronike, fotovoltaike, električnih vozil, proizvodnje, prodaje in prehranske industrije.«

Slovenija bo prihodnje leto med 21. in 23. marcem gostila Evropski forum robotike (European Robotics Forum), ki poteka pod okriljem mednarodne zveze euRobotics. Namen foruma, ki se ga vsako leto udeležijo ugledni strokovnjaki s področja robotike, raziskovalci in gospodarstveniki iz celotne Evrope, je vpogled v preteklo, trenutno in prihodnje dogajanje na področju robotike. Partnerji pri organizaciji dogodka so med drugim Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Institut Jožef Stefan in Slovenska akademija znanosti in umetnosti (SAZU). »Slovenija je bila kot gostiteljica dogodka izbrana na podlagi močne vključenosti v mednarodni raziskovalni prostor in na osnovi referenc slovenskih znanstvenikov. Dogodek zaradi obiska mednarodno uveljavljenih strokovnjakov s področja robotike seveda predstavlja pomembno priložnost za slovenske raziskovalne partnerje in domačo industrijo,« poudarja prof. Munih. ■



Menjava na vrhu Poclain Hydraulics d. o. o., iz Žirov

S 1. julijem je vodenje družbe Poclain Hydraulics d. o. o., iz Žirov prevzel **mag. Aleš Bizjak**. Zamenjal je **mag. Milana Kopača**, ki je vodil Poclain (do 2007 Kladivar) več kot 24 let in ostaja v podjetju kot vodja podpornih procesov (računovodstvo, kontroling, informacijska tehnologija, sistem varnosti in okolja, infrastruktura).

Aleš Bizjak je kot štipendist, takrat še Kladivarja, diplomiral na univerzitetni stopnji Fakultete za strojništvo v Ljubljani in kasneje magistriral iz poslovanja in organizacije na Ekonomski fakulteti v Ljubljani.

V družbi Kladivar se je zaposlil leta 1999 kot samostojni tehnolog in leta 2002 nadaljeval kot vodja poslovne enote. Po Poclainovem prevzemu Kladivarja je leta 2012 prevzel vodenje razvojnega inženiringa in bil pristojen za razvoj vseh proizvodov v podjetju. Leto kasneje je prevzel še trženje. Kot resnemu in obetavnemu menedžerju je podjetje zaupalo vse več nalog, povezanih z razvojem in trženjem izdelkov.

Po veliki reorganizaciji skupine Poclain in po menjavi izvršnega direktorja skupine je sledilo pomlajevanje tudi na nižjih ravneh celotne organizacijske strukture Poclaina. Za novega direktorja je bil po pričakovanju izbran Aleš Bizjak. Eno od vodil skupine pri izbiri direktorja namreč je, da ta izhaja iz »lokalnega okolja«.

Aleš Bizjak sedaj prevzema družbo po končanem petletnem investicijskem ciklusu tovarne v razvoj proizvoda in procesa, proizvodno opremo in infrastrukturo. Strategija razvoja skupine in podjetja sta novemu direktorju dobro poznani, saj je pri njenem oblikovanju aktivno sodeloval. Na operativnem področju bo nje-



Mag. Aleš Bizjak (na sliki levo) in mag. Milan Kopač (na sliki desno)

gova naloga nadaljevanje vodjenja intenzivnega razvoja novih hidravličnih sestavin za potrebe celotne skupine, predvsem tudi povečanje obsega proizvodnje in prodaje ter uvajanje zahtevnih novih proizvodov v proizvodni proces. Za uspešno izvedbo vsega naštetega bo potrebno nadaljevati z uveljavljeno strategijo štipendiranja in razvoja lastnih človeških virov, ki se jih za tako

specializiran program ne da pridobiti na »slovenskem« trgu.

Prepričani smo, da bosta Aleš Bizjak in njegov poslovodni tim uspešna in bosta zagotavljala nadaljnji obstoj in razvoj družbe, zaposlenih in lokalnega okolja ter tako ohranila Žirem status »središča slovenske oljne hidravlike«.

Milan Kopač

Prenovljeni laboratoriji Kemijskega inštituta

Oktober so na Kemijskem inštitutu v Ljubljani odprli prenovljen prizidek in staro stavbo Kemijskega inštituta.

Evropski sklad za regionalni razvoj je za projekt obnove prizidka Kemijskega inštituta prispeval okoli 1,8 milijona evrov, za projekt obnove stare stavbe Kemijskega inštituta pa okoli 1,4 milijona evrov. Obe investiciji skupaj sta vredni 3,9 milijona evrov.

S to naložbo so bili prenovljeni delovni prostori treh laboratorijev. Obsežno so prenovili **Laboratorij za biotehnologijo** in **Center za validacijske tehnologije in analitiko**, kjer so nadgradili obstoječo opremo z novo raziskovalno opremo. V manjši meri pa so prenovili tudi opremo v **Laboratoriju za strukturo biomolekul**.



Moderno opremljen novi laboratorij

Opremljenost bo izboljšala podporno okolje za gospodarstvo ter z novimi in izboljšanimi tehnologijami prispevala k razvoju konkurenčnejših in inovativnejših tehnologij. Kemijski inštitut je namreč že sedaj vitalen partner gospodarstvu na področjih kemije in farmacije. Prenova laboratorijev je zato pomemben signal,

da se Kemijski inštitut resno angažira pri razvoju svojih raziskovalnih kapacitet, znanja in raziskovalnega potenciala na trgu. To dejstvo zagotovo zvišuje raven zaupanja in pripravljenost gospodarskih subjektov in eminentnih znanstvenih institucij za poslovno ali znanstveno sodelovanje s Kemijskim inštitutom.

Prof. dr. Roman Jerala, vodja Laboratorija za biotehnologijo, je ob prenovi dejal: *»Eden naših bolj odmevnih dosežkov je bil izum novega tipa proteinskih nanostruktur, katerih lastnosti bomo sedaj lahko določali z novo opremo, spremljali tvorbo njihove strukture in lokacijo v celicah. Na tem področju smo res pionirji v svetu in načrtujemo, da bo ta smer raziskav vodila v pomembne preboje in v uporabo za pripravo novih pametnih materialov, cepiv in dostavo zdravil. Po drugi strani pa nam bodo boljši pogoji za delo in oprema omogočili razvoj na področju imunologije. Odkritja imunskega odziva pri raku, diabetesu in drugih kroničnih vnetnih boleznih tudi v svetu zelo napredujejo, kar se že kaže v uspešnejših terapijah. Prepričani smo, da bomo na tem področju dosegli še več odmevnih rezultatov, še posebej, če se bodo investicije v opremo in pogoje dela nadaljevale, zlasti za imunološke in vivo eksperimente in za nabavo krioelektronske mikroskopije za biološke molekule, kar je zagotovo v interesu širše biomedicinske skupnosti.«*

Dr. Samo Andrenšek, vodja Centra za validacijske tehnologije in analitiko, pa je ob prenovi poudaril: *»Celotna ekipa, ki trenutno šteje 10 članov, se bo do konca leta razširila vsaj za tri člane. Kakršno koli povečevanje obsega zaposlenih, širitev in povečevanje obsega dela so bili do sedaj onemogočeni zaradi omejenih kapacitet prostora in raziskovalne opreme. Obnovljeni prostori, dodatna oprema in večja delovna površina pomenijo priznanje celotni ekipi v smislu prepoznavanja vrednosti njihovega dosedanjega dela. Glede na to, da se v bodoče v Centru za validacijske tehnologije in analitiko pričakuje tudi inšpekcijski pregled Ameriške agencije za zdravila in prehrano (FDA), je bilo absolutno nujno, da se oddelek posodobi in pridobi ustrezno delovno okolje in delovne pogoje.«*

Posvetovanja na temo vzpostavitve Strateških razvojno inovacijskih partnerstev (SRIP)

16. in 17. novembra so v Ljubljani potekala posebna posvetovanja na temo strateških razvojno inovacijskih partnerstev (SRIP) v okviru Strategije pametne specializacije Slovenije – S4. Dogodke so organizirali Služba Vlade RS za razvoj in evropsko kohezijsko politiko (SVRK), Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport (MIZŠ) ter Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo (MGRT). Dogodkov se je udeležilo 486 udeležencev oz. zainteresiranih predstavnikov znanstvenoraziskovalnih inštitucij, predstavnikov gospodarstva in drugih deležnikov. Cilj srečanja je bil nadaljevanje procesa tako imenovanega podjetniškega odkrivanja za oblikovanje in postavitve novega modela upravljanja, ki bo s skupnim in strateškim pristopom povezal akterje na posameznem področju ter soustvarjal pogoje za celovito podporo raziskovalni in inovacijski dejavnosti, katere cilj je prehod na trg na prednostnih

področjih S4. Skupni imenovalec S4 so trajnostne tehnologije in storitve za zdravo življenje, ki naj Slovenijo umestijo kot zeleno, aktivno, zdravo in digitalno regijo z vrhunskimi pogoji za ustvarjanje in inoviranje, usmerjeno v razvoj srednje in visoko tehnoloških rešitev na nižnjih področjih. S S4 si je Slovenija prvič tako eksplicitno postavila jasne razvojne prioritete, okrog katerih se bomo v prihodnje strateško povezali, kamor bomo osredotočili naša razvojna vlaganja in na katerih imamo potencial postati soustvarjalec globalnih trendov. Namen SRIP je vzpostaviti dolgoročno partnerstvo z vodilno vlogo deležnikov (ne države) pri vzpostavljanju verig vrednosti in organiziranju celovite podpore raziskovalni in inovacijski dejavnosti, katerih cilj je prehod na trg na prednostnih področjih S4. Pri tem gre za osredotočenje razvojnih vlaganj, tako zasebnih kot javnih, usklajevanje raziskovalno razvojne dejavnosti

in spodbujanje razvojnega sodelovanja, souporabo zmogljivosti, internacionalizacijo, izmenjavo znanja in izkušenj, prenos znanja, mreženje, razširjanje informacij. SRIP združuje zainteresirane predstavnike gospodarstva, raziskovalnih organizacij, države, kjer je to relevantno oz. smiselno pa tudi druge deležnike. SRIP na ciljnih področjih S4 povezuje deležnike med sabo, zastopa njihove interese v tujini ter do države, ki jih pri vodenju razvojne politike obravnava kot prednostne. V dvodnevni razpravi je bil fokus na naslednjih konceptih Strateških razvojno inovacijskih partnerstev (SRIP-i): tovarne prihodnosti, mobilnost, zdravje in medicina, pametna mesta in skupnosti, pametne zgradbe in dom z lesno verigo ter razvoj materialov kot končnih produktov.

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

FERI, Univerza v Mariboru, odločno o sodelovanju z gospodarstvom

26. novembra sem se kot predsednik Odbora za znanost in tehnologijo pri OZS na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI) Univerze v Mariboru udeležil srečanja Programskega sveta elektrotehnike. Srečanje je organiziral dekan prof. dr. Borut Žalik, udeležili pa so se ga še: prof. dr. Bojan Grčar, prodekan za izobraževalno dejavnost, prof. dr. Marjan Mernik, prodekan za raziskovalno dejavnost, prof. dr. Denis Đonlagić, predstojnik Inštituta za avtomatiko, prof. dr. Miro Milanovič, predstojnik Inštituta za robotiko, prof. dr. Drago Dolinar, predstojnik Inštituta za močnostno elektrotehniko, prof. dr. Zdravko Kačič, predstojnik Inštituta

za elektroniko, in predstavniki gospodarstva. Teme srečanja so bile: mnenja predstavnikov gospodarstva o kompetencah diplomantov te fakultete, iskanje predlogov za uskladitev programov z razvojnimi potrebami gospodarstva in poglobitev sodelovanja na področju razvoja in aplikativnih raziskav.

Po podrobnejši predstavitvi aktivnosti Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru lahko zaključim, da je ta fakulteta izjemno dobro organizirana, ima odlične izobraževalne programe in je vedno bolj zainteresirana za učinkovito sodelovanje z gospodarstvom in za uskladitev

programov z razvojnimi potrebami gospodarstva. S to fakulteto je Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije že leta 2006 podpisala dogovor o medsebojnem sodelovanju, ki uspešno poteka na skupnih sejmskih predstavitev, na tehnoloških, energetskih tehnoloških dnevih in na Nanotehnoloških dnevih. FERI pa me je zaradi učinkovitejšega sodelovanja vključil tudi v Programski svet elektrotehnike, kar sprejemam kot veliko zaupanje svojemu delu in povezovanju gospodarstva in akademsko-znanstvene sfere.

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

Poslovni filozof De Brabandere na Otočcu navdušil vodilne poslovneže jugovzhodne Evrope

Luc de Brabandere, poslovni filozof in svetovalec za strateško odločanje vodilne svetovne družbe Boston Consulting Group, je na slavnostni večerji na gradu Otočec navdušil izbrano omizje več kot 40 vodilnih menedžerjev največjih gospodarskih družb iz jugovzhodne Evrope. Njegovo predavanje o ustvarjalnosti kot pristopu k snovanju poslovnih strategij izven uveljavljenih poslovnih modelov, struktur in omejitev so udeleženci sprejeli z odobravajočimi komentarji in vprašanji, ki so med vodilnimi poslovneži v regiji še obogatila dialog o ustvarjalnosti.



Luc de Brabandere (foto: arhiv BCG)

Srečanje vodilnih poslovnežev jugovzhodne Evrope

Vodilna svetovna svetovalna hiša The Boston Consulting Group (BCG), ki te dni zaokrožuje prvo uspešno leto delovanja na območju držav jugovzhodne Evrope, je na gradu Otočec organizirala ekskluzivno poslovno srečanje in poslovno večerjo za izbrane vodilne menedžerje podjetij iz Slovenije, Hrvaške, Srbije, Madžarske in BiH. Vrhunec večera je bil več kot 45-minutni nastop mojstra govornišтва Luca De Brabanderja, v katerem se je osredotočil na ključna sporočila iz njegove zadnje knjige (*Thinking in New Boxes – Razmišljati v novih škatlah*) in jih ponažoril z nekaterimi prebojnimi dosežki in tudi primanjkljaji vodilnih svetovnih korporacij.

Ustvarjalnost kot ključna sestavina inovativnosti

»Inovativnost je spreminjanje sveta. Ustvarjalnost pa je spreminjanje tega, kako gledamo na svet,« je De Brabanderjevo ključno sporočilo. Ob koncu predavanja je bil zadovoljen tudi sam: »Vesel sem, da lahko z

vodilnimi poslovneži delim spoznanje, da pri BCG-ju nismo tisti klasični svetovalci, omejeni na vnaprej določene modele in pristope z ličnih grafičnih prikazov. S strankami smo sposobni poglobljenega razmišljanja o njihovih izzivih onkraj okvirov, znotraj katerih delujejo danes.«

De Brabandere deli **proces ustvarjalnosti na 5 korakov**: najprej je treba dvomiti o vsem in nato raziskati vse možnosti okoli nas. Neumorno je treba tvoriti nove, tudi najbolj nore ideje, med njimi izbrati ideje, ki bodo prinesle prebojne rezultate, in jih spreminjati v konkretne rešitve. Peti korak terja neusmiljeno ovrednotenje izbranih rešitev in njihovo smiselnost urešnjevanja.

Avtor izpostavlja podjetja, ki s takim pristopom ustvarjajo svojo strateško vizijo, izvajajo načrtovane scenarije, razvijajo nove produkte in storitve in se osredotočajo na ustvarjanje nove vrednosti izven obstoječih poslovnih modelov in struktur – izven obstoječih »škatel«, kot nagovarja tudi naslov de Brabanderjeve zadnje knjige, ki je nastal v soavtorstvu s kolegom Alanom Inyjem.

O avtorju in poslovnemu filozofu Lucu de Brabanderju

De Brabandere je avtor in soavtor 13 knjig in kolumnist pri različnih časopisih. Najbolj odmevna sta njegovi zadnji knjigi *Thinking in New Boxes* (2013) in *The Forgotten Half of Change* (2006). Poučuje na Louvain School of Management in na École Centrale v Parizu. V zadnjem času so bila zelo priljubljena njegova spletna predavanja na globalni izobraževalni platformi Coursera MOOC. De Brabanderov sklop predavanj na temo **Strategija: kaj se lahko menedžerji naučijo od filozofije?** je v Franciji dosegel prvo mesto, saj se je nanj preko Coursere prijavilo več kot 100.000 študentov z vsega sveta.

O globalni svetovalni družbi BCG

Boston Consulting Group (BCG) je globalna svetovalna družba, vodilna v svetu na področju poslovne strategije. Partnersko deluje s klienti v zasebnem in javnem sektorju ter v nepridobitnih dejavnostih na vseh koncih sveta in zasleduje priložnosti z najvišjo dodano vrednostjo. »Soprijemamo se z najbolj kritičnimi izzivi in sodelujemo v poslovnih preobrazbah in zasukih. Naš strankam prilagojen pristop temelji na sodelovanju na vseh ravneh in povezuje poglobljeno razumevanje razvoja sodobnega poslovanja in delovanja trgov z izzivi naših strank. Tak pristop zagotavlja doseganje ubranljivih konkurenčnih prednosti, gradnjo bolj usposobljenih organizacij in zagotavlja trajnostne poslovne rezultate,« je vodilo BCG.

Družba BCG je bila ustanovljena leta 1963, je v zasebni lasti in ima 81 uradov v 45 državah. Več informacij je na voljo na spletni strani www.bcg.com.

Jurij Giacomelli

Prof. dr. Mitjan Kalin, dobitnik Zoisove nagrade za vrhunske dosežke v znanosti



Predsednica odbora prof. dr. Tamara Lah Turnšek in nagradjenec prof. dr. Mitjan Kalin (foto: MVZT)

Prof. dr. Mitjan Kalin je letošnji dobitnik Zoisove nagrade za vrhunske dosežke na področju nanoinženi-

ringa kontaktnih površin za molekularni nadzor mejnega mazanja in trenja.

Zoisova nagrada je najvišja državna nagrada za dosežke na področju znanstvenoraziskovalnega dela in razvojne dejavnosti, imenovana po znamenitem razsvetljencu in znanstveniku Žigi Zoisu. Na državni proslavi, ki je potekala 20. novembra v Avditoriju Portorož, je Odbor RS za Zoisovo nagrado podelil štiri Zoisove nagrade, eno od teh za življenjsko delo.

Raziskovalno delo profesorja dr. Mitjana Kalina obsega široko področje površinske nanotehnologije in tribologije, v obrazložitvi nagrade pa je zapisano, da je s svojimi raziskavami vnesel v strojništvo povsem nova spoznanja o generičnih vplivih na trenje mazanih kontaktov, ki doslej niso bila upoštevana in pomenijo novo smer razvoja znanosti in tehnike na področju trenja.

www.tint.fs.uni-lj.si

Asistent dr. Uroš Trdan – prejemnik priznanja Univerze v Ljubljani



Asistent dr. Uroš Trdan (na sliki, drugi z desne) – prejemnik priznanja Univerze v Ljubljani za izjemne dosežke mladega raziskovalca

Asistent dr. Uroš Trdan je prejemnik letošnjega priznanja Univerze v Ljubljani za izjemne dosežke mladega raziskovalca. Njegovi do-

sežki so vezani na inovativno tehnologijo laserskega udarnega utrjevanja, s katerim se ukvarja že od diplome na univerzitetnem študi-

ju. Skupaj z mentorjem profesorjem Janezom Grumom sodeluje z raziskavami s prof. Michaelom Hillom z Univerze v Kaliforniji, s prof. Joséjem Ocano z Univerze v Madridu in s prof. Narendro Dahotro z Univerze v Teksasu. Izmed desetih izvirnih znanstvenih člankov je pet zavedenih kot izjemni prispevki, objavljeni v revijah z visokim faktorjem vpliva, kot sta Corrosion Science in Material Characterization. Dva članka izmed njih je Science Direct uvrstil med 25 najbolj odmevnih člankov v tromesečju. Na specializirani konferenci z naslovom Laser Peening and Related Phenomena, ki je maja 2013 potekala v Madridu, je dr. Trdan prejel nagrado za najboljši prispevek in njegovo predstavitev v skupini mladih raziskovalcev.

Prof. dr. Janez Grum
UL, Fakulteta za strojništvo

Prof. dr. Iztoku Žunu podeljena plaketa s priznanjem "Ustanovitelj evropsko-japonskih srečanj na področju dvofaznih tokov"

Evropska skupina za raziskovanje dvofaznih tokov (ETPFG) je bila ustanovljena 1963. leta na Kraljevem inštitutu za tehnologijo v Stockholmu. Ustanovitelj je bil profesor Becker, predstojnik Katedre za jedrske reaktorske tehnologije.

V letu 1998 je prof. Žun s prvim skupnim srečanjem v Portorožu povezal ETPFG z Japanese Society for Multiphase Flow, kar je pospešilo razvoj znanstvene discipline o večfaznih tokovih v evropskem prostoru. V nadaljnjem tehnološkem razvoju je prisotnost gibanja sklopljenega fluida in interakcije skozi nespacificirano geometrijo stične



Podelitev plakete Ustanovitelj EJTPFGM prof. dr. Iztoku Žunu



Udeleženci "7th European-Japanese Two-Phase Flow Group Meeting", Zermatt, 11.-15. oktober, 2015

površine v celoti zahtevalo novo znanstveno metodologijo razumevanja, vse od širokega spektra inženirskih znanosti do medicine, tako da je pomen teh raziskav dosegel neslutene možnosti "novega področja znanosti 21. stoletja" (citirano iz Science, 1999).

Prvo skupno srečanje evropskih in japonskih znanstvenikov v Portoro-

žu je bil pilotni projekt z visoko podporo japonske vlade na področju znanstvenih raziskav in promociji mednarodnega sodelovanja v znanosti, kar je med drugim prispevalo tudi h kasnejšemu podpisu memorandum: "Memorandum of Understanding on Scientific Cooperation between The Japan Society for the Promotion of Science and The Ministry of Science and Technology of

The Republic of Slovenia". Skupna srečanja vabljenih znanstvenikov se od takrat uspešno vrstijo na japonskih in evropskih tleh vsako tretje leto. Glavni cilji srečanja so najsoodobnejša poročila o raziskovalnih dosežkih, sinergizem akademskih in gospodarskih krogov in posebna skrb za mlajše generacije.

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

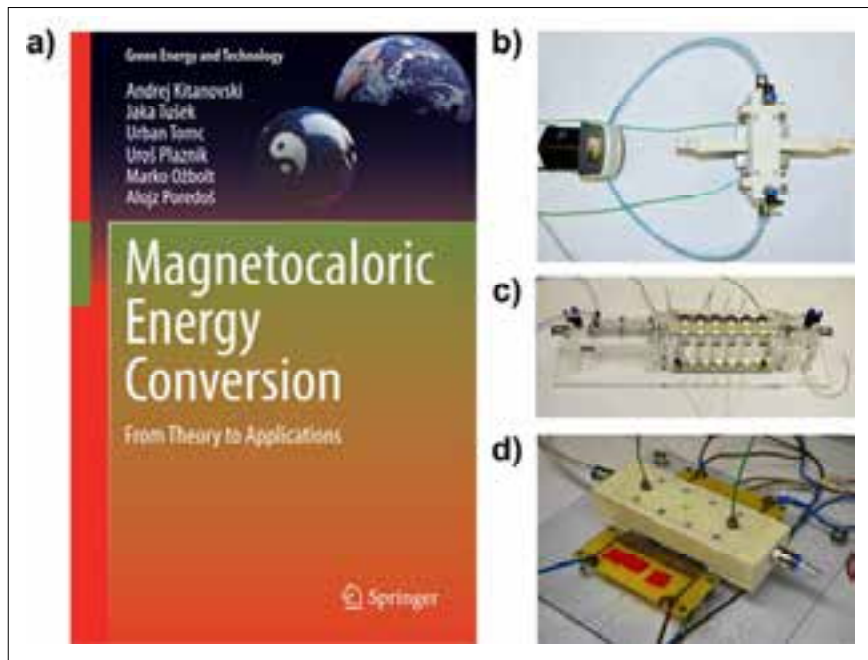
Kalorične tehnologije toplotnih črpalk in hladilnikov prihodnosti

A. Kitanovski, J. Tušek, U. Tomc, U. Plaznik, M. Ožbolt, B. Jelenc, A. Poredoš

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za hlajenje in daljinsko energetiko

V luči iskanja energetske učinkovitih naprav s čim manjšim obremenjevanjem okolja se v svetu posveča veliko truda iskanju alternativnih tehnologij pretvorbe energij. Na področju hlajenja in toplotnih črpalk se ob bok klasičnim parnokompresorskim napravam postavljajo številne tehnologije. Izmed teh imajo največji potencial t. i. kalorične tehnologije, ki predstavljajo zaradi povračljivosti procesov resno alternativo prihodnosti.

Na področju kalorične pretvorbe energij z magnetokaloričnim, elektrokaloričnim in elastokaloričnim efektom predstavlja ekipa Laboratorija za hlajenje in daljinsko energetiko (LAHDE) eno vodilnih raziskovalnih skupin v svetu. S tržnopotencialnimi idejami so prepoznani tudi v svetovnem merilu. Na povabilo priznane založbe Springer je skupina izdala prvo znanstveno monografijo, ki služi raziskavam in razvoju magnetokaloričnih tehnologij.



a) *Magnetocaloric Energy Conversion : From Theory to Applications* (Green energy and technology). Cham [etc.]: Springer, cop. 2015. XX, 456 str., **b)** tretji prototip elektrokaloričnega hladilnika na svetu, **c)** četrti prototip elektrokaloričnega hladilnika na svetu, **d)** naprava za testiranje toplotnih diod – ključnih elementov kaloričnih tehnologij prihodnosti

Kvaliteto rezultatov raziskav je potrdila tudi **umestitev skupine med**

deset najodmevnejših dosežkov Univerze v Ljubljani v letu 2015.



Velika izbira visokofleksibilnih kablov

Vsak električni kabel je sicer fleksibilen, a to še ne pomeni, da ga lahko kar naprej upogibate. Prav tako ni nujno, da je primeren za energijske verige.

Ste prepričani, da uporabljate prave kable v vaših aplikacijah? Izbira namreč še zdaleč ni enostavna...

Za nasvet se lahko vedno obrnete na nas!

Pokličite 031 386 615 ali pa obiščite

www.hennlich.si/cf.




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

Prof. dr. Janez Kopač, letošnji dobitnik zlate plakete za izjemne zasluge pri razvijanju znanstvenega, pedagoškega ali umetniškega ustvarjanja



Nagrajenci za izjemne zasluge pri razvijanju znanstvenega, pedagoškega ali umetniškega ustvarjanja in za krepitev ugleda univerze (levo), prof. dr. Janez Kopač (desno)

Rektor Univerze v Ljubljani prof. Ivan Svetlik je na slavnostni seji senata Univerze v Ljubljani 1. 12. podelil trinajst zlatih plaket za izjemne zasluge pri razvijanju znanstvenega in pedagoškega ali umetniškega ustvarjanja. Zlato plaketo je letos prejel prof. dr. Janez Kopač, ustanovitelj in vodja Katedre za menedžment obdelovalnih tehnologij in laboratorija za odrezovanje Fakultete za strojništvo. V okviru svojega znanstvenoraziskovalnega dela skrbi za raziskave, razvoj

in uvajanje sodobnih obdelovalnih tehnologij v industrijsko okolje, poleg tega je aktiven tako na obrtnih kot na Gospodarski zbornici Slovenije. Njegov koncept dela je mednarodno povezovanje, timsko delo s sodelavci za skupno reševanje problematike, iskanje idej in inovacij ter konkretnih realizacij raziskovalnih rezultatov v domači in tuji industriji. Prof. dr. Kopač velja tudi za mednarodno priznanega raziskovalca na področju proizvodnih tehnologij.

Priznано znanstvenoraziskovalno delo in razvojne dejavnosti prof. Kopača se nanašajo na široko področje proizvodnih tehnologij s fokusom na raziskavah odrezovalnih procesov in strojev. V zadnjem obdobju je pomembno prispeval tudi k uvajanju trajnostnega razvoja v proizvodne in odrezovalne procese, kar predstavlja pomembno novo smer razvoja znanosti in tehnike na področju obdelovalnih tehnologij.

www.fs.uni-lj.si/labod

svet
ELEKTRONIKE

1 letna
akcija naročnin

akcija velja

od 01.06.2015 do 31.05.2016

Vsi obstoječi
in vsi
novi
naročniki

darilo za vse naročnike

5% popust +

več informacij:

www.svet-el.si



FX elektronika d.o.o., Špruha 33, 1236 Trzin, SLOVENIJA
t/f: 01 528 56 88 • prodaja04@svet-el.si • www.svet-el.si



BREZPLAČNI
čitalnik kartic

Prof. dr. Jože Vižintin prejel častno priznanje zaslužni profesor Univerze v Ljubljani

Upokojeni profesor Fakultete za strojništvo prof. dr. Jože Vižintin je prejel častno priznanje zaslužni profesor Univerze v Ljubljani. V zahvalnem nagovoru se je dotaknil delovanja človeka v preteklosti s pogledom v prihodnost in zaključil z mislijo: »Soustvarjanje je ključna beseda v tem tisočletju. Vse, kar delamo in kar bomo delali jutri, zahteva povezovanje, celostno gledanje, povezano in celostno ravnanje.«

Zaslužni prof. dr. Jože Vižintin je že celo življenje zapisan strojništvu. Na Fakulteti za strojništvo je diplomiral leta 1972 in doktoriral leta 1978. V rednega profesorja je bil izvoljen leta 1995. Na Fakulteti za strojništvo je ustanovil Center za tribologijo in tehnično diagnostiko ter Katedro za tribologijo in sisteme vzdrževanja. Štiri leta je bil prorektor za raziskovalno delo Univerze v Ljubljani in ustanovitelj Inovacijsko-razvojnega inštituta Univerze v Ljubljani. Ustanovil je Društvo za tribologijo Slovenije in bil njegov predsednik 28 let. Je so-



Zahvalni nagovor zasl. prof. dr. Jožeta Vižintina (foto: IFP d. o. o.)

ustanovitelj Inženirske akademije Slovenije, ki ji je dvakrat tudi predsedoval. Sedaj opravlja funkcijo glavnega tajnika Akademije.

Za svoje delo je dobil več nagrad: Zoisovo priznanje in Zoisovo nagrado za vrhunske znanstvene do-

sežke na področju strojništva, zlato plaketo Univerze v Ljubljani, nagrado ameriškega združenja inženirjev ASME, Society of Tribologists and Lubrication Engineers (STLE) mu je podelila naziv Fellow.

www.fs.uni-lj.si




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

Celje, Slovenija
www.icm.si

27.-29.01.2016



Veseli božič in uspešno novo leto 2016.



2016

Merry Christmas and a Happy New Year 2016.

VENTIL

IFAM & INTRONIKA Slovenija 2016



Specializirana B2B sejemska prireditve, ki bo potekala v času od **27. do 29. januarja 2016** v Celju, letno privabi okoli 2500 strokovnih obiskovalcev iz sosednjih držav in Slovenije. Sejma se udeleži okoli 60 razstavljalcev iz šestih držav: iz Avstrije, Madžarske, Italije, Belgije, Srbije in Slovenije.



Ti predstavijo proizvode in storitve 100 različnih blagovnih znamk veči-

noma iz naslednjih segmentov:

- avtomatizacija (36),
- industrijska avtomatizacija (25),
- robotika (14),
- proizvodna informatika (8),
- meritve, testiranja in kontrola (21),
- sistemi kontrole (15),
- računalniški vid (8),
- montaža in operativna tehnologija (4).

Tudi letos organiziramo bogat strokovni program, v katerem vam bodo priznani strokovnjaki na t. i. Business Forumu prikazali rešitve in uspešno zaključene projekte. V okviru strokovnega sejma **IFAM & INTRONIKA** bomo organizirali že drugi Salon električnih vozil, skuterjev, koles in dodatne opreme. V hali L1, kjer bo razstava e-mobilnosti, bomo omogočili tudi testne vožnje!

www.icm.si

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

SPONZOR


Celje, Slovenija
28.-30.01.2015
www.ifam.si

Znanstvene in strokovne prireditve

10. IFK – Internationale Fluidtechnische Kolloquium

- 10. mednarodni kolokvij o fluidni tehniki

8. – 10. 03. 2016

Dresden, BRD

Organizatorja:

- Verein zur Förderung der Fluidtechnik eV., Dresden
- TU Dresden (IFD)

Informacije: www.ifk2016.com

9. Kolloquium Mobilhydraulik – Call for Papers – 9. Kolokvij o mobilni hidravliki – vabilo za prispevke

22. in 23. 09. 2016

Karlsruhe, BRD

Organizatorji:

- VDMA – Fachverbände Bau- und Baustoffmaschinen;

Fluidtechnik und Landtechnik

- Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen am Karlsruher Institut für Technologie
- Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge an der TU Braunschweig
- Wissenschaftlicher Verein für Mobile Arbeitsmaschinen WVMA eV.

Informacije: www.fast.kit.edu/mobima

8. Instandhaltungs- und Servicetagung – 8. Srečanje o vzdrževanju in servisu hidravličnih naprav

29. in 30. 10. 2016

Weierstadt, BRD

Organizator:

- Internationale Hydraulik Akademie (IHA)

Informacije: www.hydraulik-academie.de

SPS, SRIP in svetovni razvojni trendi

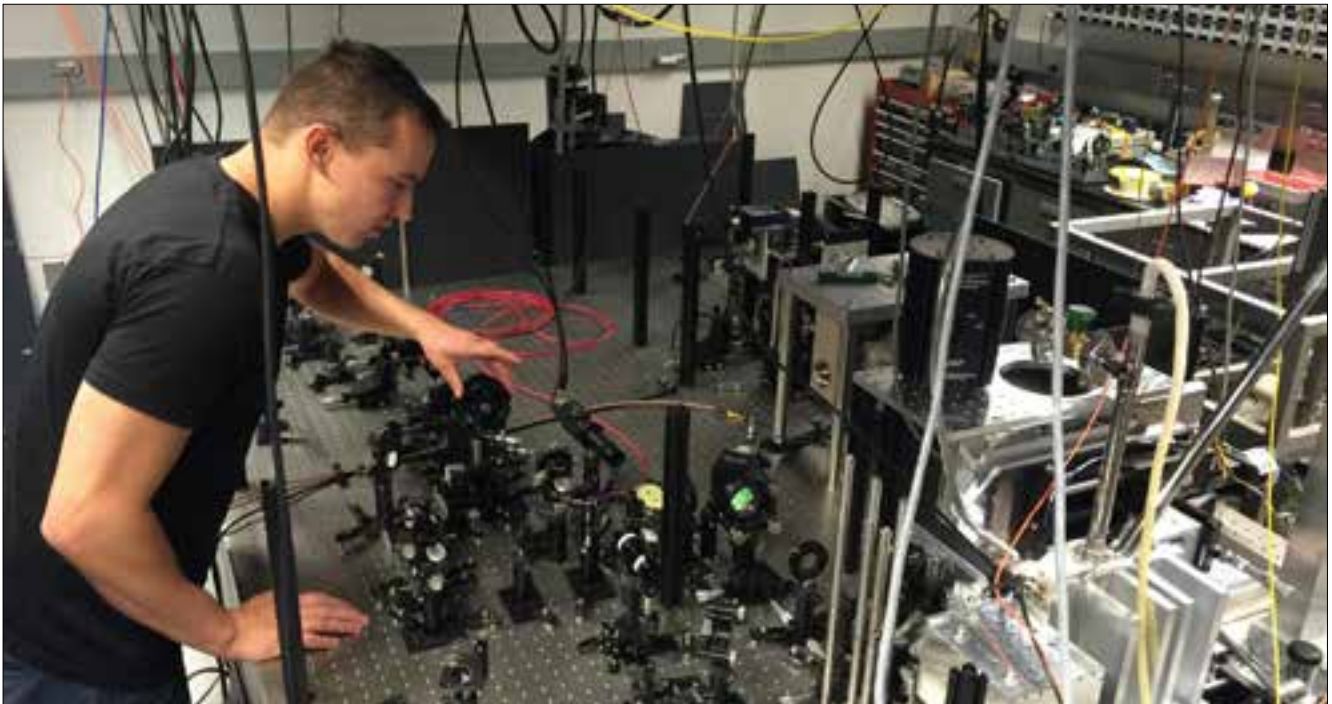
Ali bodo usmeritve slovenske Strategije pametne specializacije med izvajanjem sledile svetovnim tehnološkim trendom?

Strategija pametne specializacije (SPS) je v svojem nastajanju v treh letih precej spremenjala nabor perspektivnih in fokusnih področij. Do leta 2020 in še naprej, kot to nakazujejo začetki oblikovanja devetih Strateško razvojnih inovacijskih partnerstev (SRIP), se bodo tehnologije pomembno prepletale, predvsem s poudarkom na multidisciplinarnosti.

je namreč žirija strokovnjakov pri Svetovnem gospodarskem forumu (Meta-Council, metasvet) identificirala deset najpomembnejših tehnoloških usmeritev, ki bodo intenzivno spreminjale življenje in industrijo.

Strokovnjaki pri Svetovnem gospodarskem forumu želijo s tem pripomoči k zmanjševanju vrzeli pri naložbah in regulativi ter izboljšati razumevanje tehnološke prihodnosti. Med hitro rastoče tehnologije se že nekaj časa uvrščajo rešitve na

izbranih področjih in jih umeščajo v lastne razvojnoraziskovalne politike. Izbrane tehnologije sčasoma postajajo del prioritarnih področij, ki jih napredne države integrirajo v strategije pametnih specializacij. Od učinkovitosti inovacij na teh področjih bo odvisen gospodarski in industrijski razvoj vsake napredne države. V naši SPS smo se odločili za oblikovanje Strateških razvojno inovacijskih partnerstev (SRIP), za vertikalne verige vrednosti in za horizontalne mreže. V okviru tega naj bi bilo zajeto vse, kar se ta trenutek zdi perspektivno in za Slovenijo koristno. Usmerili smo se v pametna mesta, pametne zgradbe in



Zelo težko je napovedati, katere tehnologije bodo čez nekaj let postale perspektivne

Na posvetih, ki jih je ta mesec organizirala Služba Vlade RS za razvoj in evropsko kohezijsko politiko (SVRK), so se odprle zanimive diskusije in precej različni pogledi sodelujočih deležnikov na izpostavljena perspektivna področja in tehnologije, ki naj bi korenito vplivale na naš gospodarski in družbeni razvoj. Čeprav naj bi imela vsaka država EU nekoliko specifično SPS, je mogoče prav, da se ozremo tudi na izpostavljeno identifikacijo rastočih tehnoloških področij, prepoznanih pri Svetovnem gospodarskem forumu. Letos

področju prehranske varnosti in zagotavljanja pitne vode, energetske vzdržnosti, personalizirane medicine in drugod. Letos so med deset najpomembnejših tehnologij uvrstili: vozila na gorivne celice, novo generacijo robotike, termično recikliranje plastike, tehnike natančnega genskega inženiringa, obdelovalno-proizvodne tehnologije, umetno inteligenco, distribuirano proizvodnjo, razvoj brez-pilotnih plovil, nevromorfne tehnologije in digitalni genom. Zakaj je to pomembno vedeti? Razvite države dolgoročno spodbujajo inovacije na

dom z lesno verigo, krožno gospodarstvo, funkcionalna živila, turizem, tovarne prihodnosti, zdravje in medicino ter mobilnost in materiale kot končne produkte. Zagotovo pa bo zanimivo videti, kakšne spremembe se bodo dogajale v obdobju trajanja SPS in ali bo Slovenija dovolj dinamična in fleksibilna, da se bo pravočasno prilagajala novim spremembam in svetovnim tehnološkim usmeritvam.

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

Hydraulic Switching Control for Modern Drives and Actuators

Rudolf SCHEIDL

Abstract: Digital hydraulics – the control of a hydraulic system by on-off valves – has a sub-class doing control by the repeated operation of a single or a few valves at relatively high frequencies, e.g., by pulse-width modulation. This class is called hydraulic switching control. The more prominent are switching converters, sometimes called switched inertance hydraulics. However, numerous other concepts for switching controls have been proposed, studied, or are already applied in practice. They offer different advantages, such as for instance low cost, simplicity, high precision, or energy efficiency. This paper provides examples of such drives, starting from the hydraulic buck converter to quite specific solutions as a micro-positioning device or a hydraulic stepper drive. It also discusses to which extent such drives can support embedding within a cyber physical environment, or an “Industrie 4.0” environment, respectively.

Keywords: hydraulic, switching valves, switching control

■ 1 Introduction

Over a considerable while now hydraulic drives have been gradually losing their strong position in many areas of machine building, on-road and off-road vehicles, and aerospace; more and more they have been replaced by electro-mechanical drives which over the years have gained high dynamical performance and offer several striking advantages. There is definitely a widespread view that hydraulic drives are out-dated technology which cannot cope with any of the modern challenges, such as energy efficiency, ease of control, planning, installation, maintenance, or adaptation to actual or future requirements imposed by “Industrie 4.0” or Cyber-Physical environments.

This loss of importance is quite often lamented by fluid power people from industry and academia, arguing that the strong advantages of hydraulic drives are unclearly seen and honoured by machine builders.

In [1] Peter Achten accuses the fluid power industry of low innovative strength. He adopts the main figure of Franz Kafka’s novel “The Trial” to demonstrate the guilt of the fluid power industry regarding its blindness to clearly see this alarming situation. In [2] the author of the present paper and two fellow campaigners discuss the role of digital fluid power for a strong innovative push in hydraulics, as requested by Achten.

In a workshop on “Smartness and Fluid Power” at the last Digital Fluid Power Workshop in Linz participants discussed which properties are requested by users to make fluid power more competitive. The word “smartness” seems to reflect the attractiveness of modern products for users much better than hard technical properties such as efficiency, power to weight ratio, force density, or bandwidth. Such tough performance terms stress the engineers’ rather than the users’ viewpoints. Even though this workshop did not deliver a clear list of properties characterising smartness of fluid power drives it showed that many identify easy handling by the users as important features and stressed the relevancies of real applications

with its specific operative scenarios. Thus, there are hardly any universal but rather context specific smart solutions. Typically, a drive system has two user categories: the machine builder, who has to select and integrate the drive, and the final machine user. Unspoken, thus only implicitly addressed, “Industrie4.0”/ Cyber-physical Systems aspects play a role in the background. The main reason why these issues are not explicitly addressed in such discussions is probably that they can have so many facets and are rather intangible from a generic viewpoint. The machine and plant builders seem to expect that the consideration of these system aspects will be challenging and a prerequisite for the effective and efficient realisation is that subsystems, such as drives and actuators, can be handled in a simple way. This relates to hardware, control, and software aspects, all are interlinked and their modeling will be part of this game.

When the author started his research into hydraulic switching control more than two decades ago, he considered it a new generic concept and targeted mainly the solutions of efficiency, reliability, and cost problems of hydraulic servo drives.

o.Univ.Prof. DI Dr. Rudolf Scheidl, Johannes Kepler University Linz

Of course, the broad application of switching control in modern electrical drives has been the main motivation for trying out this concept in hydraulics too. Several projects with industry for the development of fluid systems (not only drives) for specific purposes and his observations of the modern developments successful in industry have taught him that there is no universally superior solution. More often, case-specific concepts which combine fluid power with mechanical or electrical components in a clever way are the more competitive. Of course, smartness in the sense of ease of realisation of "Industrie 4.0"/Cyber-physical Systems solutions will gain more and more relevancy.

Therefore, in this paper hydraulic switching control is widely treated within the context of some applications. The expected or realised benefits, the challenge towards the realisation of a practicable system, the limitations by state of the art components, where applicable, "Indutrie4.0" related aspects, and an outline of required additional R&D work are given.

■ 2 Proven practical applications of hydraulic switching control

This section shows that switching control is an established technology in some areas and not a fully novel approach. It can be seen by the the most evident proof that switching control can work in practice and should help to overcome fundamental objections against this technology.

■ 2.1 Anti-lock braking system (ABS)

ABS has become a standard car technology over recent decades. Control is done by two switching valves per individual brake operating with a switching frequency of some tens of Hertz. This ABS system is a natural upgrade of classical hydraulic brake actuation and a very low cost solution. The pulsation volume during valve switching is not distur-

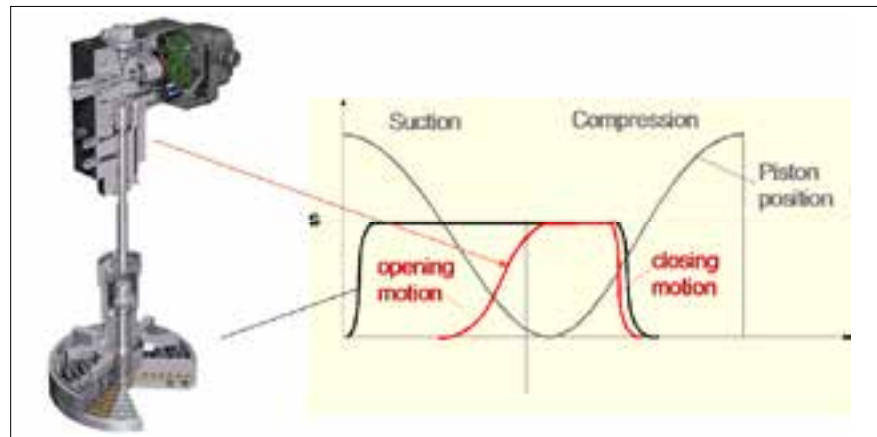


Figure 1. Hoerbig HydroCom: hydraulic actuation of a compressor valve for fast control of compressor delivery

bing but a useful alarm signal to the driver of a critical state.

Switching control firstly keeps cost low and secondly facilitates a simple control in view of the unknown friction conditions between tyre and road. Continuous valves would be more expensive and control would have to be bothered with hysteresis, zero-point offset, and leakage. The valves are maximised for low cost, not only regarding themselves but also for low cost assembly of the modulator unit.

These facts have made hydraulic switching control the superior technology for ABS, at least so far. It is probably the better known successful application of switching control and, hence, an archetype for many other applications.

■ 2.2 Compressor valve actuation (Hoerbig HydroCom)

Large compressors are driven by large AC engines or by gas turbines and power requirements might be within the Megawatts range. Fast control of compressor delivery by engine speed variation is infeasible. Therefore, delivery is controlled by an actuation of the suction valve. This is basically a check valve, in many cases a ring type valve as invented by Hans Hörbiger in 1895 [3]. As shown in *Figure 1*, a compact hydraulic actuator pushes the plate valve open for some while to reduce the compression phase and

reduce the delivery in this way. In order to limit losses a very fast closing motion within a few milliseconds is required. In order to avoid excessive wear of the valve plates, a soft landing has to be realised. This is typically done via some passive hydraulic cushioning mechanism.

Hoerbig recently launched a purely electrical version for this actuation, called eHydroCom [4]. It avoids some disadvantages of the standard HydroCom, namely the need for a hydraulic supply unit and for the supply lines from this unit to the actuators in the forms of hoses. Hose maintenance efforts, oil as a burnable substance within the environment of dangerous gases, and the space requirements for the whole hydraulic power supply equipment are additional burdens of the HydroCom motivating customers to prefer the electrical solution.



Figure 2. Hoerbig eHydroCom: electric actuation of a compressor valve for fast control of the compressor delivery [4]

The separate supply unit and the supply lines are frequently argued against hydraulic drives. This development from the hydraulic to the pure electrical solution tells that the whole system must be seen. Integrated drives, where the actuator, the electric prime mover with the pump, the li-

nes, valves, the tank and all other auxiliary components assembled in one compact actuator module could be an answer. Such solutions can be very competitive as the hydraulic scheme can realize certain functions much easier than an electro-mechanical drive.

2.3 Hydraulic micro-positioning

In [5] a hydraulic micro-positioning drive for milling machines is presented. It was developed for a special multi spindle milling machine of Anger Machining [6]. The latest version can position two separate

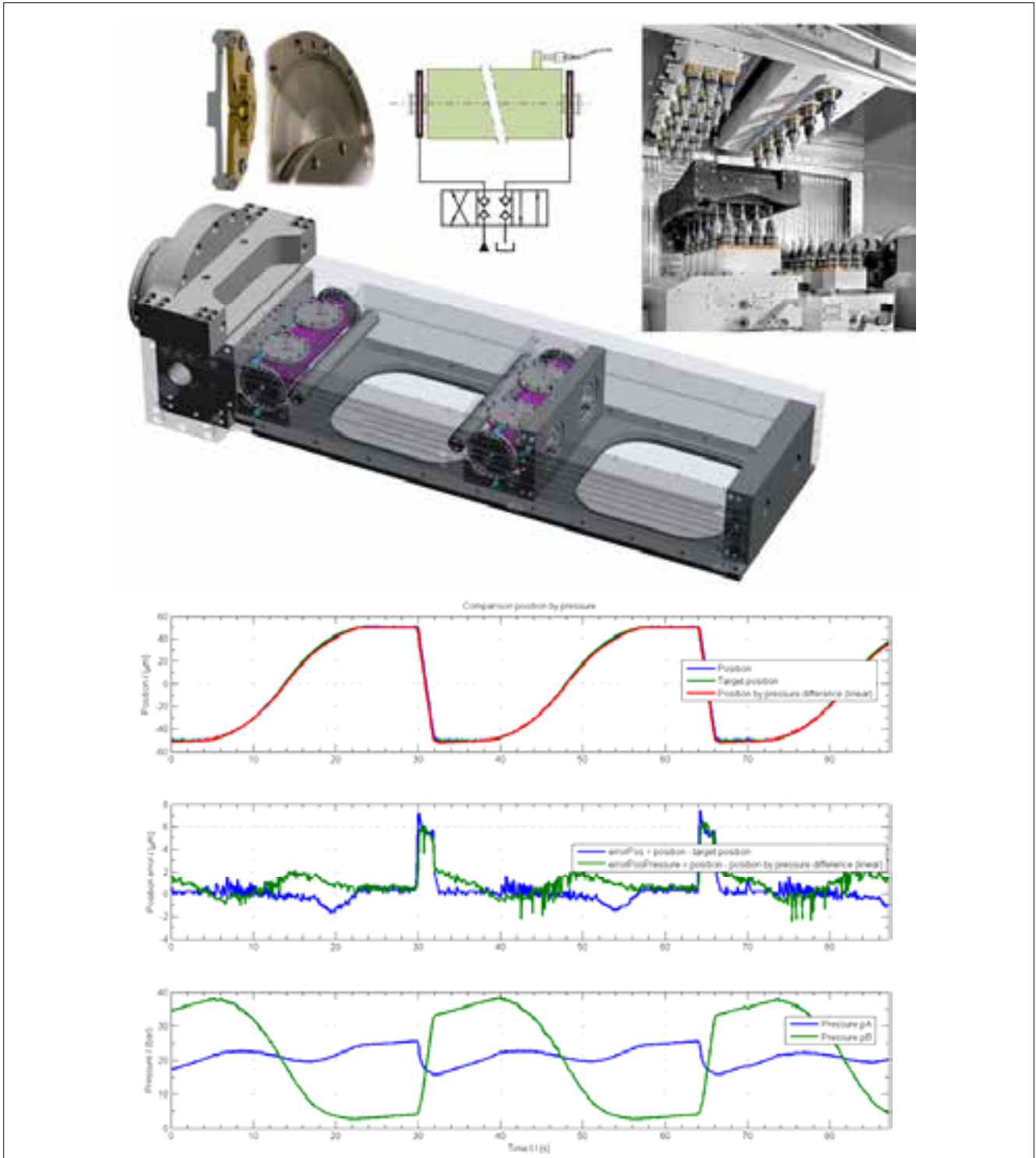


Figure 3. Hydraulic micro-positioning system; provides μm precise positioning of the work-piece; the uppermost diagram shows that there is an excellent correlation between the position and pressure differences of both membrane cylinder chambers

work-pieces relative to the work-piece holder in order to compensate for tolerances of the individual milling or drilling tools and spindles, respectively, or of the work-piece clamping system.

The basic mechanism of this precise system consists of two membrane cylinders (see sketch in Figure 3) which are hydraulically actuated by switching valves. Performance figures of this system from some test cycles are also given in Figure 3.

The first hydraulic micro-positioning system exploiting the membrane cylinder concept has already been realised in 2012 but servo valves were used for control. This system is in industrial operation in the car industry. Also a piezoelectric positioning system was evaluated, as offered by a leading company for such technologies. This evaluation by Anger and by its customer, a major German car company, gave clear preference to the hydraulic system because of higher stiffness and lower cost.

The digital hydraulic concept had already been envisaged back then but available development time was too short. The digital system, as developed recently, has several striking advantages:

- no leakage; offers the option to use a decentralised power pack to avoid complex piping and hosing,
- higher precision,
- no zero point drift and hysteresis problems,
- lower oil cleanliness requirement.

The potential cost reduction of the whole micro-positioning system is the replacement of the position sensor by a pressure difference sensor. The first diagram in Figure 3 shows a test of this concept by measurements which clearly demonstrate the feasibility.

This micro-positioning technology could contribute to the realisation of "Industrie 4.0" ready machines by the following items:

- automated fast error correction

as a basis for lot size one production,

- faster machine ramp-up with automated machine setup,
- condition monitoring and predictive maintenance of the machine by observation of changes in the machine setting (spindle positions, ...),
- realisation as an integrated module.

■ 3 Hydraulic switching converters

From a fundamental scientific viewpoint hydraulic switching converters are of high interest. Considering that the hydraulic ramp invented by Joseph Michel Montgolfier in 1796 is a hydraulic switching converter, all the actual work on this technology are just attempts to realise such principles for modern drive conditions with advanced components.

■ 3.1 Converters exploiting fluid inertia

Most modern work on switching control, which started with that of Brown and co-workers in 1987, see [7, 8], employs the hydraulic induc-

tance (or inertance) of a fluid in a tube for storing the energy surplus resulting from pressure differences between input and output lines. Numerous research groups are dealing with the subject of addressing system simulation, experimental investigation, component development, and control. [9 to 19] are a representative collection of relevant work.

In a recent master's dissertation [20] at the author's institute, a multi hydraulic buck converter (MHBC) was investigated. The idea of using several converters in parallel and running them in a phase shifted mode was first presented in [14]. Figure 5 sketches the concept and shows some computational results from this study.

It shows that pressure pulsation of a phase shifted operation of N parallel converters is of the order $O(1/N^2)$ only. That fact will most likely make load-sided accumulators for pulsation attenuation obsolete, an important advantage which has been experimentally confirmed in [20]. A corresponding pressure plot of the high and low pressure supply

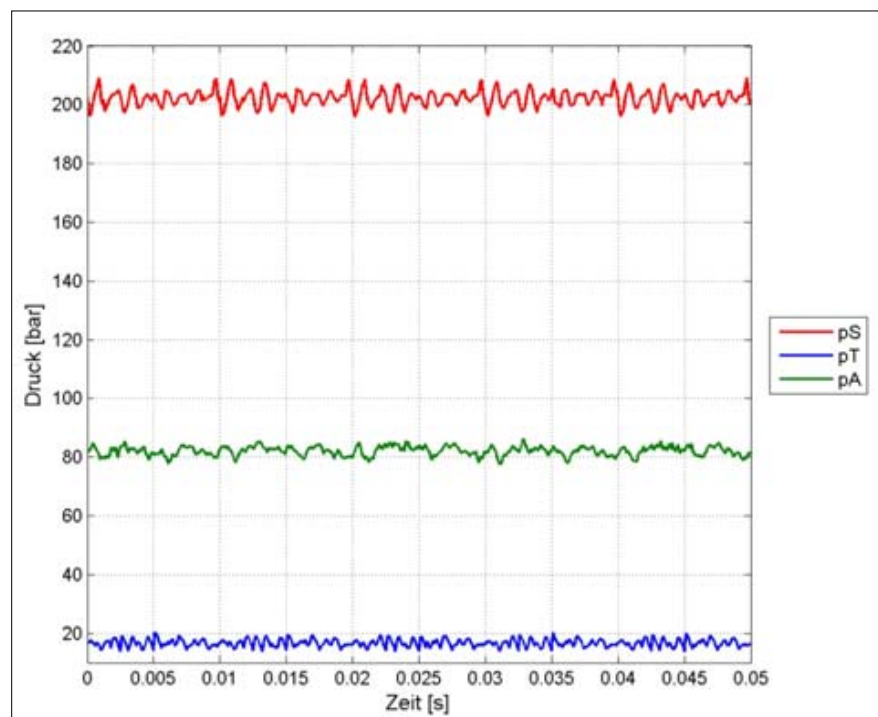


Figure 4. Pressure curves of supply lines (p_S , p_T) and consumer line (p_A) for a $N=4$ MHBC without an accumulator for pulsation attenuation at the consumer side; result taken from [20]

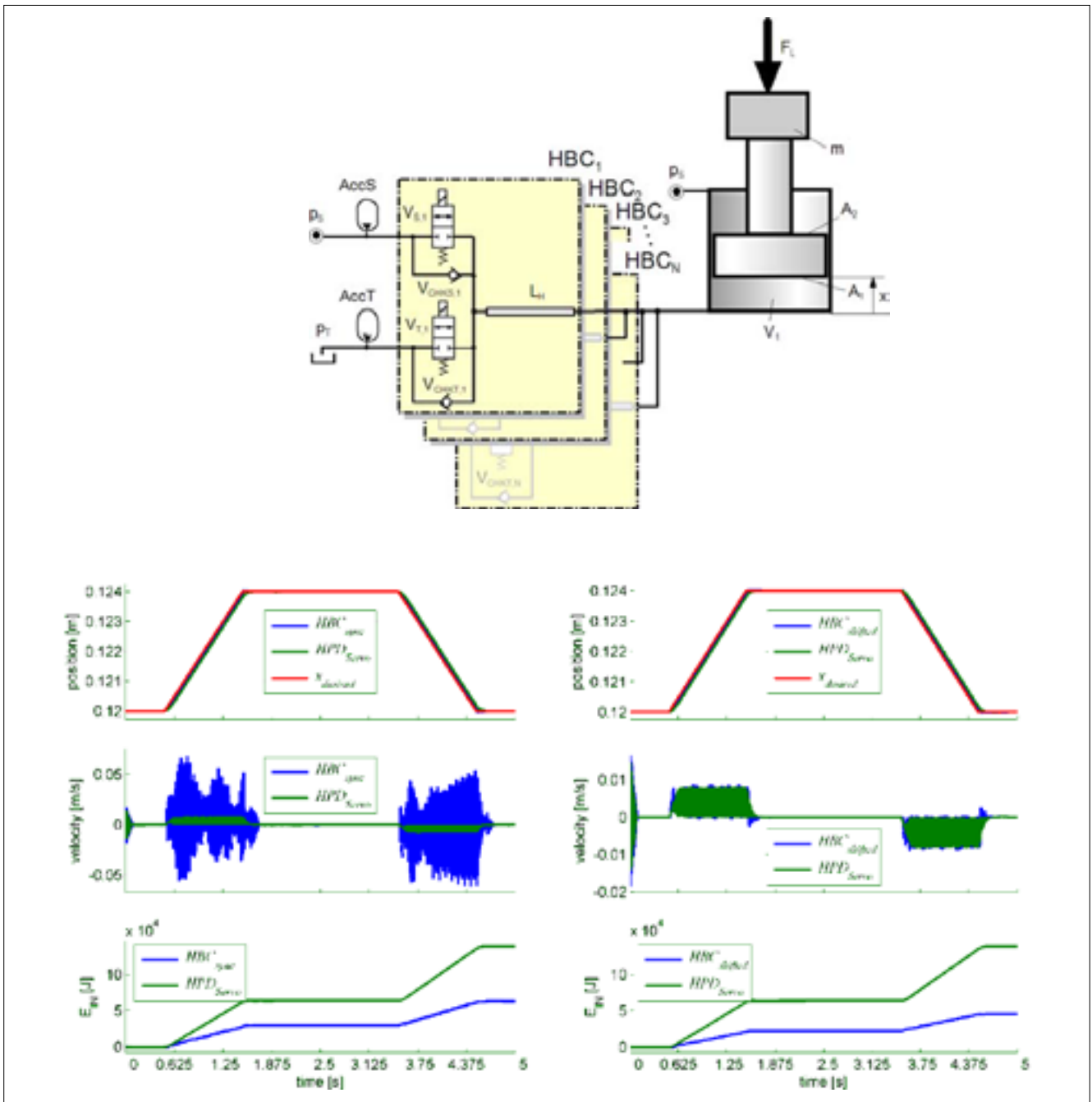


Figure 5. Hydraulic linear drive controlled by N hydraulic buck converters; schematic and simulation results for $N=6$ and a switching frequency of 50 Hz of each individual buck converter

lines and the consumer port in *Figure 4* confirmed this theoretical finding experimentally.

The parallel arrangement has further striking advantages:

- Redundancy: if one HBC unit fails the remainder can still run albeit with some performance loss.
- Standardisation: standard HBC units can be optimised and manufactured to achieve high lot size production and low cost; any number of HBC units can be combined to achieve the required maximum flow rate or redundancy.

the handling of virtual models used within the cyber domain.

3.2 Converters with a solid inertia element

Using a fluid in a tube as inertance element has two main disadvantages:

- Wave propagation in the inertance element limits the attenuation of pulsation due to fast switching and, if standing waves are excited, losses increase and

cavitation may be provoked.

- The inertance elements are lengthy; curling of the pipes to a coil leads to additional energetic losses and reduces efficiency (see [12]).

In [21, 22] an energy saving switching converter is studied which uses the inertia of a piston. If this piston is connected with a spring and operated close to the resonance frequency of that spring mass system, it is an ideal flow rate controller, as the average flow becomes independent of the consumer pressure. In this case it is called a hydraulic resonance converter following the naming convention in power electronics which uses an analogue concept to drive resistive loads.

It follows from a simple dimensional analysis of the mechanical state equations that the required mass drops with the square of the operating frequency. Very compact sizes for usual hydraulic system pressures are obtained for 200 Hz. The concept is shown in Figure 6. This symmetric concept has six switching valves. It can also operate as a boost converter, thus generating output pressures p_c higher than the system pressure p_s . Basically, this converter avoids losses due to fluid compressibility, hence higher efficiencies than with fluid inertance should be possible. Promising efficiency results have been found experimentally and theoretically in [21, 22] but for very low operating frequencies within the range of only 15 to 20 Hz as no fast switching valve was available at that time. Of course, similar to the MHBC several of such converters could be placed in parallel to avoid a load-sided accumulator and to realise drives with high stiffness.

There are other modes of operation, e.g. in a pulse frequency control mode or as a hydraulic stepper drive [23, 24]. The stepper drive is intended for realising sensor-less positional control. It exploits a displacement piston which always performs a full stroke from one end stop to the other in order to discharge a precise fluid quanti-

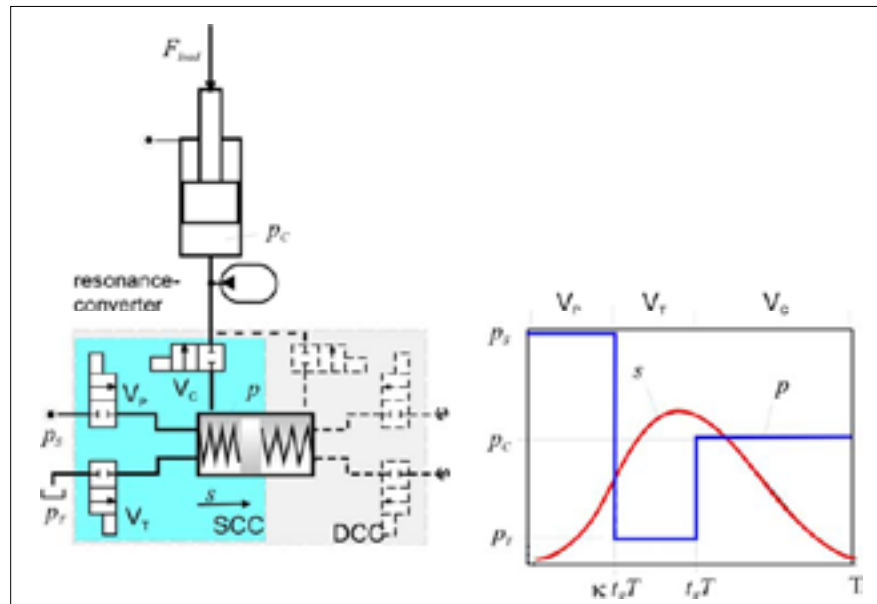


Figure 6. Schematic of a 'Single chamber' (SCC) and a 'double chamber' (DCC) resonance converter and idealised piston motion and pressure curves

ty to the output, e.g. to a plunger cylinder. Schematics for realisation with and without energy saving are given in Figure 7. Many more schematics exist for realising this principle. Currently, the author's research group is developing a non-energy saving stepper drive for sensor-less positional control for special machine tool applications with positional accuracy of $\pm 5 \mu\text{m}$ [25]. It should facilitate a first time correct producti-

on even with some varying product properties such as dimensional and material strength date variations, a clear improvement helping to realise "Industrie 4.0" type production.

The master's dissertation [24] deals with the model-based design of an energy-saving stepper drive prototype and the experimental investigations. The mechanical design and some results are shown in Figure 8.

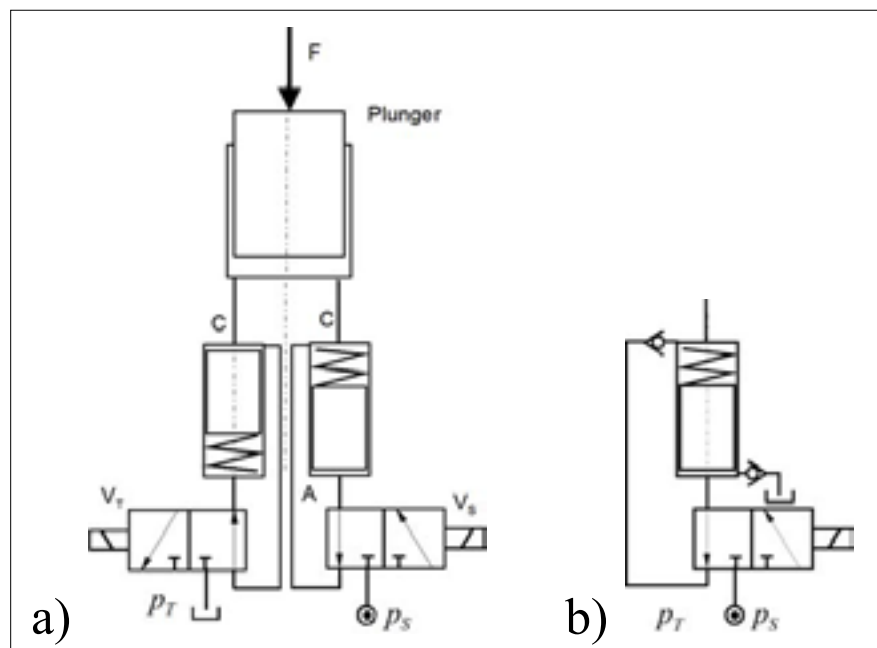


Figure 7. Hydraulic stepper drive: a) non-energy saving; two stepper units to accomplish stepwise motion of the plunger in both directions; b) energy saving stepper unit (unidirectional)

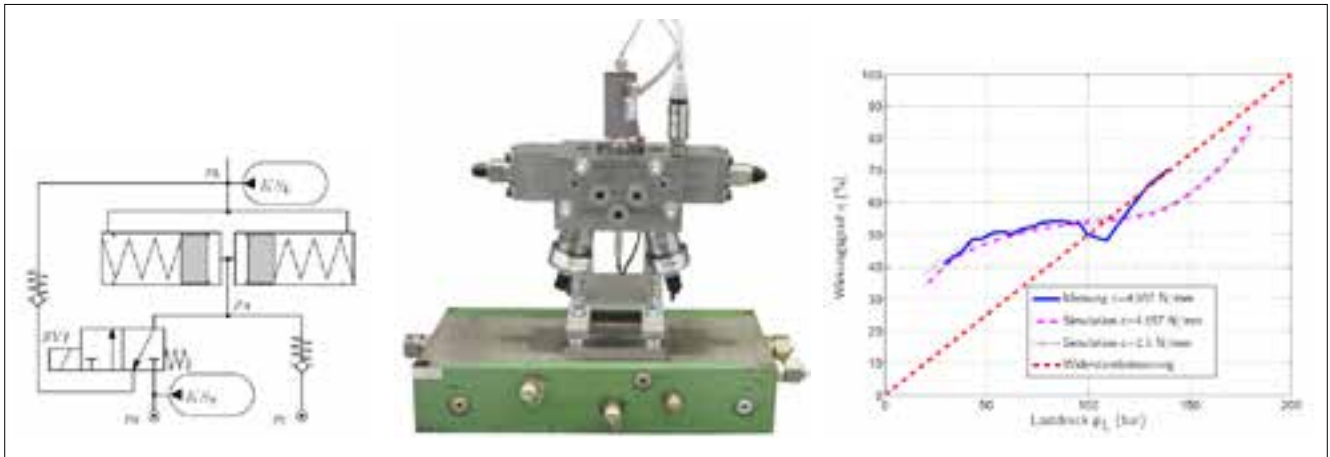


Figure 8. Hydraulic stepper drive - energy saving variant: counteracting pistons balance linear momentum; hydraulic schematic, prototypal realisation, and simulated versus measured efficiencies

■ **4 Components for hydraulic switching control**

Everyone doing some R&D in switching control will face the problem of missing sufficiently powerful switching- and check-valves as well as accumulators. Many of these people do some work on component development as well. This concerns mainly the fast switching valve, undoubtedly the key component not only for switching control but for all kinds of digital fluid power. In switching control the performance criteria are the switching time and frequency, nominal flow-rate, maximum flow-rate, durability (number of switching cycles), electrical actu-

ation power (average and peak values), noise, compactness, and repeatability. Drastic improvements with respect to all these criteria are necessary to reach a satisfactory state.

Over the last ten years there have been numerous attempts by academia and some from industry and the situation is definitely much better than before. However much still needs to be done to reach a state where switching control development is not strongly limited by available key components. [26] discusses the requirements for digital valves and gives some overview about their advancement over recent years. A very big step forward concerning available large and fast

valves was reported at the recent 14th SICFP Conference in Tampere in [27]. A new switching valve, named HPV Gen2, which features a nominal flow-rate of 150 l/min at 10 bar pressure loss and a switching time of 3.5 ms; it is currently available as an A-sample.

■ **5 Potential application of switching control in machines, plants, and vehicles**

The main motivation for using switching control will differ from case to case. The potential advantages are:

- energy saving and energy recuperation,

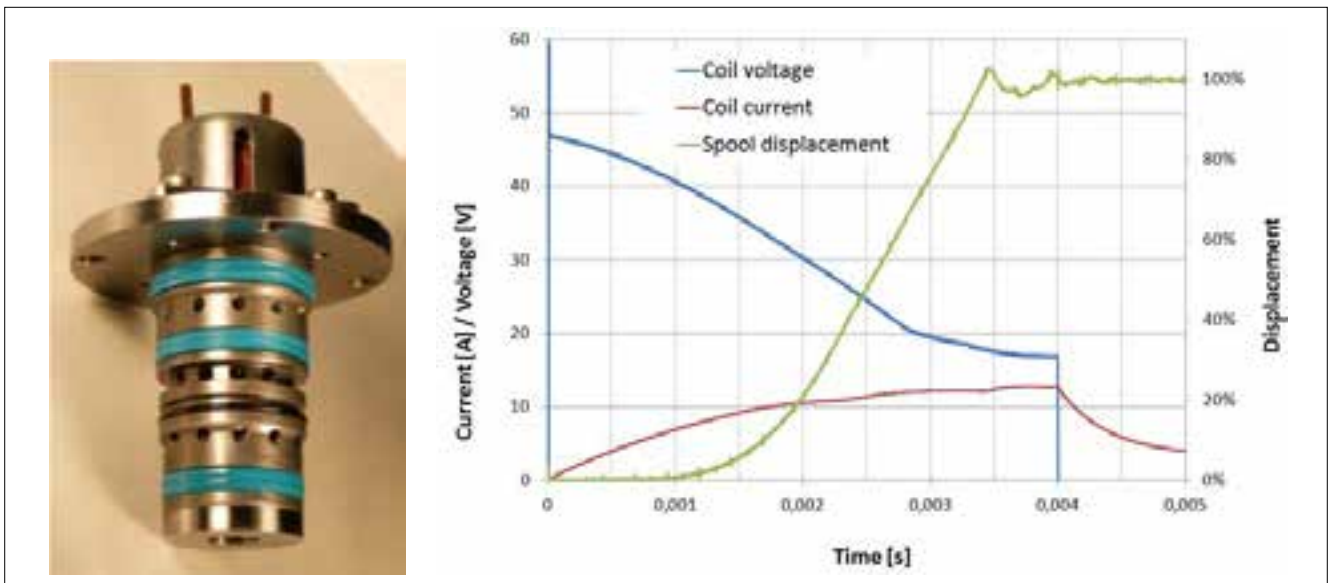


Figure 9. Recently published Bosch Rexroth switching valve HPV Gen2 as an A-sample; valve has a nominal flow-rate of 150 l/min at 10 bar pressure loss [27]

- less oil cleanliness requirements,
- easier control, for instance by avoiding zero point drift or hysteresis,
- cost savings,
- compactness,
- lesser number of valve types needed: better standardisation and easier spare handling.

Not all the advantages can be realised in every specific application. In practice the advantages must be really convincing to outweigh the risks which applications of new technologies always entail. The following examples are the author's appraisals of the applicability of switching control. They should show in which way switching control can realise one or more of the mentioned advantages, giving the machine-, plant-, or vehicle-builder and their customers a benefit.

■ 5.1 Agricultural machines

In agricultural machinery there is a trend towards:

- better motion control in terms of speed, precision, and operating band-width,
- despite the current efforts to establish electrical drives for implements, hydraulic actuation will also have a prominent position in the future,
- further general progress relies on an advanced 'mechatronisation' of farming technology, i.e., on the availability of proper sensors, measurement devices, controllers, process models,

communication systems, drives and actuators. Proper means of sufficient technical performance, low cost, ease of installation, durability and maintainability under the given harsh operating, stabling, repair shops and service personnel expertise circumstances, compactness, and standardisation of interfaces, to name just a few.

A drive or actuator technology alone cannot make a successful solution without the other components required to realise a certain wanted functionality. Cost and robustness are very tough requirements. Cabling and connectors are potential sources of machine failure and, possibly substantial cost factors. This requires care in design, assembly, and maintenance. Sensor avoidance, where possible, is an important cost saver and robustness improver.

Energy costs are economically relevant for such drives and actuators which consume major shares of energy. Another aspect is peak power and from which energy source it is covered. If the power limit of the tractor is largely consumed by the main operating processes of the tractor and the implement, the power required by additional functions for advanced motion control might exceed the power limit. Then, an energy efficient actuation system for that motion control will be important not because of energy cost reasons but to realise a desired performance under practically ex-

isting power limitations.

In a master's dissertation [28], a doctoral thesis [29], and a publication [30], automatic level control of mowing and harvester pick-up devices, respectively, were investigated. In both cases hydraulic switching control was applied. In [28] standard industrial switching valves were used powered by booster electronics to speed up switching. In [29] excellent dynamical performance could be demonstrated with a novel switching valve, developed by a student. Level control of such devices requires the same distance to ground sensor. For the harvester this sensor should measure the ground profile over the working width of the harvester even below the swathe and furthermore be able to detect obstacles in the swathe such as big stones or animal cadavers. So far, this technology is not been realised in practice because appropriate sensors and low cost switching valves with adequate performance are as yet unavailable.

■ 5.2 Production machines

The prominent application areas of hydraulic drives are presses. Numerous hydraulic concepts are in use. Digital cylinder drives are discussed for large presses in [27, 31]. In both cases, the gap between the discrete force levels of the digital cylinder system are compensated by continuous elements; in [27] by a proportional valve in [31] by a variable displacement pump. The latter drive is intended for very large forces (~10 MN) and powers (several MW).

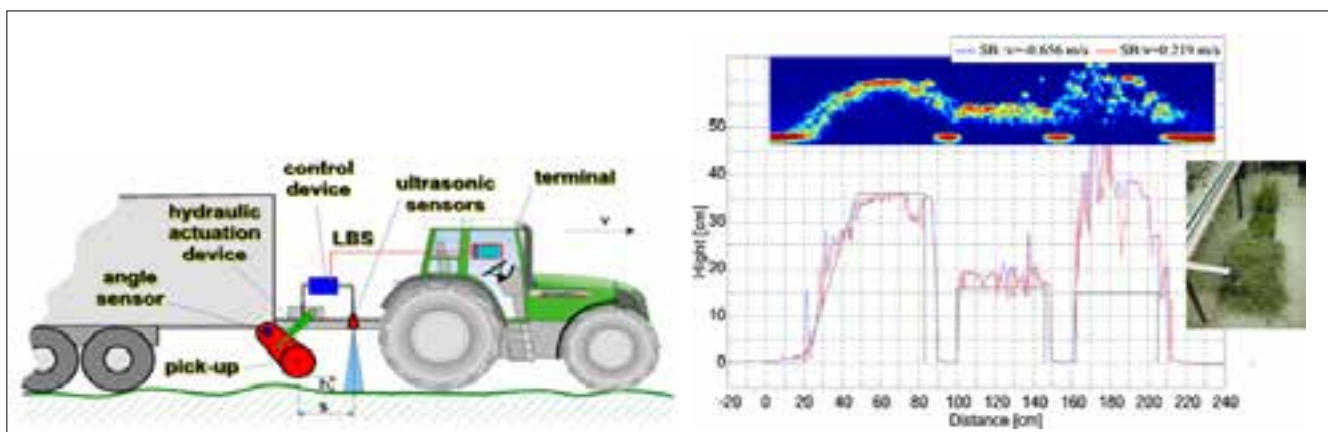


Figure 10. Automatic level control of a harvester pick-up [30]

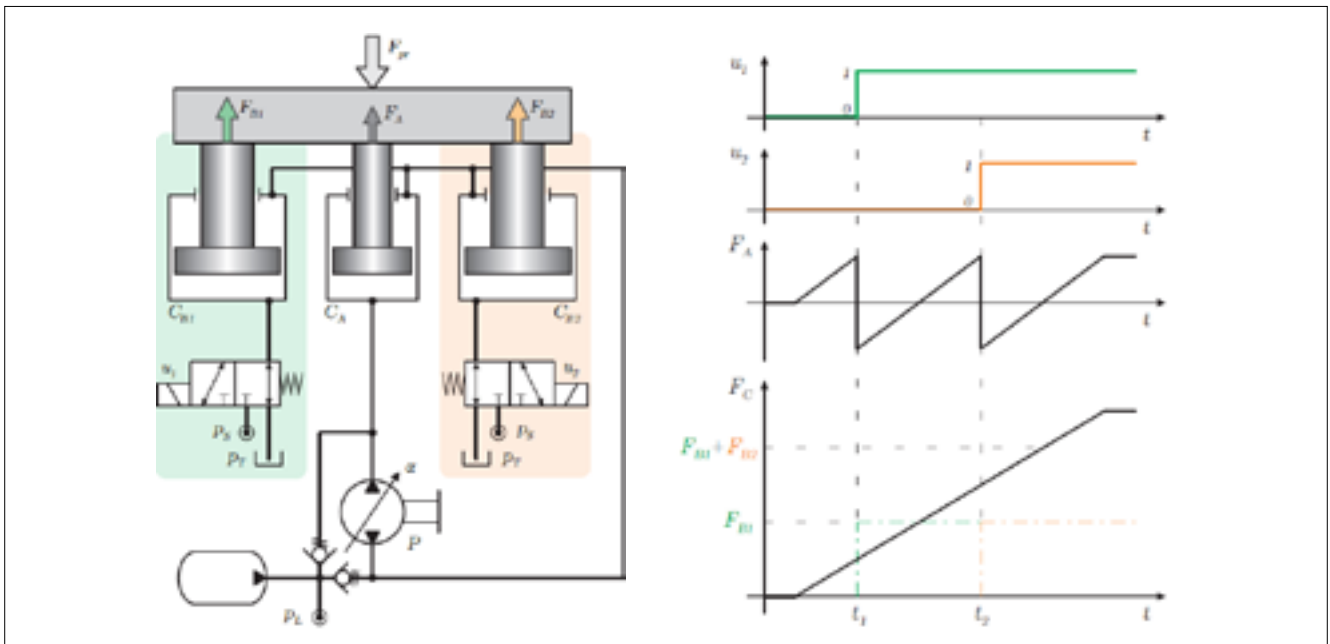


Figure 11. Concept of a hybrid press drive; if required, booster cylinders are switched on to increase force [31]

Pure primary motion control by variable displacement pumps requires a significant amount of large pumps on site, which is unfavourable and costly. The basic control intends primary pump control to define the motion and the digital (booster) control to generate high enough forces. This is an example of a mixed continuous and digital control. The concept is only useful if extreme

forces and power are required. In Section 2.3 a micro-positioning device for a milling machine was described. Hydraulics could be also be used to compensate other unwanted effects such as for instance, load or thermally induced deformations of machine tool structures or oscillations, such as mill chatter. For the latter passive, semi-active, and ac-

tive hydraulic methods might be employed. Switching control could be an option, e.g., in the form of the hydraulic stepper drive mentioned in Section 3.2 to save a positional sensor. Even for dynamic problems (e.g., mill chatter compensation) switching control could be used, e.g. to adjust the parameters of a passive compensator in a simple way.

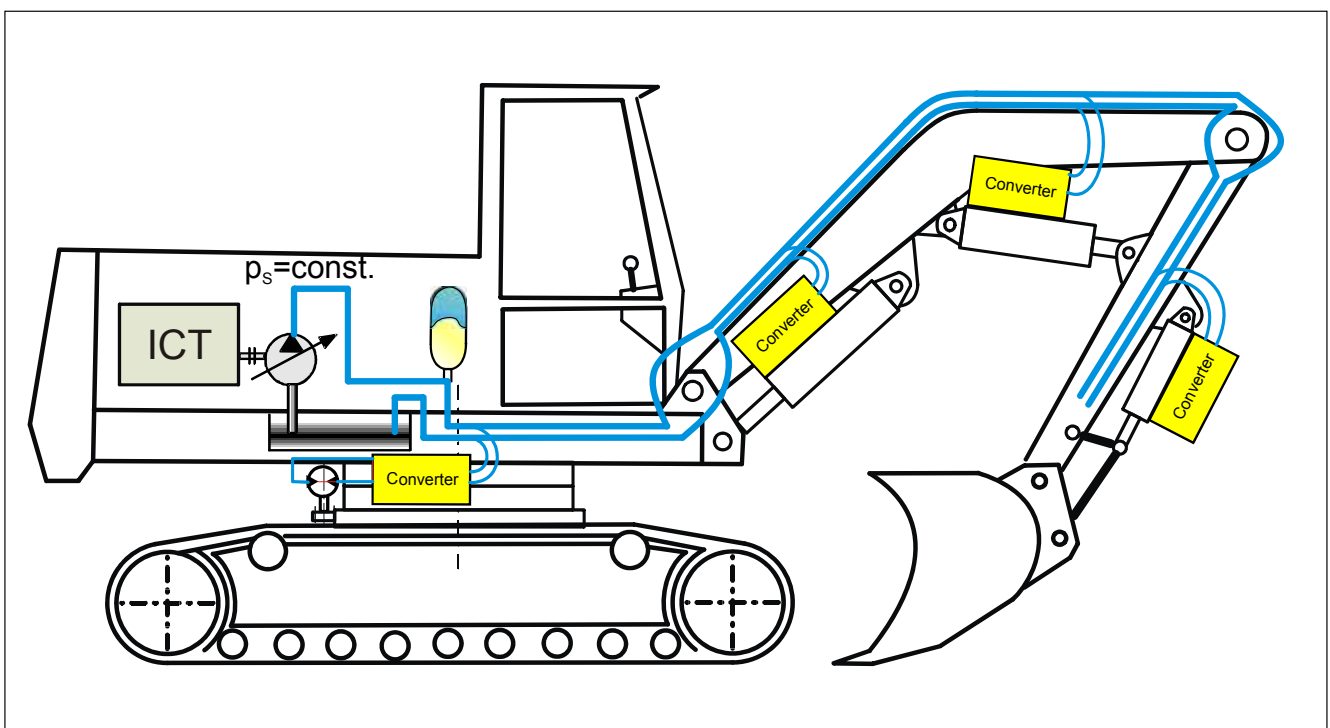


Figure 12. Constant pressure supply system with energy efficient switching converters for an excavator

There is no generic hydraulic switching control concept for a wide class of problems in machine tools but definitely many opportunities for realising superior solutions in specific cases.

■ 5.3 Vehicles

Earth moving machinery is an important branch for hydraulics. Energy saving, low cost solutions for smaller machines, high productivity for larger machines, and the compliance with exhaust emission standards (Tier regulations) are the dominating requirements of the current development. Several hybrid concepts also including electrical drives are under discussion. The potential energy or fuel savings from such concepts would be small (see, e.g. [32]).

From a conceptual viewpoint a constant pressure supply system with hydraulic transformers (or converters) for feeding hydraulic power to each consumer with low losses and energy recuperation ability is the conceptually simplest solution. Accumulators can store the energy, the prime mover (diesel engine) can run under optimum conditions which save fuel and favour low emissions, and high power is quickly available when needed, which improves productivity. Such a constant pressure supply system was proposed by P. Achten (see, e.g. [33]) for passenger cars with displacement machine type transformers. For excavators' switching converters such as the hydraulic buck- or resonance-converter, are attractive alternatives. A simple concept and straightforward control for the different actuators can be realised. Peak power can be taken from the accumulator, which serves mainly as device to store recuperated energy. This lowers the power requirements on the prime mover (Internal Combustion Engine). However, a practical application requires several conditions to be fulfilled; the more important are:

- cheap and robust components

(fast switching and check valves and accumulators) must be available,

- total machine investment costs to be only marginally higher and an economic benefit must be obvious, e.g. fuel cost savings, productivity increase,
- robust systems which can stand the harsh operating conditions of such machines,
- no other degradation compared to the state of the art such as for instance noise level.

These requirements are currently not met. Particularly cheap and practically proven key components are missing.

■ 6 Conclusion

This paper gives some overview about hydraulic switching control. Several applications have existed for years whilst others have been around for a short time. Many more concepts have been proposed and investigated but have not yet been applied because of insufficient components or missing system understanding.

Hydraulic switching control is not a silver bullet which can solve all existing problems in hydraulics and which will largely replace known solutions. It can be successful in several cases, provided the required components exist; a good concept is selected, and fits well to the remaining parts of the system. For switching control Bob Koski's general statement [34] about the main success factor for hydraulic drives is probably also valid: "The sake of hydraulics depends much more on qualified engineers in the machine, plant, and vehicle building industries who have sufficient hydraulics know-how, than on the innovative strength of fluid power industry." The hydraulic schematic, the control concept, the required operation scenarios, the sensor and communication systems, human machine interfacing, must be coherent with the performance and cost requirements, to obtain a su-

perior solution.

References

- [1] Achten, P.: Convicted to Innovation in Fluid power. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, September 1, 2010; vol. 224, 6: pp. 619-621.
- [2] Scheidl R., Linjama M., Schmidt S.: Is the future of fluid power digital? Proc IMechE Part I: J Systems and Control Engineering 226(6) 721-723.
- [3] Hörbiger H., Stahlplattenventil, DE 87267 A, filing date August 7., 1895, publication date July 8, 1896.
- [4] http://hoerbiger.mensalia.at/jart/prj3/hoerbiger_ebook_2012/data/uploads/deutsch/pdfs/HOE_KM_0212_48_49_Innovationen_D.pdf.
- [5] Plöckinger A., Winkler B., Föschum P., Scheidl R.: Digital Hydraulics for an Industrial Micro-Positioning System, The 9th International Fluid Power Conference, IFK 2014, March 24-26, 2014, Aachen, Germany.
- [6] <http://www.anger-machining.com/en>.
- [7] Brown F. T. Switched reactance hydraulics. Proceedings of the national conference on fluid power, NFPA, 1987, pp.25-33.
- [8] Brown F. T., Tentarelli S. C. and Ram Chandran S. A hydraulic rotary switched-inertance servo-transformer. ASME J. Dyn. Syst. Meas. Contr. 1988; 110(2): 144-150.
- [9] Scheidl R., Abo El Lail A. S., Schindler D.. On Fluid Power Control by Switching Techniques. In Acar, Makna, Penney (Eds.): Proc. Joint Hungarian-British Int. Mechatronics Conf., Sept. 21-23, Budapest, Computational Mechanics Publishers, Southampton, Boston, 1994, pp. 551-556.
- [10] Scheidl R., Schindler D., Riha G., Leitner W. Basics for the Energy-Efficient Control of Hydraulic Drives by Switching Techniques. In J. Lückel (ed.): Proc. 3rd Conference on Me-

- chatronics and Robotics, Oct. 4-6, Paderborn, Teubner, Stuttgart, 1995.
- [11] Scheidl R., Manhartgruber B., Kogler H., Winkler B., Mairhofer M. The Hydraulic Buck Converter – Concept and Experimental Results. Proc. 6th IFK, 6. International Fluid Power Conference, Dresden, 31.3.-2.4. 2008.
- [12] Kogler H. The Hydraulic Buck Converter - Conceptual Study and Experiments. ACCM Schriftenreihe Advances in Mechatronik, Bd. 16, Trauner Verlag, Linz, 2012.
- [13] Guglielmino E., Semini C., Kogler H., Scheidl R., Caldwell D.G. Power Hydraulics – Switched Mode Control of Hydraulic Actuation. Proc. 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2010), Oct. 18-22, 2010, Taipei, Taiwan.
- [14] Kogler H., Scheidl R. The hydraulic buck converter exploiting the load capacitance. Proc. 8th International Fluid Power Conference (8. IFK), March 26-28, 2012, Dresden, Germany, Vol. 2(3), pp. 297-309.
- [15] Negri V. D., Wang P., Plummer A., Johnston N.: Behavioural prediction of hydraulic step-up switching converters. International Journal of Fluid Power, 15:1, 1-9, DOI: 10.1080/14399776.2014.882057.
- [16] Pan, M., Johnston, N. and Hillis, A.: Active control of pressure pulsation in a switched inertance hydraulic system. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, 227 (7), pp. 610-620, 2013.
- [17] Johnston, N.: A Switched Inertance Device for Efficient Control of Pressure and Flow. ASME 2009 Dynamic Systems and Control Conference ASME 2009 Dynamic Systems and Control Conference, Volume 1, Hollywood, California, USA, October 12-14, 2009.
- [18] Pan M, Johnston N., Plummer A., Kudzma S. Hillis A.: Theoretical and experimental studies of a switched inertance hydraulic system including switching transition dynamics, non-linearity and leakage. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering November 2014 vol. 228 no. 10 802-815.
- [19] De Negri V. J, Wang P, Plummer A, et al. Behavioural prediction of step-up switched-inertance hydraulic control systems. International Journal of Fluid Power 2014; 15(1): 1-9.
- [20] Kloihofner H.: Entwicklung, Inbetriebnahme und experimentelle Untersuchung eines hydraulischen Mehrfach-Buck-Konverters. Master thesis Johannes Kepler University Linz, May 2015.
- [21] Riha G., Scheidl R.: Energy Efficient Switching Control by a Hydraulic "Resonance Converter, Bath Workshop on Power Transmission and Motion Control (PTMC 99), Bath, UK, September 1999.
- [22] Riha, G.: Beiträge zur Entwicklung eines energiesparenden hydraulischen Schaltkonverters. Doctoral thesis, University of Linz, 1998.
- [23] Gradl Chr., Kovacic I., Scheidl R.: Development of an energy saving hydraulic stepper drive. Proceedings of the 8th FPNI Ph.D Symposium on Fluid Power FPNI2014, June 11-13, 2014, Lappeenranta, Finland.
- [24] Kovacic, I.: Konstruktiver Entwurf und experimentelle Untersuchung einer hydraulischen Schrittsteuerung. Master thesis, Johannes Kepler University Linz, Austria, May 2015.
- [25] Gradl Chr., Plöckinger A., Scheidl R.: Sensorless Position Control with a Hydraulic Stepper Drive - Concept, Compression Modeling and Experimental Investigation. Submitted for publication to Mechatronics, Sept.2015.
- [26] Winkler B., Plöckinger A., Scheidl R.: State of the Art in Digital Valve Technology; Proc. of The Seventh Workshop on Digital Fluid Power, February 26-27, 2015, Linz, Austria.
- [27] Heemskerk E., Bonefeld R., Buschmann H.: Control of a Semi-Binary Hydraulic Four Chamber Cylinder, Proc. of The Fourteenth Scandinavian International Conference on Fluid Power, May 20-22, 2015, Tampere, Finland.
- [28] Überegger, M.: Entwicklung einer Niveauregelung für ein Frintmähwerk auf basis eines hydraulischen Hubwerkes. Master thesis, Johannes Kepler University Linz, 1997.
- [29] Winkler B.: Contributions to Automatic Level Control in Agricultural Machinery. Doctoral thesis, Johannes Kepler University Linz, 2004.
- [30] Winkler B., Scheidl R.: Automatic Level Control in Agricultural Machinery. In Proceedings of the 2nd International FPNI PhD Symposium on Fluid Power, Modena, Italy, 2002.
- [31] Meßner F., Scheidl R., Haas R., Gattringer H., Springer K.: A Combined Variable Displacement - Digital Cylinder Hydraulic Drive for Large Presses with High Operating Frequencies, submitted for publication to Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 2014.
- [32] Hiebl A., Scheidl R.: Energy Consumption and Efficiency Measurements of Different Excavators - Does Hybridization Pay? Submitted for publication in the Proceedings of the ASME/BATH Symposium on Fluid Power and Motion Control, FPMC2015, October 14-16, 2015, Chicago, Illinois, USA.
- [33] Achten P, Vael G.; Murrenhoff H., Kohmäscher T.; Inderelst M.: Low-emission Hydraulic Hybrid for Passenger Cars. ATZ 05/2009 Vol. 111.
- [34] Bob Koski: Oral statement given at the Scientific Forum 2004 of Fluid Power Net International, February 29 to March

Digitalna hidravlika na sodobnih pogonih in aktuatorjih

Razširjeni povzetek: Digitalna hidravlika je koncept izvedbe regulacije hidravličnega sistema, za katero je značilno ponavljajoče se vklapljanje enega ali več paralelno vezanih dvosmernih, dvopoložajnih (on/off) ventilov ob relativno visokih frekvencah in uporabi npr. pulznoširinske modulacije. Ta koncept regulacije, ki danes predstavlja alternativo tradicionalnemu krmiljenju s servo- ali proporcionalnimi ventili, zaradi tega imenujemo tudi hidravlična preklopna regulacija. Razen običajnih vklopno delujočih hidravličnih pretvornikov so bili ti sistemi obravnavani v številnih študijah in raziskavah. Zaradi prednosti, kot so npr. nizka cena, preprosta izvedba, visoka natančnost ali energetska učinkovitost, se tovrstni koncept regulacije uspešno uporablja tudi v praksi. Predlaganih in tudi raziskanih je bilo veliko različnih konceptov te tehnike, a se v praksi niso uveljavili zaradi trenutno še neprimernih gradnikov ali pa zaradi pomanjkanja razumevanja delovanja in prepoznavanja njihovih potencialov.

Prispevek sistematično podaja pregled najpomembnejših primerov uporabe tovrstnih vklopno delujočih pogonov: od običajnega hidravličnega vklopnega pretvornika do specifičnih rešitev, primernih za uporabo v napravah za mikropozicioniranje ali v hidravličnih koračnih pogonih. Podan je tudi odgovor na vprašanje, v kolikšni meri so tovrstni pogoni primerni za uporabo v t. i. kibernetsko-fizičnem okolju in v okviru koncepta »Industrie 4.0«.

Nekateri predstavljeni primeri tovrstne tehnike so znani in se uporabljajo že dolga leta, druge uspešne aplikacije so se pojavile šele pred kratkim. Med prve zagotovo sodi že dolga leta uporabljan ABS-sistem, ki je v zadnjih desetletjih postal del standardne opreme avtomobilov. Med uspešne aplikacije iz zadnjega obdobja pa zagotovo sodi uporaba digitalne hidravlike na področju aktuatorjev ter stacionarnih strojev in naprav: izvedba krmiljenja aktuatorja kompresorskih ventilov ali pa npr. modula za hidravlično mikropozicioniranje na obdelovalnih strojih. Vse bolj obetavna pa je uporaba tovrstne tehnike na področju poljedelskih in gradbenih strojev in ostala področja stacionarnih strojev in naprav, še posebej hidravličnih stiskalnic, vključno z različnimi pretvorniki in koračno delujočimi aktuatorji.

Ključne besede: hidravlika, preklopni ventili, preklopna digitalna hidravlika



EMERSON[™]
Process Management

ZASTOPA IN PRODAJA

ppt commerce d.o.o.

Celovška 334

1210 Ljubljana-Šentvid

Slovenija

tel.: +386 1 514 23 54

faks: +386 1 514 23 55

e-pošta: ppt_commerce@siol.net

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



BETTIS[™] pnevmatski in elektro aktuatorji

Modeliranje in simulacije tokovnih karakteristik hidravličnih batnih ventilov

Alen LJOKI, Jakob PINTAR, Jan RAK, Franc MAJDIČ, Anže ČELIK

Izvleček: V odprtih in zaprtih hidravličnih tokokrogih so batni ventili skorajda nepogrešljiv sestavni del. S funkcionalnega kot tudi s konstrukcijskega vidika jih delimo na ventile sedežnega in ventile drsniškega tipa. Poznavanje njihovih karakteristik je bistvenega pomena za pravilno izbiro pri vgradnji v hidravlični tokokrog. V fazi razvoja novega produkta, pa tudi za vrednotenje že obstoječih, uporaba virtualnih analiz (tj. trdnostnih, tokovnih ...) omogoča detajlni vpogled v obnašanje izdelka in vnaprejšnje napovedovanje njegovih karakteristik.

V prispevku je prikazan postopek gradnje simulacijskih modelov potnega ventila (tip KV), prelivnega ventila (tip VE) in delilnika toka (tip DTP); vsi omenjeni modeli so plod uspešnega sodelovanja med podjetjem Poclair Hydraulics, d. o. o., ter Laboratorijem za fluidno tehniko LFT (UL FS). Numerično modeliranje kakor tudi simulacije so potekale v enodimenzionalnem virtualnem okolju programskega paketa AMESim. Ključni parametri, potrebni za celovitejši popis realnih razmer v ventilih, so bili dobljeni na osnovi tridimenzionalne tokovne simulacije v programskem paketu ANSYS CFX. Eksperimentalno merjenje hidravličnih veličin je posledično služilo zgolj za vrednotenje oz. potrditev numeričnega pristopa.

Na osnovi umerjenih simulacijskih orodij so bile izdelane virtualne knjižnice za obravnavane družine ventilov. Slednje bodo omenjenemu podjetju služile kot pripomoček za boljše razumevanje delovanja posameznega izdelka kakor tudi pri njegovi integraciji v globalni hidravlični tokokrog.

Ključne besede: hidravlika, ventili, bati, tokovne sile, notranje puščanje, zaprti tokokrogi, drsniški tipi, sedežni tipi, modeliranje, simulacije

1 Uvod

Hidravlični batni drsniški ventili se uporabljajo v najrazličnejše namene: kot protipovratni ventili, potni ventili (posredno ali pa elektromagnetno prekrmljeni), omejevalniki tlaka, tokovni ventili, zavorni ventili idr. Uporabljajo se tako v odprtih (slika 1) kot tudi v zaprtih hidravličnih tokokrogih (slika 2).

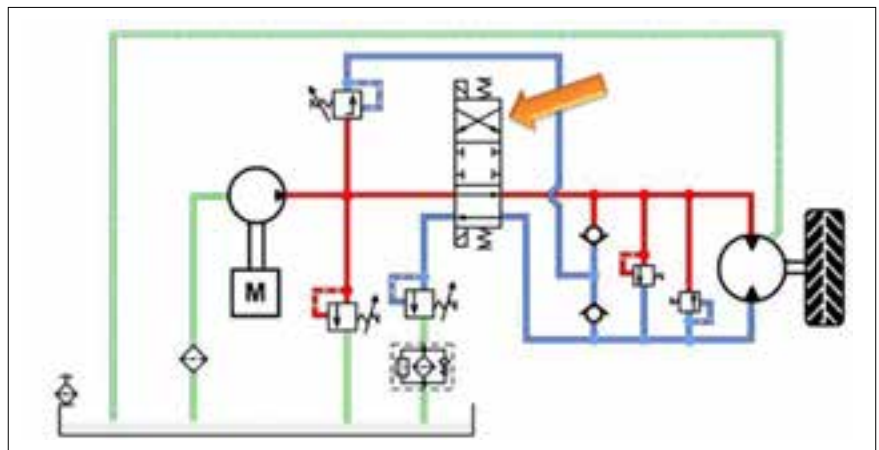
Glede na konstrukcijo in njihovo funkcijo se batni ventili delijo na

Alen Ljoki, dipl. inž., Jakob Pintar, dipl. inž., Jan Rak, univ. dipl. inž., doc. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., Vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; Anže Čelik, univ. dipl. inž., Poclair Hydraulics, d. o. o., Žiri

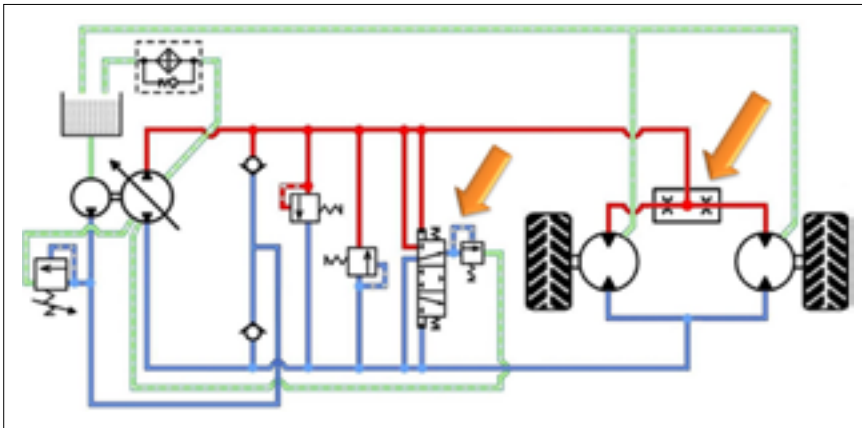
ventile sedežnega in drsniškega tipa (slika 3). Ena izmed pomembnejših razlik med obema tipoma ventilov je prav gotovo odzivni čas, ki ga pogojuje t. i. mrtvi gib bata oz. prekritje. Slednji je pri ventilu drsniškega tipa različen od nič, medtem ko je v primeru

sedežnega tipa ventila prekritje nično. Vsak od ventilov ima svoje prednosti in slabosti, izbiro pa praviloma določa način uporabe (tj. aplikacija).

Tokovne karakteristike hidravličnih (batnih) ventilov pogojujejo tlačne



Slika 1. Prikaz pozicije batnih drsniških ventilov v odprtih tokokrogih



Slika 2. Prikaz pozicije batnih drsniških ventilov v zaprtih tokokrogih

izgube v sistemih. V večini primerov se največje tlačne izgube oz. tlačni padci pojavijo pri pretoku hidravlične kapljevine skozi reže, ki predstavljajo lokalni (tj. singularni) tip izgub. Velikost reže pogojuje odprtje oz. pomik bata glede na izhodiščno lego.

Vnaprejšnje poznavanje karakteristik takšnih ventilov (npr. značilnice $\Delta p - Q$, močnostne karakteristike $p - Q$, odvisnost pomika bata od pretoka $x(Q)$ idr.) je bistvenega pomena za pravilno izbiro omenjenih sestavin pri vgradnji v hidravlični tokokrog. Dandanašnji pristop k vrednotenju karakteristik navadno poteka s pomočjo analitično-numeričnih računalniških orodij, in sicer v virtualnem okolju. Pri tem se izognemo predvsem časovno zamudnemu iterativnemu postopku testiranja prototipov oz. se končni realni preizkus izvede večinoma le

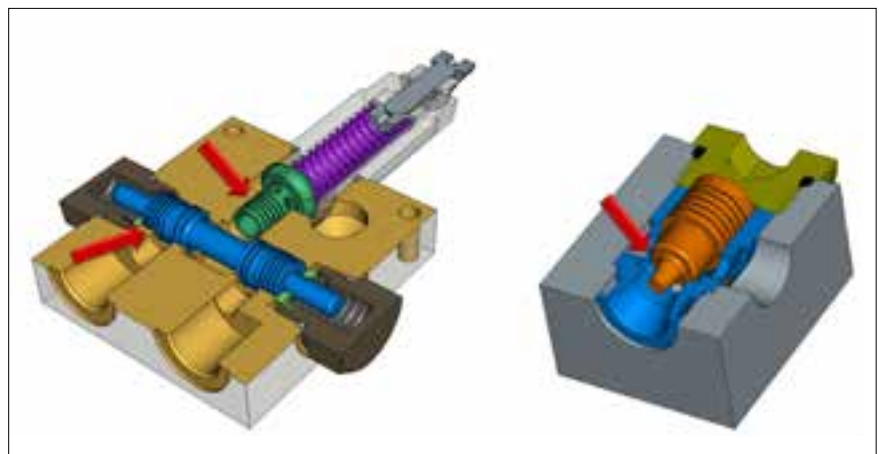
za overitev računskega pristopa (slika 4).

Glavna prednost uporabe simulacijskih orodij je (vnaprejšnje) poznavanje fizikalnih lastnosti obravnavane sestavine, ki bi jih bilo s preizkusom težko ali pa praktično

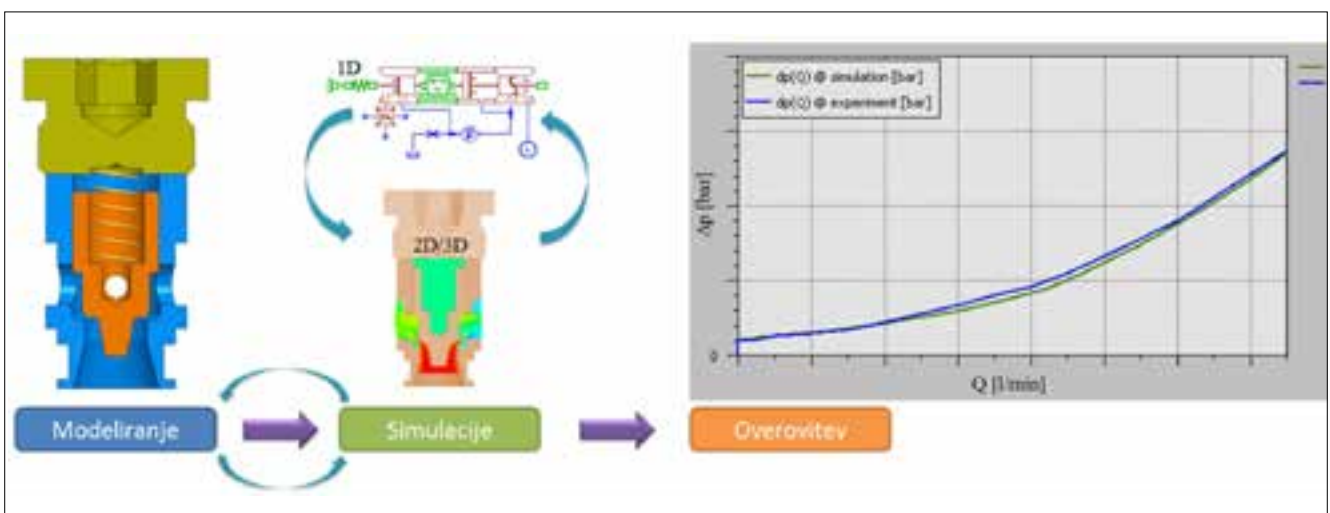
nemogoče ovrednotiti. Pri tem je mogoče relativno v kratkem času raziskati različne konstrukcijske rešitve in izbrati optimalno rešitev pri danih pogojih – vse v virtualnem okolju.

2 Numerično modeliranje

V nadaljevanju tega prispevka je prikazan postopek gradnje simulacijskih modelov potnega ventila, prelivnega ventila ter delilnika toka (slika 5). Numerično modeliranje in simulacije so potekali v enodimenzionalnem (1D) virtualnem okolju programskega paketa AMESim. Manjkajoči koeficienti, odvisni od hidravličnih razmer ter geometrije sestavin, pa so bili dobljeni na osnovi tridimenzionalne (3D) tokovne analize v programskem paketu ANSYS CFX.



Slika 3. Prikaz ventila drsniškega tipa (levo) in ventila sedežnega tipa (desno)



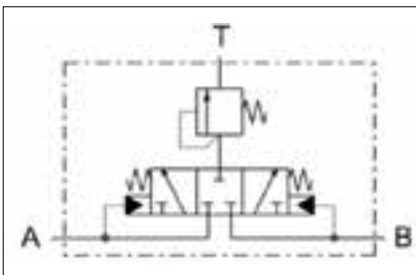
Slika 4. Overitev virtualnega pristopa z realnim preizkusom

2.1 Opis in umestitev posamezne komponente

Prelivni ventil in delilnik toka sta tipični sestavini zaprtega hidravličnega tokokroga, potni ventil pa je značilen predstavnik odprtega hidravličnega tokokroga. Slika 2 prikazuje globalno umestitev ventilov VE in DTP, slika 1 pa umestitev potnega ventila KV v odprtem hidravličnem tokokrogu.

2.1.1 Prelivni ventil (VE)

Osnovna funkcija izmenjevalnega ventila je sestav funkcije hidravlično krmiljenega potnega ventila ter nizkotlačnega omejevalnika tlaka (slika 6). Uporaba potnega ventila je nujno potrebna v zaprtem tokokrogu, in sicer zaradi odvoda vročega olja iz nizkotlačne veje sistema.



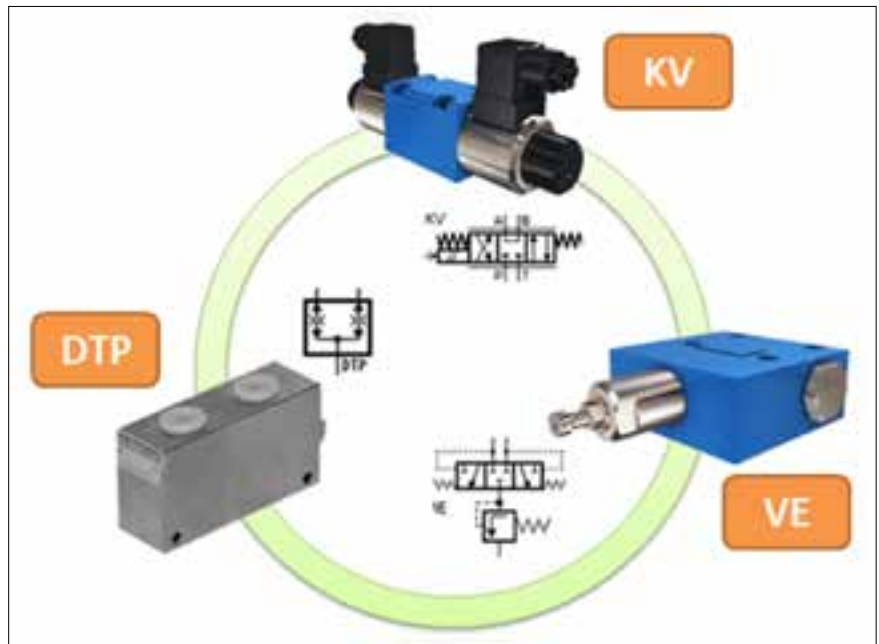
Slika 6. Hidravlični simbol prelivnega ventila VE

Hidravlično krmiljeni potni ventil (angl. selector spool) določa povezavo med nizkotlačno vejo sistema in rezervoarjem. Osnovna funkcija nizkotlačnega omejevalnika tlaka (angl. low pressure relief valve – LPRV) je omejevanje najvišjega delovnega tlaka na (nizkotlačni) vhodni veji. Naziv »nizkotlačni« se nanaša na delovno vrednost tlaka do 50 bar.

Družino prelivnih ventilov sestavljajo ventili VE10, VE30 ter VE60. Med seboj se, med drugim, razlikujejo po količini nominalnega pretoka. Tako se npr. oznaka VE30 nanaša na nominalni pretok (Q) 30 l/min.

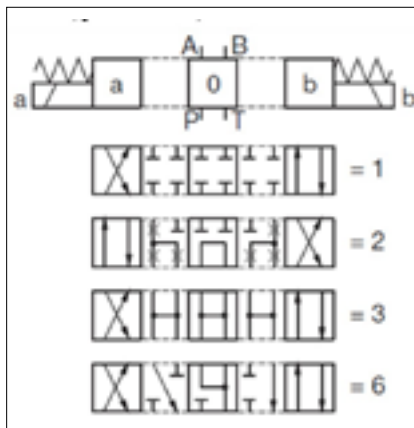
2.1.2 Potni ventil (KV)

Potni ventil tipa KV (z neposrednim elektromagnetnim prekrmljenjem) omogoča krmiljenje smeri toka hidravlične kapljavine. Slika 7 pri-

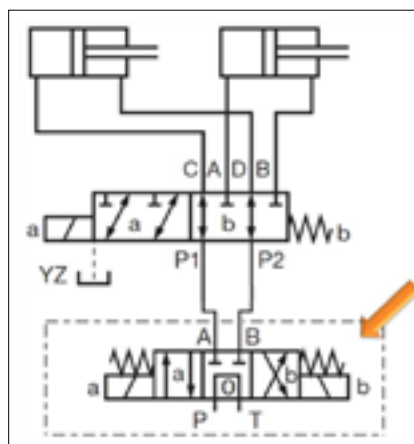


Slika 5. Obravnavane družine ventilov

kazuje hidravlični simbol potnega ventila s štirimi priključki in tremi pozicijami bata (tj. KV-4/3).



Slika 7. Nekateri hidravlični simboli potnega ventila KV [5]



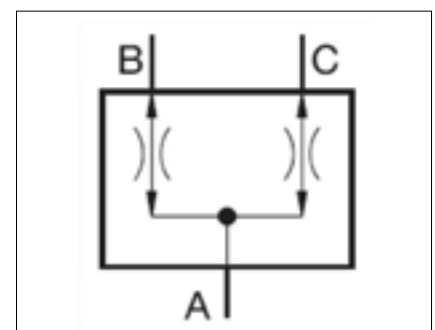
Slika 8. Umestitev potnega ventila KV v odprtem hidravličnem tokokrogu [5]

Potni ventil v osnovi sestavljajo ohišje, krmiljeni bat, eden oz. dva elektromagneta ter pripadajoči vzmeti. Elektromagnet omogoča krmiljenje bata iz osnovne pozicije (0) v eno izmed skrajnih leg (a ali b). Pri tem je vzpostavljena povezava med priključki A, B, P in T z ozirom na tip bata.

Slika 8 prikazuje umestitev potnega ventila KV v odprtem hidravličnem tokokrogu.

2.1.3 Delilnik toka (DTP)

Delilnik toka tipa DTP omogoča funkcijo delitve in združevanja toka hidravlične kapljavine, in sicer neodvisno od tlaka na posameznem priključku. Vgrajeni mehanizem deli tok v smeri A proti priključkom B in C ter združuje v smeri B in C pro-



Slika 9. Hidravlični simbol delilnika toka DTP [4]



Slika 10. Diskretni 1D-model krmilnega bata z ozirom na 3D-model

ti priključku A. Razmerje delitve in združevanja je 50 % : 50 %. Slika 9 prikazuje hidravlični simbol delilnika toka.

Pri pretoku kapljevine preko nenastavljive dušilke je tlak na vstopu v dušilko višji od tlaka na izhodu. Tlačni padec je odvisen od kapljevine, geometrije dušilke in pretoka. Pri določeni kapljevini in dušilki je tlačni padec torej sorazmeren pretoku. Omenjena povezava se s pridom izkorišča pri delilniku toka. Osnova delovanja temelji na vzdrževanju enakega tlačnega padca na nenastavljivih dušilkah obeh batov [3]. Primer umestitve delilnika toka v globalnem hidravličnem tokokrogu je prikazan na sliki 2.

2.2 1D-pristop

Za potrebe numeričnih modelov ventilov so bili tridimenzionalni ventili (t. i. zvezni sistem) razčlenjeni na posamezne enodimenzionalne elemente (t. i. diskretni sistem), ki vplivajo na njihove hidravlično-mehanske značilnosti. Osnovni gradniki fizikalnega modela (s pripadajočimi matematičnimi modeli) so podani v knjižnicah programskega paketa AMESim oz. jih lahko uporabnik izdelava tudi sam. Slika 10 prikazuje primer numerično popisanega modela krmilnega bata. Vsaka sestavina v numeričnem modelu celotnega ventila s svojimi lastnostmi predstavlja dejanski posamični element ali del elementa v dejanskem ventilu. Vhodne parametre teh sestavin je možno uporabniško prilagajati (npr.: masa bata, koeficient vzmeti, koeficient pretoka skozi značilen prehod itd.).

2.3 Opis in predstavitev ključnih parametrov

Poleg pravilnega popisa geometrijskih dimenzij hidravlične sestavine je potrebno ovrednotiti tudi t. i. tokovne parametre – tj. parametre, ki vplivajo na delovanje obravnavane sestavine. S pomočjo variacije vhodnih parametrov znotraj sestavine se lahko izločijo tisti, ki imajo največji vpliv na hidravlično-mehanske lastnosti.

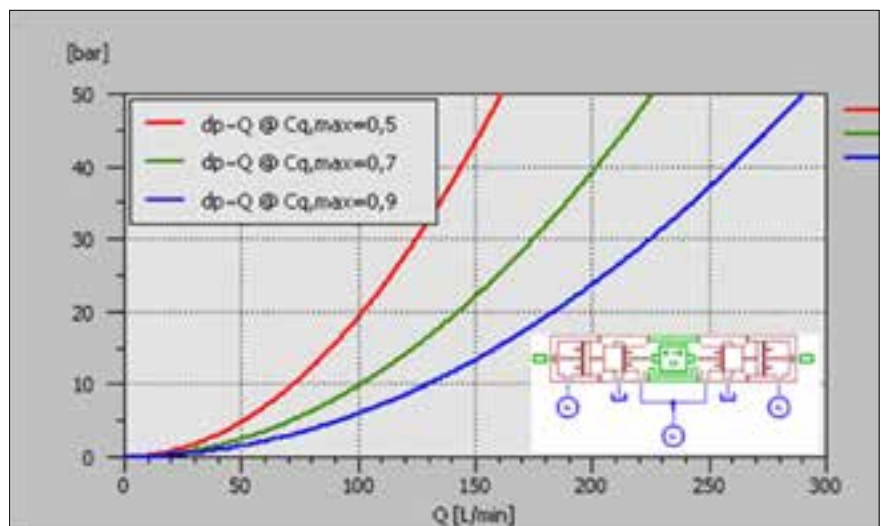
Za popis hidravličnih razmer v ventilu imajo navadno največji vpliv sledeči tokovni parametri:

- koeficient pretoka (C_q) opisuje razmerje med razliko tlakov (Δp) in pretokom (Q) skozi režo; je brezdimenzijsko število, navadno velikosti med 0 in 1.
- koeficient tokovne sile (k_{jet}) je brezdimenzijsko število, ki opredeljuje velikost tokovne sile (F_{jet}); omenjeni koeficient je navadno velikosti med 0 in 1.

- tokovno število (λ) opredeljuje oz. razmejuje laminarne in turbulentne razmere; je brezdimenzijsko število, večje od 0. Navadno je izraženo v odvisnosti od koeficienta pretoka – za visoke vrednosti λ je namreč C_q približno konstanten ($\rightarrow C_{q,max}$)

Zahvaljujoč občutljivostni 1D-numerični analizi se izkaže, da ima v primeru hidravličnega delilnika toka, prelivnega ventila in potnega ventila velik vpliv samo koeficient pretoka $C_{q,max}$, zato je bil slednji v nadaljevanju projekta podrobno obravnavan.

AMESim pri izračunavanju koeficienta pretoka C_q potrebuje le njegovo maksimalno vrednost, tj. vrednost v turbulentnem področju – $C_{q,max}$. Vmesne vrednosti so izračunane na osnovi interpolacije s funkcijo hiperbolični tangens (enačba 1). Razlog za slednje je v numerični stabilnosti izračuna.



Slika 11. Vrednotenje vpliva koeficienta pretoka $C_{q,max}$

$$C_q = C_{q,max} \times \tanh\left(\frac{2 \times \lambda}{\lambda_{crit}}\right) \quad (1)$$

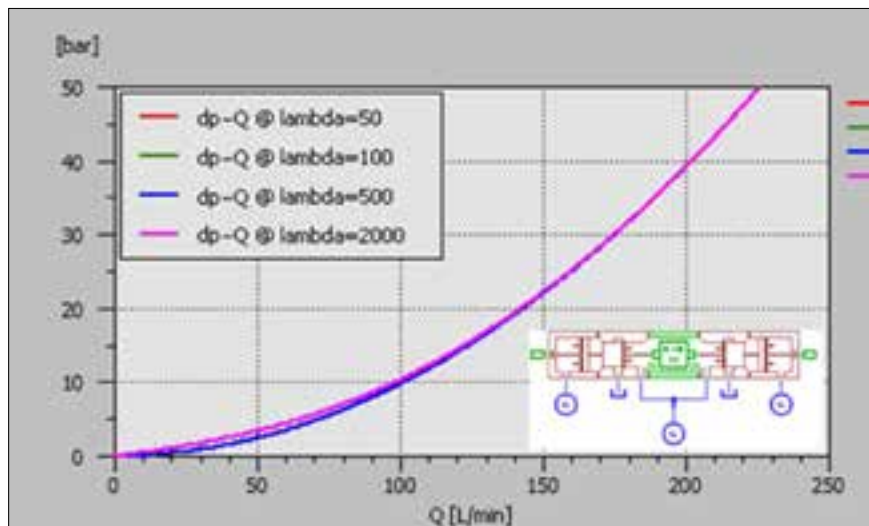
pri čemer je λ_{crit} kritično tokovno število – to je število, pri katerem koeficient pretoka C_q doseže približno 96% maksimalne vrednosti.

Slika 11 prikazuje vpliv koeficienta pretoka $C_{q,max}$ na poenostavljenem modelu hidravlično krmiljenega potnega ventila. Jasno je razviden vpliv koeficienta pretoka na karakteristiko $\Delta p - Q$. Detajlno vrednotenje tega koeficienta je tako bistvenega pomena.

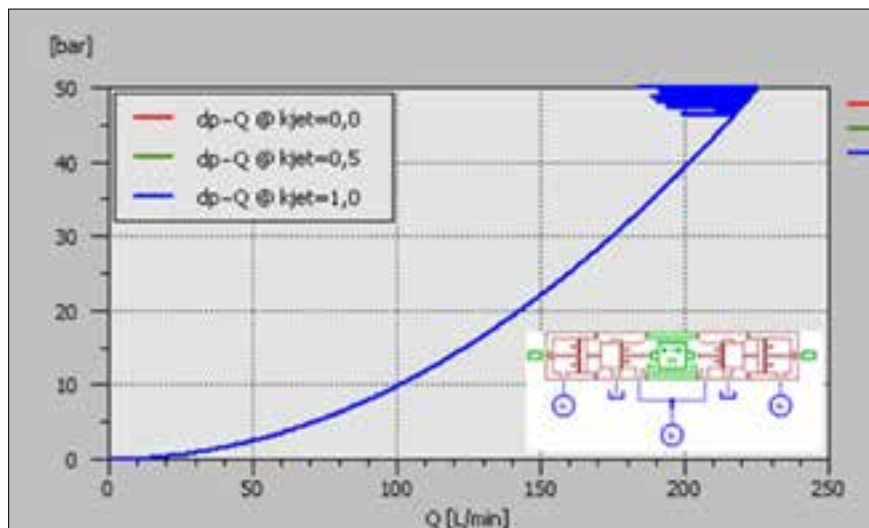
Vpliv tokovnega števila λ prikazuje slika 12. Razvidno je, da omenjeni koeficient v danem območju bistveno ne vpliva na karakteristiko $\Delta p - Q$ (šele pri visoki vrednosti tega koeficienta se ta nekoliko razlikuje glede na karakteristike, dobljene pri ostalih vrednostih koeficientov λ). To je tudi tehten razlog, da se v nadaljevanju ne bo podrobneje obravnaval. Ker se krivulje na sliki 12 prekrivajo, sta posledično vidni le dve – za vrednosti $\lambda=500$ ter $\lambda=2000$.

Slika 13 prikazuje vpliv koeficienta tokovne sile na karakteristiko $\Delta p - Q$. Razvidno je, da ta koeficient v širšem razponu ne vpliva na omenjeno karakteristiko, ima pa vpliv pri skrajnih mejah karakteristike. To se odraža na močnostni karakteristiki $p - Q$. Krivulje na sliki 13 se prekrivajo, zato je posledično vidna le ena – za vrednost $k_{jet}=1,0$.

Tokovna sila (F_{jet}), točneje aksialna komponenta, namreč vedno deluje v nasprotni smeri sile, ki je potrebna za premik bata v skrajno lego (slika



Slika 12. Vrednotenje vpliva tokovnega števila λ

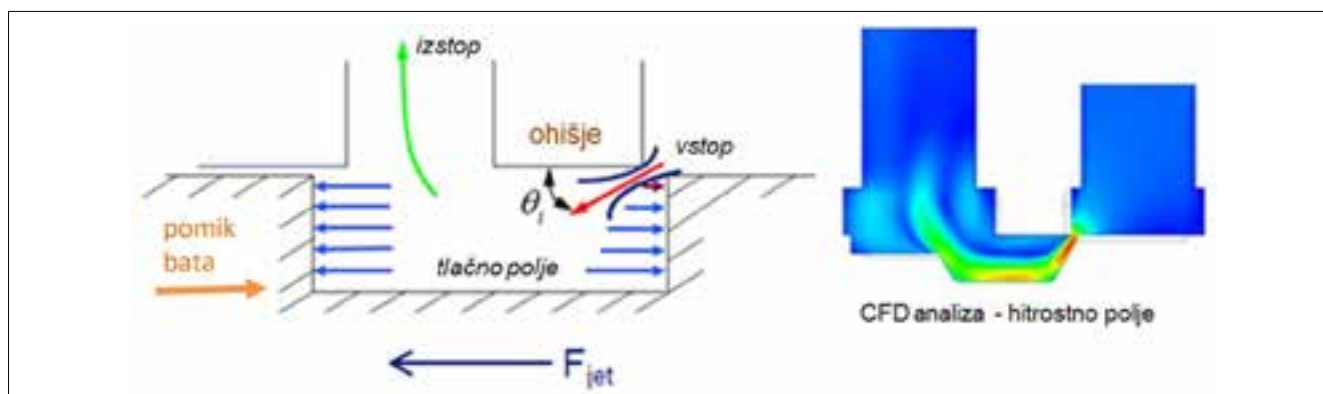


Slika 13. Vrednotenje vpliva koeficienta tokovne sile k_{jet}

14). Tokovna sila posledično vedno zapira režo oz. zmanjšuje efektivno pretočno površino.

Razlog za omenjeno delovanje tokovne sile je v porazdelitvi tlačnega polja v komori med ohišjem in

batom. Nehomogena porazdelitev tlaka ima ozadje v pretvorbi potencialne energije v kinetično energijo kapljevine – slednje se praviloma odraža v visoki vstopni hitrosti kapljevine. To je prikazano tudi s pomočjo CFD-analize na sliki 14.



Slika 14. Prikaz vpliva tokovne sile [2]

2.4 3D-pristop

Zaradi znatne odvisnosti koeficienta pretoka $C_{q,max}$ na karakteristiko $\Delta p - Q$ je bil v nadaljevanju ta koeficient ovrednoten s pomočjo 3D-tokovne analize. Tokovna analiza je alternativa eksperimentalnemu pristopu, ki pa je časovno precej bolj potraten, vprašljiva pa je tudi ponovljivost rezultatov. Razlog za 3D-numerični pristop je v neposredni povezavi geometrije sestava in tokovnega koeficienta. Pričakujemo, da se bo koeficient $C_{q,max}$ spreminjal s spreminjanjem geometrije pretočnega preseka (npr. s pozicijo bata).

Ker sestavine, ki jih ponuja AMESim v svojih standardnih knjižnicah, ne omogočajo spremenljivega koefici-

enta pretoka, so bile v ta namen izdelane sestavine v modulu AMESet (slika 15). Uporabniško izdelane sestavine pa omogočajo popis parametra C_q kot odvisno spremenljivko – npr. v odvisnosti od giba bata $\rightarrow C_q(x)$. Posledično tako ni potrebno več operirati s koeficientom $C_{q,max}$, pač pa s spremenljivko C_q .

Preostala parametra (tj. kjet in λ) sta v primeru popisa potnega ventila KV ostala nespremenjena oz. sta se upoštevali njuni programsko prednastavljeni vrednosti.

Tipičen potek 3D-numerične analize poteka takole:

- Najprej izdelamo numerični model (t. i. *pre-processing*), nato uvozimo 3D-geometrijo, jo mre-

žimo, postavimo robne pogoje, definiramo kapljevino idr.

- Sledi preračun (t. i. *processing*) oz. reševanje povprečenih Navier-Stokesovih enačb (RANS).
- Na koncu vrednotimo še rezultate (t. i. *post-processing*).

3D-numerični pristop je potekal v programskem paketu Ansys CFX. Kratek opis posameznih korakov med gradnjo numeričnega modela je podan v nadaljevanju.

2.4.1 Mreženje

Prvi mreženju so bili uporabljeni volumnski elementi, in sicer tristrane piramide (oz. t. i. tetraedri). Potrebno je bilo zagotoviti dovolj gosto mrežo za pridobitev natančnih rezultatov v realnem času. Na vseh zoženih predelih (tj. režah in odprtinah) smo zagotovili vsaj 10 volumnskih elementov po preseku. Poleg tega smo uporabili »inflacijo«, s čimer smo še dodatno povečali število elementov na ozkih predelih. Slika 16 prikazuje primer mreže v delnem prerezu geometrije (vod P–A pri ventilu s krmilnim batom 1).

Po mreženju smo preverili še kvaliteto mreže in jo po potrebi izboljšali. Kvaliteta se je med drugim preverjala po t. i. »kriteriju Skewness«.

2.4.2 Mreženje

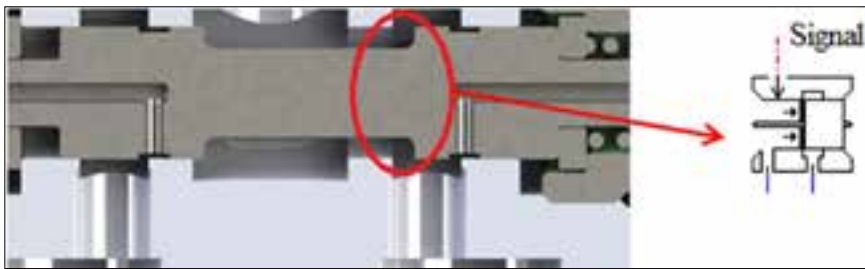
Robni pogoji so bili trije, in sicer:

- v prvem smo definirali stene (t. i. *wall*),
- v drugem vstop kapljevine (t. i. *inlet*),
- v tretjem pa še izstop kapljevine (t. i. *outlet*).

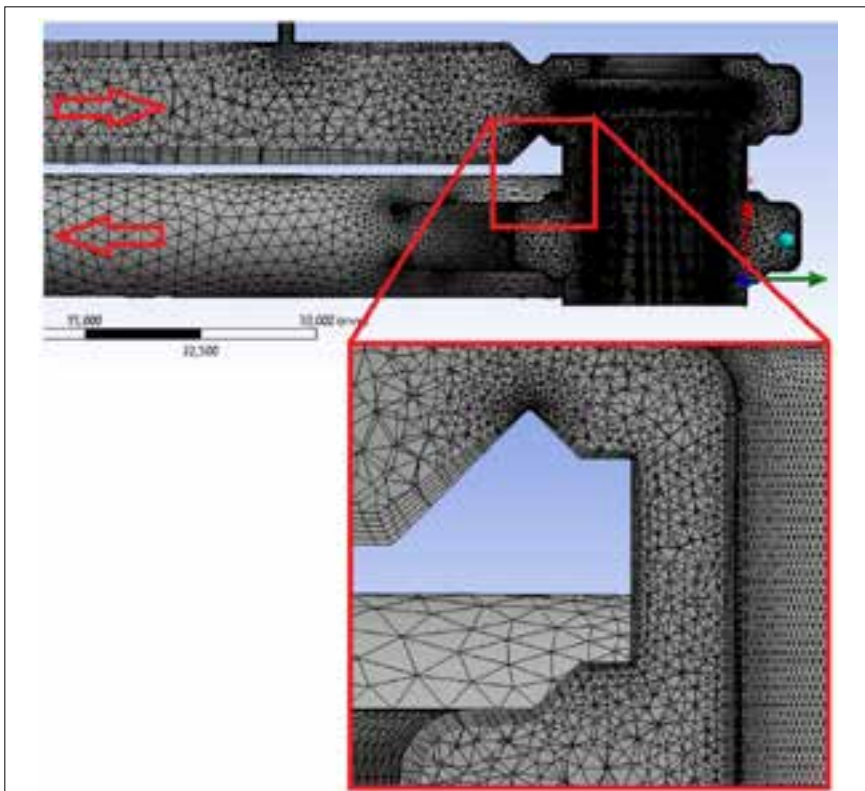
2.4.3 Definicija kapljevine

Pri vseh simulacijah je bila uporabljena standardna kapljevina ISO VG 46 z naslednjimi fizikalnimi lastnostmi:

- referenčna temperatura: 40 °C,
- referenčni tlak: 1 bar,
- gostota: 880 kg/m³,
- dinamična viskoznost: 0,048048 Pa*s,
- toplotna kapaciteta: 1966 J/(kg*K),
- molska masa: 300 kg/(kmol).



Slika 15. Primer standardnega elementa iz knjižnice z dodatnim vstopnim signalom



Slika 16. Prikaz primera delnega prereza mreže (KV-4/3-5KO-6-1 – vod P–A)

■ 3 Rezultati simulacij

■ 3.1 Overovitev 3D-numeričnega pristopa

Vrednotenje 3D-tokovnih simulacij je potekalo na osnovi primerjave z rezultati meritev. *Slika 17* prikazuje primerjavo normiranih rezultatov za karakteristike $\Delta p - Q$ med CFD-simulacijami in meritvami, in sicer za ventil KV-4/3-5KO-6-2. V splošnem velja, da so bile v primeru simetrije ventila simulacije izvedene le za polovico (tj. eno stran) ventila.

S slike je razvidno, da so si vrednosti in karakteristike CFD-simulacij in meritev zelo podobne. Na enak način so se overili vsi rezultati CFD-simulacij za celotno serijo ventilov KV in VE.

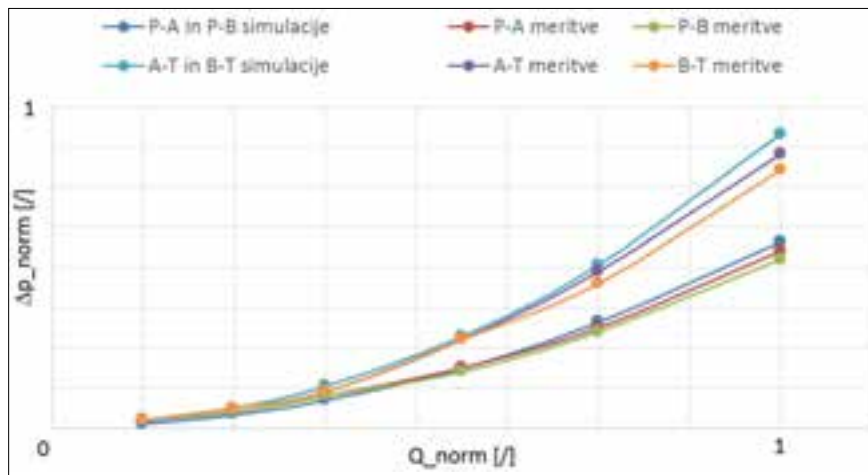
Ena izmed ključnih prednosti 3D-pristopa je tudi v tem, da nam slednji omogoča detajlni vpogled v notranje lokalno »dogajanje« v ventilu. Na osnovi detajlnega poznavanja je nadalje mogoča izboljšava oz. optimizacija ključnih območij v ventilu.

Poleg omenjenega nam 3D-pristop omogoča tudi popis spremenljivk, ki jih s klasičnim preizkusom praktično ni mogoče popisati (npr. že omenjeni tokovni koeficient, hitrostno polje, vrtnčenja, strižne napetosti idr.).

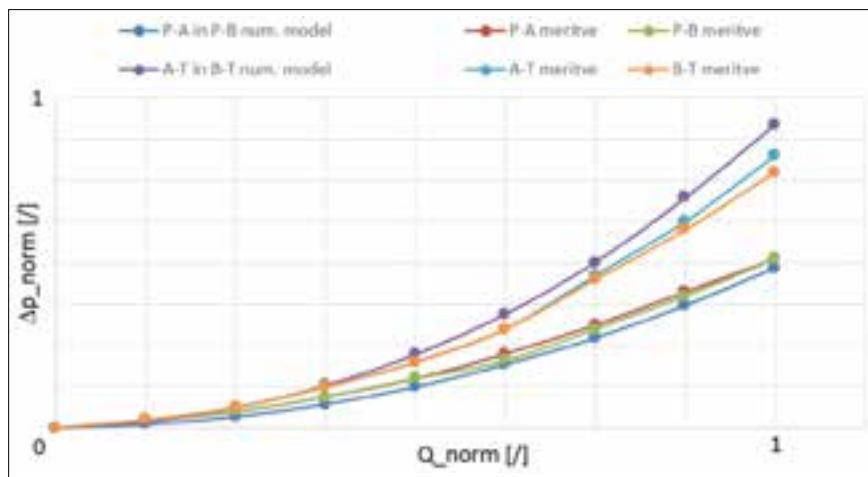
■ 3.2 Overovitev 1D-numeričnih modelov

Na osnovi overjenih rezultatov 3D-numeričnega pristopa so bili ti uporabljeni (oz. integrirani) v 1D-numeričnem modelu. Pri tem je bilo potrebno standardne sestavine nekoliko prilagoditi (*slika 15*).

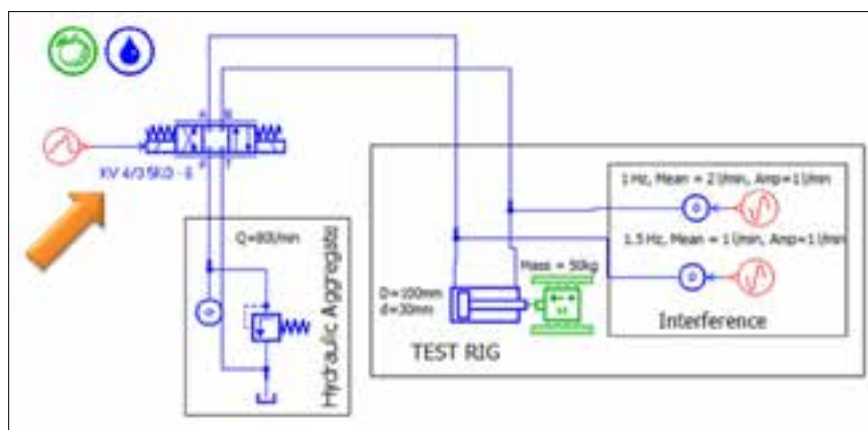
Verodostojen 1D-numerični model je mogoče v nadaljevanju s pridom izkoristiti tako za statične kot tudi za dinamične simulacije. Pri vrednotenju rezultatov lahko uporabnik izbira med katerimi koli razpoložljivimi spremenljivkami.



Slika 17. Primerjava karakteristik $\Delta p - Q$ med 3D-numeričnim in dejanskim ventilom



Slika 18. Primerjava karakteristik $\Delta p - Q$ med 1D-numeričnim in dejanskim

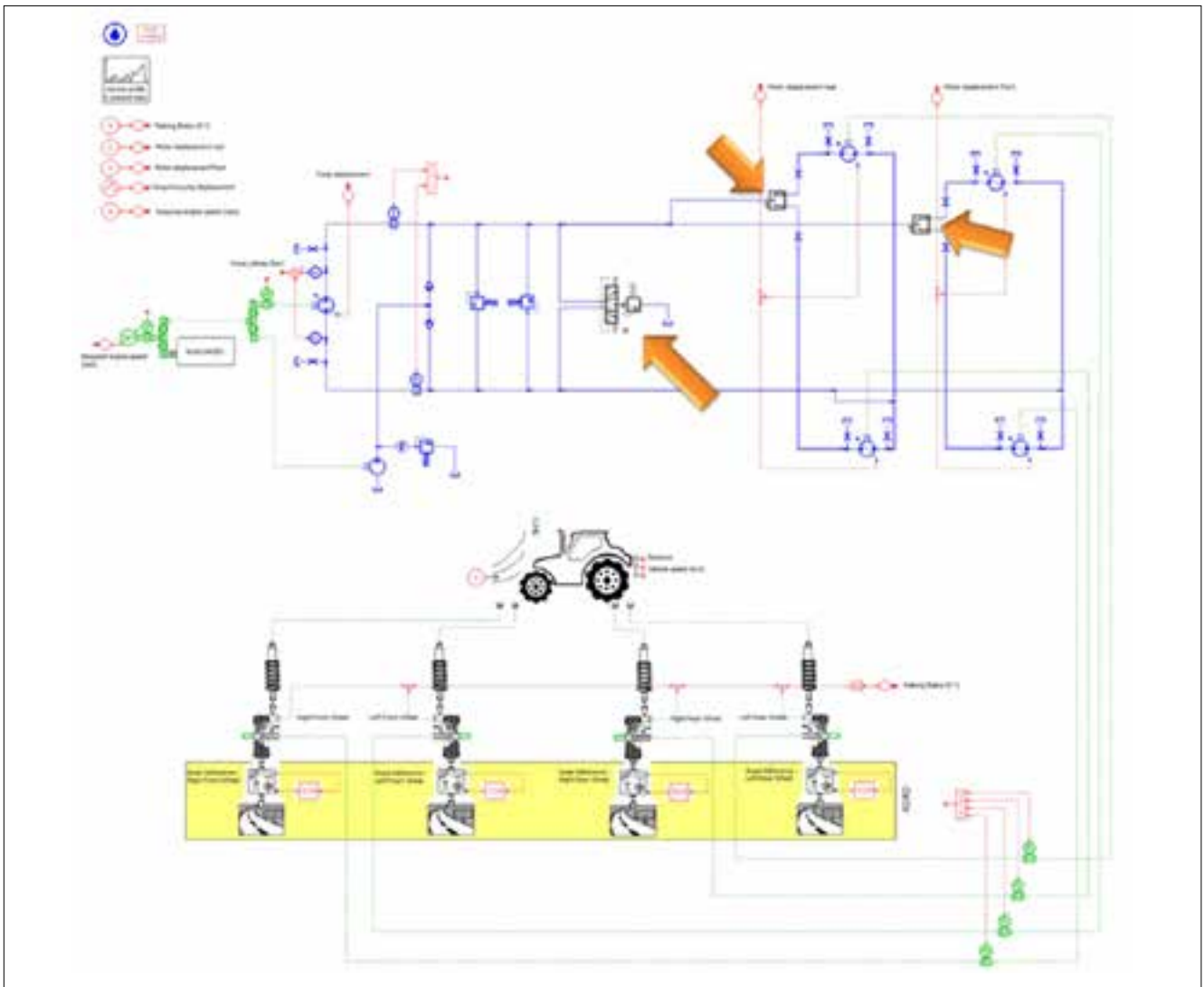


Slika 19. Vrednotenje stabilnosti numeričnega potnega ventila KV

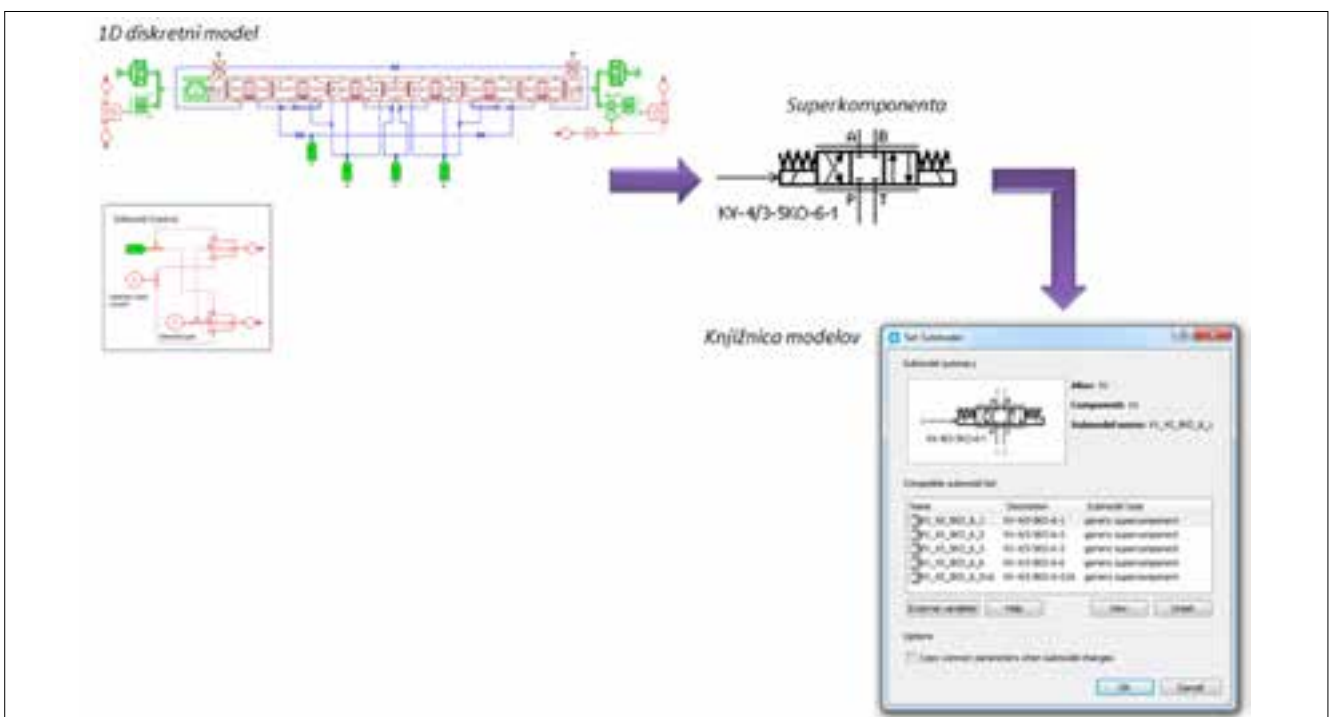
Slika 18 prikazuje primerjavo karakteristik $\Delta p - Q$ za ventil KV-4/3-5KO-6-2.

Pri vgradnji ventila v hidravlični tokokrog je bistvenega pomena tudi stabilnost modela. Vsi izdelani mo-

deli ventilov (KV, VE in DTP) so bili preizkušeni tudi v virtualnem hidravličnem tokokrogu. Za ventila DTP in VE je bil uporabljen zaprt hidravlični tokokrog (*slika 20*), za ventil KV pa odprt hidravlični tokokrog (*slika 19*).



Slika 20. Vrednotenje stabilnosti numeričnih ventilov DTP in VE



Slika 21. Proces gradnje knjižnice ventila KV

■ 4 Gradnja družine ventilov

Umerjene ventile iz posamezne družine je na to smiselno povezati v celoto oz. v t. i. »superkomponento«, ki je za uporabnika prijaznejša, predvsem pa preglednejša. Komponenta, ki predstavlja oz. povzema celotno družino, se nadalje vgradi v knjižnico – tako je komponenta (npr. na nivoju podjetja) dostopna komurkoli in kadarkoli (slika 21).

Za obravnavane družine ventilov DTP, KV in VE so bili izdelani sledeči modeli:

- delilnik toka DTP (nazivni pretok [l/min]): 10, 20, 35, 50, 70;
- potni ventil KV-4/3-5KO-6 (model krmilnega bata): 1, 2, 3, 6, 51 A;
- prelivni ventil VE (nazivni pretok [l/min]): 10, 30, 60.

■ 5 Zaključek

Iz prispevka je jasno razvidno, da so današnji izdelki kompleksni ne le v smislu geometrije, pač pa tudi vgradnje (robni pogoji, obremenitve), dinamičnega odziva, soodvisnosti od drugih vgrajenih sestavin idr. Nekdanji pristop z iterativnimi postopki izdelave/dodelave prototipov je tako z inženirskega vidika postal nesprejemljiv – predvsem zaradi številnih parametrov, ki vplivajo na konstrukcijo, delovanje ter odziv sestavine. Časovne zamudnosti in stroškovne plati na tem mestu niti ne bi omenjali.

Razvoj izdelkov v virtualnem okolju (slika 22) pa je sodoben pristop,

ki je praviloma usmerjen k razvoju tehnično izpopoljenih in cenovno najugodnejših rešitev. Simulacijska orodja omogočajo detajlno vrednotenje fizikalnih zakonitosti, z variacijo vhodnih parametrov je možno predvideti različne trende odziva, korekcije virtualnih modelov načeloma ne pogojujejo časovno zamudnega procesa (današnja komplementarnost orodij omogoča tudi asociativnost med različnimi tipi modelov – CAD, MKE, CFD idr.). Tak pristop je vzdržen tudi z ekonomskega vidika.

Pri uporabi simulacijskih orodij v zgodnji fazi razvoja izdelka je prihranek (na času in stroških) pravzaprav težko oceniti, saj ni povsem jasno razvidno, kolikim (neuspešnim) iteracijam smo se s takšnim pristopom izognili. Glede na pretekle izkušnje pa ni presenetljiv podatek, da gre tudi za nekajkrat hitrejši razvoj izdelka. Posledično pa tudi hitrejši čas prihoda na tržišče.

Ne glede na zgoraj povedano pa velja, da le verodostojno (tj. umerjeno) simulacijsko orodje lahko pripomore k pravilnemu razumevanju delovanja komponente/sistema ter posledično tudi k ustrezni konstrukciji.

Čas od koncepta do prototipa se je v zadnjem času bistveno skrajšal ravno zaradi razvoja simulacijskih programov. Z naprednimi algoritmi so se rezultati numeričnih modelov zelo približali realnim meritvam. S pomočjo numeričnih modelov lahko izločimo morebitne napake, ki bi

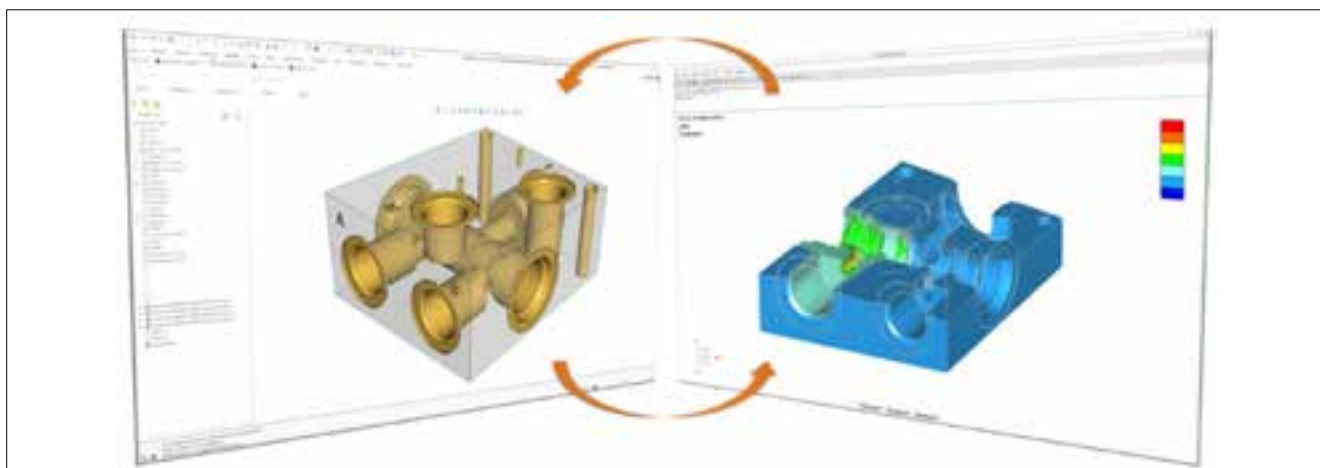
nastopile pri prototipu. Tako prihranimo pri izdelavi nepotrebnih prototipov.

S tem, ko se približamo laboratorijskim meritvam pri posameznem modelu ventila, lahko opazujemo tudi delovanje celotnega sistema. Namen projekta je bil izdelati numerične modele, ki bi bili dobro popisani in uporabni za nadaljnjo analizo. Tako bodo v podjetju lahko s pomočjo simulacije končnim kupcem določili sestavine za optimalno delovanje sistema.

Povečevanje števila uspešno zaključenih projektov v sodelovanju med univerzo in industrijo kaže na to, da je to tudi v prihodnje neizogibno. Teoretično in praktično znanje obeh strani prinaša krajši čas od ideje do množične proizvodnje izdelka. Na koncu se seveda tudi to odraža v prihranjenih sredstvih.

Literatura

- [1] Merrit, H. E.: Hydraulic control system, John Wiley and Sons, New York, 1967.
- [2] AMEHelp, rev. 11 SL1
- [3] Peternel, L.: Optimizacija hidravličnega delilnika/združevalnika toka, diplomsko delo, Ljubljana, 2012.
- [4] Poclain Hydraulics: Flow control valves; Hydraulic components: 2011.
- [5] Poclain Hydraulics: Directional control valves; Hydraulic components: 2011.
- [6] LMS Imagine AMESim, rev. 13 SL1.



Slika 22. Iterativni pristop v virtualnem okolju

Modelling and simulations of hydraulic spool valves flow characteristics

Abstract: Spool valves are almost indispensable components in open loop or closed loop hydraulic circuits. From the functional as well as from the constructional point of view, spool valves are separated into seat-type and spool-sliding type. It is essential to know their characteristics in order to choose the proper valve configuration for the integration into the hydraulic circuit. During the development phase as well as for the evaluation of existing products, virtual analyses (i.e. stress, flow, etc.) allow a detailed insight into the product response and predictions of its characteristics in advance.

This paper describes the process of building simulation (lumped) models of a directional control valve (KV type), an exchange valve (VE type) and a flow divider (DTP type). All models were made based on the successful cooperation between Poclairn Hydraulics d.o.o. and the Laboratory for Fluid Power and Controls at the University of Ljubljana. The numerical modelling and simulations were performed in a one-dimensional virtual environment within AMESim software. The key parameters required for a more comprehensive description of a real valve were obtained thanks to a three-dimensional flow simulation within Ansys Fluent. The experimental measurement of hydraulic variables was performed only to validate the given numerical approach.

Based on the calibrated simulation tools, new virtual hydraulic libraries were created for each considered family of valves. These will serve the company as a tool for a better understanding of single valve behaviour as well as for studying valve response in a hydraulic circuit.

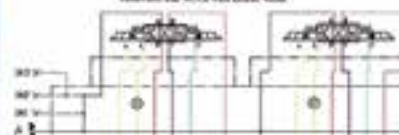
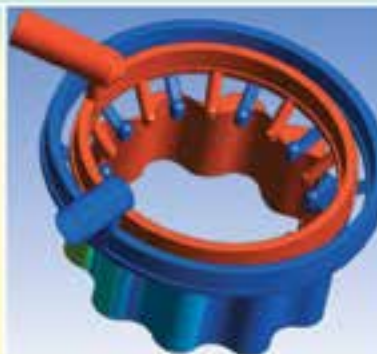
Keywords: hydraulics, valves, spools, flow forces, internal leakage, closed circuits, sliding types, seat types, modelling, simulations

LABORATORIJ ZA FLUIDNO TEHNIKO

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

Obrnite se na nas, če potrebujete:

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



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



Optimiranje tehnologije izdelave v redni proizvodnji

Peter ENIKO, Davorin KRAMAR

Izvleček: Prispevek obravnava optimizacijo postopka povrtavanja na CNC-obdelovalnem centru do te mere, da je nadzorovan postopek primeren za doseganje končnih geometrijskih specifikacij brez honanja. Za doseganje sistematičnih izboljšav tehnologije izdelave je bil izbran pregleden pristop z uporabo orodij kakovosti in načrtovanja eksperimentov. Eksperimentalni del se je izvajal v redni proizvodnji in je tako obsegal realne industrijske faktorje šuma, ki se pri laboratorijskem testiranju težko simulirajo. Raziskovanje vplivnih faktorjev in njihovih nivojev je temeljilo na pregledu stanja tehnike na področju povrtavanja. Nadzorovana tehnologija izdelave batne izvrtine brez honanja predstavlja izziv za doseganje specifikacij po konkurenčnih cenah.

Ključne besede: DOE, SPC, povrtavanje, optimizacija

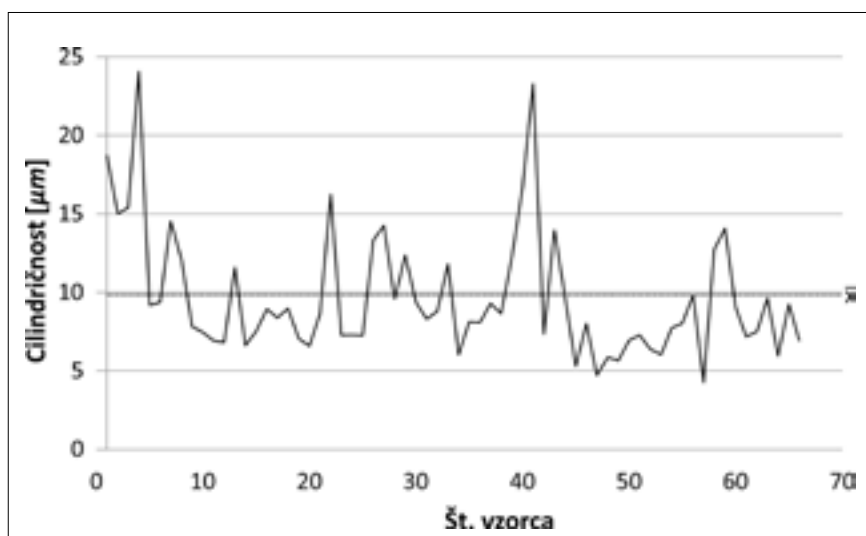
1 Uvod

Specifikacije batne izvrtine ohišja hidravličnega ventila predpisujejo končno mero cilindričnosti ϕ / $< 3 \mu\text{m}$ in hrapavost površine $Ra < 0,4 \mu\text{m}$. Honanje predstavlja proces izdelave, s katerim se dosega končne geometrijske zahteve in zahteva predhodno obdelavo na CNC-obdelovalnem centru z zaporednimi postopki odrezavanja: vrtanje, frezanje in povrtavanje. Prispevek obravnava optimizacijo postopka povrtavanja na CNC-obdelovalnem centru. Optimizacija se je izvajala z načrtovanjem eksperimentov (DOE – Design Of Experiments). Dobljeni multikriterijski optimizacijski model omogoča doseganje zahtevanih specifikacij batne izvrtine in poveča sposobnost procesa povrtavanja. Faktorji, ki so bili prepoznani kot ključni za doseganje specifikacij (tabela 1), so bili raziskani z eksperimentalnim delom. Raziskave na področju optimizacije procesa povrtavanja z

načrtovanjem eksperimentov kot numerične procesne spremenljivke upoštevajo vrtilno in podajalno hitrost [1]. Vplivi dobe obstojnosti svedra, frezala, materiala rezalnega orodja, materiala obdelovanca, držala rezalnega orodja, geometrije obdelovanca ter karakteristik HMT so bili v raziskovalnem delu zanemarjeni, ker so se eksperimenti izvajali na istem tipu izdelka, z materialom iz iste šarže ter z istim rezalnim orodjem. Obdelovalni parametri svedra in frezala se med eksperimentalnim delom niso spreminjali.

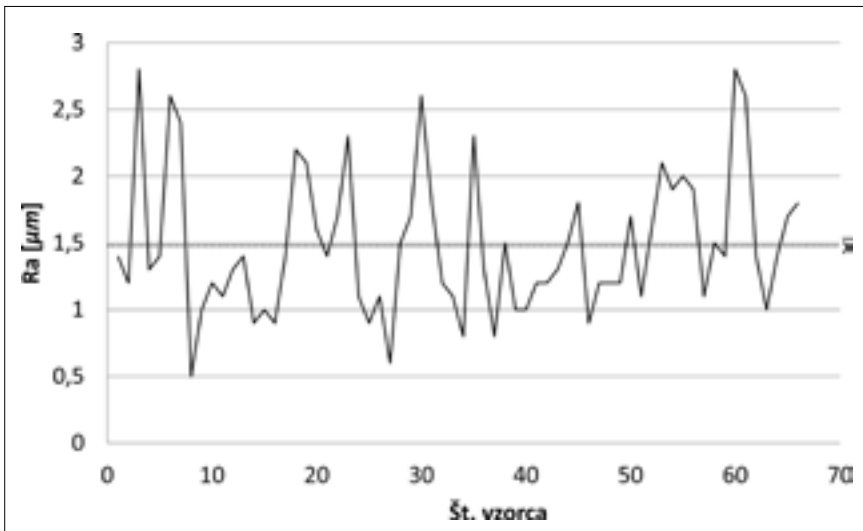
2 Pristop in metoda dela

Za doseganje sistematičnih izboljšav [1] tehnologije izdelave je bil izbran pregleden pristop z uporabo statističnega nadzora procesa (SPC) in DOE. Prvotna tehnologija izdelave predstavlja referenčni nivo za oceno izboljšav, ki so bile dosežene s strategijo eksperimentiranja kombinacij procesnih parametrov za izpolnjevanje specifikacij na stroškovno učinkovit način. Za doseganje želenega rezultata, ki vključuje omenjene faktorje, je bila uporabljena Taguchijeva ortogonalna matrika L12 [2]. Spre-



Slika 1. x-kontrolna karta hrapavosti površine Ra: spremljanje prvotnega procesa povrtavanja

Peter Eniko, univ. dipl. inž.,
MAPRO, d. o. o., Žiri; doc. dr.
Davorin Kramar, univ. dipl.
inž., Univerza v Ljubljani, Fa-
kulteta za strojništvo



Slika 2. *x*-kontrolna karta cilindričnosti: spremljanje prvotnega procesa povrtavanja

mljanje prvotnega postopka povrtavanja prikazujeta kontrolni karti SPC na *sliki 1* in *2*, iz katerih je razvidna slaba sposobnost procesa. Specifikaciji prvotnega procesa povrtavanja sta $Ra = 1,6 \mu\text{m}$ in cilindričnost $12 \mu\text{m}$. Za izboljšanje slabe sposobnosti procesa so potrebne izboljšave več točk tehnologije izdelave. Za njihovo učinkovito izvajanje je potreben pristop sistematičnega reševanja problemov.

2.1 Predeksperimenti

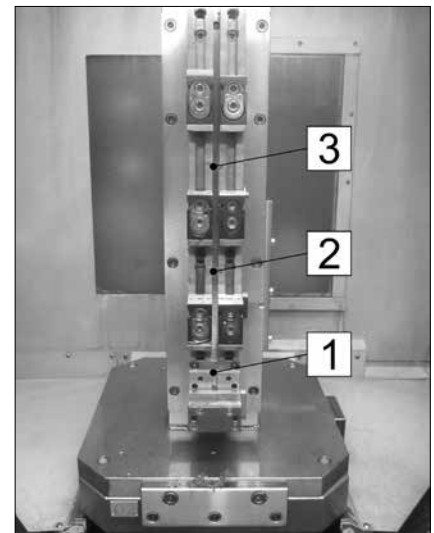
Sliki 1 in 2 prikazujeta spremljanje prvotnega postopka izdelave batne izvrtine na CNC-obdelovalnem centru. Meritve predstavljajo vzorčenje v polletni periodi. Iz vsake serije je

bilo vzeti 6 zaporedno izdelanih vzorcev. $Cpk_{Ra} = 0,07$ in $Cpk_{cilindričnost} = 0,18$ predstavljata slabo nadzorovano tehnologijo izdelave, ki zahteva sistematične izboljšave. Velik raztros meritev znotraj iste serije in odstopanje rezultatov med serijami kažeta na merilno neponovljivost. Na podlagi teh ugotovitev je bilo izvedeno merjenje vseh zaporedno izdelanih vzorcev znotraj iste serije. Iz meritev cilindričnosti /o/, ki so prikazane v *x*-kontrolni karti na *sliki 3*, so razvidne pomanjkljivosti vpenjalne naprave. Iz trenda meritev je razvidno odstopanje treh zaporedno izdelanih kosov.

Obstoječa vpenjalna naprava omogoča vpenjanje treh obdelovancev, kot prikazuje *slika 4*. Rezultati (*sli-*



Slika 3. *x*-kontrolna karta cilindričnosti: prikaz pomanjkljivosti vpenjalne naprave

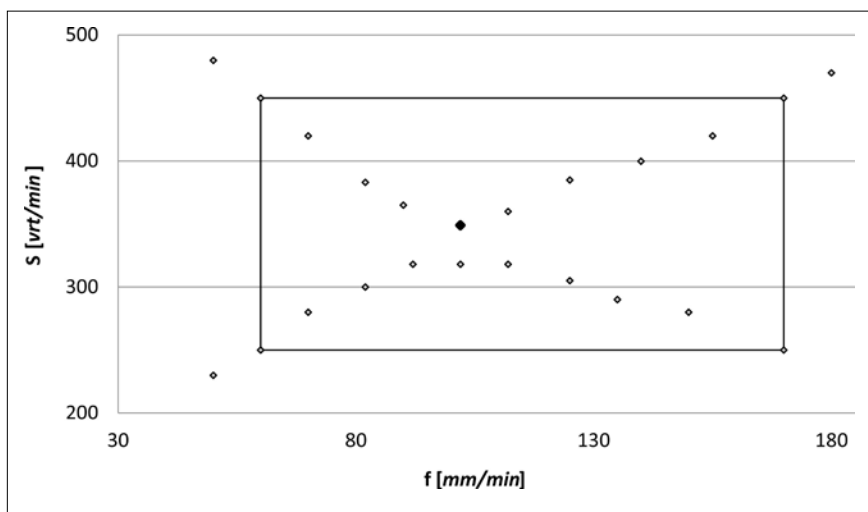


Slika 4. Vpenjalna naprava s tremi gnezdi

ka 3) kažejo, da edino gnezdo 1 zagotavlja ustrezno togost vpetja. Gnezdo 1 tako omogoča doseganje zahtevanih toleranc in ustrezno ponovljivost meritev. Gnezdi 2 in 3 sta bili zaradi neustrezne togosti, ki je vzrok slabe cilindričnosti in neponovljivosti meritev, izključeni iz nadaljnega eksperimentalnega dela, ki se je tako izvajalo samo na spodnjem gnezdu (*gnezdo 1, slika 4*).

Tehnološko okno povrtala je bilo določeno s predeksperimenti v redni proizvodnji. Uporabljeno je bilo povrtalo z dobo uporabe 250 min. Eksperimenti so se izvajali z začetne točke prvotno nastavljenih parametrov ($S = 250 \text{ vrt./min}$, $f = 100 \text{ mm/min}$; *slika 5*) v diagonalni smeri grafa S/f (*slika 5*). Ekstremne vrednosti tehnološkega okna (kvadrat na *sliki 5*) so bile določene s točko, ki predstavlja še sprejemljive obdelave. Takšen pristop je bil izbran, ker so eksperimenti potekali v redni proizvodnji, kjer izdelava neustreznih izdelkov ni sprejemljiva. Takšen pristop je primeren tudi za določanje tehnoloških oken ostalih konvencionalnih procesov obdelovanja maloserijskih proizvodnih procesov.

Kriterija določanja tehnološkega okna sta bila cilindričnost /o/ $< 4 \mu\text{m}$ in hrapavost površine $Ra < 1,4 \mu\text{m}$. Rezultati predeksperimentov so limite tehnološkega okna, ki so definirane v *tabeli 1* kot spodnji in zgornji nivo procesa povrtavanja.



Slika 5. Tehnološko okno procesa povrtavanja

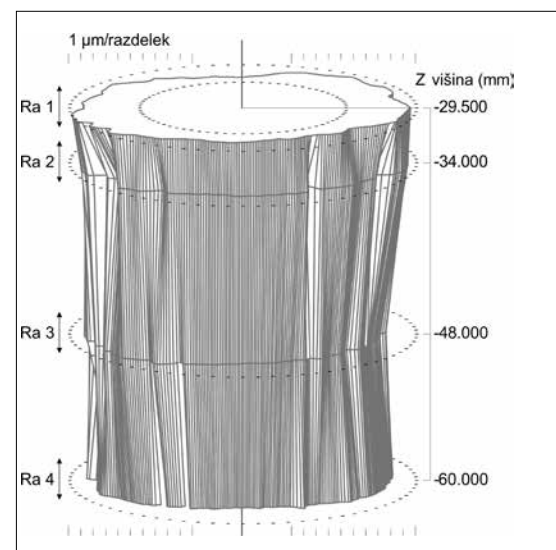
2.2 Priprava eksperimenta

Eksperimentalni del je bil izveden v redni proizvodnji in je tako vključeval realne faktorje šuma, ki se pri laboratorijskem testiranju običajno zanemarijo oziroma težko simulirajo. Dejavniki in njihovi nivoji so bili izbrani na podlagi pregleda sodobnih študij povrtavanja [1]. Eksperimenti so bili izvedeni s standardno Taguchijevo ortogonalno matriko L12 in analizirani z ANOVA. Z eksperimentalnim delom so bili raziskani vplivi časa obstojnosti povrtala, obdelovalnih parametrov (tabela 1) in pozicije vpetja na vpenjalni napravi na doseganje zahtevane cilindričnosti in površinske hrapavosti

batne izvrtine. Vsak eksperiment je bil ponovljen trikrat z namenom preverjanja stabilnosti procesa. Eksperimenti so se izvajali pri sobni temperaturi 23 °C s standardnim povrtalom DIN 8094B, premera 11,9 mm. Parametri tehnološkega okna so bili določeni s predeksperimenti, tako da sta vrednost in razpon vrednosti parametrov omogočala doseganje zahtevanih specifikacij. Razpon parametrov predstavljata nivo 1 in 2 v tabeli 1. Eksperimenti so se izvajali na CNC-obdelovalnem centru Mori Seiki NH 5000, katerega dodatna oprema omogoča spremljanje časa obstojnosti orodja v minutah. Obdelovanec je predstavljal kvader surovega železa GL 250 z dimenzijami 70 x 100 x 100 mm. Ma-

ksimalna doba obstojnosti povrtala, ki je bila določena z izkušnjami predhodnih serij, je bila 180 min. V obravnavanem eksperimentalnem delu je bilo uporabljeno povrtalo s 40 % daljšim časom obstojnosti. Pretečena doba delovanja uporabljenega povrtala je bila 250 min. Cilj uporabe takšnega povrtala je bil dokazati, da je moč doseči zahtevane specifikacije z daljšo dobo obstojnosti in tako ustvariti dodatne prihranke.

3 Merjenje cilindričnosti in hrapavosti površine batne izvrtine



Slika 6. Področja merjenja hrapavosti in krožnosti

Tabela 1. DOE in eksperimentalni rezultati

Eks. št.	Nivoji		Nastavljene vrednosti		Cilindričnost [μm]	Hrapavost površine Ra [μm]				Povprečna Ra [μm]
			f [mm/min]	S [vrt./min]		Ra1	Ra2	Ra3	Ra4	
1	1	1	60	250	1.99	0.1	0.2	0.2	0.1	0.15
2	1	1	60	250	2.34	0.2	0.2	0.4	0.3	0.275
3	1	1	60	250	2.24	0.1	0.1	0.2	0.3	0.175
4	1	2	60	450	2.83	0.2	0.2	0.3	0.2	0.225
5	1	2	60	450	2.36	0.3	0.2	0.2	0.2	0.225
6	1	2	60	450	2.95	0.1	0.2	0.1	0.2	0.15
7	2	1	170	250	3.38	1.1	1.1	1.3	1.1	1.15
8	2	1	170	250	3.21	0.8	0.9	1.2	1	0.975
9	2	1	170	250	3.09	1	1	1.1	1.2	1.075
10	2	2	170	450	3.34	1.3	1.2	1.2	1.3	1.25
11	2	2	170	450	4.18	1	0.7	1.7	1.4	1.2
12	2	2	170	450	2.99	0.9	0.8	1	1.2	0.975

Cilindričnost batne izvrtine je bila merjena z merilnikom Taylorround 585. Za vsak obdelovanec so bile pomerjene štiri krožnosti, ki skupaj definirajo cilindričnost, na štirih različnih višinah batne izvrtine (slika 6).

Za karakterizacijo hrapavosti površine je bil uporabljen parameter topologije površine Ra. Meritve so se izvajale z merilnikom hrapavosti MarSurf GD25. Za vsak vzorec so bile pomerjene štiri hrapavosti površine na različnih višinah batne izvrtine (slika 6).

4 Rezultati in diskusija

Cilindričnost in povprečna hrapavost (Ra) batne izvrtine, ki sta bili doseženi, sta bili merjeni po izvedbi eksperimentov po zgledu sodobnih študij [4, 5]. Rezultati eksperimenta so podani v tabeli 1. Korelacije vplivnih faktorjev med obdelovanjem batne izvrtine so bile določene z večkratno regresijo. Analiza variance (ANOVA) je bila uporabljena za identifikacijo signifikantnosti faktorjev glede na meritve cilindričnosti in hrapavosti površine, dosežene po obdelavi batne izvrtine. Eksperimentalni rezultati in optimizacijska procedura so bili analizirani s programom Design Expert 7.

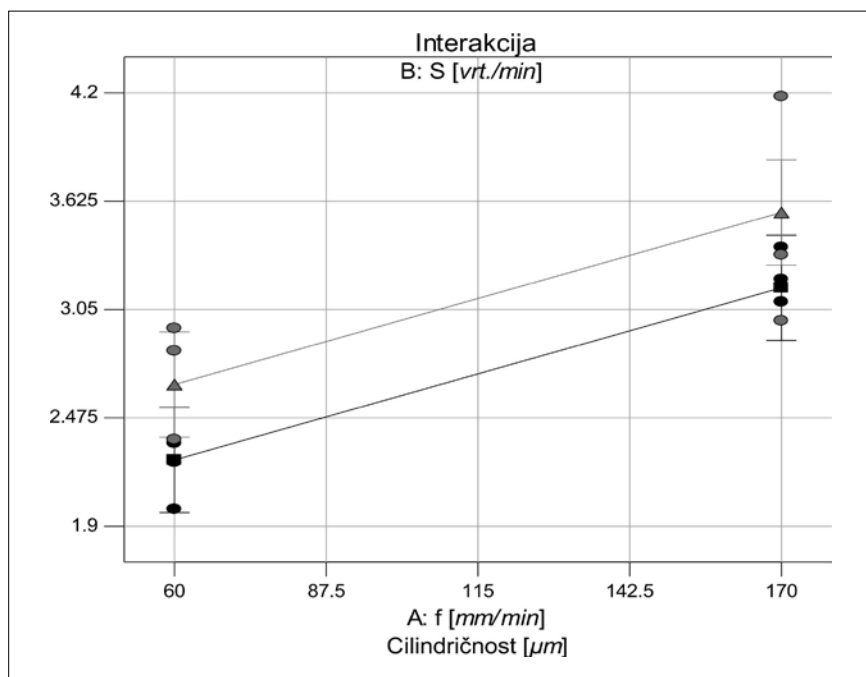
4.1 Regresijski model cilindričnosti

Za določitev optimalnih obdelovalnih parametrov so bili uporabljeni linearni regresijski grafi (slika 7). Oba kontrolna faktorja sta bila prepoznana kot signifikantna in dosežeta najboljši rezultat na spodnjem nivoju (nivo 1).

Regresijski model cilindričnosti je določen z regresijsko enačbo:

$$\text{Cilindričnost} = 1,2535 + 8,303 \cdot 10^{-3} \cdot f + 2 \cdot 10^{-3} \cdot S \quad (1)$$

Regresijski model cilindričnosti kaže, da se cilindričnost povečuje z večanjem podajalne hitrosti f in obodne hitrosti S . Podajalna hitrost ima najbolj dominanten efekt obdelovanja batne izvrtine, efekt obodne hitrosti pa je precej nižji. Model F-vrednosti 12,25 implicira, da je model signifikanten (tabe-



Slika 7. Interakcijski graf cilindričnosti za podajalno hitrost (A) in obodno hitrost (B)

Tabela 2. ANOVA faktorji modela cilindričnosti

Vtr	Vsota kvadratov	Prostostne stopnje	Povprečje kvadratov	F-vrednost	p-vrednost P ob > F
Model	2,98	2	1,49	12,25	0,0027
A - f	2,50	1	2,50	20,56	0,0014
B - S	0,48	1	0,48	3,94	0,0783
R-Squared	0,7313				
S/N	7,528				

la 2). Obstaja le 0,27 % verjetnost, da je »model F-vrednosti« rezultat faktorjev šuma. Razmerje odziva in šuma – S/N (signal to noise) – večje kot 4, je dizertabilno. S/N-vrednost modela cilindričnosti 7,528 prikazuje ustrezen odziv. Ta model se lahko uporablja za navigacijo načrtovanja cilindričnosti.

4.2 Regresijski model hrapavosti površine

Kakovost dosežene hrapavosti površine batne izvrtine je obravnavana kot povprečna vrednost izmerjenih vrednosti hrapavosti površin (Ra).

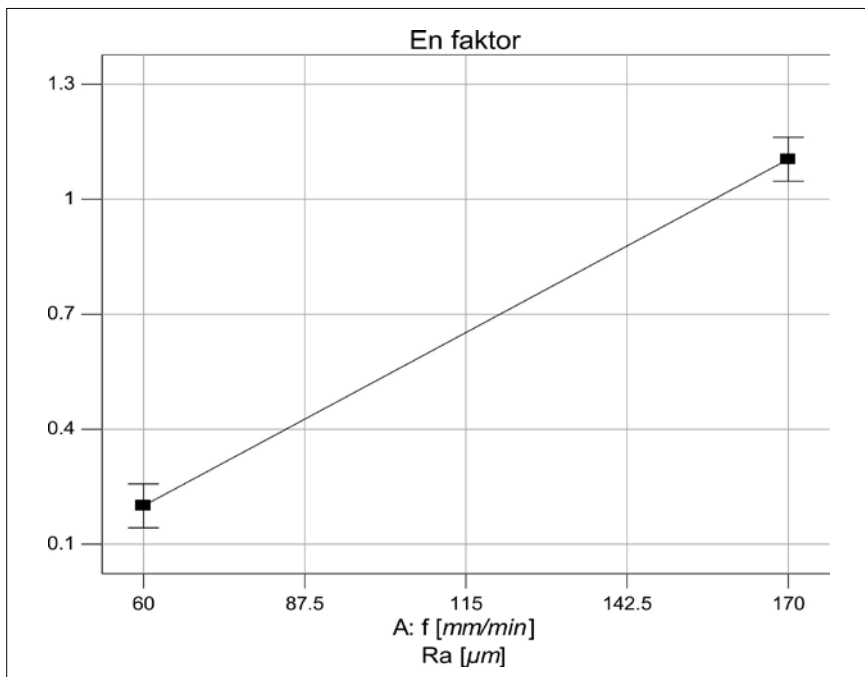
Graf na sliki 8 in ANOVA v tabeli 3 so bili uporabljeni za določitev op-

timalnih nastavitev parametrov eksperimentalnega načrta. Iz linearne regresijskega grafa in ANOVA je bil kontrolni faktor podajalne hitrosti f prepoznana kot signifikanten in poda najboljše rezultate na nivoju 1. Na drugi strani je bil kontrolni faktor obodne hitrosti S prepoznana kot nesigifikanten.

Regresijski model je definiran z enačbo (2).

$$Ra_{\text{povprečna}} = -0,29318 + 8,2197 \cdot 10^{-3} \cdot f \quad (2)$$

Glavno vlogo doseganja hrapavosti površine ima podajalna hitrost. F-vrednost modela 309,39 potrjuje model kot signifikanten. Obstaja le



Slika 8. Faktorski graf hrapavosti površine za podajalno hitrost

Tabela 3. ANOVA faktorjev modela hrapavosti površine Ra

Vir	Vsota kvadratov	Prostostne stopnje	Povprečje kvadratov	F-vrednost	p-vrednost P ob > F
Model	2,45	1	2,45	309,39	< 0,0001
A -f	2,45	1	2,45	309,39	< 0,0001
R-Squared	0,9687				
S/N	24,875				

0,01-odstotna možnost, da predstavljeni rezultati temeljijo na efektih faktorjev šuma. Podajalna hitrost ima ključno vlogo pri doseganju hrapavosti površine.

4.3 Optimizacijski model in potrditveni test za ciljno cilindričnost in hrapavost površine

Za optimizacijo procesa povrtavanja sta bila uporabljena oba regresijska modela. Čeprav specifikacije določajo zgornjo mejo cilindričnosti $/o/ < 3 \mu\text{m}$, je bila ciljna vrednost nastavljena na $/o/ = 2 \mu\text{m}$ za določitev bolj robustnega modela (tabela 4). Ciljna vrednost hrapavosti površine (drugi kriterij) je bila nastavljena na $Ra = 0,3 \mu\text{m}$, kjer je $0,4 \mu\text{m}$

zgornja in $0,15 \mu\text{m}$ spodnja meja optimizacijskega modela (tabela 4). Optimizacija regresijskih modelov pri upoštevanju nastavitve ciljnih kriterijev rezultira v nast-

Tabela 4. Kriteriji optimizacije

	Ciljna vrednost [μm]	Spodnja meja [μm]	Pomembnost	Zgornja meja [μm]	Pomembnost
Cilindričnost	2	1,5	5	3	1
Ra	0,3	0,15	3	0,4	1

Tabela 5. Kontrolni faktorji in predvidene vrednosti odzivov

f [mm/min]	S [vrt./min]	Cilindričnost [μm]	Ra [μm]	Dizertabilnost
72,2	250	2,35	0,3	0,805

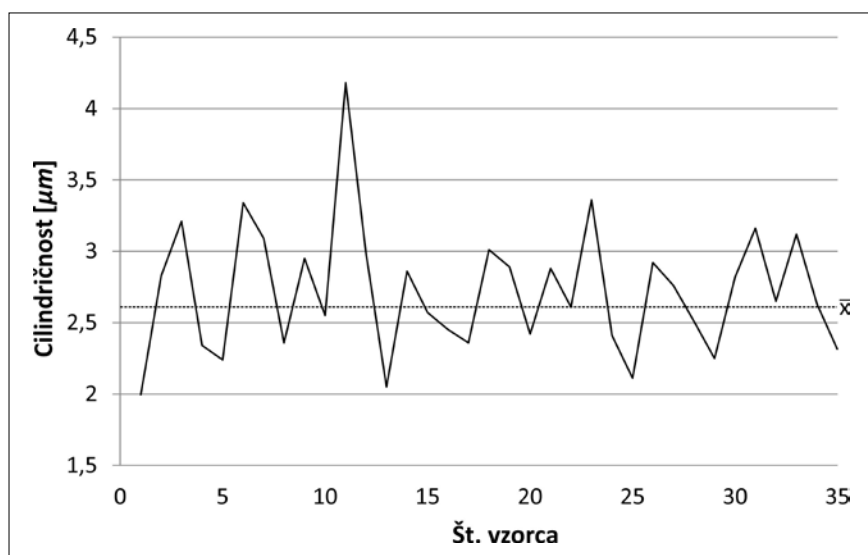
vitvah procesnih parametrov, ki jih prikazuje tabela 5.

Za uporabo optimizacijskega modela v realni maloserijski proizvodnji je bilo potrebno preveriti tudi robustnost modela. Optimizacijski model je bil implementiran v redno proizvodnjo. Merjenih je bilo 35 zaporedno izdelanih vzorcev. Rezultate prikazujeta x-kontrolni karti (sliki 9 in 10). Povprečna vrednost hrapavosti površine $Ra_{\text{povprečna}} = 0,203 \mu\text{m}$ in cilindričnost $\text{povprečna} = 2,677 \mu\text{m}$ sta v sprejemljivi vrednosti predvidenih vrednosti odzivov. Interpretacija takšnega rezultata lahko vodi k odpravi procesa honanja, vendar je raztros vrednosti prevelik.

Tabela 6 prikazuje napredek sposobnosti procesa povrtavanja. Drugi in tretji stolpec prikazujeta indeks Cpk, ki je bil izračunan za obstoječi in izboljšani proces povrtavanja. Zadnji stolpec prikazuje Cpk izboljšane procesa povrtavanja s specifikacijami procesa honanja. Iz rezultatov je očitno, da je napredek sposobnosti procesa povrtavanja zelo velik. Tudi pri upoštevanju specifikacij procesa honanja je indeks Cpk izboljšane procesa povrtavanja večji od prvotnega. Optimizacija procesa povrtavanja se je izkazala kot drastično skrajšanje časovnega normativa procesa honanja. Batne izvrtine s širšim tolerančnim poljem ($/o/ < 4 \mu\text{m}$ in $Ra < 0,5 \mu\text{m}$) bi lahko bile izdelane z uporabo obstoječe optimizacije – brez honanja.



Slika 9. x-kontrolna karta hrapavosti površine Ra: potrditveni test



Slika 10. x-kontrolna karta cilindričnosti: potrditveni

Tabela 6. Izboljšave procesa povrtavanja

	Obstoječe povrtavanje	Optimirano povrtavanje	Povrtavanje specifikacije honanja
Ra [μm]	1,6	1,6	0,4
Cilindričnost [μm]	12	12	3
Cpk_{Ra}	0,07	5,23	0,74
$Cpk_{cilindričnost}$	0,18	8,36	0,29

5 Zaključek

Z uporabo metodologije SPC in DOE je bil izboljšan proces povrtavanja cilindra batne izvrtine. Iz raziskave se lahko povzamejo sledeči zaključki:

- Rezultati SPC prikazujejo, da prvotni proces povrtavanja ne dosega zahtevanih specifikacij.

Glavni vzrok nizke sposobnosti procesa je neustrezna togost vpenjalne naprave. Samo eno vpenjalno gnezdo (od treh) omogoča doseganje specifikacij. Zamenjava oziroma nadgradnja vpenjalne naprave je obvezna.

- Regresijska analiza da modele za oba odziva, pri tem sta tako hrapavost površine kot cilindričnost

batne izvrtine na ustreznem nivoju zaupanja – 96 % in 73 %.

- Rezultati kažejo, da podajalna hitrost vpliva na oba odziva, pri tem pa je bil ugotovljen tudi manjši vpliv obodne hitrosti na doseženo cilindričnost batne izvrtine.
- Za optimizacijo procesa povrtavanja sta bila uporabljena dva kriterija; cilindričnost $/o/ \leq 2 \mu\text{m}$ in $Ra \leq 0,3 \mu\text{m}$. Testi v redni proizvodnji so potrdili regresijska modela in optimizacijsko strategijo.
- Z optimizacijo procesa povrtavanja se je sposobnost procesa zelo povečala in se izražala kot drastično znižanje časovnega normativa procesa honanja. Cilinder s širšim tolerančnim poljem ($/o/ < 4 \mu\text{m}$ in $Ra < 0,4 \mu\text{m}$) je z uporabo obstoječega modela lahko izdelan brez honanja.
- V eksperimentalnem delu je bilo uporabljeno povrtalo s 40 % daljšo pretečeno dobo uporabe kot pri prvotnem procesu.



Viri

- [1] P. Müller, G. Genta, G. Barbato, L. De Chiffre, R. Levi, Reaming process improvement and control: an application of statistical engineering, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 196–201, 2012.
- [2] G. Taguchi, S. Chowdhury, Y. Wu, Taguchi's quality engineering handbook, American supplier institute, 2005.
- [3] B. Tadic, D. Vzekelic, D. Miljanic, B. Bogdanovic, I. Macuzic, I. Budak, P. Todorovic, Model testing of fixture-workpiece onterface compliance in dynamic conditions, Journal of Manufacturing Systems, 33, 76–83, 2014.
- [4] B. Gapinski, M. Wiczorowski, Measurement of diameter and roundness on incomplete outline of element with three-lobbing deviation, Procedia Engineering, 247–254, 2014.
- [5] X. Wen, Y. Zhao, D. Wang, J. Pan, Advanced Monte Carlo and GUM methods for the evaluation of measurement uncertainty of cylindricity error, Precision Engineering, 856–864, 2013.

Optimization of manufacturing technology in real production

Abstract: This paper deals with the optimization of the reaming process on a CNC center to the extent that with a controlled process suitable geometrical specifications are achieved without honing. To attain systematic improvements in the manufacturing technology, transparent approach with the use of quality tools has been selected. Statistical process control (SPC) on bore cylindricity and surface roughness (Ra) of the original reaming process shows pure process capability and demonstrates the shortcomings of the clamping device. Process modeling was performed by pre experiments and the design of experiments (DOE) methodology. Regression analyses gave models for both responses under consideration, namely cylinder cylindricity and surface roughness, and they were adequate at 73 % and 96 % confidence level, respectively. The resulting optimization model was implemented in real production. With the reaming process optimization, the capability of the process improved enormously and it resulted in drastic honing time reduction.

Keywords: DOE, SPC, reaming, optimization

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

SPONZOR
ELEKTROPOJ

Celje, Slovenija
28.-30.01.2015
www.ifam.si



JAKŠA

MAGNETNI VENTILI

od 1965

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

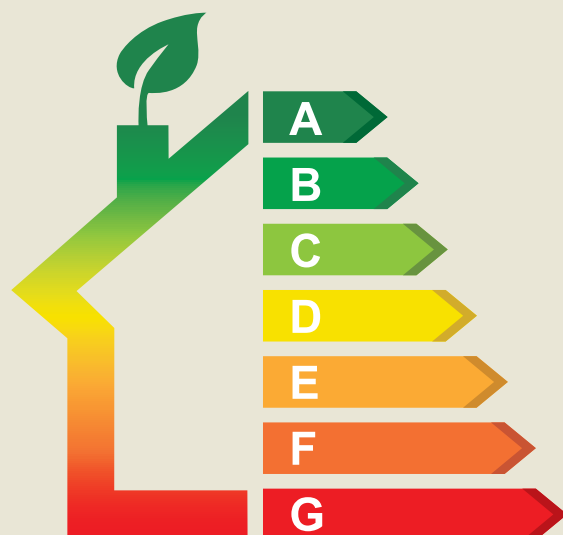
www.jaksa.si



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

UČINKOVITA ENERGIJA, VRHUNSKO VZDRŽEVANJE

Mednarodna sejma
INTELIGENTNIH REŠITEV za
ENERGETSKO UČINKOVITOST in
TRAJNOSTNI RAZVOJ



18. ENERGETIKA

Energetika od proizvodnje do porabe

17. TEROTECH-VZDRŽEVANJE

Vzdrževanje, čiščenje in obnova zgradb

CELJSKI SEJEM, 12.-15. APRIL 2016

STROKOVNA SEJMA za INDUSTRIJO, POSLOVANJE IN DOM

Aktualne strokovne razprave, srečanje s stanovskimi kolegi,
najbolj pomembne blagovne znamke panoge ...



RAZSTAVLJAVCI - DOBRO JE VEDETI!

NOVO v letu 2016:

**Svoje poslovne partnerje boste lahko na sejem
povabili brezplačno!**

Vabljenim gostom boste lahko poslali neomejeno število
registracijskih kod za izpis e-vstopnice popolnoma brezplačno.

**S prijavo do 8. januarja 2016 izkoristite
nižje cene razstavnega prostora.**



Energijska učinkovitost pnevmatičnih sistemov – poraba energije in stroški

Dragica NOE

Izvleček: Pnevmatični sistemi in komponente se v avtomatizaciji kljub nizkemu energijskemu izkoristku pogosto uporabljajo in so še vedno alternativa električnim pogonom. Kljub pogosti uporabi pnevmatičnih sistemov v praksi se večkrat pokaže pomanjkljivo poznavanje tematike. Izboljšanje poznavanja in razumevanja pnevmatičnih sistemov in komponent zato predstavlja pomembno potencialno možnost za prihranke energije v industrijskem okolju. Prispevek je namenjen predstavitvi ukrepov za povečanje energijske učinkovitosti pnevmatičnih sistemov. Ukrepi morajo vključevati jasno opredelitev porabe energije za pridobivanje komprimiranega zraka, porabe zraka v pogonskem sistemu ter izgub in potencialnih možnosti za zmanjšanje porabe komprimiranega zraka in s tem energije.

Ključne besede: pnevmatika, energijska učinkovitost, izgube energije, poraba komprimiranega zraka, stroški komprimiranega zraka, izgube komprimiranega zraka

■ 1 Uvod

Evropska unija v svojih dokumentih posveča veliko pozornosti in spodbud, da bi do leta 2020 dosegla povečanje energijske učinkovitosti in s tem do 20 % zmanjšanja porabe energije, kar je bistvo strategije EU z naslovom »Evropa 2020 – Strategija za pametno, trajnostno in vključujočo rast« [1]. Po ocenah Eurostata iz leta 2010 industrija v Evropi porabi okrog 20 % primarne energije. Kljub dosedanjim prihrankom, ki jih je zaznala statistika, obstajajo v industriji še dragocene možnosti za prihrankov energije. V ta namen je treba opredeliti področja največjih porabnikov, podpirati tehnološke inovacije, kot so razvoj, testiranje in razširjanje novih energijsko učinkovitih tehnologij in sistemov, izobraževati in osveščati

Izr. prof. dr. Dragica Noe, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo – LA-SIM

ti zaposlene v industriji, pripraviti ustrezne finančne spodbude, omogočiti izmenjavo najboljših praks na področju energijske učinkovitosti tako v majhnih kot velikih podjetjih.

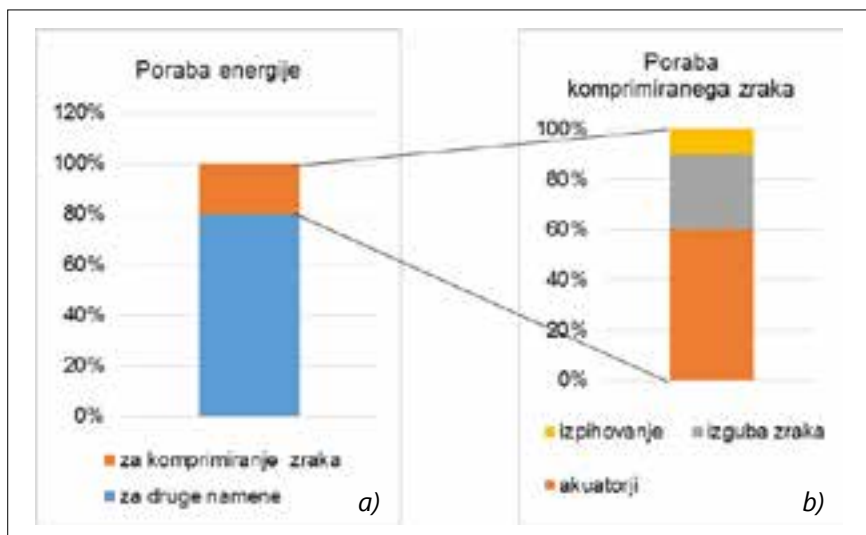
Z energijsko učinkovitostjo v pnevmatiki je opredeljen vložek energije za pridobivanje komprimiranega zraka in njegovo uporabo oziroma, v splošnem, razmerje med doseženim učinkom pnevmatičnih naprav in sistemov ter vloženo energijo. Pnevmatični sistemi in komponente so predvsem zaradi razširjenosti in dokaj slabega energijskega izkoristka velika potencialna možnost za prihranke energije, če jih oblikujemo sistematično in pri tem upoštevamo ustrezne ukrepe [1].

Možnosti za povečanje energijske učinkovitosti pnevmatičnih sistemov je mogoče iskati v jasni opredelitvi dejanske porabe komprimiranega zraka oziroma energije za njegovo pridobivanje in uporabo v proizvodnih podjetjih ter s tem povezanimi stroški.

■ 2 Poraba energije in zraka

Pnevmatični pogoni so alternativa električnim in hidravličnim pogonom v številnih proizvodnih podjetjih. Zaradi specifičnih značilnosti se in se bo kljub večjim stroškom pnevmatika uporabljala v avtomatizaciji in mehanizaciji proizvodnje tudi v prihodnosti [2]. Uporabo pnevmatike v pogonih in krmiljih je treba vedno kritično ovrednotiti, stroške zmanjšati, kolikor je le mogoče, ter hkrati izbrati najprimernejši medij glede na postavljene kriterije.

Številni statistični podatki kažejo stanje porabe pnevmatične energije v proizvodnji (slika 1). Pri porabi energije za komprimiranje zraka v industrijskih podjetjih so ocene strokovnjakov v splošnem enake. Približno 20 % energije porabijo industrijska podjetja za komprimiranje zraka, ostalo za druge namene, kot so ogrevanje in hlajenje, pogon strojev, osvetlitev, napajanje računalnikov in podobno. Avtorji v analizah porabe komprimiranega zraka niso



Slika 1. Poraba energije v proizvodnji: a) za pridobivanje zraka, b) za porabo zraka

povsem enotni. Okrog 30 % zraka, odvisno od procesov in stopnje avtomatizacije, porabijo različna orodja z izpihovanjem. Mnogo manj so avtorji enotni o porabi zraka za akuatorje – pogonske enote. Po nekaterih razpoložljivih virih je poraba le 10 %, po drugih pa do 60 % [1, 4].

V skladu s poročilom EU o porabi zraka in oceni stroškov se kljub številnim ukrepom okrog 18 do 20 % komprimiranega zraka izgubi zaradi nenadzorovanega iztekanja – lekaže, kar je relativno veliko. Pri pogonski moči kompresorja 220 kW, ki je vgrajen v kompresorski postaji povprečno velikega podjetja, je izgube za okrog 75.000 €/leto [4]. Te ugotovitve potrjujejo tudi druga poročila o raziskavah porabe zraka v podjetjih [5, 6].

■ 3 Izgube energije

Analiza porabe komprimiranega zraka in opredelitev porabljene energije za njegovo pridobivanje sta osnova za možne prihranke energije in s tem povečanje energijske učinkovitosti v proizvodnji. Energijska učinkovitost pnevmatičnih sistemov je poleg zagotavljanja izvajanja zahtevanih operacij ter varnosti osnovna zahteva, ki jo je treba upoštevati v zgodnji fazi načrtovanja pnevmatičnih komponent in sistemov. Je neposredno povezana tako s stroški investicije kot s kasnejšimi stroški delovanja in vzdrževanja.

Prizadevanja za večjo učinkovitost pnevmatičnih industrijskih sistemov so usmerjena v:

- energijsko učinkovitejše pridobivanje in pripravo zraka,
- zmanjšanje izgub zraka in tlaka v razvodni mreži,
- ustrezno izkoriščanje energije pri uporabi komprimiranega zraka (slika 2).

Učinkovitost posameznih podsistemov je mogoče prikazati z energijsko bilanco (slika 3, 4, 5), v kateri so podana razmerja med skupno porabljeno, koristno porabljeno in izgubljeno energijo.

■ 3.1 Pridobivanje in priprava zraka

Podsistem za pridobivanje in pripravo zraka dobavlja določeno količino komprimiranega zraka

V in tlaka p_d , ki je ustrezno očiščen in pripravljen (suh). Za pripravo (komprimiranje, čiščenje in sušenje) se porabi koristna (potrebna) energija E_k , ki je manjša od dovedene energije E_d za delež izgubljene energije E_i (potrate). Energijsko bilanco pa je mogoče izboljšati s ponovno uporabo odpadne toplote (E_u) (slika 3 in enačba 1).

$$E_d = E_k + E_i - E_u \quad (1)$$

Energijski izkoristek pridobivanja in priprave zraka je tako razmerje med koristno in dejansko porabljeno energijo (2):

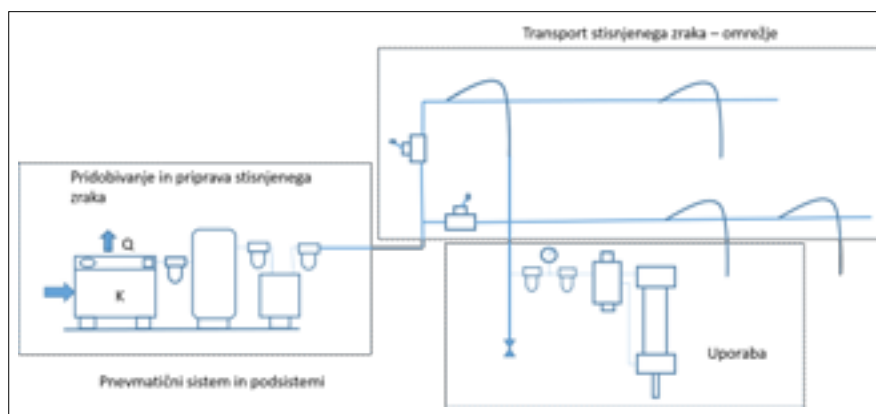
$$\eta_{\text{epp}} = E_k / E_d \quad (2)$$

in bo tem večji, čim manjše bodo izgube in čim več odpadne toplote bo koristno uporabljene.

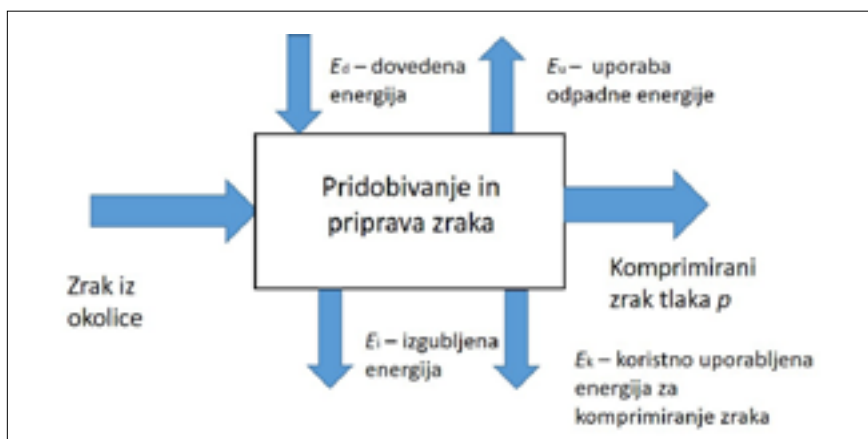
Izgube energije pri pridobivanju in pripravi zraka nastanejo zaradi:

- nastajanja toplote pri kompresiji,
- uporih v hladilnem sistemu, filtri, ventilih,
- previsokem izhodnem tlaku,
- izgub v filterih na vstopu,
- višine temperature vstopnega zraka,
- izkoristka elektromotorja,
- neustreznega krmiljenja kompresorjev in
- puščanja v kompresorski postaji.

V posameznih postavkah je mogoče iskati prihranke energije in po podatkih nekaterih proizvajalcev kompresorjev z ustreznimi ukrepi prihraniti do 30 % energije [7].



Slika 2. Pnevmatični industrijski sistem in podsistemi



Slika 3. Energijska bilanca podsistema za pridobivanje zraka

3.2 Prenos komprimiranega zraka do porabnikov in energetska učinkovitost

Priljubljeni zrak iz kompresorske postaje potuje po transportnem podsistemu – omrežju – do porabnikov (slika 4), pri čemer se izgubi energija E_{iz} .

Pri transportu teče zrak od kompresorske postaje do porabnikov po ceveh, ki prispevajo k padcem tlaka. Nanje v omrežju vplivajo tudi različni ventili, vgrajeni v cevovode, ter enota za pripravo zraka. Drugi del izgub energije predstavlja nenadzorovano iztekanje zraka (lekaža). To pomeni neposredno izgubo, saj je bilo za izgubljeni zrak opravljeno delo oziroma porabljena energija. Izguba zraka ima tudi negativen vpliv na delovanje porabnikov komprimiranega zraka [3, 5].

Izgube energije v razvodni mreži je mogoče zmanjšati z ustreznim dimenzioniranjem in zgradbo omrežja, ki zagotavlja ustrezen tlak in količino zraka posameznim porabnikom, kakor tudi z zmanjšanjem nekontroliranega iztekanja – lekaže, tlačnih padcev v cevovodih, z odklapanjem posameznih vej omrežja, ki niso v pogonu, in z zmanjšanjem izgub v izločevalnikih kondenzata. Našteti ukrepi omogočijo prihranek energije med 5 in 40 % celotne porabljene energije v pnevmatičnem omrežju.

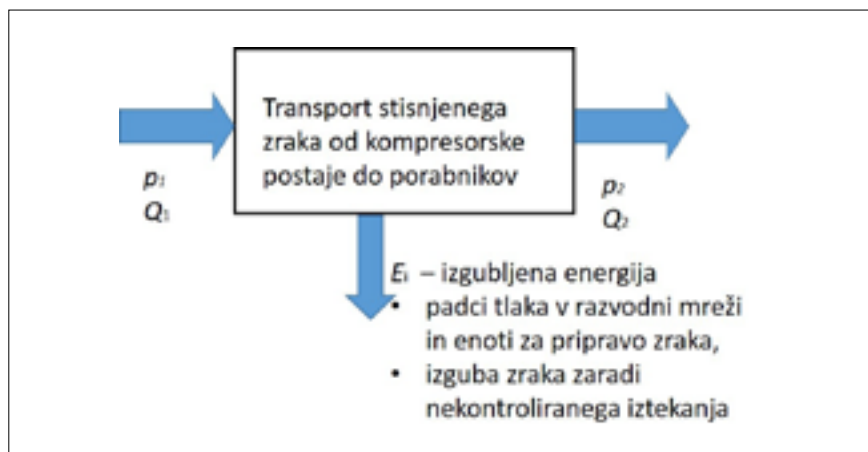
3.3 Energijske izgube pri porabnikih

Porabniki komprimiranega zraka so različni pogoni – valji in motorji, orodja – privijalniki, kladiva, orodja za nanašanje barve, šobe za izpihovanje, vakuumski prijemalniki in drugo. Komprimirani zrak se uporablja tudi pri transportu prašnih delcev, v procesni industriji in za hlajenje. Za krmiljenje in regulacijo

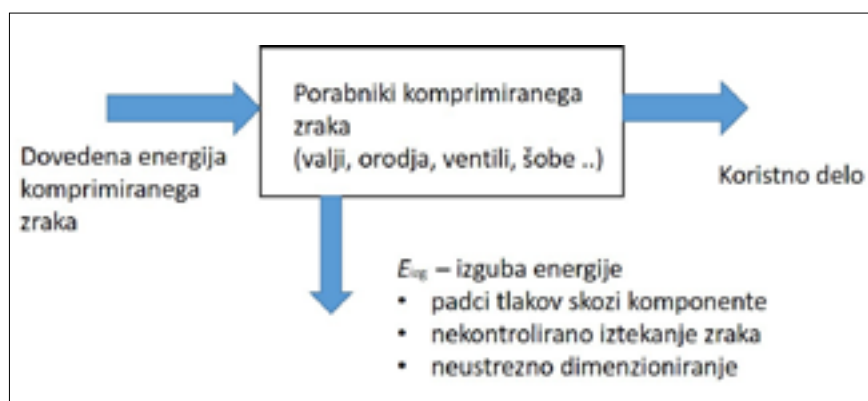
pa se uporabljajo številni in raznovrstni ventili.

Izgube energije so pogojene s padci tlakov skozi ventile in cevi, trenjem v komponentah, njihovim neustreznim dimenzioniranjem – sile in momenti na aktuatorjih znatno presegajo zahtevane. Zaradi nepoznavanja procesov se pogosto izbirajo komponente z večjim varnostnim faktorjem. Izgube povzročajo tako prazni volumni kakor tudi slabo vzdrževanje.

Ukrepi za optimalno uporabo komprimiranega zraka so povezani z ustreznim dimenzioniranjem komponent. Predimenzioniranje vodi k večji porabi stisnjene zraka, poddimenzioniranje pa k nepravilnemu delovanju pnevmatičnih sistemov. Zato sta potrebna razvoj in uporaba energijsko učinkovitih komponent – zmanjšanje trenja v komponentah, manjše vklopne in krmilne sile, krmilja z manjšo porabo zraka, varčna krmilja, miniaturizacija in podobno.



Slika 4. Prenos komprimiranega zraka do porabnikov



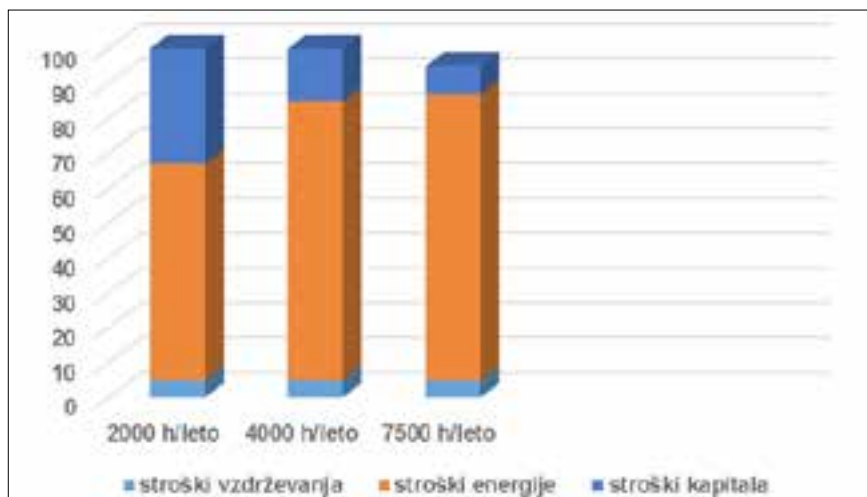
Slika 5. Energijska bilanca porabnikov komprimiranega zraka

■ 4 Stroški komprimiranega zraka

Kompresorji in kompresorske postaje so načrtovani na osnovi podatkov o dejanskih potrebah z upoštevanjem časovno bližjih povečanj porabe zraka in zahtevanih tlakov. Modifikacije omrežij in priključevanje ter odklapanje porabnikov pogosto zamegljijo dejanske potrebe in porabo, zato vprašanje, koliko podjetje pravzaprav staneta pridobivanje in priprava komprimiranega zraka, pogosto ostane neodgovorjeno. V splošnem podjetja računajo z 0,10 do 0,20 €/kWh za pogon kompresorjev ali pa strošek izračunajo kar na osnovi porabljene energije v prejšnjem obračunskem obdobju. Podatki o skupnem času delovanja kompresorjev so pogosto negotovi in kompresorji delujejo, ne da bi se komprimirani zrak uporabljal, ampak se ta nekje izgubi.

Strošek za komprimirani zrak vključuje stroške energije za pogon kompresorja z upoštevanjem potreb in izgub, stroške vzdrževanja in stroške investicije (slika 3) [8]:

- stroški za vzdrževanje so vsota stroškov za delo vzdrževalcev, rezervnih delov, materiala, kot so mazalna sredstva, hladilno olje, oljni filtri, filtri za zrak;
- stroški energije za pogon kompresorjev so v splošnem stroški elektrike oziroma pogonskega medija;
- stroški kapitala vključujejo tako



Slika 6. Stroški komprimiranega zraka

stroške obresti kot obrokov v investicijo (kompresor, priprava zraka in omrežje) vloženega kapitala.

Odvisno od števila ur delovanja na leto je delež posameznih stroškov različno velik (slika 6). Jasno je mogoče ugotoviti, da je strošek energije največji. Delež stroškov vzdrževanja in stroški kapitala so dolgoročno minimalni. Glavni kriterij pri nakupu in izbiri kompresorskih postrojenj je in mora biti poraba energije oziroma so stroški energije. Energijska učinkovitost pnevmatičnih sistemov je tako neposredno povezana z zmanjševanjem stroškov energije za pridobivanje komprimiranega zraka.

V pomoč pri investiciji in pozneje za izračun stroškov obratovanja naj bo izračun, ki upošteva naslednje veli-

čine in vključuje primerjavo dveh ali več kompresorjev:

- dobavno količino na uro V – v m^3/h ,
- električno moč P_m – v kW,
- izkoristek pogonskega motorja η_m ,
- ceno energije c_e – v €/kWh,
- dodatne stroške s_d – v €.

Pri izgubi 10 % količine zraka zaradi nenadzorovanega iztekanja so skupni stroški $s_{leto} = 7524$ €/leto. Pogosto je delež izgubljenega zraka celo višji.

■ 5 Vpliv višine tlaka na stroške

Tlak komprimiranega zraka na izhodu iz kompresorja je določen s porabniki (aktuatorji), padci tlaka v omrežju in padci tlaka v komponentah za pripravo zraka, ki večajo višino tlaka komprimiranega zraka na izstopu iz kompresorja (pt). Razlika med zahtevanim delovnim tlakom pri porabnikih (pp) in na izstopu iz kompresorja (pt) naj bo čim manjša ($\Delta p = pt - pp = \min$) (slika 7).

Ker sta potrebno delo in s tem energija za komprimiranje zraka neposredno povezana z višino tlaka, naj bo ta v sistemu najnižji, kolikor je le mogoče. Številni avtorji navajajo, da vsako povišanje tlaka za $p = 1$ bar povzroči za 6 do 7 %-no povečanje stroškov energije [9].

V splošnem velja, da je zahtevani delovni tlak za različne pištole za

Primer [8]:

Za vijačni kompresor z dobavno količino $V = 303$ m^3/h , pri delovnem tlaku 8 bar, s pogonskim elektromotorjem moči $P_m = 31,9$ kW, izkoristkom $\eta_m = 92,5$ % je dejansko odvzeta energija iz omrežja

$$P = P_m \cdot 100 / \eta_m \text{ (kW)} = 34,47 \text{ kW,}$$

pri ceni energije $c_e = 0,10$ €/kWh je strošek energije na uro delovanja kompresorja

$$s_e = P \cdot c_e \text{ (€/h)} \quad s_e = 3,45 \text{ €/h,}$$

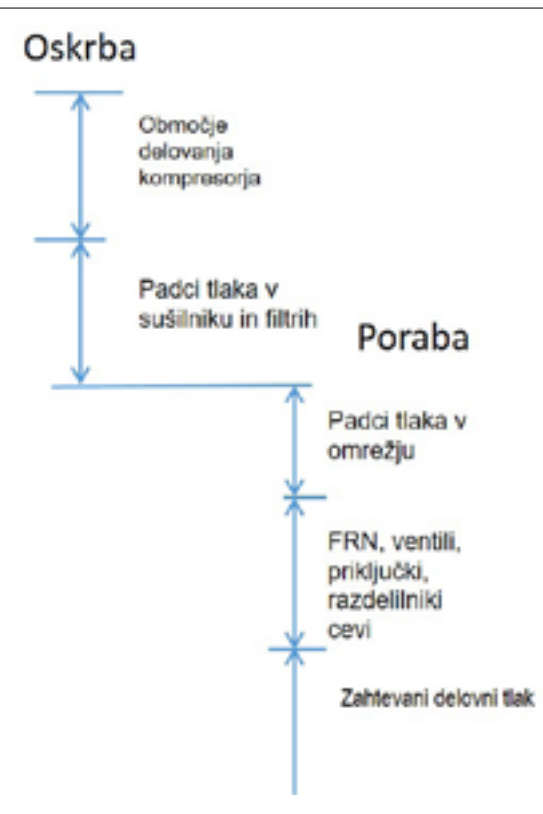
strošek na m^3 dobavljenega zraka

$$s_z = s_e / V \text{ (€/m}^3\text{)} = 0,0114 \text{ €/m}^3,$$

pri skupnem neprekinjenem času delovanja na leto $T_{leto} = 2000$ ur (v času enega delovnika) je strošek energije na leto za podano dobavno količino zraka

$$s_{zleto} = V_{leto} \cdot s_z = T_{leto} \cdot V \cdot s_z \text{ (€/leto)} \quad s_{zleto}$$

$$s_{zleto} = 6840 \text{ €/leto.}$$



Slika 7. Ponazoritev padcev tlaka od kompresorja do aktuatorja morda

barvanje do 4,5 bar, za napajanje pnevmatičnih valjev in motorjev do 6 bar izjemoma 7 bar, za različna dvigala pa so tlaki tudi do 12 bar.

Na višino tlaka, ki jo mora zagotavljati kompresorska postaja, vplivajo padci tlaka v sami kompresorski postaji, omrežju, cevovodih, različnih krmilnih komponentah ter izgube tlaka zaradi nekontroliranega iztekanja zraka. Tako je na primer padec tlaka na hladilniku zraka 0,25 bar, skozi filter na začetku uporabe 0,1 bar, pred zamenjavo filtrirnega telesa pa tudi do 0,5 bar. Padci tlaka skozi ventile so med 0,5 in 3 bar, padec tlaka v cevi notranjega premera 6 mm in dolžine 10 m je tudi do 2,5 bar, za isti tok zraka in dolžino pri premeru cevi 9 mm je padec tlaka 0,8 bar in tako naprej [10].

Ukrepi za znižanje padcev tlaka so: ustrezna sanacija omrežja, uporaba ventilov z manjšimi padci tlakov, skrajševanje cevi, znižanje tlaka v sistemu, pri aktuatorjih, ki zahtevajo višje tlake, pa uporaba mehanskih in hidravličnih ojačevalnikov sil.

6 Poraba komprimiranega zraka

Porabo zraka za posamezne aktuatorje – valji, motorji, šobe za izpihovanje, pištole za barvanje, vakuum-ska prijemala in druge – je mogoče določiti na osnovi podatkov, ki jih podajajo njihovi proizvajalci v svojih katalogih in tehniški dokumentaciji.

Poraba zraka V v valjih je približno:

$$V = ((\pi \cdot d^2) / 4) \cdot h \cdot n \cdot b \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Pri tem je V – tok zraka [m³/h], d – premer bata valja v m, h – gib valja v m, n – število gibov na minuto 1/ min, b je 1 pri enosmernem valju in 2 pri dvosmernem valju.

Primer [3]:

Dvosmerni valj dviga maso 12 kg 8 ur na dan, 2000 dni na leto, z gibom 250 mm, 60 gibov na minuto. Za podane zahteve se lahko izbere valj s premerom 32 mm ali valj s premerom 40 mm. Poraba zraka pri premeru valja 32 mm je 23 150 m³/leto in strošek 333 €/leto, pri valju premera 40 mm je poraba 36 172 m³/leto in strošek 520 €/leto. Predimenzioniranje aktuatorjev stane!

Ukrepi za zmanjšanje porabe komprimiranega zraka so povezani s poznavanjem procesov, za katere se pogoni dimenzionirajo, in natančno opredelitvijo parametrov za izbiro pogonov. Vsako predimenzioniranje vodi k povečanju porabe zraka, poddimenzioniranje pa k motnjam v delovanju pnevmatičnega sistema. Zamenjava dvosmerno delujočih valjev z enosmernimi ali uporaba varčnih krmilij je prav tako ukrep za povečanje učinkovitosti.

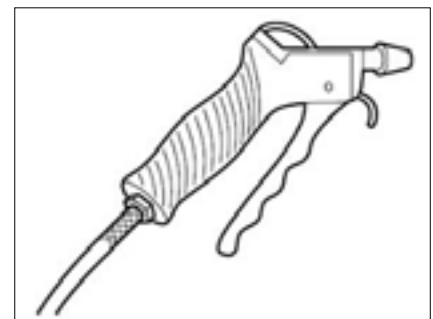
Zrak doteka v valje in odteka v ozračje skozi potne ventile in cevi, ki so nameščeni na razdalji l od valjev.

$$V = ((\pi \cdot d^2) / 4) \cdot l \cdot n \cdot b \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Pri tem so d – notranji premer cevi v m, l – dolžina cevi v m in n – število gibov na min, b – 1 pri enosmernem valju in 2 pri dvosmernem valju.

Vsako nepotrebno polnjenje cevi kjerkoli v pnevmatičnem sistemu pomeni izgubo komprimiranega zraka in stroške. Ukrepi so: skrajšanje cevi, optimizacija premerov cevi ter uporaba varčnih krmilij. Tudi polnjenja cevi v omrežju, ki ne vodijo k porabnikom, se je treba izogibati.

Veliki porabniki zraka so različne šobe. Poraba zraka pri šobah je odvisna od premera, delovnega tlaka, oblike šobe, stanja površine in namena uporabe. Primer uporabe je ilustriran s porabo zraka pri šobi za izpihovanje s cilindrično odprtino (slika 8).



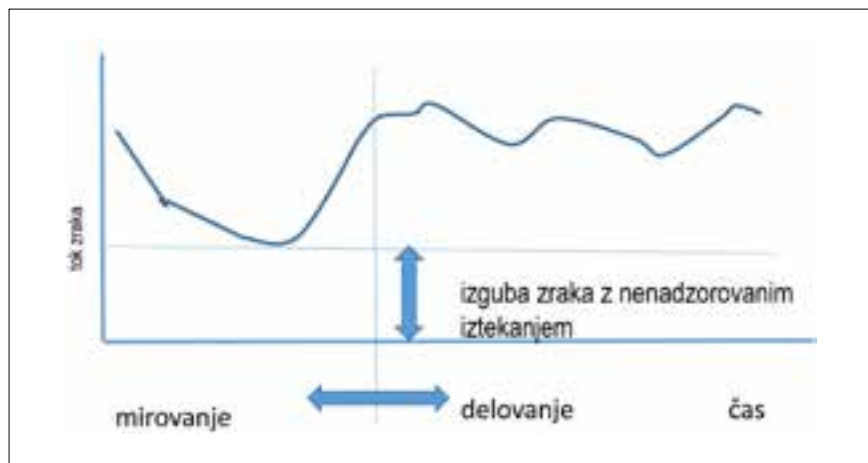
Premer šobe [mm]	Delovni tlak v [bar]						
	2	3	4	5	6	7	8
0,5	8	10	12	15	18	22	28
1,0	25	35	45	55	65	75	85
1,5	60	75	95	110	130	150	170
2,0	105	145	180	220	250	290	330
2,5	175	225	280	325	380	430	480
3,0	230	370	400	465	540	710	790

Slika 8. Poraba zraka (l/min) močno naraste pri pištolah za barvanje in za transport izdelkov [10].

Časovno porazdelitev porabe zraka pri večjem številu porabnikov je v splošnem mogoče izračunati na osnovi podatkov o istočasnosti delovanja posameznih porabnikov, vendar je bolj zanesljivo sliko mogoče dobiti z meritvami toka zraka v daljšem časovnem obdobju. Z meritvami se dovolj jasno pokažejo največji skoki porabe kakor tudi povprečna poraba [7].

Ukrepi so: optimizacija premera šobe in izbira višine tlaka ter pravilne konstrukcijske rešitve za povečanje učinka zračnih curkov.

Puščanje komprimiranega zraka oziroma lekaža v pnevmatičnih sistemih oziroma komponentah je dejstvo. Vzroki za puščanje so številni in zelo različni. Želja uporabnikov pnevmatičnih sistemov je, da so izgube zraka zaradi nenadzorovanega iztekanja čim manjše oziroma da so s tem povezani stroški energije v razumnih mejah. Posledica izgub – lekaže – je delovanje kompresorja in potreba po dovajanju zraka v omrežje tudi takrat, ko porabniki ne delujejo (slika 9).



Slika 9. Kompresor dovaja zrak v omrežje tudi takrat, ko porabniki ne delujejo

Pri omrežnem tlaku 8 bar in reži netesnosti premera 1 mm izteče okrog 75 l/min oziroma 4,5 m³/h. Za ta volumski tok se porabi 0,6 kW energije in pri ceni 0,10 €/kWh pomeni pri celoletnem delovanju 8000 delovnih ur 480 €/leto dodatnih stroškov (tabela 1).

Na osnovi raziskave v številnih podjetjih v ZDA so ugotovili, da se v industrijskih obratih izgubi do 20 % komprimiranega zraka z nenadzorovanim iztekanjem. V 175 primerih v realnem industrijskem okolju je bilo ugotovljeno, da prispevajo največji delež priključki, enote za pripravo zraka in izpihvalne šobe (slika 10) [4].

Avtorji številnih študij navajajo, da je smiselno usmeriti prizadevanja za zmanjšanje izgub zraka na tri področja [2, 3, 5]:

- zmanjšanje izgub pri pridobivanju in pripravi zraka – vzroki

netesnost, premer [mm]	Iztekajoči zrak pri nadtlatku 8 bar [l/min]	Izguba energije [kW]	Izgube [€/leto]
1	75	0,6	480
1,5	150	1,3	1080
2	260	2,0	1600
3	600	4,4	3520
4	1100	8,8	7040
5	1700	13,2	10580

Tabela 1. Izgube zraka in energije, odvisne od velikosti odprtine [11]

- zanje so lahko način regulacije kompresorjev, puščanje na filterih, regulatorju toka, na odvjalniku vode, priključkih, sušilnikih in varnostnih ventilih;
- preprečevanje in odpravljanje izgub v razdelilni mreži – poškodovane cevi, počeni zvarjeni spoji, puščanje na plastičnih ceveh zaradi staranja, odvjalnikov vode, enotah za pripravo zraka, priključkih ter ventilih med po-

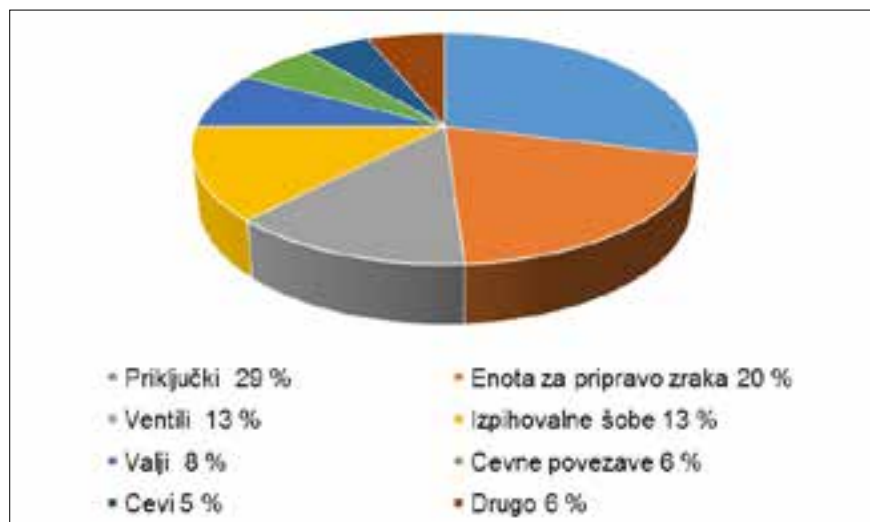
sameznimi odseki mreže;

- zmanjšanje porabe zraka v delovnih in krmilnih komponentah – puščanje ventilov, puščanje na hitrih spojkah, netesnost v valjih, na priključkih za cevi, prevelika poraba komprimiranega zraka zaradi neustreznega dimenzioniranja – te porabe zraka je najtežje zaznati.

Po nekaterih podatkih je mogoče opravičiti izgube zraka največ za [9,10]:

- 5 % pri majhnih omrežjih,
- 7 % pri srednjih,
- 10 % pri obsežnih omrežjih,
- 13–15 % pri zelo velikih porabnikih, kot so livarne, železarne, v ladjedelništvu.

Pri preseganju predpisane vrednosti izgube zraka je treba tlačno omrežje sanirati. Pri sanaciji se običajno uvedejo številni ukrepi zatesnitve, zamenjave delov cevi ali ventilov, ki puščajo, posodobitve pridobivanja in priprave komprimiranega zraka, izključevanje posameznih tlačnih omrežij, vgraditev merilnikov toka in podobno.



Slika 10. Mesta in deleži izgube zraka zaradi iztekanja [4]

7 Sklep

Številne objave o porabi komprimiranega zraka in ukrepah za njegovo učinkovito rabo poudarjajo, da večina porabnikov ne ve, da so njihovi sistemi energijsko slabo izkoriščeni in bi bilo mogoče z izboljšanjem izkoriščenosti pnevmatičnih naprav in sistemov v podjetju prihraniti od 5 do 50 % stroškov za energijo.

Dejanski podatki o porabi komprimiranega zraka v podjetjih, ki morajo biti osnova za ukrepe pri izboljšanju energijske učinkovitosti pnevmatičnih sistemov, pogosto žal niso na voljo. Podjetja prav tako nimajo natančno opredeljenih stroškov uporabe pnevmatičnih komponent in sistemov. To otežuje izdelavo strategij in uvajanje izboljšav za povečanje energijske učinkovitosti pnevmatičnih sistemov oziroma podjetij. Natančnejšo oceno porabe zraka in energije je mogoče pridobiti le na osnovi celovite analize posameznih porabnikov. Le tako pridobljeni podatki so osnova za pripravo predlogov za zmanjšanje porabe zraka oziroma porabe

energije za komprimiranje zraka in povečanje energijske učinkovitosti pnevmatičnih sistemov.

Literatura

- [1] Direktiva 2012/27/eu evropskega parlamenta in sveta z dne 25. oktobra 2012 (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:SL:PDF>) (2014)).
- [2] Sator, A.: Energy saving; FESTO, International Conference Fluid power, Conference Proceedings, Maribor 2013 P. 17–25.
- [3] Festo: Energy efficiency@Festo – solutions for a profitable and sustainable Future (www.festo.com/net/supportportal/files/17414/energieeffizienz_2012_v10_en_neu_m.pdf) (2014)).
- [4] Energy Conservation, Ecologically Conscious Pneumatic Systems, SMC (www.nfpa.com/events/pdf/2012_eehpc/13_energy%20saving%20course%20outline.pdf) (2014)).
- [5] Energiekosten und Leckagen, (<http://www.druckluft-effizient.de/downloads/dokumente/druckluft-leckage.pdf>) (2015)).
- [6] Partnering to Reduce Costs, Fluid Power Systems Conference (<http://www.nfpa.com/events/pdf/2013-fpsc/003-2013-fpsc-presentation.pdf>) (2014)).
- [7] Druckluft efficient erzeugen (http://eor.de/fileadmin/eor/docs/aktivitaeten_Veranstaltungsreihe/20101108_Kaeser_Hr_Manthey_Vortrag_KL.pdf) (2010)).
- [8] Kosten der Druckluft ([http://www.drucklufttechnik.de/www/temp/Dlrepos.nsf/LookupHTML/KompendiumPDF_d/\\$File/Kapitel13.pdf](http://www.drucklufttechnik.de/www/temp/Dlrepos.nsf/LookupHTML/KompendiumPDF_d/$File/Kapitel13.pdf)) (2014)).
- [9] Kožuh, M., M. Špendal: Varčno z energijo pri rabi komprimiranega zraka, Center za energetsko učinkovitost IJS Ljubljana (<http://lab.fs.uni-lj.si/ldsta/vaje/kv/V1-kompzrak.pdf>) (1997, 2014)).
- [10] Das Druckluft-Kompendium (6. bearbeitete Auflage 2004), Hoppenstedt-Verlag (www.drucklufttechnik.de) (2015)).
- [11] Odkrivanje puščanja: OHPE (www.omega-air.si) (2014)).

Energy efficiency of pneumatic systems – energy consumption and costs

Abstract: Pneumatic systems and components are very often used in automation and are still an alternative to electric drives, in spite of their low energy efficiency. Because of the high energy losses, pneumatic systems introduce the possibility of energy savings in the industrial plant. The measurements for increasing pneumatic system energy efficiency have to involve a clear definition of how much energy is consumed to produce compressed air, how much compressed air is used in the system, how much compressed air is wasted, and what are the possibilities to decrease the consumption of compressed air and energy.

Keywords: pneumatics, energy efficiency, energy loss, compressed air consumption, compressed air costs, compressed air leakage



NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

VSAKA DVA MESECA
NA VEČ KOT
140 STRANEH



Vodnik skozi množico informacij

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

8. INDUSTRIJSKI FORUM IRT 2016

NAJVEČJI STROKOVNI DOGODEK INDUSTRIJE ZA INDUSTRIJO

Predstavitve strokovnih prispevkov • Strokovna razstava • Aktualna okrogla miza • Podelitev priznanja TARAS

Forum znanja in izkušenj

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

Osrednje teme IFIRT

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

Portorož, 6. in 7. junij 2016



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

www.forum-irt.si

Glavni pokrovitelj dogodka:

Power and productivity
for a better world™



Nacionalni pokrovitelj dogodka:



Pokrovitelji dogodka:



Priznanje TARAS



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

Združeni narodi in Mednarodna organizacija civilnega letalstva – ob rob 70. obletnici ustanovitve Organizacije združenih narodov

Aleksander ČIČEROV

Izvleček: Štirikrat so se ljudje moderne dobe sestali, da bi reorganizirali svet: prvič leta 1648 ob Wesfalskem miru, drugič na Dunajskem kongresu leta 1815, tretjič v Parizu 1919 in četrtič na konferenci v San Franciscu 1945. ZDA so razen osebnih stroškov delegacij plačale stroške konference v San Franciscu. Družina Nelsona Rockefellerja je za zgradbo ZN dala zemljišče. Različne specializirane agencije, kot na primer ICAO, so se povezale z ZN. Naš namen je opisati in razložiti to povezovanje, ko praznujemo 70. obletnico ZN.

Ključne besede: ustanovitev ZN, akt ustanovitve, mednarodne organizacije, specializirane agencije, sporazumi s specializiranimi agencijami, članstvo, ohranjati svetovni mir

»Mi, ljudstva Združenih narodov, ki smo odločena, da ustvarimo pogoje, v katerih bosta lahko obveljala pravičnost in spoštovanje obveznosti, izvirajoč iz pogodb in iz drugih virov mednarodnega prava, moramo v te namene uporabiti **mednarodne ustanove** za pospeševanje ekonomskega in socialnega napredka vseh ljudstev, smo sklenila združiti svoje napore, da uresničimo te namene in s tem ustanovimo meddržavno organizacijo, ki se bo imenovala Združeni narodi.«¹

■ 1 Združeni narodi

Ustanovna listina Združenih narodov je bila podpisana 26. junija 1945 v San Franciscu, veljati pa je začela 24. oktobra 1945. Danes štejejo ZN 193 članic – suverenih držav. Slovenija je kot samostojna država postala

članica ZN 22. maja 1992. Med t. i. prvotnimi članicami ZN je bila tudi Demokratična federativna Jugoslavija, katere konstitutivna članica je bila takrat tudi Republika Slovenija.

Začetki nastajanja ZN segajo na začetek 2. svetovne vojne.² Namen tega prispevka je pokazati povezavo med Ustanovno listino ZN in nastankom ter povezavo specializiranih ustanov (med katere sodi tudi Mednarodna organizacija civilnega letalstva – ICAO) z ZN. Trenutek za ta prikaz je umesten, saj letos ZN praznujejo 70. obletnico svojega obstoja.

■ 2 Specializirane ustanove ZN

Najprej je potrebno povedati, da je Ustanovna listina (v nadaljevanju UL)

mednarodna večstranska pogodba. Njen izvornik je deponiran (shranjen) pri vladi ZDA. 24. oktobra 1945, ko je začela veljati – kar pomeni, da jo je ratificiralo vseh pet stalnih članic Organizacije združenih narodov in petdeset držav podpisnic – praznujemo kot dan Združenih narodov.

ZN so brez dvoma politična mednarodna organizacija. Na podlagi te ugotovitve je mogoče zaključiti, da s svojo dejavnostjo ne pokrivajo celotnega mednarodnega sodelovanja in v tem okviru še posebej ne tehničnih organizacij. Med njimi so nekatere, ki so nastale že pred ustanovitvijo ZN, in to dejstvo ZN tudi upoštevajo.

Pri presoji njihove povezanosti z ZN velja upoštevati 57. člen UL, ki določa:

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

¹ Povzeto po Ustanovni listini Združenih narodov in Statutu Meddržavnega sodišča, izdalo Društvo za Združene narode za Republiko Slovenijo, Ljubljana 1992. Ustanovitev ZN je predstavil S. C. Schlesinger v delu Act of Creation, Westview Press, 2004.

² Glej podrobno D. Türk, Temelji mednarodnega prava, 33 Pravna obzorja, GV Založba, Ljubljana 2007, str. 320 in naprej.



Sedež OZN v New Yorku

»1. Razne specializirane ustanove, ki so bile ustvarjene z medvladnimi dogovori in imajo široke mednarodne naloge na ekonomskem, socialnem, kulturnem, prosvetnem, zdravstvenem in sorodnih področjih, ... se povežejo z ZN v skladu z določbami 63. člena. 2. Takšne ustanove ... se v nadaljnjem besedilu označujejo kot specializirane ustanove.«³ UL v nadaljevanju podrobno določa dajanje priporočil, pobud za pogajanja, odgovornost za izpolnjevanje nalog Organizacije ZN in še posebej Ekonomsko-socialnega sveta v okviru poglavja X.

Pravno podlago za sodelovanje »tehničnih« specializiranih ustanov/agencij najdemo v 63. členu UL:

»1. Ekonomski in socialni svet sme s katerokoli izmed ustanov, omenjenih v 57. členu, skleniti dogovore, s katerimi se določijo pogoji, po katerih bo ta ustanova povezana z Združenimi narodi. Taki dogovori se predložijo v potrditev Generalni skupščini.

2. Svet sme usklajevati dejavnosti specializiranih ustanov s tem, da jih konzultira in jim daje priporočila, kakor tudi s tem, da daje

priporočila Generalni skupščini in članom Združenih narodov.«⁴

Pri navedenih določbah je potrebno upoštevati, da so specializirane ustanove v sistemu ZN samostojni subjekti mednarodnega prava, ki imajo lastne ustanovne dokumente (statut), članstvo, lastna sredstva in programe. Povedali smo že, da je v ZN vključenih 193 držav, v ICAO kot eno od t. i. tehničnih mednarodnih organizacij in specializiranih ustanov pa kar 201 država.

Vsaka specializirana ustanova torej sklene z ZN v skladu s 63. členom UL poseben sporazum, v katerem so določeni okviri sodelovanja. Sporazum, ki je mednarodna bilateralna pogodba, vsebuje določila o celi vrsti vprašanj: o posvetovanjih, uvrščanju točk na dnevni red, izmenjavi informacij, skupnih standardih za uslužbenca in podobno.

■ 2.1 Tehnične ustanove ZN

V sistemu ZN so danes naslednje specializirane ustanove:

- Mednarodna organizacija dela (MOD),
- Svetovna zdravstvena organizacija (WHO),

- Organizacija ZN za izobraževanje, znanost in kulturo (UNESCO),
- Organizacija za prehrano in kmetijstvo (FAO),
- Mednarodni sklad za kmetijski razvoj (IFAD),
- Mednarodni denarni sklad (IMF),
- Skupina Svetovne banke (IBRD, IFC, IDA, MIGA, ICSD),
- Mednarodna organizacija civilnega letalstva (ICAO),
- Mednarodna pomorska organizacija (IMO),
- Svetovna meteorološka organizacija (WMO),
- Svetovna organizacija za intelektualno lastnino (WIPO),
- Organizacija ZN za industrijski razvoj (UNIDO),
- Mednarodna organizacija za jedrsko energijo (IAEA),
- Univerzalna poštna zveza (UPU),
- Mednarodna unija za telekomunikacije (ITU).

Že iz imen posameznih ustanov je mogoče ugotoviti njihovo specifično »tehnično« področje, za katero so odgovorne. Toda tudi na t. i. tehničnih področjih ni mogoče zagotoviti popolne politične nevtralnosti, saj so tudi specializirane agencije del mednarodnih odnosov in se političnim vidikom ne morejo v celoti izogniti.

■ 2.2 Sporazum, specializirane agencije in ZN

Izraz »specializirana agencija« uporabljamo za posebno vrsto mednarodnih organizacij, ki so s posebnim sporazumom povezane z ZN. Njihov pravni status je urejen s posebno konvencijo o pooblastilih in izjemah specializiranih agencij iz leta 1947. Ker bomo v nadaljevanju govorili o ICAO, je potrebno omeniti, da je ta specializirana agencija sklenila sporazum z ZN 13. maja 1947.⁵

■ 3 Mednarodna organizacija civilnega letalstva

Omenili smo, da so nekatere t. i. tehnične mednarodne organizacije nastale že pred ustanovitvijo ZN, torej pred letom 1945. To velja tudi za Mednarodno organizacijo civilnega letalstva (ICAO). Ne da bi se spuščali

³ Glej 57. člen UL.

⁴ Glej še 64., 65. in 66. člen UL.

⁵ L. Weber, International Civil Aviation Organization (An Introduction), Kluwer Law International, 2007. Glej tudi Th. Buergenthal, Law Making in International Civil Aviation Organization, 1969.

v podrobnosti, povejmo, da je bila že leta 1919 ustanovljena Mednarodna komisija za zrakoplovstvo, leta 1944 (4. aprila 1944) pa je nastala ICAO.⁶

Zakaj je torej ICAO specializirana agencija in povezana z ZN? Odgovor najdemo v preambuli k Čikaški konvenciji.⁷

Preambula določa:

»Glede na to, da prihodnji razvoj mednarodnega civilnega letalstva lahko v veliki meri prispeva k ustvarjanju in ohranjanju prijateljstva in razumevanja med državami in ljudstvi sveta, vsaka njegova zloraba pa lahko postane nevarna za splošno varnost, in glede na to, da je zaželeno, da se prepreči vsak nesporazum med državami in ljudstvi in da se med njimi spodbuja sodelovanje, od katerega je odvisen mir v svetu, zato so podpisane vlade, potem ko so se dogovorile o določenih načelih in ureditvi z namenom, da bi se mednarodno civilno letalstvo lahko razvijalo varno in redno in da bi se mednarodni zračni promet lahko vzpostavil na podlagi enakih možnosti in potekal pošteno in gospodarno, sprejele to Konvencijo.«

In sedaj k bistvu ICAO. ICAO ima cilj oziroma cilje, ki jih ZN glede na njihovo naravo ne morejo uresničevati. ICAO je torej odgovorna za uresničevanje specializiranih ciljev, ki so navedeni v 44. členu Čikaške konvencije. Ti pa so:



Sedež ICAO v Montrealu

- a) zagotoviti varno in redno rast civilnega letalstva po vsem svetu,
- b) spodbujati razvoj gradnje in uporabe zrakoplovov v miro-ljubne namene,
- c) spodbujati razvoj zračnih poti, letališč in naprav za zračno plovbo za mednarodno civilno letalstvo,
- d) zadovoljevati potrebe ljudi vsega sveta po varnem, rednem, učinkovitem in ekonomičnem zračnem prevozu,
- e) preprečevati ekonomske izgube, ki bi jih povzročila nerazumna konkurenca,
- f) zagotavljati, da se pravice držav pogodbenic spoštujejo v celoti in da ima vsaka država pogodbenica pravično možnost za delovanje mednarodnih letalskih družb,
- g) preprečevati diskriminacijo med

- državami pogodbenicami,
- h) spodbujati varnost letenja v mednarodni zračni plovbi,
- i) na splošno in v vseh pogledih razvijati mednarodno civilno zrakoplovstvo.⁸

■ 4 Zaključek

Ob rob častitljivi obletnici ZN velja poudariti, da se ta svet morda ne bi vrtel tako, kot to urejajo specializirane agencije ZN. Če samo pomislimo na mednarodni zračni promet, na pomorski promet in promet po cestah in železnicah, le kako bi teklo naše življenje. Res je, da še ne gre vse tako, kot bi si želeli. Toda bistvo je vendarle tu: kar ne morejo ZN, store specializirane agencije v korist vseh ljudi tega planeta.

United Nations and International Civil Aviation Organization - Celebrating the 70's Anniversary of the Foundation of the United Nations Organization

Abstract: four times in the modern age, men have sat down to reorder the world, firstly at the Peace of Westphalia in 1648, secondly at the Congress of Vienna in 1815, thirdly in Paris in 1919 and fourthly in San Francisco in 1945. The United States of America agreed to pay all costs of the San Francisco's conference – except for the personal expenses of the delegates. Nelson Rockefeller's family gave a land for the U.N. building in New York City. The various specialized agencies, such as the ICAO have been brought into the relationship with the United Nations. It is our intention to describe and understand this relationship when celebrating the UN 70 years anniversary.

Keywords: Founding of the United Nations, act of creation, international organization, specialized agencies, agreements with specialized agencies, membership, to maintain international peace.

⁶ Glej podrobno nav. delo L. Weber, International Civil Aviation Organization, str. 1 in naprej.

⁷ Konvencija o mednarodnem civilnem letalstvu, sprejeta v Čikagu 1944. leta; glej mag. Aleksander Čičerov, Konvencija o mednarodnem civilnem letalstvu, Ljubljana 2011, izdala Fakulteta za strojništvo UL.

⁸ Glej A. Čičerov, Mednarodno letalsko pravo, Uradni list RS, 2009, nav. delo L. Webra, Th. Buergethala, M. Milde, International Air Law and ICAO, eleven international publishing, 2008.

2. mednarodna konferenca o
TRIBOLOGIJ POLIMEROV

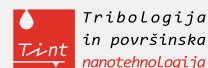
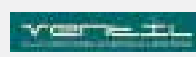
PolyTrib

2016



- ⚙️ **Trenje in obraba polimernih materialov**
- ⚙️ **Polimerni materiali, kompoziti in nano-kompoziti za tribološke aplikacije**
- ⚙️ **Mazanje in tribo-kemija polimerov in mejnih slojev**
- ⚙️ **Adhezija, mejni filmi, omočljivost in površinska energija**
- ⚙️ **Ekološki vidik polimerov in njihova povezava s tribologijo**
- ⚙️ **Nanotehnologija v povezavi s tribologijo polimerov**
- ⚙️ **Metode preizkušanja polimernih materialov**
- ⚙️ **Snovanje in modeliranje polimerov**
- ⚙️ **Izzivi v proizvodnji polimerov**
- ⚙️ **Tribološke aplikacije, polimerne komponente**
- ⚙️ **Polimeri v industrijskih aplikacijah**

Potrjeni sponzorji



KONTAKT

15. in 16. september 2016
Ljubljana, Slovenija

 Tribologija
in površinska
nanotehnologija



SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIJU

Prof. dr. Mitjan Kalin – predsednik konference
Joži Sterle – tajništvo

Bogišičeva 8
1000 Ljubljana
Slovenija

Telefon: +386 1 4771 460
Fax: +386 1 4771 469

E-mail: polytrib@tint.fs.uni-lj.si
Web: www.tint-polytrib.com



Elektroprevodna obloga E-CTFE (Halar®)

V Cinkarni Celje – PE Polimeri – smo za zaščito posod v farmacevtski, petrokemijski in kemijski industriji razvili tehnologijo nanašanja praškaste prevodne obloge na osnovi Teflona®. Obloga je primerna tudi v prehrabni industriji, saj je v celoti skladna s standardom FDA. Uporablja se kot antistatični premaz za protikorozijsko zaščito elementov, kjer se pojavlja nevarnost nabiranja statičnega naboja. Primerna je tudi za uporabo v eksplozijsko nevarnih območjih.

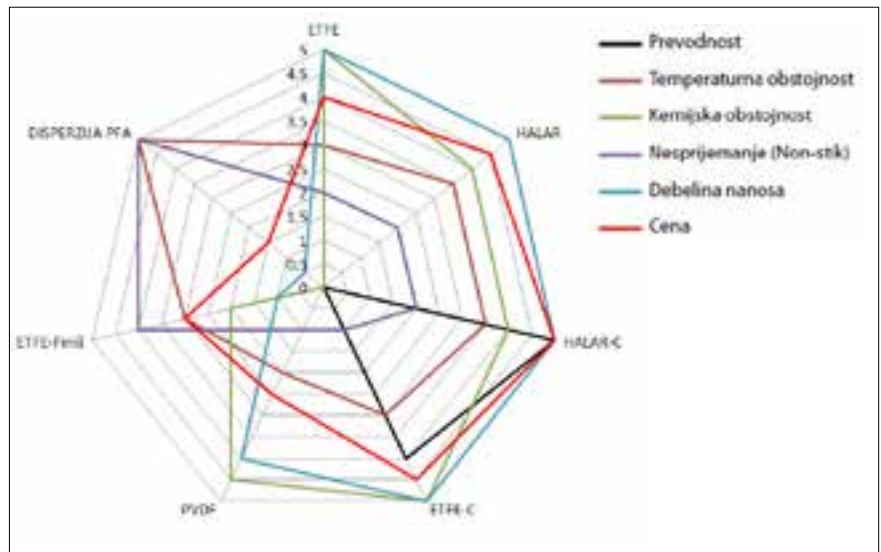
Izbor najprimernejše obloge za nanos na kovinske podlage je ključen za zaščito površin in mora upoštevati kemijske, temperaturne in mehanske obremenitve v proizvodnem procesu.

Elektroprevoden E-CTFE je črn, delno kristaliničen fluoriran praškasti termoplast s polnili. Ima zelo dobro kemijsko obstojnost in odlične elektroprevodne lastnosti v območju do 150 °C.



Slika 1. Posoda, zaščiten s prevodno oblogo E-CTFE

Granulat je dobavljiv v obliki črnega prahu s povprečno velikostjo delcev 80 µm in temperaturo tališča 227 °C. Na podlagi dobljenih smernic in informacij proizvajalca granulata o



Slika 2. Primerjalni diagram termoplastičnih praškastih nanosov

lastnostih materiala smo s pomočjo lastnega znanja in izkušenj razvili tehnologijo nanašanja prevodne obloge E-CTFE. Opravljena so bila številna testiranja na vzorčnih površinah, s katerimi smo ugotovili potrebne parametre za nanašanje obloge, kot so temperatura tališča materiala, število nanosov in čas segrevanja obloge med posameznimi fazami nanašanja. Določena je bila tudi optimalna debelina nanosa, ki zagotavlja ustrezno zaščito površin in znaša 800 µm.

Na površine se nanaša z elektrostatično metodo, ki temelji na uporabi visoke napetosti negativne polaritete. Ta povzroči, da se veliko število elektronov oprime delcev praškastega materiala na poti skozi elektrostatično pištolo. Med pištolo in predmetom nastane električno polje. Posledica je enakomeren nanos obloge.

Obdelovance je potrebno pred nanašanjem segreti na delovno tem-

peraturo. Praškasti material se nanaša v več slojih. Posamezne faze nanosa si sledijo v časovnih presledkih, po nanosu zaključnega sloja pa se izvede postopek sintranja v peči.

Lastnosti prevodne obloge E-CTFE so izjemna odpornost proti gorenju, nizka stopnja prepustnosti za medije, zelo dobra kemijska odpornost in zelo dobre termične lastnosti.

Za elektroprevodno oblogo E-CTFE imamo pridobljeno poročilo o preskusu TEx 404/14 instituta SIQ. Glede na rezultate meritev so bili vzorci z nanosom obloge E-CTFE na kovinski podlagi elektrostatično disipativni (vrednost naelektritve: 0 nC).

Vir: Cinkarna Metalurško-kemična industrija Celje, d.d., Kidričeva 26, 3001 Celje, Slovenija, T: +386 (0)3 427 66 44, F: +386 (0)3 427 66 39, internet: <http://www.cinkarna.si/>, g. Luka Fideršek

Krilni zasučni valj DRVS



Zasučni modul (zgoraj) in senzorska enota s kablom (spodaj)

Podjetje FESTO predstavlja krilni zasučni valj DRVS, ki ga odlikujejo kompaktna in enostavna konstrukcija ter nizka cena za velike učinke.

Zasučni krilni pogon se izdeluje v sedmih velikostnih razredih z obojestranskim elastičnim končnim dušenjem, poljubnim načinom vgradnje, zasučnimi koti med 90° in 270°, kotom dušenja 0,5°, natančnostjo ponovitve položaja 1° in frekvence 2 oziroma 3 Hz.

Dvosmerno delujoči zasučni valji družine DRVS imajo zaradi svoje kompaktne konstrukcije majhno maso, velik razpoložljiv moment – do 20 Nm pri 6 barih, so ustrezno zatesnjeni in primerni tudi za zelo težke delovne pogoje oziroma gro-

bo okolje. Kot zasuka je določen ob vgradnji, ki je dokaj enostavna.

Zasučni modul je opremljen s senzorjem položaja SRBS-Q1/Q12, ki omogoča brezdotično ugotavljanje položaja oziroma je brez mehanskega prislon. Določanje preklopne točke pri montaži je enostavno in hitro. Pri vgradnji enote se mesto preklopa vnese v krmilje elektronike s pritiskom na tipko. Brezkontaktno ugotavljanje končnega položaja zagotavlja dolgo življenjsko dobo brez vzdrževanja.

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

Velikost	6	8	12	16	25	32	40
Pnevmatični priključki	M3	M3	M5	M5	M5	G1/8	G1/8
Teoretični moment pri 6 bar [Nm]	0,15	0,35	1	2	5	10	20
Maks. dovoljena aksialna din. sila F_x [N]	10	10	20	25	40	75	120
Maks. dovoljena din. radialna sila F_z [N]	15	20	25	30	60	200	350
Maks. dovoljen vztrajnostni masni moment [$\text{kgm}^2 \times 10^{-4}$]	6,5	13	50	100	120	200	350



REVIJA JE
BREZPLAČNA

brez naročnine
(plačilo samo PTT stroški)

brezplačna
spletna PDF revija

WWW.SVET-ME.SI

poišči si svoje
točke
po sloveniji



Varnostne rešitve »Pripravljeno za uporabo«



Miel predstavlja OMRON-ove namenske varnostne sisteme, primerne za takojšnjo uporabo. Sestavljajo jih varnostna stikala, varnostni modul G9SE in varnostni aktuator.

Varnostni sistem deluje tako, da varnostno stikalo E-Stop pridobi informacijo G9SE, varnostni modul spremlja in procesira vhodni signal, varnostni aktuatorji pa poskrbijo za varno zaustavitev stroja.

• tovitov napake,
 • do 4 varnostni izhodi pri samo 22,5 mm široki varnostni enoti,
 • odzivni čas posameznega kanala največ 15 ms.

Sistem je primeren za strojogradnjo, stregro in logistiko, pakirne stroje, prehrambno in avtomobilsko industrijo.

Uporabnik glede na zahteve lahko sam oblikuje svojo varnostno rešitev.

- **G9SE201DC24, G9SE401DC24**, varnostni aktuator: **J7KNA-09-01** – kontaktor za motor, **MX2** – frekvenčni pretvornik, **Accurax G5** – servosistem,
- kompaktni napajalnik, 60 W, 24 VDC: **S8VK-G06024**,
- tipko za ponovni zagon, 22 mm tipka: **A22N**.

Podjetje skupaj z naročniki in kupci pripravi najugodnejšo varnostno



Značilnosti sistema so:

- skladnost s standardom ISO 13850,
- zmanjša stroške izvedbe,
- zaradi enostavnosti hitrejša rešitev varnosti za stroj,
- LED-indikatorji za hitrejšo ugo-

Pri tem ima na voljo različne vhodne, logične in izhodne komponente:

- varnostne stop tipke: **A22E** – tipka E-Stop, **A165E** – varnostna stop tipka, **ER5018** – kompaktno varnostno stikalo za žico,
- logični varnostni modul:

rešitev za aplikacijo v industriji.

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

Servomotor z vgrajenim regulatorjem

Novi Omronov servosistem ima poleg servomotorja integriran tudi servoregulator. S tem se zmanjša prostor, potreben za vgradnjo. S takšnim servosistemom se skrajša čas vgradnje, prihrani se pri električni napeljavi in prostoru v elektrokrmilni omarici. Primeren je tako za velike kot tudi za manjše stroje, v katerih je prostor v električni omarici omejen. Sistem ima poleg motorja vgrajeno vhodno-izhodno enoto, krmilje in priključek EtherCAT za povezavo s krmilnikom Sysmac (Motion Controller).

Manj ožičenja, poenostavljena vgradnja:

- napajanje DC močnostnega dela in krmilja po enem vodniku,
- vgrajene vhodne-izhodne enote,
- predpripravljeni vodniki s priključki, izvedeni v zaščiti IP65.

Prednosti:

- velika izbira moči motorjev z navorom od 2,55 Nm do 25 Nm,
- 3000 vrt./min nazivne hitrosti,
- prihranek prostora,
- prihranek energije zaradi skupnega napajanja močnostnega dela in krmilja,

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



Družina motorjev z vgrajenim regulatorjem

Tabela 1. Izvedbe in karakteristike

Hitrost	Vrsta zaščite	Prirobница	Nazivni navor	Moč	Model*
3000 vrt./min	IP65	80 × 80 mm	2,55 Nm	880 W	R88E-AECT0230(D/E)-(B)S2
			3,2 Nm	1 kW	R88E-AECT0330(D/E)-(B)S2
		100 × 100 mm	4,3 Nm	1,35 kW	R88E-AECT0430(D/E)-(B)S2
			5,0 Nm	1,57 kW	R88E-AECT0530(D/E)-(B)S2
		142 × 142 mm	11,7 Nm	3,67 kW	R88E-AECT1130(D/E)-(B)S2
		190 × 190 mm	25 Nm	7,85 kW	R88E-AECT02530(D/E)-(B)S2

* D = inkrementalni dajalnik impulzov / E = absolutni dajalnik impulzov / B = motor z zavoro

Tabela 2. Napajalne enote

Vhodna napetost	Dimenzije (Š × D × V)	Izhodni tok	Izhodna moč	Model
400 V 3~	82,4 × 270,6 × 352,5 mm	20 A	11,3 kW	R88S-EAD20R
		40 A	22,5 kW	R88S-EAD40R

Odstranjevanje vode in trdnih delcev iz dizelskih goriv



Hydac predstavlja napravo za odstranjevanje trdnih delcev iz dizelskih goriv – LVU-CD-10

Economy, ki je namenjena dvostopenjski filtraciji dizelskih goriv v ob-

vodu. Naprava učinkovito odstranjuje trdne delce in vodo in tako preprečuje težave s filtri in sistemi za vbrizgavanje goriva.

Z uporabo filtrirne naprave LVU-CD-10 Economy se zmanjša vsebnost vode, trdnih delcev in mikroorganizmov v gorivu na minimum in tako preprečijo dragi izpadi in popravila. Zaradi svoje kompaktnosti in robustnosti je Economy izvedba naprave LVU-CD-10 še posebej primerna za servisiranje.

Na voljo je tudi v izvedbi Standard in Premium, pri kateri je delovanje (npr. izpust odstranjene vode iz dizla) popolnoma avtomatizirano.

Področja uporabe:

- mobilni in stacionarni generatorji, npr. v bolnišnicah, nakupo-

valnih središčih, elektrarnah;

- rezervoarji kmetijskih in gradbenih strojev;
- rezervoarji goriva v kmetijstvu in gradbeništvu.

Prednosti naprave so:

- povečana varnost delovanja strojev zaradi čistega goriva brez vode in trdnih delcev;
- zaradi odstranjevanja vode se zmanjša tudi nevarnost pojava mikroorganizmov v gorivu;
- kompaktna in robustna izvedba ter enostavna uporaba.


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



*Dragi kolegi in prijatelji,
zahvaljujemo se vam za izkazano
zaupanje ter vam želimo lepe
praznične dni, osebne sreče in dobrih
rezultatov skozi vse novo leto 2016!*

www.hydac.si, info@hydac.si, 02/460 15 20





TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA

01

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

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

B & R Power Panel C70 Starting kit

Podjetje PS, d. o. o., Logatec ponuja po ugodni ceni B & R Power Panel C70 Starting kit Power Panel C70, ki vključuje:

- mešani vhodno-izhodni modul X20C8281,
- demo verzijo programskega paketa Automation Studio (polna funkcionalnost programa za obdobje 30 dni dela – upoštevajo se samo dnevi uporabe),
- USB-ključek s pripadajočo dokumentacijo (Quick Start Guide) in video navodili za uporabo.

Tehnična specifikacija:

Power Panel C70:

- PLC in HMI v eni enoti,
- 7" rezistivni zaslon na dotik (panoramski pogled),
- procesna enota Intel Atom 333 MHz,
- 256MB DDRAM, 32kB FRAM, 2GB FLASH pomnilnika,
- 1 × Ethernet, 1 × POWERLINK ter komunikacijski vmesnik 1 × X2X,
- 2 × USB-vmesnik.

Mešani vhodno-izhodni modul X20CM8281:

- 4 digitalni vhodi,
- 2 digitalna izhoda,
- 1 analogni vhod, napetostni ± 10 V ali tokovni 0–20 mA / 4–20 mA, 12-bitna resolucija,
- 1 analogni izhod, napetostni ± 10 V ali tokovni 0–20 mA, 12-bitna resolucija.

Prednosti B & R Power Panel C70 Starting kita:

- enostavna in ugodna rešitev za različne vrste aplikacij,
- zagotovljena tehnična pomoč podjetja PS, d. o. o., Logatec,
- kratka dokumentacija v slovenskem jeziku,
- video posnetki z navodili o uporabi Starting kita,
- možnost brezplačne izposoje kovčka z B & R Power panel C70 Starting kitom,
- na zalogi.

Razlogi za izbiro produktov B & R:

- celostna paleta izdelkov: krmilniki, industrijski računalniki, vhodno-



Komponente sistema

- izhodne enote, napajalniki, servoregulatorji, frekvenčni pretvorniki, varnostni moduli za logiko in krmiljenje gibanja, servo- in koračni motorji, planetni reduktorji;
- možnost redundance krmilnikov;
- V/I-enote s tehnologijo reAction – odzivni čas ene mikrosekunde;
- v vse krmilnike integrirani strežniki OPC/UA, FTP in WEB;
- strežnik OPC/UA podpira odjemalčevo dinamično iskanje in branje procesnih spremenljivk;
- enostavna diagnostika vseh komponent z upravljalnim panelom ali spletnim brskalnikom;
- programiranje vseh naprav B & R v enem celovitem razvojnem okolju – Automation Studio. Podpora vseh programskih jezikov IEC 61131, tudi C in C++;
- programiranje z uporabo programskih blokov MAPP (angl. Modular APplication), ki omogočajo skrajšanje časa razvoja programske opreme za kar 67 % ter bistveno povečajo preglednost programa;
- veliko število razvitih namenskih programskih blokov in knjižnic za različne branže industrije;
- knjižnica SDC (angl. Smart Device Controller) za vodenje različ-

- nih tipov aktuatorjev po hitrosti in poziciji (servo- in koračni pogoni drugih proizvajalcev, hidravlični in pnevmatični cilindri ...);
- avtomatično generiranje kode projektov MATLAB/Simulink za B & R krmilnike (B & R Automation Studio Target for Simulink);
- avtomatično kreiranje strojne konfiguracije v Automation Studio z uvozom datoteke EPLAN. Prav tako se prenesajo poimenovanja digitalnih in analognih vhodov/izhodov;
- povezava SDL3 (angl. Smart Display Link 3) med panelom in industrijskim računalnikom. Prenos vseh signalov po standardnem Ethernet kablu (do 100 m);
- opcija poljubne prilagoditve videza čelne plošče upravljalnega panela;
- tehnologija safeMOTION za varno krmiljenje gibanja. Podpora 18 varnostnih funkcij: STO, STO1, SBC, SOS, SS1, SS2, SLS, SDI, SLI, SMS, SLP, SMP, SLA, SBT, RSP, SLT, Safe Homig, SafeROBOTICS.

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

Svetlobne varnostne zavese DeTec4 Core Ex za eksplozivna okolja

Eksplozivna okolja so urejena s posebej stroгими varnostnimi predpisi in standardi.

Nezaščitene varnostne svetlobne zavese lahko v takšnem okolju povzročijo eksplozijo. SICK-ovo protieksplozijsko zaščitno ohišje z vgrajeno varnostno svetlobno zaveso zanesljivo zmanjšuje nevarnost eksplozije.

S svetlobnimi varnostnimi zavesami DeTec4 Core Ex SICK postavlja nove standarde za uporabo v eksplozivnem okolju. Skupaj z zaščitnim ohišjem je ta svetlobna zavesa namenjena uporabi v industriji, kjer je potrebno zagotoviti zaščito človeka in strojev pred eksplozijami in uskladiti varnost z veljavnimi standardi.

Robustno aluminijasto protieksplozijsko zaščitno ohišje v štirih različnih dolžinah omogoča različne zaščitne višine polj, to je 600 mm, 900 mm, 1200 mm in 1500 mm. S standardizirano ločljivostjo 30 mm je mogoče doseči razdalje zaznavanja do osem metrov. Vse naprave so dobavljene trajno prednameščene v zaščitnem



ohišju, kar omogoča hiter zagon in obratovanje. Delovanje brez napak tudi v najbolj ekstremnih pogojih zagotavljata odporen material, enostaven za čiščenje, in zaščita pred prahom in vodo. Vsi pridobljeni certifikati potrjujejo visoko odpornost materiala pred eksplozijami v notranjosti ohišja.

Protieksplozijsko zaščitno ohišje za varnostne svetlobne zavese je zasnovano in odobreno za uporabo v skladu z ATEX za plin: II 2 G Ex d IIB T6 Gb, za prah: II 2 D Ex tb III C T56 °C Db. NFPA 70 / NEC 500, razred I, Div. 1, skupin C in D, razred II, Div. 1, skupine E, F in G in razreda III, Div. 1. Ohišje je združljivo tudi s številnimi SICK-ovimi varnostnimi svetlobnimi zavesami in primerno za uporabo v lakirnih kabinah, silosih žita, kemičnih tovarnah, farmacevtski proizvodnji, strojništvu in podobno.

Kombinacija protieksplozijskega zaščitnega ohišja in varnostne svetlobne zavese je bila ustrezno testirana in je edinstvena na trgu, hkrati ožičena in odobrena s strani UL. Omogoča vrhunsko zaščito in zanesljivo izpolnjuje vse potrebne varnostne standarde in zahteve zakonodaje.

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

INTRONIKA

Mednarodni strokovni sejem za industrijsko in profesionalno elektroniko

International Trade Fair for Industrial and professional electronic

27.-29.01.2016
Celje, Slovenija

www.icm.si, e-mail: intronika@icm.si



Novo v programu:

Osvetljene tipke 22,5 mm na osnovi piezo tehnologije

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



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

Mednarodna konferenca o tesnjenju 2016

19th International Sealing Conference Stuttgart 2016 – 19th ISC – 19. mednarodna konferenca o tesnjenju bo 12. in 13. oktobra na Univerzi v Stuttgartu v organizaciji VDMA – skupina za fluidno tehniko, pod vodstvom prof. dr. ing. habil. Wernerja Haasa (haas@ima.uni-stuttgart.de) z Inštituta za strojne elemente.

Niti osebni avto, hidravlični valj, pametni telefon ali procesor za hrano – noben tehnični izdelek ne deluje brez tesnil.

Da bi tehnični izdelki postali bolj učinkoviti, tudi tesnilni sistemi postajajo zahtevnejši. Biti morajo energijsko bolj učinkoviti, trajnejši in zanesljivejši, kar ni mogoče brez inovativne tehnologije tesnjenja.

Zato bo moto konference 2016:

Tehnologija tesnjenja – nujno potrebna!

Namen konference je predstaviti dosežke raziskav, rezultate razvoja in izkušnje uporabnikov ter izmenjati te izkušnje med vsemi zainteresiranimi udeleženci.

Vsi zainteresirani za predstavitev lahko dobijo navodila pod naslovom »Call for Papers« na spletnem naslovu www.sealing-conference.com ali na tiskani verziji na naslovu christian.geis@vdma.org.

Povzetki v nemškem ali angleškem jeziku morajo biti posredovani do 26. februarja 2016.

Na 19. ISC bodo obravnavane naslednje teme:

- statična tesnila,
- rotacijska gredna tesnila,
- sem-in-tjakajšnja tesnila (hidravlika in pnevmatika),
- osnove tehnologije tesnjenja,
- mehanska tesnila,
- materiali in površine,
- shranjevanje energije, trenje, obraba,
- simulacije,
- standardizacija, patenti, zakonodaja, postopki preskušanja,
- uporaba in izkušnje.

Ob konferenci se načrtuje priložnostna razstava.

Informacije:

Fachverband Fluidtechnik im VDMA
19th ISC
Dr. Christian Geis
Postfach 71 08 64
60 498 Frankfurt am Main, BDR
Tel.: +49 (0) 69 66 03-13 18
Faks: +49 (0) 69 6603-23 18
e-pošta: christian.geis@vdma.org

Vir: Press release VDMA, Postfach 710864, 60498 Frankfurt am Main, BRD

Roboti Stäubli v prehrambni in živilski industriji

V zadnjih letih je proizvajalec robotov Stäubli veliko vlagal v izboljšave in razvoj robotov za področje prehrabne in živilske industrije. Visoka zmogljivost, dinamičnost, natančnost in značilna oblika njihovih robotov postavljajo merila pri uvedbi avtomatizacije tudi na tem področju.



Pakiranje z robotom TS80

Švicarski proizvajalec robotov Stäubli tako nudi daleč najširši in najzmogljivejši asortiman robotov za živilsko industrijo. Pri izbiri je potrebno upoštevati pomembne parametre, kot so cikel, doseg, nosilnost, higienske zahteve ter prilagojenost procesom čiščenja. Z upoštevanjem navedenih zahtev bo izbira robota optimalna.

Izbiramo lahko med štiri- ali šestosnimi roboti standardne ali posebne izvedbe. Roboti Stäubli se tako uporabljajo:

- pri rokovanju z različnimi vrstami živil (kruh, testenine, pecivo, mesni, ribji ali mlečni izdelki,



Pakiranje rib z robotom Stäubli TX90HE

zamrznjena hrana, sadje in zelenjava, ...);

- za različne procese (polnjenje, točenje, rezanje, ravnanje, označevanje, razvrščanje, pakiranje, paletiziranje, ...).

Pri robotih Stäubli, ki so namenjeni za prehrabno industrijo, se za mazanje pogonov posameznih osi uporablja posebno olje NSF H1 food grade, ki je bilo namensko razvito prav za takšno uporabo. Pri tem dinamika robota ni oslajbljena in ne omejena kot pri nekaterih drugih proizvajalcih robotov.

Glede na vrsto proizvodnje je pomembna tudi odločitev, ali uporabiti standardnega ali morda robota posebne izvedbe. Da bi izključili razvoj bakterij in plesni, proizvodnja in predelava živil vedno pogosteje poteka v okolju čiste sobe, in sicer v ISO-območju 5 do 8. Te standarde dosegajo že standardne izvedbe robotov Stäubli, medtem ko roboti posebnih izvedb dosegajo celo standard ISO2.

Pri SCARA robotih serije TS je vertikalna os zaščitena z mehkom, kar je v skladu s standardom ISO6 za čiste sobe (Cleanroom). Poleg visoke hitrosti in stopnje ponovljivosti $\pm 0,01$ mm jih odlikujeta enostavno čiščenje in vzdrževanje.



Razrez izdelkov iz testa z robotom Stäubli

Vse šestosne robote odlikuje popolnoma zaprta oblika ohišja, pri katerem vsi vodniki potekajo v notranjosti robota. Prav tako so v notranjost vgrajeni tudi vsi pogonski sklopi, kar uvršča standardno izvedbo robotov na področje standarda ISO5 za čiste sobe. Tako imenovani šestosni roboti super čista soba (Supercleanroom) s pripono CR so v skladu s standardom ISO4. Serija TX je nadgrajena v območje standarda ISO2.

Posebna vrsta robotov HE je namenjena za delo v proizvodnih procesih s 100-odstotno vlago. Odporni so na tekočine s pH-faktorjem med 4,5 in 8,4. Vsi vitalni deli robota so izdelani iz nerjavečega jekla. Kabelska povezava med robotom in krmilnikom ter periferijo je izvedena po spodnji strani noge robota, kar omogoča 100-odstotno zaščito priključkov pred vodo in vlago. Tudi vodotesno tesnjenje je izvedeno na vseh zglobeh posameznih osi robota.

Štiriosni robot TP80 Fast Picker razvije ekstremno visoke hitrosti in je izjemno uporaben za sortiranje in pakiranje v živilski industriji. Odlikujeta ga brezkompromisna zanesljivost in natančnost. Deluje v velikem delovnem območju s premerom 1,6 m in dosega zavidljivo stopnjo ponovljivosti $\pm 0,05$ mm. Visoka natančnost se ohrani tudi po več tisoč delovnih urah.

Z uvedbo serije HE, TP80 Fast Picker in inovativnimi programskimi rešitvami je Stäubli še dodatno utrdil svoj vodilni položaj na področju prehranske in živilske industrije. V sodelovanju s proizva-

jalci želimo spodbujati avtomatizacijo v prehranski industriji in s tem izboljšati varnost, učinkovitost in produktivnost.

www.domel.si

Upoštevanje človeka je prvo pravilo robotike.



Man and Machine

www.staubli.si

Kaj če robot in človek (resnično) delata skupaj?

Poleg zagotavljanja učinkovitosti morajo biti roboti predvsem človekov partner. Roboti niso namenjeni zamenjavi človeka pač pa človeku v podporo preko enostavnega in učinkovitega sodelovanja. Stäubli roboti delujejo hitro, natančno in varno. A v prvi vrsti v sodelovanju s človekom!

Kontakt: Brane Čenčič, Tel.: 00386 41 747 536, brane.cencic@domel.com

DOMEL
Ustvarjamo gibanje

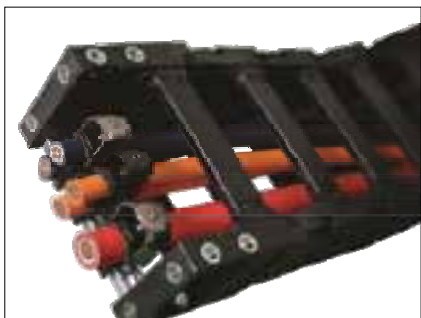
STÄUBLI

Stäubli is a trademark of Stäubli International AG, registered in Switzerland and other countries. © Stäubli 2015, Semaphore & Co 2014. "Man and machine" is a registered trademark of Stäubli International AG.

Dolge energijske verige ali zakaj lahko pristanejo v smeteh

Stojan DROBNIČ

Energijske verige vodijo in nosijo prenosnike energije – električne kable, hidravlične in pnevmatične cevi ter prenosnike informacij med mirujočim in gibljivim delom strojev ter jih varujejo pred poškodbami.



Slika 1. Kabli in cevi, vgrajene v energijsko verigo

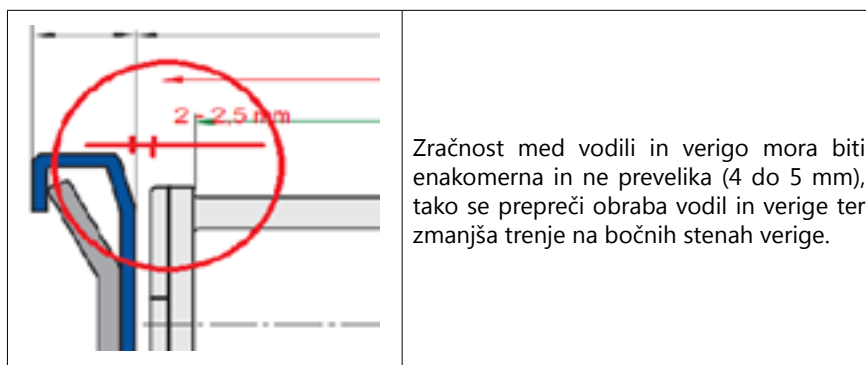
Verige se med seboj razlikujejo po obliki, dolžini in načinu vgradnje ter načinu delovanja, kar vse zahteva lasten način dimenzioniranja in konstrukcije. Tabela 1 prikazuje različne načine vgradnje, ki so osnova za kakršnekoli izračune.

Več kot 90 odstotkov vgrajenih energijskih verig opravlja krajše hode – med dvema in tremi metri, lahko tudi kakšen meter več. Zelo malo primerov pa je, da verige opravljajo dolge hode. V splošnem govorimo o dolgih verigah takrat, če so njihovi hodi daljši od 60 m. Dolge verige zaradi svoje zahtevnosti potrebujejo posebno obravnavo in upoštevati je treba več različnih vplivnih parametrov.

Stojan Drobnič, HENNLICH, d. o. o., Podnart

Tabela 1. Osnovne oblike energijskih verig

	vodoravna odprta
	drseča za dolge verige
	navpično viseča
	navpična stoječa
	navpična cik-cak
	bočno ležeča
	krožna RBR



Slika 2. Zračnost med verigo in vodili



Slika 3. Poškodbe vodil in druge napake

Na slikah 2–6 je prikazanih nekaj značilnih napak pri vgradnji, izbiri in uporabi, ki skrajšujejo življenjsko dobo dolgih energijskih verig.

Če veriga ni vodena v vodilih s streho, lahko pade iz vodil. Streha preprečuje dvigovanje verige med delovanjem in tako prepreči, da energijska veriga konča v smeteh.

Dolge energijske verige se uporabljajo pri mostnih dvigalih, luških dvigalih, rudniških bagrih, podajalnikih in podobno. Najdaljša veriga podjetja Hennlich je bila vgrajena na Češkem – 615 m (slika 7).

Najdaljša delujoča veriga, ki so jo montirali sodelavci podjetja Hennlich, d. o. o., iz Podnarta je v Svilajncu v Srbiji. Njen hod je 178 m, hitrost sistema je 1 m/s, pospešek pa 1 m/s².

Veriga, ki ni pravilno zasnovana in pri kateri niso upoštevana vsa pravila vgradnje, lahko hitro konča v smeteh (slika 8).



Lomljenje verige preprečujejo zasukani členi pred gibljivim delom in izbira pravilne višine vpetja.

Slika 4. Lomljenje členov verige



FMA – plavajoča podporna roka vleče in potiska energijsko verigo in skrbi za paralelnost med vodili in verigo.

Pozornost je namenjena vodilni puši, ki mora delovati brez posebnega vzdrževanja tudi v grobem umazanem okolju ter imeti majhno trenje (posebna izvedba polimerne puše brez mazanja).

Slika 5. Plavajoča podporna roka



Veriga s kotalnimi ležaji (Rollly chain) se obrabi manj od navadne verige, saj je trenje manjše. Porabi se manj energije za premikanje – tudi do 57 odstotkov. Pri tem sta upoštevani tudi sila vztrajnosti in masa verige. Gibanje takih verig je hitrejše (večje hitrosti in večji pospeški), ne da bi se povečala raven hrupa.

Slika 6. Uporaba verige s kotalnimi ležaji



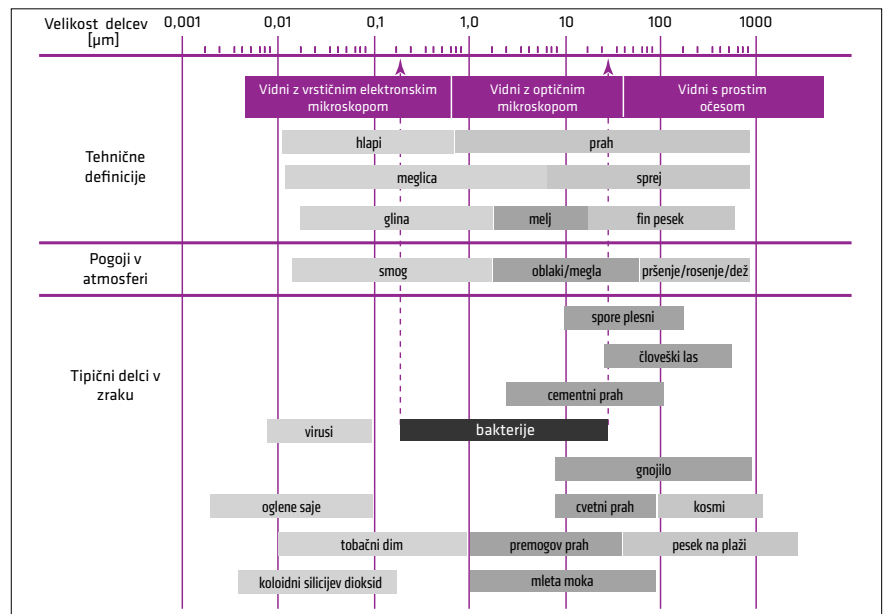
Slika 7. Najdaljša energijska veriga s hodom 615 m v termoelektrarni Tušimice II



Slika 8. Veriga v smeteh

Sterilizacija stisnjenega zraka s filtracijo

V stisnjem zraku so različni delci, ki jih je treba glede na zahteve porabnika iz njega izločiti (slika 1). Filtracija je proces ločevanja drobnih trdnih delcev iz plina (ali iz kapljavine), ki prehaja skozi porozen/polprepusten material. Trdni delci se zadržijo v porah in na površini filtrirnega medija v odvisnosti od velikosti delcev, velikosti por filtra in mehanizma filtracije (npr. površinska, globinska filtracija). V ta namen podjetje OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana že vrsto let izdeluje filtre za pripravo stisnjenega zraka različnih stopenj čistosti (v skladu s standardom ISO 8573-1).



Slika 1. Prikaz velikosti delcev

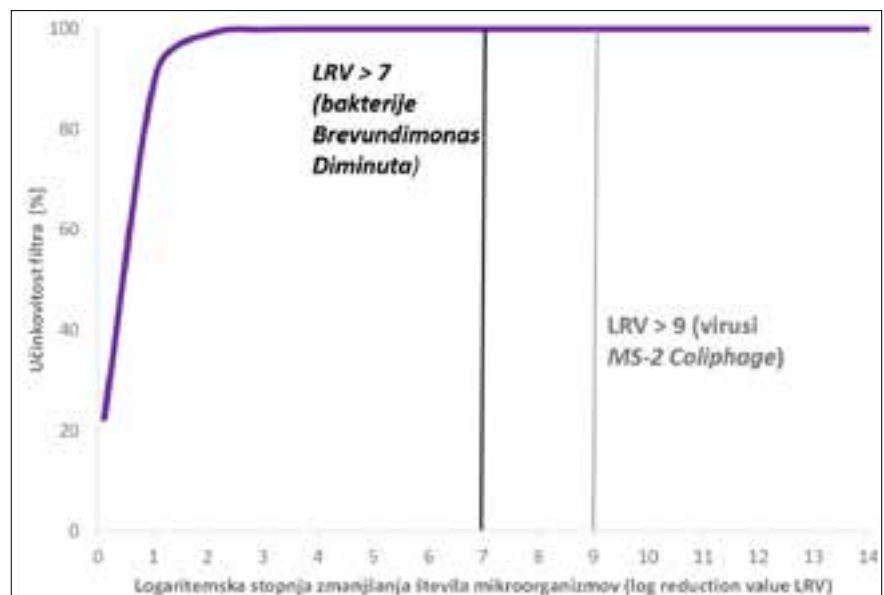
V stisnjem zraku so tako majhni delci, ki jih ne moremo videti s prostim očesom, a kljub temu lahko resno ovirajo naprave in procese pnevmatskih sistemov ter s tem škodljivo vplivajo na kakovost izdelka. Poleg prašnih delcev in vlage je v kubičnem metru atmosferskega zraka tudi do 100 milijonov mikroorganizmov – virusov in bakterij. Ker so veliko manjši od prašnih delcev, lahko neposredno preidejo skozi predfilter, ki je postavljen pred vhomom zraka v kompresor. Vlaga v stisnjem zraku še dodatno spodbuja rast mikroorganizmov in kontaminacijo sistema.

Medtem ko s prostim očesom lahko razločimo delce, velike približno 100 μm (npr. človeški las), lahko delce manjše od 100 μm (npr. prah, bakterije) opazujemo z optičnim mikroskopom, vendar le do približne velikosti 0,2 μm . Če želimo opazovati delce, manjše od 0,2 μm (npr. tobačni dim), potrebujemo vrstični elektronski mikroskop, ki namesto vidne svetlobe uporablja elektronski snop, ki ima mnogo krajšo valovno dolžino od vidne svetlobe (slika 1).

Zmanjšanje števila mikroorganizmov v procesnem stisnjem zraku

je zelo pomembno v farmacevtski industriji (proizvodnja proteinov, cepiv, protiteles, hormonov, vitaminov in encimov...), v industriji mleka in v pivovarnah. Zelo stroga zakonodaja pri teh procesih zahteva uporabo sterilnega stisnjenega zraka. Sterilizacija je postopek, s katerim odstranimo vse žive mikroorganizme. Poleg sterilizacije s toplotno obdelavo se za rutinsko sterilizacijo stisnjenega zraka

uporablja filtracija, pri kateri mikroorganizme izločimo s filtrirnimi elementi, ki imajo pore manjše od 0,01 μm . Tako imenovani sterilni filtri so običajno izdelani iz toplotno obstojnih materialov in jih je mogoče sterilizirati tudi z vročo vodno paro. Pomembno je, da uporabimo učinkovit filter, ki bo preprečil, da bi mikroorganizmi prišli v stik z izdelkom in kakorkoli škodljivo vplivali na njegovo kakovost.



Slika 2. Zveza med učinkovitostjo filtra in logaritemsko stopnjo zmanjšanja števila mikroorganizmov (log reduction value LRV)

OMEGA AIR

Better air

Učinkovitost filtrov za odstranjevanje mikroorganizmov med filtracijo zraka se lahko določi z mikrobiološkimi izzivnimi testi (microbiological challenge testing). Pri izzivnem testu filter izpostavimo standardnim testnim mikroorganizmom, ki so razpršeni v aerosolu. Če filter med filtracijo aerosola zadrži vse mikroorganizme, ima 100%-no učinkovitost. Učinkovitost filtra se pogosteje izraža z logaritmsko stopnjo zmanjšanja števila mikroorganizmov (t. i. log reduction value). Diagram na *sliki 2* prikazuje zvezo med učinkovitostjo filtra in logaritmsko stopnjo zmanjšanja števila mikroorganizmov.

Primer: Če filter izpostavimo 10^{16} mikroorganizmov/cm² aktivne površine filtra in pri filtriranju odstranimo 10^{10} mikroorganizmov/cm², je učinkovitost filtra

$$100 \cdot \frac{10^{16} - 10^6}{10^{16}} = 99,99999999 \%$$

Zmanjšanje števila mikroorganizmov (titer reduction) je $10^{16} / 10^6 = 10^{10}$.

Logaritmska stopnja zmanjšanja števila mikroorganizmov (log reduction value) je $\log_{10} 10^{10} = 10$.

Sterilni filtrirni vložki VSF, razviti in izdelani v podjetju OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana, se uporabljajo za filtracijo procesnega zraka in tehničnih plinov. Sterilnost stisnjenega zraka zagotavljajo s tem, da zadržijo mikroorganizme, hkrati pa jih je možno sterilizirati z vodno paro, saj so filtrirni elementi VSF lahko vgrajeni v nerjavna filtrska ohišja (SF ali SFP). Odlično učinkovitost odstranjevanja mikroorganizmov so preverili in potrdili na britanski neodvisni inštituciji Public Health England, Biosafety investigation unit, Porton Down.

Učinkovitost odstranjevanja bakterij je bila določena z izpostavljanjem filtrirnega vložka standardnim bakterijam *Brevundimonas diminuta* (ATCC 19146), ki se običajno uporabljajo za določanje učinkovitosti sterilnih filtrov s povprečno velikostjo por 0,2 μm. Učinkovitost odstranjevanja virusov je bila določena z izpostavljanjem filtrirnega vložka standardnim bakteriofagom *MS-2 Coliphage*, ki imajo povprečno velikost 25 nanometrov. Logari-

temska stopnja zmanjšanja števila bakterij *Brevundimonas diminuta* je bila večja od > 7, logaritmska stopnja zmanjšanja števila bakteriofagov *MS-2 Coliphage* pa > 9.

Procesi, kjer se uporablja sterilni stisnjeni zrak:

- aseptični procesi, aseptično pakiranje,
- izdelava PET-embalaže, transport sestavin,
- prezračevanje rezervoarjev, industrija hrane in pijač,
- farmacevtska industrija in biofarmacija,
- elektronika, polprevodniki,
- medicina, zdravstvo in drugo.

Značilnosti filtrirnih vložkov VSF:

- končnice iz nerjavnega jekla preprečujejo korozijo in zagotavljajo visoko obstojnost,
- potisni spoj za enostavno in hitro menjavo filtrirnega vložka,
- borosilikatna mikrovlakna zagotavljajo nizek tlačni padec in visoko učinkovito odstranjevanje podmikronskih delcev do 0,01 μm, vključno z bakterijami,
- visoka stabilnost zaradi preizkušene tehnologije filtriranja,
- robustna konstrukcija omogoča visoko število ciklov sterilizacije,
- ohišja iz nerjavnega jekla (1.4301 in 1.4404),
- polirana površina filtrskega ohišja do stopnje hrapavosti Ra 0,8,
- tričeljustne spojke z manjšo izpostavljenostjo bakterijam, dimenzij DN10 do DN200,
- obratovalni tlak 10 (16) bar,
- volumski pretok 75 do 21120 Nm³/h,
- temperaturno območje obratovanja -20 °C do 150 °C,
- priključki z notranjim navojem 1/4" do 3",

Viri

- [1] OMEGA AIR d.o.o Ljubljana, Filtracija stisnjenega zraka, Vzdrževalec, št. 119, oktober 2007.
- [2] Kenneth E. Avis, Sterile Pharmaceutical Products: Process Engineering Applications, CRC Press, 1995.
- [3] Kenneth S. Sutherland, George Chase, Filters and Filtration Handbook, Elsevier, 2011.

www.omega-air.si



Sterilni filtri serije SF



Sterilni filtri serije SFP



VSF filtrirni elementi



Generatorji O₂/N₂ in sušilniki



OMEGA

AIR

OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana

T +386 (0)1 200 68 00
F +386 (0)1 200 68 50

info@omega-air.si

Cesta Dolomitskega odreda 10
SI-1000 Ljubljana, Slovenija
www.omega-air.si

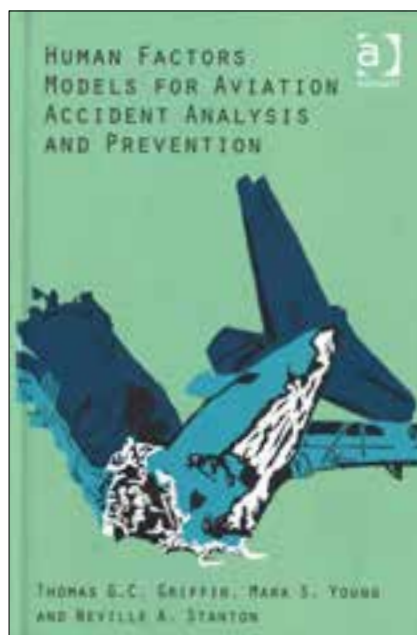
Frankfurt po Frankfurtu

Tudi letos je knjigarna Konzorcij omogočila ogled prodajne razstave Frankfurt po Frankfurtu. Med 9. in 14. novembrom je bilo na ogled okrog 6000 knjig, ki jih je bilo mogoče tudi kupiti z 10-odstotnim popustom. Poznavalcem različnih tipov letal ob prebiranju številnih knjig z opisi posameznih vrst gotovo ni bilo dolgčas. Avtorja prispevka so tako kot pretekla leta zanimale predvsem knjige s pravno vsebino. Z lahkoto smo jih prešteli na prste ene roke.



Letos se je v Sloveniji zgodilo kar nekaj letalskih nesreč. Ob pravem trenutku torej prihaja na slovenski trg knjiga Thomasa G. C. Griffitha, Marka S. Younga in Nevilla A. Stantonona Človeški faktorji – modeli za analizo in preprečevanje letalskih nesreč.

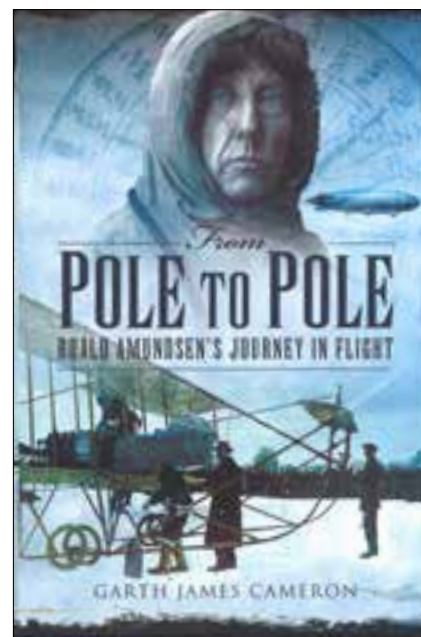
Letalstvo je kompleksen sistem in kot tak »trpi« zaradi manipulacij in nekompleksnih modelov in metod. Avtorji knjige so z obsežnimi in sistematičnimi analizami vzrokov letalskih nesreč prišli do novih metod, ki naj bi s svojo kompleksnostjo dale odgovor o vzrokih. Na prvem mestu proučevanj sta človeški faktor in izpolnjevanje naloge. Knjigo so avtorji napisali tako, da jo je mogoče brati od začetka do



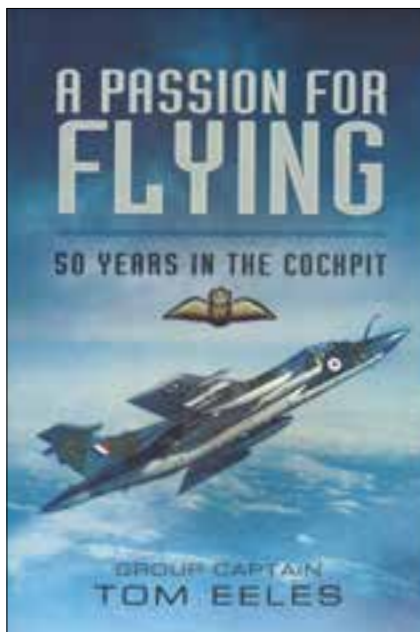
konca ali po posameznih poglavjih. V drugem poglavju je predstavljen model preiskovanja letalskih nesreč danes. Tretje poglavje na primeru dveh letalskih nesreč opiše neuporabnost pristopa z mreženjem informacij. V četrtem poglavju bralec sledi razvijanju novega kompleksnega sistema preiskovanja letalskih nesreč. V petem poglavju se je treba spoprijeti z bajezijansko matematiko, ki naj bi odpravila potencialne napake sklepanja o vzrokih nesreče. Nova metoda je namenjena tako komercialnemu kot tudi lahkemu letalstvu. Ugotovitvam 5. poglavja sledi šesto, ki predstavi razvoj simulatorja, ki naj bi potrdil možno uporabo in učinkovitost t. i. bajezijanskega pristopa (glej bolj podrobno: https://wikipedia.org/wiki/Bayesian_probability, <28. 11. 2015). Cilj sedmega poglavja je proučitev uporabnosti razvite metodologije za letalsko industrijo. To poglavje črpa zaključke iz dvehletnih poročil mednarodnega letalskega podjetja. Zaključno osmo poglavje nam predstavi razprave in cilje, prav tako pa tudi možne bodoče raziskave tega zanimivega dela letalske zgodovine. Obilica virov in shem bo bralcu omogočila, da poglobljeno prouči preiskovanje in odkrivanje vzrokov letalskih nesreč, avtorjem pa (glede na odziv bralcev) spozna-

nje, ali so napravili korak naprej v iskanju najboljših metode za odkrivanje vzrokov letalskih nesreč.

Ljubiteljem letalske zgodovine pa priporočamo knjigo Gartha Jamesa Camerona Od tečaja do tečaja (From Pole to Pole), ki obravnava letalska potovanja Roalda Amundsenona. Roald Amundsen (1872–1928) je širšemu krogu bralcev bolj znan kot polarni raziskovalec, ki je 14. decembra 1911 dosegel južni tečaj. Manj znano pa je, da je kot član in vodja ekspedicije Amundsen-Ellsworth-Nobile 12. maja 1926 z zračno ladjo Norge prvi dosegel severni tečaj. Zanimivo branje se konča z 18. junijem 1928, ko se Amundsen s petimi prijatelji odpravi iz Tromsa na reševanje zračne ladje Italia.



Kogar zanimajo osebne izkušnje pilotov, jim toplo priporočam knjigo Toma Eelesa Strast po letenju (A Passion for Flying), ki je izšla leta 2015 pri Pen & Swords Books Ltd. Knjiga opisuje obdobje petdesetih let, ki jih je avtor preživel v letalski kabini. Eeles je prenehal leteti leta 2010, ves čas je deloval kot pripadnik RAF (ang. Royal Air Force). Polet z Meteorjem 17 ga je leta 1949 za vedno zapisal med pilote. S pilotom Mikeom D'Arcyjem sta nad njegovo šolo opravila nekaj akrobacij in



zapečatila njegovo usodo. Napeto branje in spominjanje.

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



Nove knjige

Anonim: **O+P Konstruktions – Jahrbuch 2015** – O + P zbornik za konstruiranje hidravlike in pnevmatike – V aktualnem zborniku za leto 2015 so strokovno kompetentno predstavljene hidravlične in pnevmatične sestavine in pomožne naprave vseh pomembnih ponudnikov na trgu.

Inženirji s področja konstruiranja in projektiranja ter pogonske tehnike in vzdrževanja lahko dobijo osnovne informacije o več kot 560 ponudnikih oz. dobaviteljih. Na voljo so informacije o osnovnih tehničnih lastnostih, razdeljene po značilnih skupinah sestavin, in izčrpani podatki o dobaviteljih.

Zal.: Vereinigte Fachverlage GmbH – Vertrieb – Postfach 10 04 65. 55135 Mainz, BRD;
tel.: +06131/992-0
faks: + 06131/992-100
e-pošta: vertrieb@vfmg.de
internet: www.engineering-news.net
cena: 39,00 eur.

Oglaševalci

AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana	435, 483
CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	468
DOMEL, d. d., Železniki	491
EVROPSKI FORUM ROBOTIKE	421
FESTO, d. o. o., Trzin	413, 500
HENNLICH, d. o. o., Podnart	434
HYDAC, d. o. o., Maribor	486
ICM, d. o. o., Celje	436, 488
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGREN, Lesce	413
INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija	427
IPRO ING, d. o. o., Ljubljana	424
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	467
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	413
OLMA, d. d., Ljubljana	413
OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana	413, 495
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin	413
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	413, 499
POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri	413, 414
PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	451
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	476, 477
PS, d. o. o., Logatec	497
SICK, d. o. o., Ljubljana	413
STROJNISTVO.COM, Ljubljana	482
SUN Hidraulik, Erkelenz, Nemčija	498
TEHNA, d. o. o., Ljubljana	489
TEHNOLOŠKI PARK, Ljubljana	486
UL, Fakulteta za elektrotehniko, DIR 2016	416
UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	437, 461, 481
VISTA HIDRAVLIKA, d. o. o., Žiri	413
YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica	420

Družba za projektiranje in izdelavo strojev, d.o.o.
Kalce 30 b, SI-1370 Logatec
T: 01 750 85 10, F: 01 750 85 29
E: ps-log@ps-log.si, W: www.ps-log.si

Izvajamo:

- konstrukcije in izvedbe specialnih strojev
- predelave strojev
- regulacije vrtenja motorjev
- krmiljenje strojev
- tehnično podporo in servis

Dobavljamo:

- servo pogone
- frekvenčne in vektorske regulatorje
- mehke zagone
- merilne sisteme s prikazovalniki
- pozicijske krmilnike
- planetne reduktorje in sklopke
- svetlobne zavese in varnostne module
- visokoturne motorje

Zastopamo:

- EMERSON - Contol Techniques
- Trio Motion Technology
- ELGO Electronics
- Reer
- Motor Power Company
- Ringfeder - GERWAH
- Tecnoingranaggi Riduttori
- Fairford Electronics
- Giordano Colombo
- Motrona
- B&R



Programirljivi logični krmilnik X20CP158X

- CPE Intel ATOM, hitrosti do 1.6 GHz
- Integriran RS232 ter Ethernet POWERLINK vmesnik
- Program, vizualizacija in parametri shranjeni na compact flash (CF) kartici
- Reža za dograditev omrežnega modula
- Velika izbira omrežnih modulov v master in slave izvedbi
- Velika izbira klasičnih in varnostnih V/I enot
- Možnost izbire zaščitenih (coated) modulov
- Enostavna izvedba redundantnega sistema

Prihodnost je v naših rokah



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



Brüsseler Allee 2
41812 Erkelenz
NEMČIJA

Tel: +49 24 31/ 80 91 12
Fax: +49 24 31/ 80 91 19

info@sunhydraulik.de

www.sunhydraulik.de

Zanimivosti na spletnih straneh

[1] **Hidravlični fluidi za trajni pogon** – <http://hydraulicspneumatics.com/hydraulic-fluids/hydraulic-fluids-keep-going-and-going> – Ali vaše podjetje zamenjuje tradicionalna hidravlična olja in druge fluide z biorazgradljivimi fluide? Če je tako, potem je pomembno vedeti kako izbrati najustreznejši fluid. Prispevek obravnava hidroskopske lastnosti, hidravlično stabilnost in druge značilnosti biofluidov, ki jih je potrebno upoštevati. Obravnava tudi rezultate testiranja in navodila za pravilen izbor.

[2] **Knjigarna hidravlike in pnevmatike** – www.hydraulicspneumatics.com – Na spletnem seznamu revije *Hydraulics & Pneumatics* je na voljo seznam za nakup najbolj popularnih in klasičnih knjig in učbenikov za hidravliko in pnevmatiko. Seznam obsega tudi najzanimivejše priročnike, reference in navodila, ki so jih pripravili uveljavljeni strokovnjaki iz industrije.

[3] **Merjenje tlakov od 3,5 do 2000 barov** – www.sensor-technik.de – *Sensor-Technik Wiedemann GmbH* izdeluje vrhunske dajalnike tlaka v tankoplastni tehnologiji za tlake med 3,5 in 2000 bar. Spoznajte osnove tankoplastne tehnologije in značilnosti miniaturnih dajalnikov tlaka.

[4] **Nov mobilni udarni drobilnik odvisen od uspešnosti hidravlike** – <http://hydraulicspneumatics.com/hydraulic-pumps-amp-motors-new-mobil-impact-crusher-depends-hydraulics-success> – *Kormann Rockster Recycler* hibridni udarni drobilnik združuje elektromotor s štirimi enakimi hidravličnimi črpalkami z enakimi udarci kot predhodni model, toda z manjšo porabo energije in manjšo hrupnostjo. Elektromotor zagotavlja dovolj navora za zagon bobna, medtem ko hidravlika poganja ostale dele stroja s krmiljenjem toda za precizno ravnanje z ostalimi nalogami in udarci.

[5] **O + P Konstruktions-Jahrbuch 2015** – www.engineering-news.net – Letni priročnik za konstruiranje hidravlike in pnevmatike 2015 je pred-

stavljen. Poleg pomembnih priporočil za snovanje hidravličnih in pnevmatičnih naprav obsega tudi kompleten tržni pregled ponudbe in osnovnih lastnosti hidravličnih in pnevmatičnih sestavin in pomožne opreme ter njihovih dobaviteljev (več kot 560). Cena priročnika je 39,00 evrov.

[6] **Strega z vakuumom** – <http://hydraulicspneumatics.com/vacuumtechnology/vacuum-handling-masses-0> – Vakuumski sistem prijemal *SPZ* uporablja podtlak za prijemanje izdelkov od kartonskih škatel do upogibnih vreč ne glede na poroznost in hrapavost delovnih površin. Prijemala so univerzalna in jih ni potrebno prilagajati vsakemu izdelku posebej. Sesalni vmesnik je izdelan iz tesnilnih penastih plošč ali sesalnih blazin.

[7] **Tehnična znanja za inženirje** – <http://www.engineering-news.net> – *O + P Konstruktions Jahrbuch 2014* je priročnik za konstruiranje na področju fluidne tehnike. Obsega strokovno kompetentne preglede hidravličnih in pnevmatičnih sestavin in pomožne opreme za vsa področja fluidne tehnike z izčrpnimi podatki o njihovih dobaviteljih (več kot 560 ponudnikov) in drugimi pomembnimi informacijami za konstruiranje in projektiranje takšnih naprav. Naročilo: e-pošta: vertrieb@vfmz.de; internet: www.engineering-news.net; tel.: +06131-992/147.

[8] **Tehnologije MDA** – <http://www.mda-technologies.com> – Sedaj so na voljo tudi brezplačne tehnološke informacije *E-Paper MDA Technologies*. Obdelani so mednarodni trgi, tehnične novosti in razvojni trendi na področjih pogonske tehnike, hidravlike in pnevmatike. V letu 2015 izhaja *MDA Technologies* v petih e-papirnih izdajah in v angleškem jeziku, dodatno pa tudi v tiskani obliki ob mednarodnih sejnih WIN/IAS, vsakokrat v jeziku države, v kateri je sejem. Z dodatnim vključevanjem videa, katalogov, slikovnih galerij bodo *MDA Technologies* zadovoljile vse večje informacijske potrebe.



Vaš rešitelj v primeru okvare

Parker Parkrimp *No-skive* sistem,
gibke cevi, priključki in stiskalnice



it's so easy
to crimp
a hose

Če vaša oprema temelji na hidravličnem sistemu,
ko pride do okvare gibke cevi, veste da se tekma s časom pred zastojem prične.

Parker vam pomaga premagati težave z enostavno,
hitro in varno izdelavo gibke cevi,
kjerkoli in kadarkoli jo potrebujete.

parker.slovenia@parker.com
www.easy-crimping.com

aerospace
climate control
electromechanical
filtration
fluid & gas handling
hydraulics
pneumatics
process control
sealing & shielding



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

FESTO



**Robusten in
z velikim
pretokom!**

**Iščete cenovno ugoden in popoln ventil.
Želite velike pretoke in zanesljivost.
Mi smo strokovnjaki za ventile.**

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

VUVS: vaš novi popoln ventil.

Popoln za večino vaših vsakodnevnih namenov uporabe. Robustna kakovost. Odlične lastnosti. Enostaven za uporabo. Širok izbor dodatkov v zelo jasno strukturirani seriji izdelkov. Atraktivna cena. Je vse to, kar morajo biti ventili danes!

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