



OPL

FESTO

Merimo
LOTRIČ
za prihodnost

HYDAC

Parker

NORGREN

SICK

Sensor Intelligence.

MIEL OMRON
www.miel.si

Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo

SPIRING
www.spiring.si

Danfoss

Danfoss Trata d.o.o.

- AUTOMATICA 2010
- Odkritje laserja
- Intervju
- Ventil na obisku
- Pnevmatronika v stregi knjig
- Vadba roke z magnetoreološko tekočino
- Robotska roka ali proteza
- Iz prakse za prakso

industrijska
olja in maziva



OLMA
www.olma.si

SINCE 1947

Hidravlične sestavine

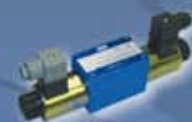
Hidravlični sistemi

Storitve

Program
zastopstev



Potni, tlačni in tokovni ventili
za odprte tokokroge



Zavorni ventili in izplakovalni
ventili za zaprte tokokroge



Posebni ventili in bloki



Hidravlične naprave



Motorji in črpalke



Elektronske sestavine



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

Kladivar, tovarna elementov za fluidno tehniko Žiri, d.o.o., Industrijska ulica 2 - SI - 4226 ŽIRI, SLOVENIJA
Tel.: +386 (0)4 51 59 100 - Fax: +386 (0)4 51 59 122 - info-slovenia@poclain-hydraulics.com - A Poclain Hydraulics Group Company

Impresum	305	■ INTERVJU	
Beseda uredništva	305	Pogovor z Janezom Škrlecem, predsednikom Odbora za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije	306
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	324	■ AVTOMATIZACIJA	
■ NOVICE	330	Dragica NOE: AUTOMATICA 2010 – 4. Mednarodni sejem za avtomatizacijo in mehatroniko	310
■ ZANIMIVOSTI	332	■ ZGODOVINA LASERJA	
Seznam oglaševalcev	386	Janez TUŠEK: 50. obletnica odkritja uporabnega laserja	318
Znanstvene in strokovne prireditve	371	■ VENTIL NA OBISKU	

Naslovna stran:

OLMA, d. d., Ljubljana Poljska pot 2, 1000 Ljubljana Tel.: + (0)1 58 73 600 Fax: + (0)1 54 63 200 e-mail: komerciala@olma.si	2180 Novo mesto Tel.: + (0)7 337 66 50 Fax: + (0)7 337 66 51
OPL Avtomatizacija, d. o. o. BOSCH Automation Koncesionar za Slovenijo IOC Trzin, Dobrave 2 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 560 22 40 Fax: + (0)1 562 12 50	IMI INTERNATIONAL, d. o. o. (P.E.) NORGREN HERION Alpska cesta 37B 4248 Lesce Tel.: + (0)4 531 75 50 Fax: + (0)4 531 75 55
FESTO, d. o. o. IOC Trzin, Blatnica 8 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 530 21 10 Fax: + (0)1 530 21 25	SICK, d. o. o. Cesta dveh cesarjev 403 0000 Maribor Tel.: + (0)1 47 69 990 Fax: + (0)1 47 69 946 e-mail: office@sick.si http://www.sick.si
LOTRIČ, d. o. o. Selca 163, 4227 Selca Tel.: + (0)4 517 07 00 Fax: + (0)4 517 07 07 internet: www.lotric.si	MIEL Elektronika, d. o. o. Efenkova cesta 61, 3320 Velenje Tel.: +386 3 898 57 50 Fax: +386 3 898 57 60 www.miel.si www.omron-automation.com
HYDAC, d. o. o. Zagrebška c. 20 2000 Maribor Tel.: + (0)2 460 15 20 Fax: + (0)2 460 15 22	Pirnar & Savšek, Inženirski biro, d. o. o. C. 9. avgusta 48 1410 Zagorje ob Savi Tel.: 03 56 60 400 Faks: 03 56 60 401 www.pirnar-savsek.si
PARKER HANNIFIN Corporation Podružnica v Novem mestu Velika Bučna vas 7	Danfoss Trata, d. o. o. Ulica Jožeta jame 16 1210 Ljubljana Šentvid Tel.: 01 58 20 200 www.trata.danfoss.si

LOTRIČ, d. o. o., uspešno in prodorno podjetje na področju meroslovja, kalibracije in pregleda tlačnih posod

■ PNEVMATRONIKA

Enrico RAVINA: Pneumatronics for Handling of Books

■ ELEKTROREOLOŠKI FLUIDI

Roman KAMNIK, Jernej PERDAN, Tadej BAJD, Marko MUNIH: An Exercise Device for Upper-Extremity Sensory-Motor Capability-Augmentation Based on a Magneto-Rheological Fluid Actuator

■ ROBOTIKA V MEDICINI

Nicola Pio BELFIORE, , Massimiliano SCACCIA, , Andrea CAPPELLANI, Matteo VERRI: Direct Coupling of Robotic Hands or Prostheses with the Radius Ulna Complex

■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

Tonček PLEČKO: Hidrostatična vodila na obdelovalnih strojih – 2. del

■ ALI STE VEDELI

Darko LOVREC: Hidravlika v vse bolj elektrificiranih letalih 2. del – Ponovno odkritje prednosti hidravlike

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE – NOVOSTI NA TRGU

Ventil FESTO MS6-SV za mehki start in odzračevanje (FESTO)
Gibki cevovodi za klimatske naprave (HIDEX)

Novi Sickovi pogonski sistemi s povratno zvezo in votlo pogonsko gredjo SinCos® SEK 90/SEK 160 (SICK)

■ PODJETJA PREDSTAVLJAO

Odstanjevanje vode iz industrijskih olj (HIDEX)

■ MNENJE

Srečko KLEMENC: Konec recesije?

■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Nova revija

Nove knjige

Mehatronika

Zobniška gonila

Protikorozijska površinska zaščita brez Cr(VI) – VDMA-Einheitsblatt 24576

sedaj tudi v angleščini

Metode ugotavljanja trenja v hidravličnih valjih

■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Konvergenčna omrežja (ATR.SIS)

Zanimivosti na spletnih straneh

VENTIL
REVJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
ISSN 1818-7238 | POUČILO, 167/2010/4

- AUTOMATICA 2010
- Odkritje laserja
- Intervju
- Ventil na obisku
- Pnevmatronika v stregi knjig
- Vadbna roke z magnetoreološko tekočino
- Robotska roka ali proteza
- Iz prakse za prakso

industrijska
olja in maziva

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



Très chic: Designerski agregat.

Je lahko hidravlični agregat sploh lep? Mi mislimo, da celo mora biti. Zato smo naš novi kompaktni agregat KA oblikovali tako, da ugaja očem. Ampak to še ni vse. K popolnem agregatu spadajo tudi številne možnosti uporabe. V aplikacijah kot so obdelovalni stroji, dvizne platforme in hidravlična orodja razvije KA svojo polno moč in 700 bar delovnega tlaka. Mobilna ali stacionarna enota je lahko vgrajena stoje ali leže, z eno ali tri faznim napajanjem – odločitev je vaša! Usklajeni motorji, ventili in dodatna oprema iz obsežnega modularnega sistema omogočajo, da agregat KA izpolni vsa vaša pričakovanja. Za več informacij HAWE Hidravlika d.o.o., tel. 03 7134 880.

Solutions for a World under Pressure

HAWE
HYDRAULIK

© Ventil 16(2010)4. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
© Ventil 16(2010)4. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Impresum

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

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

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

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

Letnik	16	Volume
Letnica	2010	Year
Številka	4	Number

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

Ustanovitelj:
SDFT in GZS – ZKI-FT

Izdajatelj:
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Glavni in odgovorni urednik:
prof. dr. Janez TUŠEK

Pomočnik urednika:
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:
Roman PUTRIH

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

Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:
Narobe Studio

Lektoriranje:
Marjeta HUMAR, prof., Paul McGuiness

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

Tisk:
Eurograf d.o.o., Velenje

Marketing in distribucija:
Roman PUTRIH

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

Naklada:
2 000 izvodov

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

Revijo sofinancira Javna agencija za knjigo Republike Slovenije (JAKRS)

Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.

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

Pripadnost podjetju, čustvena inteligenca, socialni kapital, kompetentnost zaposlenih



To so termini, ki jih ne slišimo prav pogosto, čeprav bi jih moral vsak direktor in vsak podjetnik poznati in se z njimi ukvarjati. V zadnjih letih od lastnikov podjetij pogosto slišim, da zaposleni niso pripravljeni vložiti več energije v podjetje, kot oni sami mislijo, da je potrebno. Prav tako se pogosto sliši, da je zaposlenim vseeno za firmo. Takšna nezainteresiranost za službo naj bi bila pogostejša pri zaposlenih v državnih službah kot pri tistih v zasebnih podjetjih.

Temo za ta uvodnik pa sem dobil pred nedavnim na obisku pri direktorju zelo

uspešnega in inovativnega podjetja pri nas, na Gorenjskem, kar je tudi pomemben podatek. Ko sem ga čakal v pisarni, je prišel iz delavnice zelo slabe volje. Rekel je: »Imam zaposlene mlade, izobražene in sposobne ljudi, pa kaj ko od sebe ne dajo toliko, kot bi lahko. Med službo se pogovarjajo in razmišljajo, kam se bodo popoldne po službi peljali s kolesom. Jaz pa bi želel, da bi zaposleni popoldne, ko so na kolesu ali kje drugje, razmišljali, kaj in kako bodo delali drugi dan v službi, da bodo čim bolj učinkoviti.« To je izjava, o kateri bi bilo treba razmisliti in jo poslati v »javnost«, da bi se mogoče celo prijela in v pozitivnem smislu razširila med ljudmi.

Postavlja se preprosto vprašanje, koliko so zaposleni učinkoviti in koliko bi lahko bili? Tako imenovane »mehke« fakultete, kot so Fakulteta za družbene vede, Fakulteta za socialno delo, Pedagoška fakulteta in še nekatere druge, se sicer s to problematiko ukvarjajo, a kaj pomaga, ko se večinoma le na teoretični ravni in brez praktičnih izkušenj v konkretnih podjetjih.

Zelo veliko slišimo o čustveni inteligenca zaposlenih. S poznavanjem čustvene inteligence naj bi vodje znali zaposlene bolje zaposliti, od njih dobiti več učinka in zaposleni bi bili v podjetju kljub več vložene energije bolj zadovoljni. Če bi bilo to res mogoče, bi bilo to odlično.

Drugi pomemben termin je socialni kapital. Tega naj bi imeli ljudje, ki so prepoznavni v širši družbi, so člani številnih društev in združenj in naj bi s temi poznanstvi pomagali podjetju na trgu. Tu seveda govorimo o popolnoma poštenem in legalnem delovanju oziroma o popolnoma normalnem lobiranju.

Tretji »moderen« termin je kompetentnost zaposlenih, ki govori po eni strani o njihovi sposobnosti, po drugi pa o možnosti uveljavitve njihovih znanj v službi.

Pri tem »filozofiranju« o odnosih v podjetju se postavlja zelo preprosto vprašanje: Kako doseči stanje, da bodo zaposleni zadovoljni v službi in da bo lastnik podjetja zadovoljen z zaposlenimi? Odgovor pa je zelo zahteven, pomemben in resen.

Nekateri pravijo, da je to denar, drugi, da so to pogovori in razgovori, tretji pa, da je občutek pomembnosti in odgovornosti zaposlenega v podjetju odločilen za zadovoljstvo. Prav gotovo je vsak faktor od naštetih pomemben, vendarle je vsem zaposlenim v podjetju nemogoče ustreči v vseh treh prej naštetih točkah.

Kaj pa strah pred izgubo službe? Ali je strah vedno samo negativen? Ali je strah lahko tudi motivacija? Prepričan sem, da lahko. Vse športnike je pred nastopom tudi strah. In pravijo, da jim je to motivacija. Zakaj na Zahodu velja, da mora vsako leto od 3 do 5 % zaposlenih zapustiti podjetje? Ali je to nepisano pravilo iz trte zvito? Menim, da ne. Če v podjetju več let nihče ne zapusti službe zaradi svoje želje, bi marsikdo rekel, da je to odlično podjetje. Vendar to tudi pomeni, da so vsi v podjetju bolj ali manj zadovoljni, kar je po eni strani dobro. Ali so v takšnih primerih tudi vsi zaposleni zadosti izrabljeni, da ne rečem zadosti izkoriščeni? Kaj pa, če so zadovoljni zaradi premajhne odgovornosti, premalo zadolžitev ali premalo dela? Na Zahodu mora lastnik oziroma odgovorni, kot je bilo rečeno, od 3 do 5 % najmanj kakovostnih delavcev odsloviti in pridobiti nove s trga dela (pri nas je zaradi znanih razmer to nemogoče). S tem dejanjem je v podjetju stalno vzpostavljena konkurenca med zaposlenimi, med njimi je tudi neke vrste pozitiven strah in v takšnem primeru bi marsikateri zaposleni popoldne na kolesu razmišljal, kako bo drugi dan v podjetju najučinkoviteje opravil svoje delo. V nekaterih uspešnih podjetjih se takšna klima že čuti. Vprašanje je, ali je kaj možnosti, da bi se to splošno razširilo in dogajalo tudi v državnih službah?

Janez Tušek

Pogovor z Janezom Škrlecem, predsednikom Odbora za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije in članom Sveta za znanost in tehnologijo RS

Zelo uspešna dejavnost in številni dosežki *Odbora za znanost in tehnologijo (OZT) pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije (OZS)* v preteklem obdobju so potrjeni tudi s ponovno izvolitvijo njegovega predsednika Janeza Škrleca za mandatno obdobje 2010–2014. To je bil tudi neposredni povod za pogovor z njim.



Janez Škrlec

Ventil: Preden se posvetimo obravnavi dela in uspehov OZS s poudarkom na področju znanosti in tehnologije, vas g. Škrlec prosimo za kratko predstavitev vašega osebnega poklicnega razvoja in dosedanjih dejavnosti!

J. Škrlec: Zelo na kratko lahko povem, da izhajam iz gospodarstva in sem že več kot dvajset let podjetnik. Ukvarjam se s tehničnim svetovanjem na področju elektronike in mikroelektronike. V preteklosti sem bil zaposlen v različnih podjetjih, kjer sem si nabral številne izkušnje, ki sem jih v zadnjih letih še nadgradil z diplomo na področju mehatronike. Svojo dejavnost sem razširil tudi na področje raziskovanja in razvoja. Moja sedanja usmeritev pa postaja področje nanotehnologij. V preteklosti sem se izobrazil za več različnih poklicev, kar mi danes zelo koristi tudi pri oblikovanju tehnoloških usmeritev delovanja OZT, ki ga vodim v okviru OZS. V nekem obdobju sem bil zelo zagret za mehatroniko, avtomatizacijo in robotiko, zdaj pa me veliko bolj zanima mikromehatronika, še zlasti pa novi pametni materiali in nanotehnologija. Zelo me zanimajo tudi energetika in novi viri električne energije. Ob

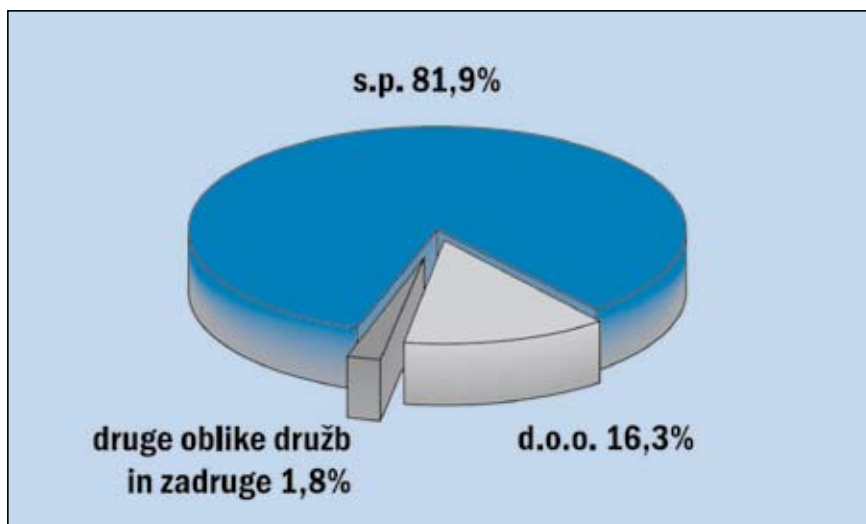
svojem delu in številnih obveznostih pa sem se bolj v tajnosti lotil tudi inoviranja in upam, da bom uspel tudi na tem področju. Kot uspeh, ki ni direktno vezan na mojo poklicno dejavnost, pa si štejem uspešno vodenje Odbora za znanost in tehnologijo in strokovne sekcije elektronikov pri OZS.

Ventil: Obrtno-podjetniška dejavnost predstavlja pomemben del našega gospodarstva. Nam lahko, prosimo, predstavite temeljne cilje in organiziranost OZS s podrobnejšo obravnavo nalog in dejavnosti OZT?

J. Škrlec: Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije je oseba javnega prava



in je samostojna, strokovna, nestrankarska poslovna organizacija, ki deluje na območju Republike Slovenije. Njena temeljna naloga je zastopanje članov pred državo in obramba njihovih interesov, informiranje članov, opravljanje različnih storitev za člane in izvajanje javnih pooblastil. Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije kot krovna organizacija povezuje oz. združuje 62 območnih obrtno-podjetniških zbornic, ki so locirane po vseh regijah Slovenije. Danes je v okviru OZS združenih preko 52.000 članov, predvsem malih in mikropodjetij. V okviru OZS deluje več različnih strokovnih sekcij in nekaj različnih odborov, med katerimi je tudi Odbor za znanost in tehnologijo (OZT), ki je bil ustanovljen pred štirimi leti za potrebe upravnega odbora OZS, kot pomoč strokovnim sekcijam na področju povezovanja gospodarstva in znanosti in pri prenosu novih znanj in tehnologij iz akademske in znanstvene sfere v mala in mikropodjetja. V OZT smo trije inženirji različnih strok in dva doktorja znanosti. V tem času smo postali izjemno uspešni in aktivni ter tudi prepoznavni v širšem slovenskem prostoru. Naša dejavnost je spremljanje tehnološkega razvoja na različnih področjih in zagotavljanje prenosa aktualnih znanj v obrtno-podjetniški prostor. Naša zelo pomembna vloga je tudi sistematično povezovanje akademske in znanstvene sfere z gospodarstvom in tu smo kar uspešni, čeprav je to zahteven, zapleten in dolgotrajen proces. Vsekakor pa moram že v uvodu poudariti, da bo OZS med odborom OZT, ki ga vodim, in med posameznimi branžnimi združenji morala oblikovati še nek odbor oz. strokovno telo, ki bo koordiniralo potrebe strok in spodbujalo inovativnost in inovacije tam, kjer bo to neposredno potrebno. Nemogoče je pričakovati, da bo OZT kos vsem nalogam, še zlasti, ker gre za različne stroke in zelo različne tehnološke nivoje potrebnih znanj posameznih strok. Po mojem prepričanju bo OZS morala v svojih strateških usmeritvah prepoznati večjo potrebo po celovitem spodbujanju inovativnosti in po še večjem vključevanju obrtnikov in podjetnikov v zahtevnejše izobraževalne procese, še zlasti pa v proces vseživljenjskega



Grafični prikaz osnovnih dejavnosti obrtnih obratov med članstvom OZS (2009)

izobraževanja. Ko bo ta strateška usmeritev OZS zaživela, bo tudi delo OZT lažje in uspešnejše.

Ventil: Članstvo in dejavnost OZS torej obsegata številna področja in podjetja, od s. p. preko majhnih in mikropodjetij do delovnih organizacij tudi z nekaj 100 sodelavci. Nam lahko predstavite različne vrste in osnovne značilnosti vašega članstva in kakšen je trenutni status obtnika podjetnika v Sloveniji?

J. Škrlec: Naši člani, med katere sodim seveda tudi sam, imajo različne statuse. Največ je samostojnih podjetnikov. Lani jih je bilo nekaj čez 41.000, okrog 9.000 je družb z omejeno odgovornostjo (d. o. o.), d. d. in k. d. je skupno okrog 250, obstajajo pa tudi druge statusne oblike. Število samostojnih podjetnikov in družb z omejeno odgovornostjo se spreminja iz meseca v mesec. Naši člani so predvsem tisti, ki opravljajo obrtno ali obrti podobno dejavnost, vendar to danes ni več edini pogoj. Imamo tudi prostovoljne člane, ki opravljajo povsem drugačne dejavnosti. Mogoče vsakogar bolj zanima razlika med samostojnim podjetnikom in družbo z omejeno odgovornostjo. Samostojni podjetnik je lahko samozaposlen, lahko pa ima tudi več zaposlenih, bistvena razlika je v tem, da s. p., kot ga imenujemo, jamči z vsem svojim imetjem oz. premoženjem, d. o. o. oz. družba z omejeno odgovornostjo pa jamči s premoženjem družbe. D. o. o. lahko ustanovi ena ali celo do 50

fizičnih ali pravnih oseb. Če primerjamo s. p. ali d. o. o., lahko rečemo, da imata obe družbi vsaka svoje prednosti in slabosti. Mogoče še informacija, da je v obrti in podjetništvu, mislim na mala in mikropodjetja, ki sodijo v okvir OZS, zaposlenega skupno preko 27 % delovno aktivnega prebivalstva Slovenije, kar je izjemno veliko.

Ventil: Med osnovnimi nalogami in cilji dejavnosti OZT je torej prenos znanja in tehnologije med akademsko in znanstveno sfero v državi in člani OZS. Pri tem neposredno sodelujete s Svetom za znanost in tehnologijo republike Slovenije pri MVZT, z univerzami in znanstvenimi inštituti, GZS in drugimi državnimi organi. Kakšne so značilnosti tega sodelovanja, kakšni uspehi in katera področja sodelovanja so najbolj aktualna?

J. Škrlec: Res je, da je med osnovnimi nalogami in cilji OZT zagotavljanje prenosa znanj iz akademske in znanstvene sfere v mala in mikropodjetja, vendar v praksi ta prenos ni preprost, saj zahteva celovito sodelovanje na obeh straneh, kar pa je zelo težko doseči. Vsekakor pa se v OZT zavedamo, da je naša dolžnost premagovati številne ovire, s katerimi se srečujemo. Ena večjih ovir je tudi v tem, da so za uspešen prenos znanja in še zlasti novih tehnologij potrebna finančna sredstva, teh pa v preteklem obdobju praktično ni bilo. Naš OZT se je celo sam prijavljal na razpise in projekte ter večkrat uspel, drugače ne bi mogli izpeljati zadanih



Podpis pogodbe o sodelovanju med OZS in Institutom Jožef Stefan (2007) – od leve proti desni: J. Škrlec, predsednik OZT; M. Klun, predsednik OZS; prof. dr. Jadran Lenarčič, direktor IJS, in prof. dr. D. Mihailović, IJS

nalog. Novo vodstvo OZS, izvoljeno junija letos, pa nam je zdaj že ponudilo finančno pomoč, ker je spoznalo pomembnost našega dela, kar nas navdaja z upanjem, da bomo imeli boljše sogovornike, kot smo jih imeli v prejšnjem obdobju. OZT danes sodeluje s številnimi inštitucijami, tudi z MVZT. To sodelovanje je nekoliko lažje, saj sem tudi sam član Sveta za znanost in tehnologijo Republike Slovenije, in to že drugi mandat. Sodelovanje z univerzami in fakultetami je dobro, vendar bi si želel, da bi bilo še veliko boljše. Zaskrbljen sem, da je v zadnjem času upadel interes za sodelovanje, predvsem na določenih fakultetah. Sodelovanje je velikokrat odvisno predvsem od ljudi in še zlasti tistih, ki fakultete vodijo, vsi namreč niso naklonjeni sodelovanju z gospodarstvom, kar nas mora skrbeti. Veliko pa je tudi nenaklonjenosti za sodelovanje zaradi kompleksa večvrednosti posameznikov, ki konkretno odločajo. Odlično sodelovanje smo uspeli vzpostaviti z našim največjim znanstvenoraziskovalnim Institutom Jožef Stefan. Da je sodelovanje dobro, gre vsa zahvala predvsem direktorju prof. dr. Jadranu Lenarčiču. Veseli in zadovoljni bi bili, da bi bilo več takšnih ljudi, kot je Lenarčič, ki razumejo pomen in namen sodelovanja. Dobro sodelujemo tudi s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze Maribor, s Fakulteto za ele-

ktrotehniko Univerze v Ljubljani in tudi z drugimi. K rezultatom dobrega sodelovanja štejem izjemno uspešne tehnološke, nanotehnološke dneve in druge strokovne dogodke, kjer se zelo neposredno srečata znanost in gospodarstvo. Ustvarjajo se tudi osebni kontakti in s tem večje možnosti za sodelovanje pri skupnih projektih.

V skladu z osnovno dejavnostjo je OZT pri OZS v preteklem mandatsnem obdobju organiziral 69 strokovnih dogodkov s skupno preko 5000 udeleženci iz vrst članstva in znanstvene sfere.

Ventil: *Sodelovanje z Institutom Jožef Stefan sodi torej med najuspešnejše. Na katerih področjih predvsem sodelujete in kakšni so uspehi neposrednega prenosa novih tehnologij v proizvodnjo pri vaših članih? Katere so še druge znanstvenoraziskovalne inštitucije z omembe vrednimi in oz. uspešnimi dosežki sodelovanja?*

J. Škrlec: Kot sem že omenil, je sodelovanje z Institutom Jože Stefan izjemno dobro. Ta trenutek je še vedno največji poudarek na izobraževanju in informiranju in še zlasti na izmenjavi mnenj. Za uspeh štejem že dejstvo, da se sodelovanje širi na različne odseke in oddelke Instituta Jožef Stefan. Sodelovanje zajema področja elektronike, mehatronike, avtomatike, robotike, IKT (informa-

cijsko-komunikacijskih tehnologij) in novih materialov, v zadnjem času tudi nanotehnologij. Že samo dejstvo, da smo bili pred kratkim posebej povabljeni kot OZT na celovito predstavitev Centra odličnosti *Nanocenter*, ki ga vodi prof. dr. Dragan Mihailović, nam veliko pove. Zavedati se namreč moramo, da je zaenkrat sodelovanje med Institutom Jožef Stefan in malimi in mikropodjetji zelo omejeno zaradi različnih vzrokov – tehnološkega nivoja podjetij, njihovega znanja, izobrazbene strukture, finančnih sredstev, tehnoloških potreb malih in mikropodjetij in še bi lahko našteval. Mi si bomo prizadevali, da bodo obrtnikom in podjetnikom vrata v znanstvenoraziskovalne ustanove odprta, da bodo lahko uporabljali drago opremo tudi za svoje potrebe, tu mislim predvsem na analizo različnih materialov, spektroskopske meritve in različne analize. Na vaše vprašanje glede sodelovanja z drugimi razvojnoraziskovalnimi ustanovami moram izpostaviti dobro sodelovanje z Laboratorijem za mikrosenzorske strukture, ki ga vodi prof. dr. Slavko Amon na FE Univerze v Ljubljani, in s prof. dr. Janezom Beštrom z iste fakultete, nadalje odlično sodelovanje z Institutom za avtomatiko in robotiko na FERU Univerze Maribor – to sodelovanje je bilo še posebej dobro s prof. dr. Karlom Jezernikom in prof. dr. Borisom Tovornikom – pa z laboratorijem za spektroskopijo materialov na Kemijskem inštitutu v Ljubljani, ki ga vodi prof. dr. Boris Orel. Teh sodelovanj je torej vedno več, vendar si mi želimo, da bi jih bilo še več tudi pri konkretnih skupnih in aplikativnih projektih.

Ventil: *OZS s preko 50.000 člani in več kot 30 strokovnimi sekcijami pokriva popolno pahljačo obrtnih in gospodarskih dejavnosti. Katera so trenutno najbolj popularna področja in s kakšnimi dosežki? Kako so pri tem zastopane sodobne in prihajajoče tehnike in tehnologije, kot so: informacijska tehnologija, mehatronika, nanotehnologija, biotehnika, ekologija, logistika, sodobne metode vodenja itd.?*

J. Škrlec: Obrtno-podjetniška zbornica s svojimi sekcijami in odbori

pokriva številna področja, zelo težko pa je oceniti, katere branže so danes vodilne, najbolj napredne in obetavne. Med naprednejša področja, ki jih pokrivajo posamezne sekcije, zagotovo sodijo strojništvo, elektronika, mehatronika, informacijsko-komunikacijska tehnologija in številne druge. Danes je potrebno razumeti, da napreden obrtnik in podjetnik pri svojem delu uporablja najrazličnejše stroje, materiale in tehnologije ter tehnološke procese. Strokovnjak, ki npr. izdeluje izdelke iz kovinskih, plastičnih ali nekih drugih materialov, uporablja sodobne CNC-stroje, stroje za tlačno litje, računalniško krmiljene stroje in naprave, informacijsko-komunikacijske tehnologije in drugo. Takšnega obrtnika oz. podjetnika, ki to dela kot poddobavitelj avtomobilske ali kakšne druge industrije, je težko opredeliti le v samo eno strokovno sekcijo. Takšnih primerov je v sodobni obrti in podjetništvu vedno več. Težko je tudi oceniti tehnološki nivo takšnega podjetja. OZS pa običajno člana ob registraciji dejavnosti opredeli v tisto sekcijo, ki je po šifri dejavnosti najbližje, čeprav tega kasneje ne opravlja več kot glavno dejavnost. OZT se je zaradi stanja in ugotavljanja tehnološke razvitosti malih in mikropodjetij lotil posebne raziskave, ki je zdaj v teku. Skušali bomo ugotoviti, kakšno je relevantno stanje v malih in mikropodjetjih in na podlagi zbranih podatkov bomo napravili oceno stanja in skušali poiskati mehanizme, kako izboljšati tehnološko razvitost malih in mikropodjetij. Že zdaj pa lahko mirno rečem, da imamo preveč storitvenih podjetij in veliko premalo proizvodnih.

Da je stanje takšno, kot je, je vzrok več, npr. pomanjkanje znanja, nepoznavanje novih tehnologij in materialov, finančna nezmožnost nabave strojev in naprav za proizvodnjo, vztrajanje v starih in nerentabilnih tehnologijah, nadalje premajhen slovenski trg, nepoznavanje tujih trgov, problemi s kadri in še bi lahko našteval. Če upoštevamo vse našete dejavnike, ki ne ilustrirajo spodbudnih gospodarskih in razvojnih potencialov, pridemo do skupnega imenovalca, da je potrebno naše gospodarstvo temeljito prestrukturirati.



Utrip z enega bolj uspešnih strokovnih dogodkov v organizaciji OZT

Na poti k uspešnejšemu gospodarstvu pa je potrebno urediti prijazno poslovno okolje, možnost dostopa do znanja in novih tehnologij vsem, ki jih potrebujejo in so jih sposobni uporabiti pri novih izdelkih z visoko dodano vrednostjo. Nikakor pa seveda ne trdim, da že zdaj v sodobni obrti in podjetništvu ni primerov dobrih praks, prepričan sem, da lahko govorimo predvsem o naprednih in inovativnih podjetjih, le v manjši meri pa o visokotehnoloških. Že danes poznamo uspešna podjetja, ki uporabljajo napredne tehnologije, obvladujejo mehatronske sisteme in naprave, vendar jih je žal premalo. Spodbuden pa je podatek, da se vedno več obrtnikov in podjetnikov zanima za zeleno energijo, nove vire električne energije in da je vedno več takšnih, ki se zavedajo pomena ekologije in zdravega delovnega in bivalnega okolja.

Ventil: *V poročilu o delu OZT za preteklo obdobje (junij 2010) nismo zasledili podrobnejše obravnave inovacijske in izumiteljske dejavnosti v okviru OZS. Nam na kratko lahko orišete tovrstne dejavnosti in dosežke v preteklem obdobju?*

J. Škrlec: V poročilu OZT, ki je bilo posredovano tudi javnosti, nismo posebej zajeli inovacijske in izumiteljske dejavnosti, ker je bil OZT v tem času preobremenjen z delom in povezovalnimi aktivnostmi. Na to področje nikakor nismo pozabili, čeprav podatki o inovacijah, invencijah in patentih v okviru OZS niso spodbudni. OZS tudi nikoli ni vodila

posebne evidence o inovatorjih in o inovacijah, invencijah in patentih. Sicer pa OZT deluje v okviru OZS še štiri leta. Pred ustanovitvijo OZT ni bilo niti sistematičnega povezovanja med drobnim gospodarstvom in akademsko ter znanstveno sfero, razen redkih posamičnih izjem. V OZT smo prepričani, da je nujno potrebno ustrezno zakonsko urediti inoviranje in financiranje inovacijske dejavnosti. To se mora ustrezno rešiti na nivoju države. Tudi OZS mora kot institucija na tem področju napraviti veliko več, kot je doslej, naš odbor sam vsem tem spremembam in nalogam seveda ne bo kos. Problem, ki ga vidimo mi v OZT, je še zlasti v spodbujanju in financiranju inovatorjev. Žal naš OZT nima sredstev, da bi lahko posameznike ali skupine podprl in financiral, vse se pa žal običajno začne in konča prav pri denarju. Mi delamo v OZT volontersko in z veliko željo, da bi s svojim delom in aktivnostmi koristili predvsem tistim malim in mikropodjetjem, ki si sama ne znajo ali ne morejo najti poti v ustanove znanja in poti do novih tehnologij. Mislim, da smo na tem področju napravili v tem času veliko, zavedamo pa se, da nas čaka še težko delo do še bolj spodbudnih in obetavnih rezultatov.

Ventil: *Hvala za vaše odgovore in nadvse zanimive informacije. OZT in vam osebno tudi v prihodnje želimo uspešno delo!*

*Anton Stuček
Uredništvo revije Ventil
Foto: arhiv OZS*

AUTOMATICA 2010 –

4. Mednarodni sejem za avtomatizacijo in mehatroniko

Dragica NOE

Sejem AUTOMATICA se je končal 11. junija z mislimi, usmerjenimi v leto 2012, ko bo na sejmišču v Münchnu v času med 12. in 15. junijem petič odprl svoja vrata. Sejem je bil usmerjen v prikaz inovacij in naprednih rešitev. Prireditelji so sejem in vse spremljajoče dejavnosti pripravljali z nelagodnimi občutki ob izraziti gospodarski krizi, ki je prevladovala od zadnje prireditve v letu 2008. Če so vsi udeleženci pred dvema letoma napovedovali značilne dosežke tako v prodaji kot razvoju, ki se niso uresničili, so tokrat skrbno analizirali pretekli dve leti in napovedi za nadaljnji razvoj trga postavili v realne okvire počasnega oživljanja te branže. Bolj ali manj so se vsi strinjali, da je bil sejem, kljub nekoliko manjšemu obsegu, v pravem trenutku, saj se v prvem četrtletju leta 2010 že čuti povečano povpraševanje po komponentah in sistemih avtomatizacije.

O sejmju

Sejem je obiskalo skoraj enako število strokovnjakov kot pred dvema letoma (okrog 30 tisoč), vendar je delež obiskovalcev iz tujine v glavnem iz EU največji. Čeprav so razstavljalci (708) prišli iz 42 držav, je bilo čutiti, da je sejem v glavnem namenjen avtomobilski industriji Nemčije in njenim dobaviteljem. Obiskovalci so sejem ocenili kot vodilni na področju robotike in uporabe robotov, kjer so prikazane aktualne tehnologije avtomatizacije kakor tudi vizije za prihodnost. Je tako nepogrešljiv za tiste, ki se želijo uveljaviti na področju avtomatizacije montaže, medicine, solarne tehnike in pakiranja, in za tiste, ki to tehnologijo uporabljajo.

Sejem AUTOMATICA 2010 je bil zasnovan podobno kot že prejšnji in

Izr. prof. dr. Dragica Noe, univ. dipl. inž., Uredništvo revije Ventil, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

je potekal v štirih velikih dvoranah. Dvorani A2 in B2 sta bili namenjeni predvsem robotom in robotskim sistemom. Njihova predstavitev je naredila na obiskovalce vtis o moči te branže in številnih možnostih, ki jih ima robotika v avtomatizaciji proizvodnje, še posebno v avtomobilski industriji. V dvoranah A1 in B1 si je bilo mogoče ogledati montažne sisteme, komponente za avtomatizacijo montaže, komponente računalniškega vida in tudi periferijo za robotizirane sisteme, kot so prijemala in podobno.

Pri podrobnejši analizi je bilo mogoče ugotoviti, da je sejem glede na področje uporabe prikazanih komponent in sistemov namenjen predvsem avtomobilski industriji in njenim dobaviteljem ter elektro- in elektronski industriji. Razen tega pa se usmerja še na področja, kot so kemijska in prehranska industrija, farmacevtska, kozmetična ter medicinska industrija, industrija obdelave lesa, informacijska in komunikacijska

industrija, predelava materialov, še posebej v zadnjem času pa solarna tehnologija kakor tudi tehnologija pakiranja v različnih vejah industrije.

Na sejmju so predstavili komponente in sisteme z že znanih področij, kot so strega in montaža, robotika, strojni vid, pogonska in krmilna tehnika, programska orodja, senzorika, komponente za gradnjo strešnih in montažnih sistemov kakor tudi transportne sisteme z nekaj novitetami s področij solarne tehnike in kompozitnih materialov.

Po ogledu sejma, sodelovanju na tiskovnih konferencah in predavanjih je mogoče izpostaviti nekaj posebej poudarjenih tem:

- zelena avtomatizacija in avtomatizacija, prijazna okolju,
- optimizacija proizvodnje z uporabo računalniške obdelave slik in zaznavanjem v tridimenzionalnem prostoru,



- trendi in inovacije v robotiki,
- fleksibilni montažni sistemi in namenski montažni avtomati,
- avtomatizacija je osrednja tema razvijajočega se področja solarne tehnike,
- druga področja uporabe robotov,
- spremljajoče aktivnosti.

Sejem ni bil namenjen samo razstavi, temveč je želel s spremljajočimi dejavnostmi doseči še nekaj več. V ta namen so bile organizirane znanstvene konference, forumi in tiskovne konference.



Zelena in energetska učinkovita avtomatizacija – rdeča nit AUTOMATICICE 2010

Že pri vходу na sejmišče so pritegnili oči obiskovalcev napisi: zelena avtomatizacija in energetska učinkovita avtomatizacija. Poudarek je bil na avtomatizaciji, povezani s solarno tehnologijo in tehnologijo alternativnih virov elektrike na eni strani ter s prizadevanji razstavljalcev, da predstavijo izdelke s čim manjšo porabo energije, ki naj bi bili izdelani v varčnih proizvodnih sistemih. K temu je treba dodati še strokovne predstavitve na forumu, ki so obravnavale podobne teme. Tudi samo sejmišče je postalo energetska varčno, saj so takoj po zaprtju sejma izklopili hlajenje. To je nekaterim razstavljalcem, ki so imeli sprejeme na sejmišču, povzročilo nemalo težav, saj je bilo kar precej toplo.

Primer zelene avtomatizacije, ki je pri obiskovalcih vzbudil pozornost, je poseben robot, ki ga je razvil Fraunhoferjev inštitut iz Stuttgarta – IPA, in je bil razstavljen v hali B2. Robot naj bi imel v prihodnosti pomembno vlogo pri sestavljanju velikih solarnih naprav. Gre za vrhni portalni robot,

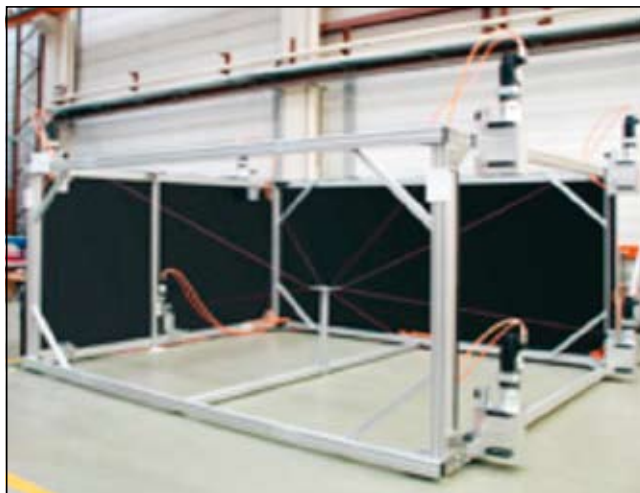
kjer energetska varčni pogoni sinhrono premikajo prijemale. Razvoj robota je vodila ideja o solarni elektrarni v puščavi, kjer bo treba namestiti tisoče parabolnih ogledal in je na razpolago malo električne energije. Tak robot lahko prevzame delo dvigala, vendar natančneje, hitreje in predvsem avtomatizirano. Zaradi izjemno lahke konstrukcije je mobilni in pokriva velik delovni prostor, dosega hitrosti do 10 m/s in pospeške do 10 G, njegova nosilnost je do nekaj ton.

Razen tega pa je sejem predstavil še mnoge manjše zelene projekte in izdelke. V splošnem ne gre za popolnoma nove izdelke, temveč za optimizacijo obstoječih. Osnovna ideja je skoraj vedno zmanjšanje porabe energije in zmanjšanje dimenzij ob hkratnem povečanju učinkovitosti.

Tako je bilo mogoče videti inteligentne kamere, ki lahko delujejo pri 5 W, medtem ko podobni sistemi potrebujejo napajanje 15 W. Revni procesorji v kamerah ne porabijo samo manj toka, temveč so tudi manjši. Pametne osvetlitve z LED-diodami so že danes povsem normalne, njihovo življenjsko dobo pa je mogoče še podaljšati, če so vključene samo takrat, ko jih potrebujemo. Z ustreznim krmilnikom osvetljevanja jim je mogoče za desetkrat (Stemmer Imaging) podaljšati življenjsko dobo.

Računalniški vid igra pomembno vlogo tudi v solarni tehniki. Primer kontrole solarnih ogledal je pokazal, da je mogoče s 3D-kamero znatno skrajšati proces kontrole in tako zmanjšati izmet, kar pomeni manjšo porabo energije.

Kot zelena avtomatizacija je bil predstavljen tudi celovit projekt brušenja



Portalni vrhni robot (vir: Fraunhofer IPA)

– čiščenja in barvanja kril vetrnice. 70 m dolga krila so se do sedaj obdelovala ročno, avtomatizirani sistem pa vključuje dva robota, prvi je namenjen za čiščenje kril s curkom peska in vakuumskim sistemom in drugi za lakiranje. Merjenje, ki poteka vzporedno s procesom čiščenja in je izvedeno z dvema laserskima merilnima sistemoma, zagotavlja ustrezno kakovost pri zelo ozkih tolerancah, vpliva na zmanjšanje potrebe po vzdrževanju ter omogoča popoln nadzor procesa.

Na področju pnevmatike in tehnike prijemanja so bili predstavljeni vakuumski ejektorji z vgrajeno funkcijo varčevanja z zrakom (Schmalz), ki v primerjavi z običajnimi ejektorji



Robotizirano obrezovanje (vir: Reis Robotics)

omogočajo do 65 odstotkov prihranka za stroške delovanja in s tem razbremenitev okolja zaradi manjše porabe energije.

Posamezni proizvajalci robotov razvijajo procese in sisteme, ki v času same izdelave, uporabe in odkrbe čim manj obremenjujejo okolje. Ponujeni spekter izdelkov obsega energetsko učinkovite pogone pa tudi celovite izdelovalne sisteme za izdelavo modulov fotovoltaike kot tudi avtomatizirane sisteme za recikliranje.

Mednje sodijo avtomatizirani robotizirani sistemi za varjenje in rezanje z laserjem, prednost je v usmerjeni porabi energije, majhnem izmetu in nepotrebni naknadni obdelavi.

Zmanjšanje dimenzij, zgoščenost konstrukcije, varčevanje z energijo v časih čakanja so ideje o zeleni avtomatizaciji pri firmi Yaskava. Do 30 odstotkov energije je mogoče prihraniti pri členkastih robotih. Drugi proizvajalci robotov s samo konstrukcijo za isto nosilnost dosegajo varčevalne učinke z boljšim razmerjem med lastno maso in nosilnostjo kakor tudi s prihranki vseh resursov v lastni proizvodnji.

Tudi z inovacijami pri razvoju pogonskih komponent – motorja in prenosnikov – je mogoče doseči učinkovito zmanjšanje energije in povečati učinkovitost pogonov. Skupna ugotovitev je, da bo nova avtomatizacija energijsko varčna in bo boljše izkoriščala vse resurse, npr.: vodo, energijo, materiale in človeške vire, razvijati pa je treba procese in sisteme, ki bodo to zagotavljali.

Optimizacija proizvodnje z uporabo strojnega vida in zaznavanjem v tridimenzionalnem prostoru

Komponente in sistemi strojnega vida ter drugih senzorjev so našli svoje mesto v razstavnih prostorih v halah A1 in B2. Primeri uporabe strojnega vida pa so bili razpršeni po celotnem sejmišču, saj so ga vključevali številni montažni in robotizirani sistemi.



Robot s 3D-kamero (vir: MVTec)

Uspešna avtomatizacija različnih procesov je danes močno povezana s senzorsko tehniko, in to predvsem s strojnim vidom. Če je na preteklih sejmih prevladovalo dvodimenzionalno zaznavanje, je bilo na AUTOMATICI 2010 moč opaziti pospešene korake v tridimenzionalno zaznavanje – 3D. V preteklih letih je bil tako tudi v industrijskem okolju narejen značilen korak naprej v 3D-tehnologiji. Po podatkih o realiziranih primerih uporabe strojnega vida odpade danes že okrog 10 odstotkov prav na to tehnologijo.

Za zajemanje slike v treh dimenzijah je več tehnik: z več kamerami, ki snemajo sinhrono, ali pa uporaba kamere za 2D-prostor in še senzorja za tretjo dimenzijo – na primer senzorja razdalje. Prav tako je mogoče uporabiti linijski laser ali 3D-skener. Na sejmu so bile predstavljene robustne 3D-kamere z velikimi zmogljivostmi, stroškovno ugodne za uporabo v industrijskem okolju. Te kamere imajo 2352 x 1728 pikslov, pri hitrosti 58 milijonov 3D-točk na sekundo. Izmenjava podatkov poteka preko vmesnika gigabit-ethernet, ki odgovarja standardu GihE vision in omogoča enostavno vgradnjo v krmilje robota ali montažnega sistema (Stemmer® imaging).

S 3D-vidom in ustrezno programsko opremo za analizo slike lahko industrijski roboti razpoznajo položaj objektov v prostoru le z eno kamero.

Opazovanje predmetov v treh dimenzijah postaja nujnost za veli-

ko različnih opravil tako v vsakdanjem življenju ljudi kot v proizvodnji. Tako bo mogoče z informacijami o prostoru rešiti številne probleme, kar pri dvodimenzionalnem zaznavanju in obdelavi slike ni bilo mogoče. Pri 2D-tehnologiji so morali biti predmeti postavljeni v točno določen položaj, s 3D-tehnologijo pa je mogoče objekte razpoznati ne glede na njihov položaj v prostoru. S 3D-vidom bo lahko robot samostojen in še bolj fleksibilen.

Raziskave, opravljene v preteklosti, so že prispevale k nekaterim realizacijam prijemanja povsem neurejenih surovcev oziroma predmetov. Prikazana realizacija prijemanja neurejenih puš v zaboju uporablja le eno kamero. Za sistem razpoznavanja in vnaprejšnjega določanja prijemalne položaja je razvita posebna programska oprema. Komunikacija med kamero in robotom je del robotskega krmilnika. Preureditev v predvidenem spektru prijemancev omogočajo različna prijemala, ki so del sistema, ter enostavno programiranje. Podobno, kot tudi mnoge druge aplikacije, tudi ta ne omogoča veliko svobode uporabniku pri nadgrajevanju sistema (Mafu GmbH Automation).



Prijemanje neurejenih kosov (vir: Mafu)



EyaSeeCam – za gledanje skozi oči raziskovalca (vir: CoTeSys Central Robotics Laboratory CCRL Technische Universität München)

V okviru predstavitve raziskovalnega dela so raziskovalci z Univerze v Münchnu prikazali sistem kamere, ki je nameščen na glavi človeka in sledi gibanju njegovih oči. Kamera je sestavljena iz sistema za sledenje gibanja oči in premične kamere.

Na posebnem prostoru v hali B1 so se v dveh dneh zvrstila zanimiva predavanja o tem, kako je mogoče s pomočjo inteligentnih kamer, 3D-vida in s termografskimi kamerami avtomatizirati veliko primerov merjenja, preskušanja in krmiljenja robotov. Predavanja so zaobjela potencialne možnosti in omejitve tehnologije obdelave slik. Med njimi so bile obravnavane tudi naslednje teme:

- senzorji za vid – intuitivni vstop v obdelavo slik (Vision & Control GmbH),
- pametne kamere – sistemi za vid v najučinkovitejši in najmanjši konstrukciji (Vision Components GmbH),
- 3D-računalniški vid – robotsko vodeno zajemanje in obdelava slike za optimizacijo procesa sestavljanja v avtomobilski industriji (VITRONIC Dr.-Ing. Stein Bildverarbeitungssysteme GmbH),

- programska oprema za strojni vid – ključ za konkurenčnost (MVTec Software GmbH),
- termografija, dodatna dimenzija v obdelavi slik (Vision Krone-meyer).

Vsi referenti so bili iz Nemčije. V okviru azijskega dneva pa je bilo predstavljeno še stanje razvoja in uporabe sistemov strojnega vida v Kitajski.

Pri iskanju predstavljenih rešitev si je mogoče pomagati z lepo

in sistematično urejenim katalogom, kjer so komponente in sistemi strojnega vida razvrščeni po različnih kriterijih. Iskati je mogoče pod ključnima besedama *strojni vid* in *programska oprema*.

Strojni vid je vključeval komponente strojnega vida (z največjim številom razstavljalcev) za opremo za zajemanje slike, različne senzorje, visokohitrostne kamere, infrardeče kamere, procesorje in računalniške komponente, inteligentne kamere in pametne kamere. V drugo prav tako veliko skupino je mogoče uvrstiti tiste, ki so predstavljali specialne rešitve za merjenje v 2D in 3D, razpoznavanje oblike in položaja predmetov v 2D in 3D, sisteme za identifikacijo predmetov, analizo površine in vzorcev ter barv kakor tudi celovite kontrolne procese, kontrolo kakovosti, optične čitalnike kode in drugih vzorcev. Na sejmu so prevladovali razstavljalci iz Nemčije in tisti, ki imajo tam svoja predstavništva. Pogrešali smo vodilna japonska in ameriška podjetja.

Programsko opremo za strojni vid je predstavljalo le nekaj podjetij. Razdeljena je bila v tri skupine: splošna

oprema, posebna programska orodja in logični sistemi Fuzzy.

Trendi na področju robotike

Prodaja robotov se je v letu 2009 v primerjavi z letom 2008 zmanjšala kar za 45 odstotkov. Tako nizka prodaja je bila zadnjič pred letom 1995. Najbolj prizadeta je bila japonska industrija robotov, kjer je prodaja padla s 33.000 na vsega 14.000, medtem ko se je prodaja v Nemčiji prepolovila. Po napovedih pa se letos pričakuje porast prodaje, ki pa v naslednjih treh letih ne bo dosegel pomembnejših premikov navzgor [2]. Tako je po podatkih VDMA (Zveza nemških strojnih inženirjev) v prvih treh mesecih leta 2010 zabeležen značilen porast prodaje komponent in sistemov za avtomatizacijo v primerjavi s prejšnjim letom. To kažejo tako dejanske številke prodaje kot napovedi. Promet na področju računalniškega vida, strežnih sistemov in robotike se je v prvih šestih mesecih povečal za 5 odstotkov. Upanje vzbujajo tudi napovedi raziskovalcev ameriškega trga komponent za avtomatizacijo, ki v tem letu pričakujejo kar 25-odstotni porast [2].

Industrijski roboti in robotizirani sistemi so ključni za avtomatizacijo v prihodnosti. Izdelovalci robotov stalno delajo na izboljšavah, kar je bilo na sejmu AUTOMATIKA 2010 še posebej poudarjeno. Težišče in smeri razvoja so predvsem energijsko varčni lahki roboti, roboti z enostavnim rokovanjem – integracijo ter programiranjem. Poudarek pa je tudi na varnosti z izboljšano senzorsko tehnologijo in s tem boljšim sodelovanjem med človekom in strojem ter na energijski učinkovitosti z izboljšanim robotskim krmiljenjem.

Na sejmu je bilo mogoče videti številne primere lahkih robotov, ki porabijo manj energije in prispevajo k boljši gospodarski učinkovitosti. Tako je KUKA predstavila svoj 6-osni lahki robot LBR, pri katerem je razmerje med lastno maso in nosilnostjo 2 : 1, zahvaljujoč uporabljenim materialom za ogrodje. Nekaj tovrstnih robotov že uspešno deluje v avtomobilski industriji.



Sodelovanje več robotov pri varjenju – Yaskava Motoman (vir: Noe)

Velika pozornost je bila namenjena varni uporabi njihovih izdelkov. V ta namen so razvili ustrezne krmilne strategije. Roboti so programirani tako, da se sami nadzorujejo, varnostni sistemi pa zadostujejo najnovejšim varnostnim standardom za delovanje.

V podjetju ABB Automation UB Robotics so svoja prizadevanja v razvoju robotov usmerili v energetske učinkovite rešitve. Razen tega pa so predstavili nov koncept zveznega krmiljenja robotov z večjo natančnostjo ter koncept naprednega servisiranja robotov na daljavo.

Podjetje Adept Technology je predstavilo SCARA robot Adept Cobra e-Vario Linie kot idealno rešitev za avtomatizacijo montaže in strege ter Adept Quatro 5650 HS, ki je bil razvit za prehrabno industrijo.

Reis Robotics so svoja prizadevanja usmerili v solarno tehniko.

Stäubli-Robotics so predstavili inovacije na področju robotskega barvanja kakor tudi na izredno hitrem robotu SCARA za prijemanje s taktom 100 prijemov na minuto.

Yaskava Europe so prikazali inovacije na področju celovitih rešitev za varjenje, robotov, ki zavzamejo čim manj prostora, ter robotov za prijemanje in odlaganje, ki so zelo hitri ter omogočajo prijemanje tudi v tretji osi. Prav tako so prikazali značilnosti no-

vih krmilnikov in načina krmiljenja za sodelujoče robove.

Fanuc je poleg številnih primerov uporabe predstavil nov hiter delta robot v dveh izvedbah – štiri- in šestosni. Povečana je gibljivost robotov z dodatnimi prostostnimi stopnjami, nosilnostjo do mase 4 kg in delovnim ciklom pri masi 100

g okrog 0,3 sek. oziroma hitrost rotacijske osi doseže tudi do 4000° na sek. Namenjeni so predvsem za prehrabno

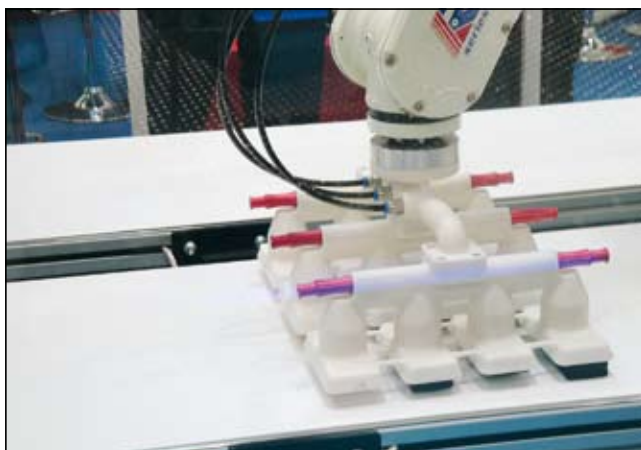
opaziti nekaj novitet pri razvoju prijemal. Schunk je predstavil kar nekaj novosti, vendar je dal prednost lahkim konstrukcijam in uporabi karbonskih materialov. Pozornost so vzbudila tudi miniatura vzporedna prijemala, prijemala za delo v čistih prostorih in prijemala, uporabna za proizvodnjo solarnih celic. Tudi hitra izdelava prijemal iz polimerov bo v prihodnosti nova smer, predvsem zaradi lastne teže in hitrosti izdelave namenskih prijemal, ki so največkrat izdelana iz enega kosa.

Prednost prijemal se pokaže pri celotnih vratih ali šasiji avtomobila pri montaži, pri varjenju, ko prevzame gibanje sestava eden izmed robotov v večrobotskem sistemu.

Fleksibilni montažni sistemi in namenski avtomati

Montaža je po obsegu drugo najbolj zastopano področje. Tako je bilo mogoče najti številne komponente in sisteme, pri katerih so proizvajalci naredili odločne korake v optimizaciji, specializaciji ter vgradnji inovativnih idej. Vsekakor pa je sejem dajal

močan vtis, da je namenjen predvsem avtomobilski industriji in njenim do-



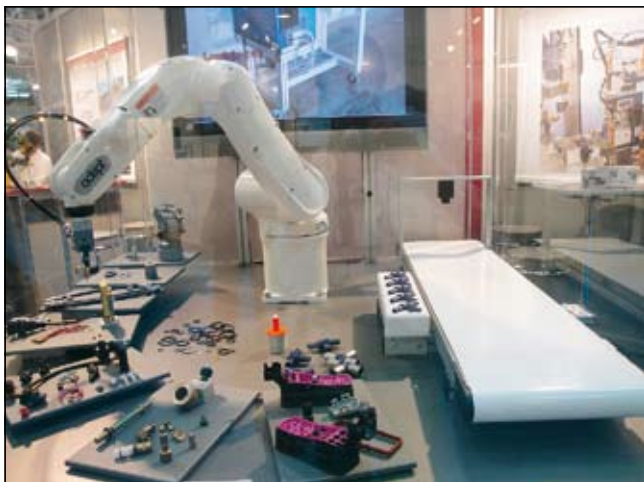
Vakuumsko prijemalo iz polimera (vir: Noe)

in farmacevtsko industrijo. Z dodatno opremo, kot je senzor sil in momentov, z dvojnimi varovanjem za varovanje posluževalcev kakor tudi strojnimi vidom za 2D in 3D postane robot v resnici inteligentna enota za številne primere avtomatizacije.

V množici zanimivih primerov uporabe robotov, kjer je sodelovanje več robotov nekaj običajnega, je mogoče hitro



Montaža vrat, šasijo drži robot (vir: Noe)



Montažna celica, sestavni deli neurejeni v 2D-Adept (vir: Noe)

baviteljem. To so potrjevali tudi prikazani primeri namenskih montažnih sistemov.

Povzeti je mogoče, da je bilo na sejmu mogoče videti številne komponente ter sisteme, med njimi linearne in krožne avtomate, modularne platforme, montažne postaje za ročno strego, montažne postaje za dele, ki se upogibajo, montažne sisteme za medicino in farmacijo, za prehransko industrijo, za delo v varnem okolju, za elektroniko in elektrotehniko, za delo v čistih prostorih, za mikrotehniko, pakirne avtomate, naprave za izdelavo vzmeti, za preoblikovanje, urejevalnike in bunkerje, magazine, paletne sisteme, naprave za urejanje, ločevanje in vodenje, prilagodljive dodajalne sisteme, naprave za povezovanje in transport, verižne podajalnike, tračne podajalnike, magnetne vrtljive mize, palete in gibljiva montažna gnezda, elevatorje, vakuumske dvizne naprave, elemente in komponente za gradnjo montažnih naprav in sistemov, privijalnike, kovičarje, stiskalnice, varilne enote ter enote za spajkanje, lepljenje in doziranje, tesnjenje, naprave za označevanje – tiskanje, graviranje, lasersko označevanje, etiketiranje kakor tudi za preskušanje in merjenje kot del montažnega sistema, pozicionirne sisteme in osnovne konstrukcijske elemente, kot so profili in členki.

Izdelovalci montažnih sistemov so prikazali nekaj inovativnih rešitev, ki so zrele za uporabo v praksi. Ker je pro-

stor v proizvodnji dragocen, so razvili rešitve, ki optimalno izkoriščajo razpoložljivi prostor. Tako so izstopali avtomati, namenjeni za dobavitelje avtomobilske industrije, ki so prenašali gibanje od pogonskega motorja na montažne enote preko krivulj. Linearni transferji imajo velike hitrosti, pogoni pa so pogosto z linearnimi motorji. V montažnih sistemih z zelo kratkimi časi je nekaj manj pnevmatičnih pogonov in več električnih.

Nekateri izdelovalci montažnih in strežnih sistemov so izkoristili čas krize za izpopolnjevanje svojih izdelkov – komponent in sistemov, ter pripravili rešitve, ki se lahko hitro prilagajajo spremembam obsega naročil, kratkim razvojnim časom in pritiskom na zniževanje stroškov proizvodnje. Tu gre za že znane koncepte postopnega povečevanja oziroma zmanjševanja kapacitete, za sisteme, ki v začetku zahtevajo manjše investicije (Teamtechnik, FLG Automation).

Ključne novosti na področju robotike: nižji nabavni stroški, enostavna inštalacija in vključitev v proizvodnjo, enostavnejše programiranje, roboti, namenjeni pakiranju, paletiranju in sestavljanju, kar je del montažnih sistemov.

Sistemi za dodajanje so vedno manjši in lažji, kar je trend v elektroniki. Vijachenje se temu prilagaja. Deprac je predstavil novo serijo 6 miniprivijalnikov, ki vključujejo zanesljivo privijanje in ločevanje, z novim načinom krmiljenja.

Solarna tehnika in alternativni viri energije

V istem času je bila tudi mednarodna sejemska prireditev INTERSOLAR 2010, ki je bila za področje solarne tehnike in obnovljivih virov energije osrednja prireditev in je vključevala tako razstavo kot spremljajočo konferenco. Razprostirala se je na dvakrat večjem razstavnem prostoru. Solarna tehnika je področje, kjer ima avtomatizacija vedno pomembnejše mesto tako pri izdelavi komponent za solarne naprave kakor tudi pri realizaciji solarnih elektrarn.

Že pri pregledu novitet na področju robotike in strojnega vida je bilo zapisano, v kolikšni meri so se firme usmerile v izdelavo avtomatiziranih sistemov za proizvodnjo. Na spremljajočih predavanjih pa je bila prikazana tudi avtomatizirana tovarna za izdelavo solarnih celic – Solar Fabric, ki je v letu 2009 izdelala za 60 MW energije solarnih celic. Proizvodnja pa stalno narašča. Avtomatizirana ni samo izdelava solarnih celic, temveč tudi vseh preklopnikov, krmilnih sistemov in priključkov, potrebnih za izdelavo solarnega sistema. Operacije, ki jih je mogoče avtomatizirati, so priprava stekla, čiščenje in kontrola kakovosti, prerezanje, spajkanje priključkov, optična kontrola kakor tudi pakiranje. Z avtomatizacijo so se stroški izdelave prepolovili ob hkratnem povečanju zanesljivosti procesa.

Solarni tehniki in izdelavi komponent za proizvodnjo sistemov za alternativ-



Čiščenje stekla in obremenitveni test (vir: Solar-fabric)



Servisni robot odpira hladilnik Yaskawa (vir: Noe)

ne vire električne energije bo avtomatizacija tudi v prihodnosti namenila več pozornosti. Med že prikazanimi je bila tak primer avtomatizacija obdelave vetrnih lopatic [4].

V prihodnosti se predvideva velik porast uporabe litij-ionskih baterij v avtomobilski in solarni tehniki, zato so bile na sejmu poudarjene njihove prednosti in avtomatizacija izdelave [6].



Dvoročni robot Justin s petprstno roko DLR (vir: Noe)

Ostala področja

Prikazani eksponati, ki so zaslužili nekaj pozornosti, so bili tako imenovani servisni roboti, ki so še vedno v stalnem razvoju, čeprav je vidnih že nekaj primerov uporabe. Servisni roboti najdejo svoje mesto predvsem tam, kjer je za človeka nevarno. V prihodnosti po podatkih IFR – International Federation of Robotics – pričakujejo skoraj 80-odstotni porast. Pomembni uporabniki bodo obramba, reševanje in varnost, pa tudi letala brez pilotov. Prodaja robotov za hišno uporabo je v rahlem porastu. Mednje sodijo roboti za enostavna

dela, kot so sesanje in košnja trave, lahko pa dobimo tudi robota, ki postreže pijačo iz hladilnika.

Veliko raziskovalnega in razvojnega dela je bilo vloženo v razvoj dvoročnih robotov, v sisteme sodelovanja človek - robot, v robote za medicinske namene, med njimi za operacije notranjih organov, rezultati raziskovalnih projektov, ki so bili financirani v okviru 7. Okvirnega programa, npr. projekt PISA, v raziskave uporabe robotov v vesoljski in letalski tehniki. Del tega programa so tudi humanoidni roboti – dvoročni roboti z novimi petprstnimi rokami in ustrezno senzoriko, ki ujamejo vrženo žogo.

Robotika v medicini je že dalj časa tema, ki ji predvsem raziskovalne institucije namenjajo največ prostora. Na sejmu je bila tako predstavljena možnost operacije notranjih organov.

Pozornost obiskovalcev je veljala številnim prikazom avtomatizacije v farmacevtski, kemični in prehrabni industriji ter industriji izdelave medicinskih pripomočkov. Pakiranje kot del proizvodnje zahteva visoko stopnjo avtomatizacije. Ker so izdelki raznovrstni in načini

pakiranja prav tako, je prva zahteva, da so sistemi fleksibilni.

K temu je treba dodati še to, da poteka sestavljanje v standardnem prostoru in z enotami, ki jih je lahko čistiti, da so sistemi enostavni za vzdrževanje in imajo velike kapacitete.

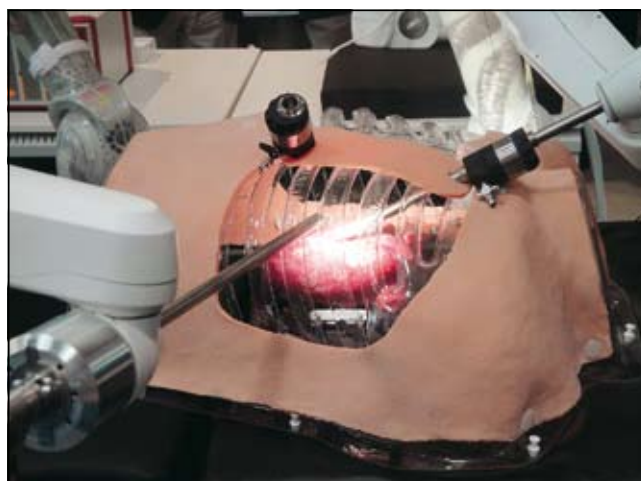
Spremljajoče prireditve

Sejem AUTOMATICA vedno namenja posebno pozornost predstavitvam raziskovalne in razvojne dejavnosti. Zato je vsakokrat organizirana tudi konferenca o robotiki in spremljajočih tehnologijah. Tokrat pa je bila šesta nacionalna konferenca Deutschland Robotik 2010, ki je potekala od 7. do 9. junija, združena z 41. mednarodnim simpozijem o robotiki ISR 2010. Predstavljenih je bilo več kot 160 referatov in vabljenih predavanj z vsega sveta. Obravnavana so bila številna področja robotike, med njimi je bila izpostavljena sensorika pod geslom »Vid je realnost« [7].

Forum je mesto, kjer se obiskovalci srečajo s strokovnjaki posameznih področij, ki predstavijo svoje nove izdelke ali tehnologije, in služi kot prikaz dobrih praks. Obravnavane teme so bile sodobne in so odsevale realno stanje v avtomatizaciji proizvodnje:

- izzivi ob naraščajoči variantnosti izdelkov in manjšanju velikosti serij,
- trendi v prihodnosti – izzivi za robotiko,
- trgi prihodnosti – od prehrabne industrije do medicinske tehnike,
- dobavitelji v avtomobilski industriji pridobivajo z inteligentno avtomatizacijo,
- avtomatizacija za fotovoltaike in električno mobilnost,
- hkratna in globalna avtomatizacija.

V okviru razgovorov in okroglih miz



Prikaz možne robotizirane operacije notranjih organov DLR (vir: Noe)



Primeri pakiranja (vir: Multivac)



na forumu je veljala posebna pozornost azijskemu trgu, še zlasti Kitajski in Indiji, kjer je uporaba in tudi proizvodnja komponent in sistemov za avtomatizacijo v močnem porastu. Zelo dobro pripravljene tiskovne konference so bile mesto, kje so organizacije in podjetja preko tiska želeli seznaniti strokovno javnost s ključnimi spremembami v podjetjih ali pa prikazati stanje in prihodnji razvoj na določenem področju.

Tiskovne konference so pripravili nekateri največji proizvajalci robotov in strojnega vida, ki so želeli javnost seznaniti z dosežki in ključnimi spremembami v prihodnosti tako v razvo-

ju kot v organiziranosti. Predstavili so se Kuka Roboter GmbH, ISRA Vision, ABB Automation GmbH, Fanuc Robotics Deutschland GmbH, Yaskava Motoman GmbH, Walter Reis Award for Robotics. Izpostaviti je treba za nas zanimivo reorganizacijo firme Yaskava iz Japonske. Tako bo v prihodnosti v Evropi delovala firma Yaskawa Europe in ne več Motomann Yaskava in pri nas Yaskava Slovenija, namesto Motoman – Robotec. Spremembe v organiziranosti so v Yaskawi pojasnili s tem, da bo firma v teh kriznih časih bolj konkurenčna in bo imela boljši pregled nad politiko razvoja.

Sejmišče je za predstavnike tiska

Spremljajoče dejavnosti in pogovori s predstavniki razstavljalcev so dali končni vtis o sejmu. Čutili je bilo pričakovanje ponovnega zagona. Razstavljalci so bili optimistično razpoloženi.

pripravilo izčrpna poročila. Na voljo je bilo tudi dovolj brezplačne spremljajoče strokovne literature.

Viri

- [1] Den Blick nach vorn – Informacija za novinarje: Nr. 3.
- [2] Poročilo IFR – International federation of Robotics na tiskovni konferenci v okviru sejma.
- [3] Automatica: posebna izdaja strokovne revije Automation 2010, www.automationnet.de.
- [4] <http://www.automatica-munich.com> – Presse information.
- [5] <http://www.montagetechnik-online.de>.
- [6] Ernst R. Bareschee Wie baut man Li-Ionen- batterien? Welche Herausforderungen sind noch zu lösen? <http://www.automatica-munich.com>.
- [7] www.isr-robotik-2010.com.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo – Laboratorij LASIM in Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo ter Gospodarska zbornica Slovenije – Združenje kovinske industrije

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



najavljajo 7. posvet

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2010 – ASM '10

v četrtek, 18. 11. 2010, ob 9. uri

v prostorih GZS, Dimičeva ulica 13, Ljubljana.

50. obletnica odkritja uporabnega laserja

Janez TUŠEK

16. maja letos je poteklo natanko 50 let, odkar je veliki raziskovalec Theodore Harold Maiman kot prvi prikazal delovanje naprave, ki je omogočala izdelavo laserskega žarka. To je bil bliskovni laserski žarek, ki je nastal v umetno izdelanem rubinu ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{Cr}$) s kristalno strukturo.

Prav gotovo odkritje laserskega žarka ni bilo enkratno dejanje, ampak plod dela številnih raziskovalcev v skoraj celotni prvi polovici dvajsetega stoletja. Kot prvega moramo tu omeniti Alberta Einsteina, ki je že leta 1917 v članku z naslovom *Zur Quantentheorie der Strahlung* (O kvantni teoriji sevanja) popisal fizikalni princip stimulirane svetlobe. Einstein je bil torej prvi, ki je postavil temelje za laser. Ta pa nastane, ko foton v vzbujeni molekuli ali atomu povzroči emisijo drugega fotona z enako frekvenco, fazo, polarizacijo in smerjo. Iz povedanega nastane kratica LASER, kar pomeni »Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation« (ojačana svetloba s stimulirano emisijo sevanja).

Približno deset let kasneje, okoli leta 1928, so drugi fiziki potrdili Einsteino teorijo o obstoju stimuliranega sevanja. Vendar je bilo treba na potrditev opisane teorije čakati vse do začetka petdesetih let v prejšnjem sto-

letju, ko sta Nikolaj Basov in Aleksander Prokhorov s Fizikalnega inštituta Lebedjeva v Moskvi popisala delovanje maserja. Maser (**M**icrowave **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation – ojačano mikrovalovanje s stimulirano emisijo sevanja) naprava, ki proizvaja koherentne (skladovne) mikrovalove, je bil predhodnik laserja.

Nekoliko kasneje so na Univerzi v Kolumbiji v ZDA na osnovi teh raziskav zgradili prvi delujoči maser. Vodja raziskovalne skupine je bil Charles H. Townes, svetovno priznan raziskovalec na področju laserske tehnike. Vsi trije imenovani so leta 1964, prav gotovo več kot upravičeno, dobili Nobelovo nagrado za fiziko.

Nekateri fiziki so proti koncu petdesetih let zelo podrobno popisali delovanje laserja in ta teoretski izračun celo patentno zaščitili. Fizikalna zgodovina pa iznajdbo laserskega žarka pripisuje T. H. Maimanu.

T. H. Maiman je bil rojen leta 1927 v Los Angelesu. Študiral je elektrotehniko in fiziko. Leta 1955 je doktoriral iz fizike. Prvi laserski žarek je ustvaril v umetnem rubinu. V tistem času je raziskovalno deloval na Hughes Research Laboratories v Malibuju v Kaliforniji. Svoje odkritje je popisal in nekaj let zatem je svoj izum s tem popisom patentiral pod številko 3.353.115 in z naslovom »Ruby Laser Systems«.

Vse od odkritja laserskega žarka so po številnih laboratorijih, inštitutih in univerzah na svetu tekale zelo obsežne raziskave. Na njihovi osnovi so nastale številne praktične aplikacije upo-

rabe laserja. Petdeset let po odkritju laserje srečujemo vsak dan, na vsakem koraku. Prav gotovo si življenja v teh časih brez laserjev ne moremo več predstavljati.

Danes poznamo številne laserje za različne namene. Razlikujemo jih po valovni dolžini, po mediju, v katerem nastane laserski žarek, po moči, porazdelitvi energije v žarišču žarka, namenu in drugem.

Laserske žarke so po odkritju najprej začeli uporabljati v vojaške namene. Američani so jih uporabili že v vietnamski vojni proti koncu šestdesetih let. V vojski so jih najprej uporabili za merjenje razdalj in označevanje tarč, kasneje pa tudi kot orožje.

Uporaba laserskega žarka se je zatem močno razširila na skoraj neslutena področja vsakdanjega življenja. Danes ga srečamo praktično povsod. Zelo pogosto same uporabe laserskega žarka v vsakdanjem življenju sploh ne opazimo in niti ne zaznamo. Na primer: v trgovini pri branju črtne kode, pri poslušanju glasbe, pri uporabi zgoščenk, tiskanju besedil na tiskalnikih, pri predavanjih kot svetlobni kazalnik »laser pointer« itd.

Uporabljamo ga v medicini. Zaradi izredne natančnosti in natančno določene energije je laser postal nepogrešljiv pri raznih operacijah. Zelo poznana uporaba je za izžiganje obolelega tkiva (rak), pri čemer niti najmanj ne poškodujemo zdrave okolice, vrtanje zob brez vsake bolečine ter v očesni kirurgiji, kjer mrežnico, ki je odstopila z zadnje očesne stene, z laserskim žarkom privarimo nazaj.

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

V medicini najpogosteje uporabljamo laserje, ki sevajo z ultravijolično svetlobo.

Ultravijolični (UV) laserji lahko izvajajo zelo kratke bliske velikih moči, ki so dolgi manj kot ena stomilijoninka sekunde. Takšne laserje uporabljamo v zobozdravstvu. Z UV-valovno dolžino dobimo učinkovit vrtni proces s skoraj nič ali zelo malo segrevanja okoliškega tkiva. Laserska tehnologija se uporablja tudi za odstranjevanje zobne gnilobe. Laser lahko skozi majhno luknjico prodre do zobne gnilobe, ne da bi pri tem preveč poškodoval maso zoba.

Vedno pogosteje se uporablja za lepote operacije, za odstranjevanje gub na koži. Laser ima dovolj skoncentrirano energijo, da odžge prvo plast odmrlih tkiv in nekatere žive celice na površini kože, vendar ne vpliva na druge plasti kožnega tkiva.

Prav tako lahko z laserjem trajno odstranimo dlake z uporabo radiofrekvenče in optične energije. Kontroliran laserski blisk prodre v lasni mešiček, aktivno hlajenje kože pa zagotavlja povsem varen in neboleč postopek. Za trajno uničenje dlak je potrebna močna termalna poškodba mešička, ki prekine normalno rast dlak.

V gradbeništvu uporabljamo laserski žarek za določanje lege objektov. Majhni prenosni laserji so zelo primerni za natančno vodenje in nadzorovanje gradnje velikih zgradb, polaganje cevodovodov ter gradnjo mostov in predorov.

Terestrično lasersko skeniranje je naprednejša tehnologija za celovit 3D-zajem prostorskih podatkov. Razvoj geodetskih merskih tehnik poteka v kombinaciji laserskega skeniranja in fotogrametrije.

Rezultat skeniranja je oblak točk – množica 3D-točk. Z oblakom točk zagotovimo visoko stopnjo geometrične popolnosti in podrobnosti terena oz. objekta in zmanjšamo stroške ponovnih vračanj na teren in dodatnih izmer. Skenirajo se zgradbe, fasade, kipi, deponije materiala ipd.

Lasersko skeniranje pa se uporablja tudi v strojništvu, zlasti za skeniranje orodij in posledično za obratni inženiring. Poznani pa so tudi številni drugi primeri.

Vse več se laser uporablja v vojaški industriji in pri samem vojskovanju. Uporabljajo ga za hitro določanje razdalj z laserskimi daljinomeri, ki delujejo po istem principu kot merjenje razdalje med Zemljo in Luno. Podoben, vendar mnogo bolj zapleten sistem uporabljajo bojna letala za avtomatsko merjenje višine. Laser tudi zelo olajša vodenje raket, ki zaznavajo razpršene laserske žarke, ki se odbijajo od označenega cilja. Prav te dni smo lahko prebrali novico, da je ameriška mornarica z ladje z laserskim žarkom izstrelila štiri brezpilotna letala, kar naj bi predstavljalo prelomnico v uporabi laserja kot orožja za večje razdalje.

Laserji se zaradi možnosti različnih privlačnih svetlobnih efektov čedalje bolj uveljavljajo v zabavni industriji. V kombinaciji različnih laserjev z različno valovno dolžino dobimo neskončno možnosti prikaza v tako imenovanih »laserskih šovih«.

Razvoj pulzних laserjev je močno pripomogel k razvoju fotokemije, ki sloni na interakciji svetlobe s snovjo. To področje zajema kemijsko spektroskopijo in fotoanalizo, ki preučuje dinamiko kemijskih procesov. S pulznimi laserji, kot so npr. barvilni, lahko s pikosekundnimi bliski posnamemo kemijske procese, ki potekajo v ekstremno kratkih časih reda nekaj nanosekund. S pomočjo laserjev lahko tudi vodimo ali spreminjamo kemične reakcije. Če spodbujamo molekulo s primerno valovno dolžino in frekvenco pulzov, lahko pospešimo ali celo spremenimo smer reakcije.

Že v uvodu smo omenili, da je uporaba laserja na področju tehnike in naravoslovja zelo raznovrstna. Tu bi se bežno dotaknili le tistih tehnologij, ki jih potrebujemo na ožjem strojniškem področju.

■ Lasersko rezanje

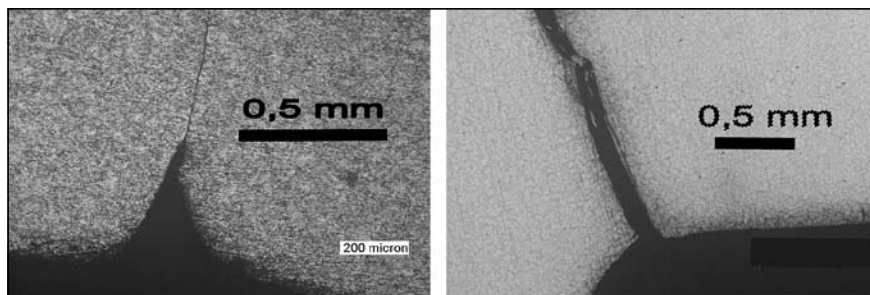
Laser se je v praksi najhitreje in najmočneje uveljavil prav pri toplot-

nem rezanju pločevin in drugih profilov iz različnih materialov. Za lasersko rezanje največ uporabljamo plinske CO₂-laserje nekoliko manj trdninske Nd:YAG-laserje in še manj laserje ekscimer. Počasni pa se za rezanje zelo natančnih izdelkov uveljavljajo tudi diodni laserji. Pri rezanju z laserjem vedno uporabljamo tudi plin, ki lahko pospešuje rezanje ali pa le zaščiti rezano površino pred atmosfero. Prav iz tega razloga poznamo lasersko rezanje s kisikom in z nevtralnimi plini, kot sta dušik in argon. Kisik uporabljamo predvsem pri laserskem rezanju konstrukcijskih jekel. Eksotermična reakcija, ki nastane med kovino in kisikom pri povišani temperaturi, olajša rezanje, poveča njegovo hitrost in omogoči rezanje debelejših materialov. Dušik kot zaščitni plin največ uporabljamo za rezanje nerjavnih jekel. Dušik preprečuje gorenje in reakcije s kovino. Z uporabo dušika preprečimo odgor robov na rezanih ploskvah. Naloga nevtralnih plinov je tudi, da iz reže odstrani talino. Prav zaradi tega so tlaki nevtralnih plinov med rezanjem relativno visoki. To velja še posebno pri rezanju nekaterih barvnih kovin.

■ Lasersko varjenje

Lasersko varjenje še vedno ni doseglo tiste široke uporabe, kot smo jo mogoče pred desetletji pričakovali. Razloga sta dva. Prvi je visoka nabavna vrednost naprave in drugi kakovost varov, ki ni najboljša, predvsem pa ni stalna, zlasti pri zvarjanju debelejših varjencev. Varjence zlasti do debeline 1 mm lahko varimo brez vsakih težav. Zelo dobre rezultate dosegamo tudi pri navarjanju s prahom ali pa s tanko žico do debeline 0,8 mm ali pa pri spajkanju enakih ali različnih materialov in pri spajkanju prevlečenih pločevin z uporabo žice premera do 1,2 mm.

Lasersko varjenje pa se je v praksi zelo močno uveljavilo pri vzdrževalnih delih, pri sanaciji poškodovanih orodij. Primer laserskega žlebljenja in nato varjenja je prikazan na sliki spodaj. Na sliki 1 sta prikazani dve karakteristični razpoki na orodju za tlačno litje barvnih kovin. Glede na dimenzije razpoke lahko ugotovimo, da jih je smiselno



Slika 1. Prikaz dveh različnih, a zelo značilnih razpok na orodju za tlačno litje barvnih kovin

izžlebiti z laserskim žarkom in nato tudi z laserskim žarkom zavariti.

Na *sliki 2* sta prikazana dva žlebova, izdelana z laserskim žarkom. Tudi tu lahko ugotovimo, da so mere žlebov zelo majhne, da je toplotno vplivano območje zelo ozko in da okoli žleba ni več razpok, kar pomeni, da smo z laserskim žarkom odstranili ves razpokani material.

Večina reparaturnih varov se v praksi izdelava ročno, kar pomeni, da varilec dodaja dodajni material v obliki žice ročno v točko varjenja in da operater na stroju premika laserski žarek v zaželeni smeri s pomožno napravo ali pa s krmilno ročico.

Izžlebljene razpoke nato zavarimo. Pri tem lahko uporabimo enak dodajni material, kot je osnovni, ali pa tudi različnega. Običajno izbiramo vrsto dodajnega materiala glede na zahtevo po trdoti, ki jo ima orodje in jo mora imeti tudi navar. Za orodna jekla imajo te žice ponavadi nekoliko povečan odstotek kroma in zmanjšano vsebnost ogljika. Zelo pogosto pa za varjenje razpok uporabimo dva različna materiala. Za koren vara, to je za varke v spodnjem delu izžlebljene razpoke, uporabimo mehek in žilav material, da prepreči nastajanje novih razpok in širjenje starih, ki so morda še ostale v notranjosti orodja. Vrhnje (temenske) varke pa varimo s trdim materialom, da po varjenju dobimo na površini saniranega orodja ustrezno trdoto.

Na *sliki 3* sta prikazana dva primera zavarjenih razpok na orodjih za tlačno litje aluminija. Oba vara sta izdelana iz dveh različnih materialov. Korenski varek je izdelan iz mehkega in žilavega materiala, polnilni pa iz trdnega jekla. Var na levi strani je popolnoma brez

napak. Na desni strani pa vidimo razpoko, ki je nastala v osnovnem materialu in se razširila do korena vara. Tam pa se je ustavila v relativno mehkem in žilavem materialu. Na ta način sanirane razpoke lahko orodju podaljšajo življenjsko dobo in uporabnost.

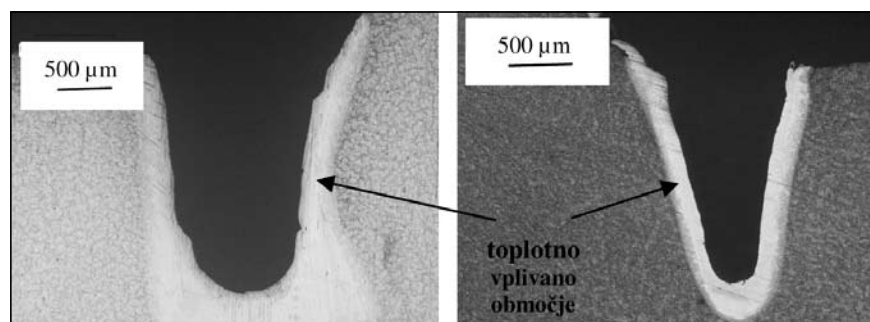
Lasersko spajkanje

Lasersko spajkanje se je v zadnjih dveh desetletjih močno uveljavilo v

kapilarnosti in omočljivosti zalije in se strdi.

Lasersko vrtanje

Lasersko vrtanje se v praksi lahko uporablja v številnih aplikacijah in tudi pri vzdrževalnih delih. V primerjavi s klasičnim vrtanjem ima kar nekaj prednosti. Vrta se brezkontaktno, vnos energije je majhen, mehanske sile so nizke, kar ugodno vpliva pri vrtanju na robovih, natančnost vrtanja je velika, lahko vrtamo zelo različne materiale in zelo različne oblike lukenj. Pri vrtanju moramo uporabiti laserski žarek s premerom v žarišču od 10 do 20 μm . To pomeni, da so premeri lukenj lahko že od nekaj 10 μm naprej. Običajno vrtamo z bliskovnim laserskim žarkom s pravokotno obliko bliska, z Gaussovo porazdelitvijo energije v žarišču žarka in s frekvenco več kot 1000 Hz. Najpogosteje se lasersko vrtanje upo-

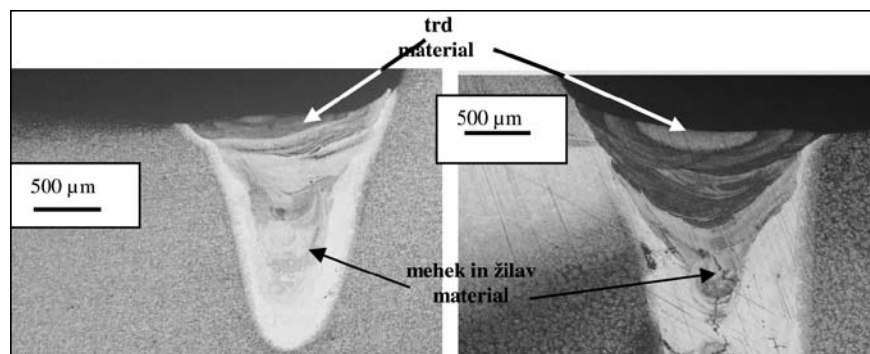


Slika 2. Dva makrobrusa z laserjem izžlebljenih razpok

avtomobilski industriji. Uporablja se za spajkanje posameznih delov karoserije. Pomembno je, da pripravimo zvarni stik v obliki ozke špranje, ki jo zalije tekoča spajka. Spajko v obliki tanke žice raztalimo z laserskim žarkom. Raztaljena spajka pade v špranjo med dve pločevini, jo zaradi

rablja za izdelavo lukenj v nekovinskih materialih, kot so keramika, kompoziti, kamen in drugo. Lahko vrtamo pravokotno na površino obdelovanca ali pa pod poljubnim kotom.

Pri vzdrževalnih delih je lasersko vrtanje ustrezno, če se nam pri vrtanju



Slika 3. Dva lasersko izdelana vara v izžlebljenih razpokah, sestavljena iz dveh vrst dodajnih materialov

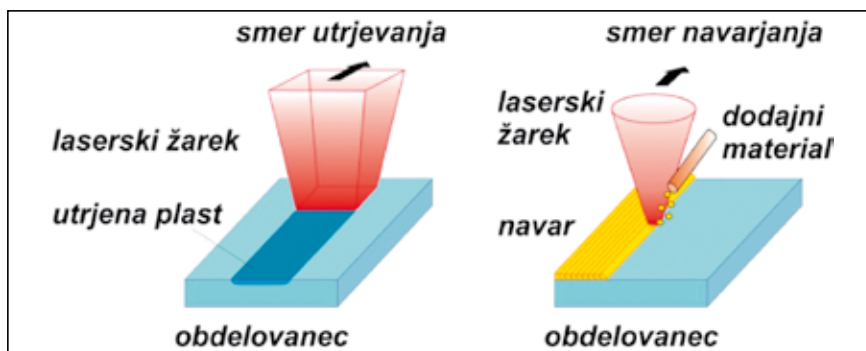
zlomi sveder in ostane konica v luknji, ali pri zlomu navojnega svedra in podobno. Koristno se ga da uporabiti za vrtanje na robovih raznih orodij, pri spremembi geometrije različnih orodij za brizganje plastike ali pa za tlačni liv barvnih kovin. Taka orodja so toplotno obdelana in jih je zelo težko vrtati s klasično tehnologijo.

Lasersko graviranje

Lasersko graviranje je glede na število naprav, ki delujejo v praksi, najpogosteje uporabljena laserska tehnologija. Uporablja se za splošne potrebe prebivalstva in v industriji za označevanje proizvodov. Postopek se uporablja za različne namene, gravirajo se zelo različni materiali in v zelo različnih stopnjah avtomatizacije. Danes skoraj ni materiala, na katerega ne bi mogli gravirati. Najpogosteje lasersko graviramo v kovino, zelo pogosto v plastiko, les in tekstil. Enako pomembno je graviranje v keramiko, kamen in nakit. Za lasersko graviranje je pomemben laserski vir, ki omogoča koncentracijo laserskega žarka v zelo majhno točko. Podobno kot pri laserskem vrtanju.

Lasersko utrjevanje

Lasersko utrjevanje površin posameznih delov lahko dosežemo z ogretjem površine z laserskim žarkom do kalilne temperature in nato s hitrim ohlajanjem površino utrdimo. Pri drugem načinu pa moramo površino raztaliti in v talino na tak ali drugačen način vnesti potrebne legirne elemente za utrditev površine. Prednosti laserskega utrjevanja so predvsem v zelo natančni kontroli vnosa energije. Na vsakem strojnem elementu lahko zelo natančno določimo, katere površine bomo utrdili in katere ne. Pri raznih rezilnih orodjih lahko utrdimo le rezalni rob, ostala površina pa lahko ostane mehka in žilava, kar je zelo ugodno pri prenašanju dinamičnih obremenitev. V principu lahko uporabimo različne vrste laserjev. Pomembni sta oblika žarka v fokusu in valovna dolžina, ki vpliva na absorpcijo laserske energije. V praksi se za lasersko utrjevanje vedno pogosteje uporabljajo diodni laserji.



Slika 4. Shematski prikaz dveh različnih laserskih tehnologij; levo – lasersko utrjevanje, desno – lasersko navarjanje

Na sliki 4 vidimo bistveno razliko med navarjanjem z laserjem in laserskim utrjevanjem. Razlika je opazna predvsem v obliki laserskega žarka, ki učinkuje na površino obdelovanca. V tabeli pa so podani tudi okvirni parametri za oba postopka. Opazno razliko lahko vidimo predvsem pri gostoti energije v laserskem žarku, ki učinkuje na obdelovanec.

Lasersko čiščenje površin

Koncentrirana svetloba iz laserja se lahko uporabi tudi pri laserskem čiščenju površin. Z laserskim žarkom lahko brezdotično odstranimo okside, barve, galvansko nanese kovine in druge nečistoče. Pogosto ta način uporabljamo za elemente, ki jih nato lepimo. S takšnim čiščenjem ne odstranimo samo vrhnje plasti, ampak tudi pripravimo površino za nanos lepila, da lepilo lažje reagira s površino obdelovanca, ki ga lepimo.

Zdaj se lasersko čiščenje še največ uporablja pri odkrivanju in restavriranju starih spomenikov, grobišč in drugih arheoloških najdb ter napisov na njih.

Lasersko poliranje

Uporaba laserskega poliranja v praksi še ni zaživela, čeprav v številnih raziskovalnih ustanovah to tehniko raziskujejo in študirajo številni znanstveniki in številni praktiki. Največji razlog je v nizki produktivnosti poliranja in v visokih stroških opreme. Osnovni princip laserskega poliranja je v uparjanju in taljenju materiala oziroma »vrhov« na površini, ki jo želimo spolirati.

Prihodnost laserja

V bodoče pričakujemo uporabo laserja še na nekaterih področjih, ki danes še niso prav dobro zastopana.

Ena najbolj presenetljivih stvari, ki jih je omogočil laser, je holografija, ki omogoča izdelavo tridimenzionalnih slik. Z njeno pomočjo bodo morda nekega dne naredili barvni 3D-film in televizijo.

Drugo področje, kjer se bo laser vse več uporabljal, so komunikacije. Drobnih in gibkih kablov, ki jim pravimo optična vlakna, lahko prenašajo lasersko svetlobo na zelo velike razdalje. Svetloba se odbija od notranjih sten optičnega vlakna in prenaša informacije. Telefonska omrežja prenašajo mnogo več informacij kot tista z navadnimi električnimi kablov.

Tretje področje, kjer lahko prinese uporaba laserja velik napredek, je zlitje atomskih jeder. Ta reakcija poteka v zvezdah in vodikovih bombah. Za zlitje jeder je potrebna visoka temperatura, ki jo lahko zagotovimo z laserjem. Z laserjem segrejemo vodik na več milijonov stopinj, pri čemer se spremeni v helij, pri tem pa odda ogromno energije. Enak proces poteka v Soncu, kar pomeni, da bi si lahko zagotovili praktično neizčrpen vir energije.

Na strojniškem področju se bo uporaba laserja širila na vseh zgoraj naštetih področjih. Z vedno večjimi zahtevami po natančni izdelavi produktov po eni strani in po drugi po visoki produktivnosti bo uporaba laserskega žarka nujno potrebna. Obvladovanje nanotehnologij na strojniškem področju bo možno le z uporabo laserskega žarka z zelo različnimi parametri in lastnostmi. ■



**KONFERENCA
SEMTO 2010**

SENZORJI IN AKTUATORJI

**Institut »Jožef Stefan«
Ljubljana, Slovenija**

20. in 21. oktober 2010

Najava konference SENZORJI IN AKTUATORJI:

Tehnološki center SEMTO letos organizira že tradicionalno konferenco o senzorjih in aktuatorjih. Konferenca poteka vsaki dve leti in na enem mestu zbere vodilne strokovnjake in raziskovalce iz raziskovalnih inštitutov in fakultet ter razvijalce in vodilne posameznike iz podjetij, ki jih zanima ta tematika in so dejavni na tem področju. Poleg možnosti pregleda novosti s področja tehnike je konferenca tudi mesto za neformalno srečanje strokovnjakov in izmenjavo izkušenj ter informacij. Udeleženci konference tako pridobijo tudi znanje o tem, kdo in kje se z določeno problematiko ukvarja in kako navezati stike za reševanje lastnih razvojnih izzivov. Konferenca je tudi mesto za rojevanje idej in kako jih, tudi s pomočjo partnerjev, spremeniti v inovacije.

Konferenca bo potekala **20. in 21. oktobra 2010** v veliki predavalnici **Instituta »Jožef Stefan«**, Jamova 39, Ljubljana.

Organizator konference:	Programski in organizacijski odbor:
Tehnološki center SEMTO	<ul style="list-style-type: none"> • prof. dr. Marija Kosec, Institut »Jožef Stefan« • prof.dr. Slavko Amon, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko • prof. dr. Stanislav Strmčnik, Institut »Jožef Stefan« • dr. Jože Gasperič, Institut »Jožef Stefan« • prof. dr. Janez Trontelj, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko • prof.dr. Marko Topič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko • prof. dr. Jože Duhovnik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo • dr. Marjan Pogačnik, Iskra Mehanizmi • Darko Belavič, HIPOT-RR • prof. dr. Denis Donlagić, Univerza v Mariboru, FERI • Jožef Perne, Tehnološki center SEMTO
Predsedovanje konferenci:	
prof. dr. Marija Kosec, Institut »Jožef Stefan«	
Organizacija konference:	
Jožef Perne, Tehnološki center SEMTO	

Cilji konference:

Na konferenci bo predstavljena razvojnoraziskovalna dejavnost na področju senzorjev in aktuatorjev.

Cilj konference je osvetliti obravnavano tematiko, podati celosten pregled tehničnega področja in posredovati nove dosežke. K oblikovanju konference in pripravi referatov so povabljeni najvidnejši strokovnjaki iz inštitutov, fakultet in industrije. Na konferenci se pričakuje udeležba raziskovalcev, razvijalcev, tehničnih direktorjev, vodij RR-projektov, vodij laboratorijev, tehnologov in drugih, ki se pri svojem raziskovalnem, razvojnem in drugem delu srečujejo s tematiko pretvorbe različnih fizikalnih ali kemičnih veličin v električne signale, z obdelavo teh signalov in oblikovanjem odzivov.

Cilj konference je tudi ponuditi mesto za srečanje raziskovalcev iz inštitutov in razvijalcev iz industrije. Z ene strani posredovati najnovejše dosežke in možnosti uporabe, z druge pa potrebe po aplikacijah v tehnološko naprednih izdelkih.

Vsebina konference:

Na konferenci bodo predstavljene osnovne značilnosti in definicije s področja senzorjev in aktuatorjev ter pomembnejši ključni razdelitve senzorjskih in aktuatorskih družin. Podrobneje bodo predstavljene nekatere lastnosti glede na vrsto, kot so prenosna funkcija, občutljivost, točnost, ločljivost, selektivnost, šum, nelinearnost in drugo. Predstavljeni bodo principi zajemanja podatkov, obdelava signalov in pretvorba funkcij v krmilne signale. Poseben poudarek bo na najnovejših dosežkih na področju senzorjskih struktur, podan bo pregled lastnosti inteligentnih senzorjev, aplikacije senzorjev in aktuatorjev na nivoju mikroelektronike in potencialna uporaba senzorjev in aktuatorjev na novih področjih.

Konferenca bo podala pregled tehnike predvsem na naslednjih strokovnih področjih:

- vrste senzorjev in aktuatorjev glede na:
 - mehanske veličine, pomik, rotacija,
 - optični senzorji in aktuatorji,
 - senzorji električnih in magnetnih veličin,
 - zvočni in ultrazvočni senzorji in aktuatorji,
 - toplotni senzorji,
 - senzorji pritiska,
 - senzorji kemičnih sestavin, biosenzorji;
- tehnologijo in stopnjo integracije senzorjev in aktuatorjev:
 - senzorji in aktuatorji kot samostojni elementi,
 - integracija na TIV,
 - integracija na keramičnem substratu,
 - integracija v ASIC;
- področja uporabe senzorjev in aktuatorjev:
 - avtomatizacija v industriji,
 - merilna tehnika,
 - medicina in medicinski pripomočki,
 - okolje,
 - promet, avtomobilska industrija,
 - varovanje, uporaba za vojaške namene.



Program konference

Pet vabljenih predavateljev: dva domača in trije tuji predavatelji ter ok. 20 prispevkov raziskovalcev in razvijalcev.

Vabljena uvodna predavanja:

- **Prof. dr. Igor Mekjavić** (Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana): *Biosenzorji v simulatorju lunarnega habitata: Potencialne aplikacije v zdravstvenih ustanovah*
- **Prof. dr. ing. Ralf Moos** (Universität Bayreuth Lehrstuhl für Funktionsmaterialien, Deutschland): *Sensors in the automotive exhaust – technology, status and future trends*
- **Dr. Henrik Rader** (SINTEF Materials and Chemistry, Oslo, Norway): *Sensors and actuators based on thin-film piezoelectric microsystems*
- **Dr. Volker Kempe** (Lieboch AT): *Inertial MEMS Sensors*
- **Prof. dr. Denis Đonlagić** (Univerza v Mariboru, FERI): *Optični vlakenski senzorji in njihove aplikacije*

Informacije, predhodne prijave in kotizacija

Informacije o konferenci lahko najdete na spletni strani TC SEMTO <http://www.semto.si/>, jih zahtevate po elektronski pošti semto@semto.si ali po telefonu **+386 1 5191281**.

Prosimo, da predhodne prijave na konferenco opravite po elektronski pošti: semto@semto.si. Poleg imena in priimka vpišite ime firme, funkcijo, elektronski naslov in telefon. Kotizacija znaša 90 EUR. **Člani TC SEMTO in študentje so oproščeni kotizacije.**

Povabilo pokroviteljem

Vsi, ki vas zanima pokroviteljstvo konference, si oglejte celovito ponudbo oglaševalskih možnosti (http://www.semto.si/upload/12754785534c06421977bc7_DOPIS_za_spletno_stran_prijavnica.pdf), ki vam bo pomagala pri odločitvi in uspešnem oglaševanju vaše blagovne znamke. Za vse dodatne informacije in vprašanja smo vam na voljo na telefonu 01/519 12 81 ali na elektronski pošti: semto@semto.si.

Soorganizatorja konference

Center odličnosti **NAMASTE**

Društvo **MIDEM** Strokovno društvo za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale

Pokrovitelji konference

RLS Merilna tehnika d.o.o.

Medijski pokrovitelj: **Revija AVTOMATIKA**

GENIS d.o.o.

Medijski pokrovitelj: **Revija VENTIL**

Državna tekmovanja RoboT, ROBObum in RoboCupJunior 2010

V torek, 18. maja, je bila na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI), Univerza Maribor, tradicionalna celodnevna prireditve »Mariborski robotski izziv«, ki združuje državna tekmovanja v robotiki za osnovnošolce, srednješolce in študente. Državno tekmovanje za osnovnošolce **ROBObum** se tradicionalno izvaja skupaj z državnim tekmovanjem za študente in dijake **RoboT**. Letošnja novost je državno tekmovanje **RoboCupJunior** v razredu **Reševanje** za osnovnošolce in za dijake srednjih šol. Tekmovanje **RoboCupJunior** se izvaja po pravilih svetovnega robotskega tekmovanja za osnovnošolce in srednješolce. Najboljše ekipe z državnega tekmovanja **RoboCupJunior** se bodo lahko udeležile svetovnega robotskega tekmovanja **RoboCupJunior** v Singapuru. V duhu tekmovanj **RoboCup** v Avstriji in po svetu pa so v okviru letošnje prireditve »Mariborski robotski izziv« potekala tudi predavanja in demonstracije **doc. dr. Geralda Steinbauerja** s Tehnične univerze v Gradcu (TU Graz), Avstrija. Na prireditvi se je zbralo več kot 250 otrok in več kot 50 mentorjev iz vse Slovenije.

Otvoritev robotskih tekmovanj je bila skupna. V uvodnem delu otvoritve so zbrane tekmovalce in njihove mentorje pozdravili dekan FERI **prof. dr. Igor Tičar**, **g. Janez Škrlec**, predsednik sekcije za elektroniko in mehatroniko in predsednik Odbora za znanost pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije, predstojnik Inštituta za avtomatiko **prof. dr. Boris Tovornik** in predstojnik Inštituta za robotiko **prof. dr. Miro Milanovič**.

Drugi del otvoritve je bil posvečen državnemu tekmovanju **RoboCupJu-**



Dekan FERI prof. dr. Igor Tičar pozdravlja tekmovalce in njihove mentorje

nior Slovenija 2010, ki smo ga letos na FERI izvedli prvič. Ob tej posebni priložnosti je vsem zbranim tekmovalcem in njihovim mentorjem naš ugledni gost **doc. dr. Gerald Steinbauer** z Inštituta za programske tehnologije (Institute for Software Technology) Tehnične univerze v Gradcu (TU Graz) predstavil tekmovanja **RoboCup** za študente in mladince ter izvedel demonstracije s svojimi roboti. G. Steinbauer je ugleden znanstvenik (<http://www.ist.tugraz.at/staff/steinbauer>) na področju robotike, ki sodeluje na svetovnih tekmovanjih **RoboCup** s svojimi študenti in robotskimi ekipami **Mostly harmless** (Middle Size League) in **ZaDeAt** (Standard Platform League) že vrsto let, je član avstrijskega nacionalnega odbora **RoboCup** (RoboCup Austrian National Committee, <http://www.robocup.at>) in eden od glavnih organizatorjev lanskega svetov-

nega robotskega tekmovanja **RoboCup Graz 2009** (<http://www.robocup2009.org>).

Poleg otvoritve državnega tekmovanja **RoboCupJunior Slovenija 2010** pa je imel **g. Steinbauer** ta dan na FERI tudi zelo zanimivo predavanje z naslovom: **The RoboCup Major Leagues – on Inspiring and Challenging students**.

Otvoritev državnega tekmovanja **RoboCupJunior Slovenija 2010** je s svojim nastopom zaključila obetajoča plesna skupina z OŠ Franceta Prešerna v Kranju, ki je v duhu tekmovanj **RoboCupJunior** v razredu ples pod mentorstvom **Suzane Zadražnik** in **Andreja Koložvarija** pripravila svoj plesni nastop z roboti.

Tekmovanje v vožnji po labirintu RoboT 2010

Letos smo že enajstič organizirali najstarejše robotsko tekmovanje v Sloveniji **državno tekmovanje z mobilnimi roboti RoboT 2010**. V vožnji lastno konstruiranih avtonomnih **mobilnih robotov po labirintu** (velikosti 2,5 x 2 m z več kot 15 m poti, slepimi hodniki in okrog 36 zavoji) so se zanimive tekme udeležile 3 študentske in 20 dijaških ekip iz osmih srednjih tehniških elektro-, strojnih in računalniških šol.



Robot za igranje nogometa ekipe Mostly harmless iz TU Graz med demonstracijo

V zadnjih desetih letih se je tovrstnih tekmovanj udeležilo že okrog 100 študentov ter nad 400 dijakov in mentorjev iz celotne Slovenije in sosednje Hrvaške ter Avstrije. Tradicionalno so se najbolj vztrajni dijaki srednjih šol že šestič pomerili tudi za lovoriko **RoboLiga 2010** (finalno tekmovanje v seriji Slovenske robotske lige), kajti pred tem so bila izvedena že tekmovanja: **KRobot**, 27. marca v ŠC Kranj, **RoboERŠ**, 10. aprila v ŠC Velenje, in **RoboMiš**, 22. aprila v TŠC Nova Gorica.

Za lovorike tekmovanja **RoboT 2010** je štela boljša izmed dveh voženj in najuspešnejšim trem tekmovalcem so bile podeljene denarne in praktične nagrade sponzorjev. Najhitrejši so bili:

1. mesto: **Simon Tržan, študent UM-FERI, 16,42 s,**
2. mesto: **Žan Blatnik, dijak TŠC Kranj, 18,39 s,**
3. mesto: **Luka Grošelj, dijak TŠC Kranj, 18,86 s.**

Zaradi majhnega števila prijavljenih študentskih ekip so ti sodelovali na skupni startni listi z dijaki. Podjetje **Roboti c. s.** je podelilo najuspešnejšemu študentu **Simonu Tržanu** posebno nagrado v višini 50 €.

Za lovoriko Slovenske robotske lige **RoboLiga 2010** sta štela oba teka skupaj, kar smo točkovali v skladu s pravili in temu prišteli točke prvih treh tekem. Zmagovalci v seštevku treh boljših rezultatov iz štirih tekem so bili:

1. mesto: **Luka Grošelj, TŠC Kranj, 285 točk,**
2. mesto: **Primož Šibanc, ŠC Velenje, 250 točk,**
3. mesto: **Žan Blatnik, TŠC Kranj, 240 točk.**

V nagradni sklad (300 €) so prispevali finančna sredstva podjetja **Motoman Robotec, Roboti c. s.** in **Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije**. Praktične nagrade so prispevala podjetja **AX Elektronika, HTE Elektronika** ter obrtnika **Janez Škrlec, s. p.,** in **RTV servis Marjan Kapele, s. p.**

Vsi rezultati, fotografije, videoposnetki in medijski odzivi za zadnje tekmo



Avla G2 – večina tekmovalcev s svojimi roboti ob labirintu

kot tudi za prejšnje so na voljo na www.ro.feri.uni-mb.si/tekma/.

ROBObum – robotsko tekmovanje za osnovnošolce

Robotsko tekmovanje **ROBObum** tvorita tekmovanji **LEGObum** in **ROBOsled**, ki se medsebojno dopolnjujeta. Pri tekmovanju **LEGObum** je potrebno mobilnega robota zgraditi iz sestavljanke LEGOMINDSTORMS, ki omogoča raznolike mehanske konstrukcije in programiranje robota. Žal je elektronski del pri sestavljankeh LEGOMINDSTORMS zaprt. Pri tekmovanju **ROBOsled** pa se učenci seznanijo z elektroniko in električnimi deli mehanskega robota. Za tekmovanje **ROBOsled** morajo učenci OŠ zgraditi mobilnega robota iz pravih elektronskih komponent, ki jih vsebuje sestavljanke za samogradnjo. Pri tem spoznajo tudi vrtanje, montažo in spajkanje.

V letu 2010 je izvedbo regijskih predtekmovanj **ROBObum** podprlo 14 tehniških srednjih šol po vsej Sloveniji. Izvedbi predtekmovanj so se poleg lanskih tehniških srednjih šol pridružile še Srednja poklicna in tehniška šola Trbovlje, Šolski center Krško-Sevnica in Tehniški šolski center Nova Gorica. Seznam vseh sodelujočih tehniških srednjih šol je objavljen na spletni strani <http://www.robobum.uni-mb.si>. Vsem tehniškim srednjim šolam se za izvedbo robot-

skih predtekmovanj najlepše zahvaljujemo.

Na zaključnem državnem tekmovanju **ROBOsled** 18. 5. na FERI v Mariboru je letos sodelovalo 38 osnovnošolskih ekip, medtem ko jih je na tekmovanju **LEGObum** sodelovalo 44. Številno ekip, ki so v letu 2010 sodelovale na zaključnem državnem tekmovanju, je približno enako kot v letu 2009, saj zaradi časovnih in prostorskih omejitev pri izvedbi državnega tekmovanja tega števila ne moremo povečati. V okviru državnega tekmovanja se je regijskih tekmovanj **ROBOsled** udeležilo več kot 80 ekip iz vse Slovenije. Tudi regijskih tekmovanj **LEGObum** se je udeležilo več kot 80 ekip iz vse Slovenije.

LEGObum se deli na tekmovanji **LEGObum-8** in **LEGObum-9**. Pri tekmovanju **LEGObum-8** mora robot, zgrajen iz sestavljanke LEGOMINDSTORMS, v čim krajšem času prepeljati progo, označeno s črno črto na beli podlagi od starta do cilja.

Na tekmovanju **LEGObum-8** v letu 2010 so progo najhitreje prevozile ekipe:

1. mesto OŠ Mladika – 2, Ptuj (Luka Medic),
2. mesto OŠ Mladika – 1, Ptuj (Niko Ivezić),
3. mesto OŠ Pesnica pri Mariboru (Matic Gačar),



Na začetku vožnje – tekmovanje **ROBOSled DIRKAČ**

4. mesto OŠ narodnega heroja Rajka, Hrastnik – 3 (Živa Kadunc, Klara Matek, Kaja Odžič),
5. mesto OŠ Komenda - Moste (David Osolnik).

Tekmovanje **LEGObum-9** je bilo letos prilagojeno duhu svetovnega tekmovanja **RoboCupJunior Reševanje**, ki je opisano v nadaljevanju. Naloga robota, zgrajenega iz sestavljanke LEGOMINDSTORMS, je bila, da je rešil žrtve na varno območje. Žrtve je bilo 5, ovire pa so bile neprehodna območja (črna polja) in ruševine (opeka). Varni območji, kamor je bilo možno rešiti žrtve, sta bili dve. Najpomembnejše in najbolj varno območje, imenovano evakuacijska točka, se je nahajalo v enem od vogalov kvadratnega tekmovalnega območja. Drugo manj varno območje pa je bilo kjerkoli na zunanji strani tekmovalnega območja za črno črto. Rešitev žrtve na evakuacijsko točko je prinesla ekipi 2 točki, rešitev žrtve na manj varno območje pa 1 točko.

Na tekmovanju **LEGObum-9** je v letu 2010 po prvih mestih poseglo kar nekaj ekip:

1. mesto OŠ Bistrica pri Trziču (Jean Ternik, Katja Kavčič, Rok Bečan),
1. mesto OŠ Komenda - Moste (Irinej Papuga),
2. mesto OŠ narodnega heroja Rajka Hrastnik – 2 (Aljaž Klenovšek, Amon Stopinšek, Jernej Zdovc),
2. mesto OŠ Mislinja (Blaž Štrumpfel, Lovro Kotnik, Tilen Kokol),
3. mesto IV. OŠ Celje – 2 (Gašper Jošt, Žiga Rožič, Matej Leskovšek).

Državno tekmovanje **ROBOSled** se

deli na tri razrede: **DIRKAČ**, **POZNAVALEC** in **INOVATOR**. V razredu **DIRKAČ** zmagata robot, ki tekmovalno progo, označeno s črno črto na beli podlagi, prevozi v najkrajšem času. V razredu **POZNAVALEC** se učenci osnovnih šol pomerijo v poznavanju

delovanja mobilnega robota, ki so ga zgradili. V razredu **INOVATOR** pa zmagata tisti, ki je najboljši v samostojni in izvirni nadgradnji svojega mobilnega robota.

Na tekmovanju **ROBOSled** so bile v razredu **DIRKAČ** najuspešnejše ekipe:

1. mesto prva ekipa OŠ Šoštanj – 2 (Aleš Štruc),
2. mesto ekipa OŠ Jurija Dalmatina Krško (Matej Gorjan),
3. mesto ekipa OŠ Ludvika Pliberška – 1, Maribor (Žiga Munda).

V razredu **ROBOSled POZNAVALEC** so se odlikovale ekipe:

1. mesto ekipa OŠ Šentjerneje (Tadej Kuhar, Alen Pavlič),
2. mesto prva ekipa OŠ Brežice – 2 (Marko Tičar),
3. mesto ekipa OŠ Boštanj – 2 (Luka Androjna),
3. mesto ekipa OŠ Franceta Prešerna Kranj ()

V razredu **ROBOSled INOVATOR** pa so prva mesta osvojile ekipe:

1. mesto prva ekipa OŠ Ludvik Pliberšek – 1, Maribor (Žiga Munda),
2. mesto ekipa OŠ Pesnica (Matic Gačar),
3. mesto ekipa OŠ Šentjerneje (Alen Pavlič, Tadej Kuhar).

Vsi rezultati tekmovanja so objavljene na spletni strani tekmovanja **ROBObum**: <http://www.robobum.uni-mb.si>.

Za uspešno izvedbo tekmovanj **ROBObum** gre posebna zahvala

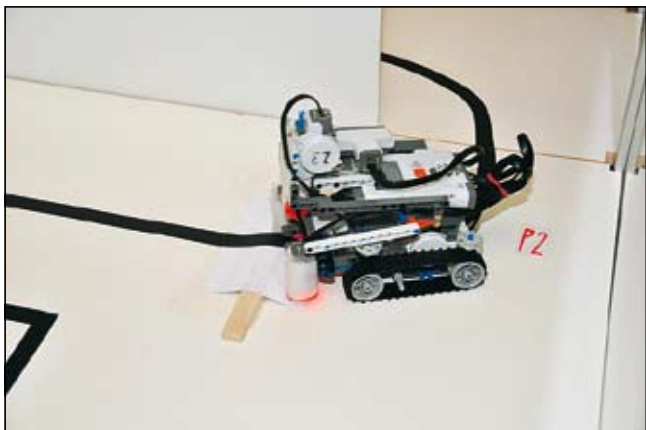
prof. dr. Karlu Jezerniku z Inštituta za robotiko, vsem sodelavcem po srednješolskih tehniških centrih in na FERi, ki so pomagali pri izvedbi tekmovanja, in vsem sponzorjem tekmovanja, ki so prispevali nagrade za tekmovalce, sponzorirali opremo za izvedbo predtekmovanja ali državnega tekmovanja, ali pa so kako drugače prispevali k izvedbi tekmovanja. Med sponzorji velja posebej omeniti Mladinsko knjigo Trgovina, d. o. o., ki prispeva nagrade za tekmovanje **LEGObum**, in trgovino ČIP, d. o. o., iz Maribora, ki prispeva nagrade za tekmovanje **ROBOSled**.

Državno tekmovanje **RoboCupJunior Slovenija 2010**

RoboCupJunior je sestavni del svetovnega robotskega tekmovanja za osnovnošolce in srednješolce. Osnovni namen tekmovanja **RoboCupJunior** je izobraževanje in seznanjanje mladih s področjem robotike. Zato je osnovno vodilo teh tekmovanj: »Pomembno je sodelovati in se veliko novega naučiti, ne zmagati!«

Tekmovanje **RoboCupJunior** ima tri razrede: **nogomet**, **reševanje** in **ples**. Slovenske osnovnošolske in srednješolske ekipe (<http://www.robobum.uni-mb.si/robocup2009.htm>) so se v letu 2009, ko je bilo tekmovanje v Gradcu, Avstrija, prvič udeležile svetovnega robotskega tekmovanja **RoboCupJunior** v razredu **reševanje**. Na osnovi pridobljenih izkušenj – sodelovanje na **RoboCup 2009** (<http://www.robobum.uni-mb.si/robocup2009.htm>) in na avstrijskem tekmovanju **RoboCup** v letu 2010 (<http://robocupjunior.at>) – smo lahko v letu 2010 kot novost letošnjih državnih tekmovanj na FERi v Mariboru prvič izvedli državno tekmovanje **RoboCupJunior Slovenija** v razredu **reševanje**. Upamo, da bomo lahko v prihodnosti organizirali tudi tekmovanje v razredih nogomet in ples.

Tekmovanje **RoboCupJunior** v razredu **reševanje** poteka na prizorišču nesreče (areni). Naloga robota je reševanje žrtve. Prizorišče nesreče (arena) je dvonadstropno in ga tvo-



Robot med premagovanjem ovire, ki jo mora prevoziti

ri pet sob. Pravila tekmovanja **RoboCupJunior** v razredu **reševanje** se vsako leto malo spremenijo in na novo določijo konec decembra za prihodnje leto. Pravila tekmovanja za leto 2010 so na spletnem naslovu http://www.robocup2010.org/competition_League.php?c=4&l=10&t=rules.

V letu 2010 je pot, po kateri mora peljati robot na prizorišču nesreče, označena s črno črto na beli podlagi. Med vožnjo na prizorišču nesreče mora robot uspešno premagati občasne prekinitve črte, nizke ovire, ki jih mora prevoziti, in visoke, težke ovire (npr. opeka), ki jih mora zaobiti. Da pripelje v drugo nadstropje, mora uspešno prevoziti naklon, v drugem nadstropju prizorišča pa mora žrtev rešiti na evakuacijsko točko. V letu 2010 je žrtev ena sama, predstavlja jo pločevinka za pijače, ovita s kovinsko srebrnim samolepilnim trakom in teška 150 g. Evakuacijska točka je za osnovnošolske ekipe označena s črnim trikotnikom v enem od vogalov drugega nadstropja prizorišča nesreče. Za srednje šole pa je evakuacijska točka na črni trikotni ploskvi, ki je od nivoja vožnje robota v drugem nadstropju dvignjena za 6 cm. Vsak robot ima za izvedbo naloge na voljo 8 minut. Vožnja robota mora biti povsem avtonomna. Tudi gradnja robota in program za robota morata biti izvirna in delo ekipe. Premagane ovire se točkujejo. Za uspešno premagane ovire dobi ekipa pozitivne točke, za ponovitve premagovanja ovir pa dobi kazenske – negativne točke. Sestavni del tekmovanja je intervju (predstavitev), ki

ga mora opraviti vsaka ekipa in vsak njen član pred komisijo. Namen intervjuja je preverjanje, da je ekipa sama zgradila robota in napisala program zanj in da so vsi člani ekipe prispevali h gradnji in programiranju robota. Na tekmovanju samem morajo ekipe

RoboCupJunior delovati samostojno, zato mentorjem ekip vstop v prostor, namenjen za ekipe, ni dovoljen. Na svetovnih tekmovanjih se ekipe predstavijo obiskovalcem tudi s posterji.

Tekmovanja **RoboCupJunior Slovenija 2010** v razredu **reševanje** so je udeležilo 9 osnovnih šol in 8 srednjih šol iz raznih krajev Slovenije.

Na tekmovanju so žrtve najuspešnejše reševale naslednje osnovnošolske ekipe:

1. mesto ekipa OŠ narodnega heroja Rajka Hrastnik (Aljaž Klenovšek, Amon Stopinšek, Jernej Zdovc),
2. mesto ekipa OŠ Miška Kranjca, Ljubljana (Žiga Trontelj, Anže Založnik, Miha Zahradnik),
3. mesto ekipa OŠ Šoštanj (Luka Bolha, Klemen Veternik).



Ekipa ŠC Ptuj, ki nas je zastopala na tekmovanju RoboCupJunior Singapur 2010 od 19. do 25. junija

Med srednješolskimi ekipami so bile v reševanju žrtev najuspešnejše ekipe:

1. mesto ekipa Srednje poklicne in tehniške šole Trbovlje –1 (Robi Juvan),
2. mesto ekipa Srednje elektro-računalniške šole TG –1, Maribor (Bojan Potočnik, Jure Domanjko, Tadej Tofant),
2. mesto ekipa II. Gimnazije, Maribor (Jakob Šafarič, Simon Podbrežnik),
3. mesto ekipa Srednja šola Ravne na Koroškem (Rok Nemec, Aljaž Razpotnik, Jan Jernej).

Vsi rezultati tekmovanja so objavljeni na spletni strani tekmovanja **ROBO-bum**: <http://www.robobum.uni-mb.si>.

Del nagrad za tekmovalce tekmovanja **RoboCupJunior** je prispevalo podjetje Roboti c. s. iz Maribora, za kar se jim najlepše zahvaljujemo.

Svetovno robotsko tekmovanje RoboCupJunior Singapur 2010

Svetovno robotsko tekmovanje **RoboCupJunior** je bilo letos v Singapurju. Kljub veliki oddaljenosti od naše države je Slovenijo na svetovnem robotskem tekmovanju **RoboCupJunior** v razredu **reševanje A** zastopala srednješolska ekipa **Proteam** iz ŠC Ptuj. Ekipo so sestavljali **Gregor Krušič** in **Aleš Stojak** ter mentorica **Nina Jeza**, ki ju je spremljala v Singapur. Ekipa ŠC Ptuj je bila izbrana za pot v Singapur na osnovi lanskoletnih odličnih rezultatov, ki sta jih oba člana ekipe dosegala na državnih robotskih tekmovanjih **RoboT 2009** in **RoboLiga 2009** kakor tudi na drugih tekmovanjih. V začetku marca se je ekipa ŠC Ptuj predstavila na FERI.

Z zadovoljstvom lahko poročamo, da je slovenska ekipa **Proteam** v konkurenci 54 srednješolskih ekip iz celega sveta prejela posebno nagrado »za izvirno zgradbo robota« **Best Presentation**.

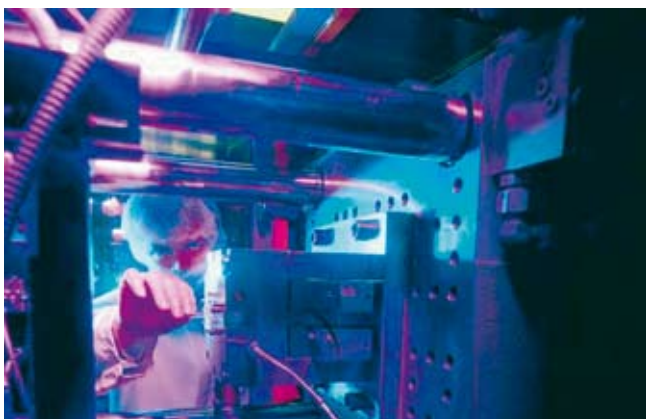
Doc. dr. Suzana Uran, FERI Maribor
Mag. Janez Pogorelc, FERI Maribor
Foto: Jože Korelič, FERI Maribor

Sodelovanje gospodarske in znanstvenorazvojnne sfere iz dneva v dan močnejše

Kljub vročim poletnim dnevom in času dopustov Odbor za znanost in tehnologijo pri OZS intenzivno deluje na področju sodelovanja OZS z znanstveno-raziskovalnimi inštituti in specializiranimi laboratoriji v korist slovenskih obrtnikov in podjetnikov.

14. in 15. julija se je predsednik Odbora za znanost in tehnologijo pri OZS Janez Škrlec srečal s predstavniki Instituta Jožef Stefan in Kemijskega inštituta v Ljubljani.

Janez Škrlec se je sestel z vodjo oddelka za fiziko trdne snovi F-5 prof. dr. Igorjem Muševičem, z vodjo oddelka elektronska keramika K-5 prof. dr. Marijo Kosec, z vodjo oddelka za biokemijo ter molekularno in strukturno biologijo prof. dr. Borisom Turkom, z vodjo oddelka kompleksne snovi F7 prof. dr. Draganom Mihailovićem iz Instituta Jožef Stefan in z vodjo laboratorija L12 za biologijo na Kemij-



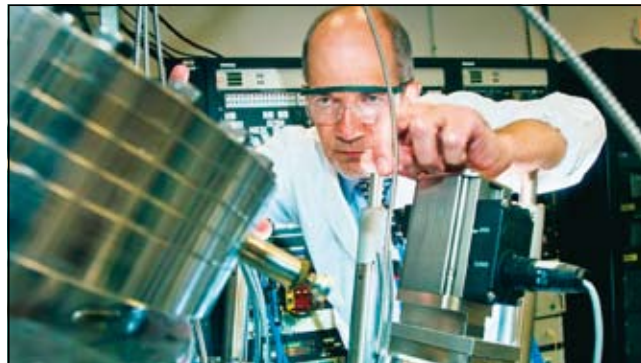
Proizvodni proces nanoelektronskih naprav

skem inštitutu v Ljubljani prof. dr. Romanom Jeralom.

Vsi omenjeni so se strinjali, da je okrepitev sodelovanja organizacij na različnih področjih nujno potrebna, zato si bodo v bodoče prizadevali predvsem za:

- organizacijo čim večjega števila skupnih strokovnih dogodkov,
- hiter in učinkovit prenos znanja in novih tehnologij v mikro- in mala podjetja,
- ažurno medsebojno obveščanje in iskanje možnosti sodelovanja na različnih področjih.

Delovni sestanki in strokovna srečanja mednarodno priznanih znanstvenikov in strokovnjakov Instituta Jožef Stefan ter ostalih razvojnoraziskovalnih inštitutov in specializiranih laboratorijev s **predstavniki OZS** se bodo nadaljevali tudi v bodoče. Odbor za znanost in tehnologijo pri OZS si namreč prizadeva za čim širšo uporabo tovrstnega znanja v obrti in podjetništvu, predvsem na pod-



Proizvodnja specialnih nanotehnoloških izdelkov

ročju izdelave in razvoja lastnih izdelkov z visoko dodano vrednostjo. Odbor je prepričan, da bi bili takšni izdelki tržno še bolj zanimivi za celoten evropski trg. Obrtnikom in podjetnikom bo OZS oziroma Odbor za znanost in tehnologijo v sklopu strokovnih dogodkov, kot so npr. tehnološki in nanotehnološki dnevi, predstavil pomembnejše slovenske tehnološke dosežke s področja znanosti kot tudi delo centrov odličnosti (CO), njihovo organiziranost ter poslanstvo.

Janez Škrlec, inž.
Obrtno podjetniška zbornica Slovenije
Foto: www.nanoforum.org/

Kako ustvarjati sinergijo med obrtniško oziroma podjetniško in akademsko znanstveno sfero, bo Odbor za znanost in tehnologijo pri OZS predstavil v sklopu Mednarodnega obrtnega sejma 2010 v okviru projekta INO – 10, EnergyHub. Več informacij o dogodku na spodnji povezavi.
<http://www.nanoforum.org/>

Visoke delovne norme? Nova generacija jih preseže z levo roko. In z desno tudi.



DVOROČNI ROBOT SDA10

število osi: 15
max. polmer dosega: R=970 mm
nosilnost: 10 kg
ponovljiva natančnost: ± 0.1 mm
teža: 220 kg
delovna temperatura: 0 do 45 °C
vlažnost: 20 do 80 % (ne kondenzirana)
priključna moč: 4,2kVA

Dvoročni robot SDA10 je predstavnik nove generacije humanoidnih robotov in hkrati edini dvoročni robot na svetu. Veliko število premičnih osi (sedem na vsaki roki in ena v trupu) mu omogoča izjemno fleksibilnost in spretnost.

Zaradi optimiziranih dimenzij, (ozka širina ramen) pa je še posebej primeren za delovna mesta, kjer je prostor omejen, operacije pa težko dostopne.

Dvoročni robot SDA10 lahko deluje samostojno ali v ekipi z zaposlenimi. Obvladuje široko paleto aplikacij - od strege strojev, sestavljanja, transporta bremen... Odlikuje se tudi v hitrosti, saj delovne operacije opravi v le 2/3 običajnega deavnega časa!*

Ne glede na to, v kateri panogi delujete, vam bo avtomatizacija v vsakem primeru zagotovila prihranek časa in sredstev.

Izboljšajte produktivnost vašega podjetja!
Naredite več, bolje in v krajšem času!

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

Za več informacij obiščite spletno stran www.motoman.si ali nas pokličite na številko **01 8372 410.**

 **MOTOMAN**
A YASKAWA COMPANY

*Trditev se nanaša na primerjavo z običajnim delovnim časom, potrebnim za opravljanje specifičnih delovnih operacij po Yaskawinih modelih in vzorcih.

Audax pridobil evropski certifikat za medicinsko programsko opremo

Audax, d. o. o., je za programsko opremo iz družine *Ax.Pro* za medicino prejel certifikat *Euro-Rec Seal level 2*. Tako je družba Audax postala prva programska hiša v Evropi, ki si je pridobila najvišji, to je drugi nivo, certifikat o skladnosti s 50 kriteriji s področja kvalitetnega elektronskega zapisa.

Komisija evropskega inštituta EuroRec (*European Institute for Health Records*) je na osnovi presoje, testiranja in ocene programske opreme za medicino, ki jo razvija Audax, d. o. o., podelila računalniški programski opremi iz družine *Ax.Pro* (*Vrhuški DENT, Ax. Patronaža in Ax. Fizioterapija*) certifikat EuroRec Quality Seal Level 2.

Certifikat EuroRec Seal Level 2 zagotavlja, da programska oprema iz družine *Ax.Pro* izpolnjuje in obsega vse kriterije in funkcije, ki jih za sisteme za vodenje elektronskih zdravstvenih zapisov določa inštitut EuroRec.

Inštitut EuroRec skrbi in se zavzema za razvoj kakovostnega elektronskega zdravstvenega zapisa na območju evropskega in širšega (svetovnega) prostora. Odgovoren je za uvajanje

enotnih evropskih in svetovnih standardov ter kriterijev v elektronski zdravstveni zapis, izvaja certificiranje in ocenjevanje ustreznosti programske opreme glede na veljavne standarde in kriterije, ki jih mora izpolnjevati elektronski zdravstveni zapis.



Certificiranje v Tallinu

Podjetje Audax se od nastanka leta 1994 ukvarja s tehnično in medicinsko informatiko. V okviru medicinske informatike razvija aplikacije za elektronski zdravstveni zapis, transport radiološkega slikovnega materiala,

diagnostične kefalometrične aplikacije ter pomožne aplikacije za upravljanje z resursi v zdravstvu ter komunikacijo s pacienti.

www.tp-lj.si

O podjetju Audax

Podjetje Audax, pridružen član Tehnološkega parka Ljubljana, se ukvarja z računalniškim in industrijskim inženiringom vse od svoje ustanovitve leta 1994. Dejavnost podjetja se deli na uvajanje programske opreme za razvoj izdelkov v slovenska proizvodna podjetja in na razvoj in podporo programske opreme za medicino.

Podjetje nudi stranki po nakupu programske opreme vse potrebne storitve za nemoteno in kvalitetno uporabo orodij: široko paleto različnih šolanj, tehnično podporo, pomoč pri uvajanju programske opreme, izvajanje zahtevnih projektov, ...



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

Raziskava kot investicija za prihodnost – boljši obeti za FT v letu 2010

V tehnoloških podjetjih prav gotovo spadajo med najpomembnejše strateške naloge poleg konkurenčnosti in inovativnih rešitev tudineprestan napor za dvig strokovnosti inženirjev in drugih tehniških sodelavcev. Tako med drugimi poudarja tudi predsednik Strokovnega združenja za fluidno tehniko pri Nemškem združenju strojne industrije

VDMA Christian Kienzle. V Nemčiji je tako strojništvo v zadnjih 25 letih svoje inženirske kapacitete podvojilo na 150.000 (stanje leta 2007). Tudi v časih gospodarske krize so podjetja storila vse, da strokovne potenciale zadržijo na doseženi ravni, čeprav se je proizvodnja zmanjšala za 44 % pri hidravliki in za 33 % pri pnevmatiki. Skupni promet

na področjih fluidne tehnike je tako v letu 2009 znašal 3,9 milijard evrov. Že v letu 2010 pa se v branži obeta približno 7-odstotna rast. Naročila so že na ravni leta 2005. Ob tem za celotno strojno industrijo pričakujejo samo črno ničlo.

*Po Fluidu 43(2010)5, str. 9
Pripravil: A. S.*

FLUIDNA TEHNIKA - AVTOMATIZACIJA - INDUSTRIJSKA OPREMA

Hypex

INDUSTRIJSKA PNEVMATIKA



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

MERILNA TEHNIKA IN SENZORIKA



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

PROCESNA TEHNIKA



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

LINEARNA TEHNIKA



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

PROFILNA TEHNIKA IN STROJEGRADNJA



konstrukcijski alu profili, delovna oprema, ogrodja strojev

STORITVE



konstrukcija in obdelave na klasičnih in CNC strojih

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

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

Merimo
za prihodnost
We Measure the Future

www.lotric.si

LABORATORIJ
ZA
LOTRIC[®]
MERO SLOVJE

OVERITVE

KALIBRACIJE

KONTROLE

PRODAJA

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

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

DOBRA VAGA V NEBESA POMAGA

Odbor za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije organizira v petek, 17. septembra 2010, svoj že **6. nanotehnoški dan**. Dogodek bo za vse povabljeni brezplačen. Možnost prijave je na spletnem portalu na naslovu: <http://www.elektroniki.si/> ali na e-pošti: janez.skrlec@siol.net. Nanotehnoški dan bo organiziran na Gospodarskem razstavišču v



Ljubljani. Strokovne teme bodo zajemale nanotehnologijo v medicini, kozmetiki, hrani, elektroniki in na drugih področjih. Strokovne teme bodo predstavili vrhunski mednarodno priznani strokovnjaki iz Instituta Jožef Stefan, Kemijskega inštituta v Ljubljani, Nacionalnega inštituta za biologijo v Ljubljani in drugih ustanov.



Okolju prijazne ekološke nalepke za označevanje v industriji

Številne organizacije so si v zadnjih nekaj letih kot pomemben cilj zadale zmanjšati vpliv svojega delovanja na okolje. Zebra, svetovno priznani dobavitelj opreme za označevanje s črtno kodo in RFID, tovrstne iniciative odkrito podpira in s tem namenom predstavlja ekonalepke, izdelane iz surovine z eno tretjino recikliranega papirja. Poleg tega so Zebrine nalepke in zapestni trakovi 100-odstotno razgradljivi. Izdelavo okolju prijaznih nalepk potrjuje certifikat mednarodne neprofitabilne organizacije za zaščito gozdov FSC (Forest Stewardship Council).



Okolju prijazne nalepke

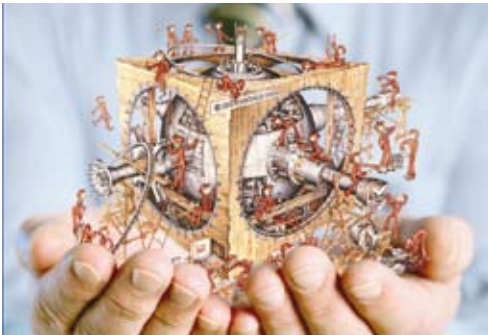
Primer takšnih okolju prijaznih nalepk, ki jih v Sloveniji dobavlja LEOSS, d. o. o., so:

- nalepke Zebra 8000T PCW30 – z reciklaži prijaznim lepilom
- in nalepke Zebra 8000T PCW30 High Tack – z močnejšim lepilom.

Za čistejše okolje uporabimo Zebrine ekološke nalepke! Te so izdelane iz obnovljivih virov (recikliranega papirja), tudi nosilni papir ne vsebuje nevarnih kemikalij, kar pomeni, da

njegova izdelava zahteva manj porabljene energije. Ob tem velja omeniti, da so okolju prijazni tudi Zebrini tiskalni trakovi, ki povsem ustrezajo evropski direktivi REACH (uredba EU o registraciji, evalvaciji, avtorizaciji in omejevanju kemikalij).

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



VABILO K SODELOVANJU NA JUBILEJNEM, 20. TEHNIŠKEM POSVETOVANJU VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

Spoštovani sponzorji, razstavljalci, predavatelji, udeleženci in poslovni partnerji!

V Društvu vzdrževalcev Slovenije že potekajo priprave na jubilejno, 20. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije na Rogli, ki bo v četrtek in petek, **14. in 15. oktobra 2010**.

Dvodnevno posvetovanje bo letos potekalo v slavnostnem vzdušju, saj praznujemo 20. obletnico organiziranja posveta. Začelo se bo v četrtek, 14. oktobra 2010 ob 10. uri z otvoritvijo, na kateri pričakujemo visoke goste iz Slovenije in tujine. V okviru otvoritvene slovesnosti bomo podelili nagrade zmagovalcem Natečaja za najboljša diplomska dela, predstavili pa se bodo tudi glavni sponzorji srečanja. Udeležence bomo potem povabili k ogledu razstavnih mest ter k obisku zanimivih strokovnih predavanj s področja vzdrževalne dejavnosti. Prvi dan posvetovanja bomo zaključili s slovesno večerjo, kjer bomo razglasili zmagovalce celoletnega Natečaja za najboljšo idejo s področja vzdrževanja, nato pa nadaljevali s prijetnim druženjem ob večerji in glasbi, med katerim pripravljamo tudi nekaj prijetnih presenečenj. Drugi dan se bo nadaljevalo dogajanje na razstavišču, v predavalnicah pa se bodo zvrstile predstavitve nagrajenih diplomskih del ter okrogla miza z naslovom **Management v vzdrževanju**, kar je tudi vodilna tema letošnjega posvetovanja.

20. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije

Rogla,
14. in 15. oktober 2010

Možnosti sodelovanja na 20. Tehniškem posvetovanju vzdrževalcev Slovenije

RAZSTAVLJAVCI in SPONZORJI

K sodelovanju vabimo **razstavljalce** z različnih področij – od vzdrževalske opreme, orodij, strojev in naprav, pa tudi s področja storitev, vzdrževalskega outsourcinga, managementa in izobraževanja, ... Priporočamo, da razstavljalci, sponzorji in poslovni partnerji, ki želite sodelovati na razstavi vzdrževalske opreme in storitev, najkasneje do **1.9.2010** rezervirate razstavna mesta s pomočjo prijavnice, ki je objavljena na spletni strani www.drustvo-dvs.si in v reviji Vzdrževalec.

SODELOVANJE V CELOLETNEM NATEČAJU ZA NAJBOLJŠO IDEJO S PODROČJA VZDRŽEVANJA

Eden od ciljev delovanja Društva vzdrževalcev Slovenije je spodbujanje inovativne dejavnosti v vzdrževanju. Zato tudi letos razpisujemo **celoleten Natečaj za najboljšo idejo s področja vzdrževanja**. Pogoji in načini za sodelovanje na natečaju so objavljeni na www.drustvo-dvs.si ter v vsaki reviji Vzdrževalec. Najboljše ideje bomo na večerni slovesnosti 20. TPVS nagradili s plaketami, k sodelovanju pa smo pritegnili tudi nekaj podjetij-sponzorjev, ki bodo prispevali konkretne nagrade za zmagovalce natečaja.

PREDAVATELJI

Vodilna tema letošnjega jubilejnega, 20. Tehniškega posvetovanja, je **Management v vzdrževanju**. Prijazno vabimo vse zainteresirane avtorje, ki bi želeli predstaviti svoje poglede, izkušnje, razmišljanja in raziskovanja, povezana z managementom vzdrževanja, da se na naše vabilo odzovejo in nam pošljejo prijavo svojega prispevka najkasneje do **20.7.2010** preko spletne strani www.drustvo-dvs.si.

DIPLOMANTI

Tudi na 20. TPVS bo Društvo vzdrževalcev Slovenije izvedlo natečaj za izbor najboljših diplomskih del s področja vzdrževanja. Natečaj je odprt za diplomante rednih in izrednih načinov študija vseh slovenskih tehniško usmerjenih višješolskih, visokošolskih in univerzitetnih programov. Na izbor lahko diplomanti prijavijo diplomska dela, nastala v študijskih letih 2008/2009 in 2009/2010. Diplomante vabimo, da svoja diplomska dela do **20.7.2010** prijavijo preko spletne strani www.drustvo-dvs.si.

UDELEŽENCI

Tehniško posvetovanje je namenjeno vsem, ki se pri svojem delu neposredno ali posredno srečujete s področjem vzdrževanja. **Udeležence** vabimo, da svojo udeležbo prijavijo najkasneje do **30.9.2010** s pomočjo prijavnice na spletni strani www.drustvo-dvs.si. Rezervacije prenočišča so možne do **3.9.2010** preko e-pošte rogla-seminar@unitur.eu.

Za vse informacije smo vam na voljo!



DVS

DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

Stegne 21 c, 1000 Ljubljana Telefon: 01 5113 006 Faks: 01 5113 007 GSM: 041 387 432,

E-pošta: tajnik@drustvo-dvs.si in www.drustvo-dvs.si.

VABLJENI!

LOTRIČ, d. o. o., uspešno in prodorno podjetje na področju meroslovja, kalibracije in pregleda tlačnih posod

Podjetje LOTRIČ, d. o. o., iz Selc nad Škofjo Loko je relativno mlada in uspešna delovna organizacija na področju meroslovja, laboratorijske opreme, pregleda tlačne opreme in še na nekaterih drugih zahtevnih področjih, ki jih v smislu poslanstva pisane besede pokriva tudi revija Ventil. Podjetje zelo veliko vlaga v razvoj novih storitev, novih kadrov, novih produktov in v iskanje novih trgov. Vse to so razlogi, da smo v imenu bralcev revije Ventil prosili direktorja in lastnika podjetja g. Marka Lotriča za kratek intervju. Zastavili smo mu več vprašanj, na katera je prijazno odgovoril.



Poslovna stavba podjetja LOTRIČ

Ventil: Na kratko, prosim, predstavite vaše podjetje, njegovo zgodovino, dejavnost, število zaposlenih, vaše trge, kupce in podobno.

M. Lotrič: Podjetje LOTRIČ, d. o. o., je zasebno podjetje, ki deluje na področju meroslovja. Glavna dejavnost je tehnično preizkušanje in

analiziranje merilne in laboratorijske opreme. Z 19-letno tradicijo se v meroslovju uvrščamo med slovenske pionirje na tem področju. S svojim delom je bilo podjetje vedno kazalec razvoja meroslovnega sveta v Sloveniji.

Kot samostojni podjetnik sem pričel z obratovalnico v letu 1991. Takratni

pogoji za delo na področju meroslovja niso bili naklonjeni privatni sferi, ampak je to področje popolnoma regulirala država. V naslednjih letih si je podjetje prizadevalo za napredek in je skupaj z ureditvijo spremenjalo podobo meroslovja v Sloveniji. Poleg kalibracijskega laboratorija in kontrolnega organa deluje še na ostalih področjih, ki so povezana z meroslovjem. Tako je v letu 2009 z odločbo postalo organ za periodične preglede opreme pod tlakom. Svojim odjemalcem ponujamo še servis laboratorijske, farmacevtske in merilne opreme, prav tako pa na izbranih področjih ponujamo najrazličnejša merila in drugo laboratorijsko opremo. Imamo tudi lasten razvojnoraziskovalni oddelek in oddelek informacijsko-komunikacijske tehnologije, ki izdeluje programsko opremo, ki se uporablja pri pregledih.

V podjetju danes 33 zaposlenih razvija nove postopke in metode ter ustvarja dodano vrednost za nadaljnjo rast. Naše največje prednosti so stalno izobraževanje osebja, lasten

razvoj strojne in programske opreme ter vlaganja v prihodnost.

Nuditi močno meroslovno podporo in širiti dobro meroslovno prakso je poslanstvo vseh zaposlenih.

Zavedanje o pomembnosti usposabljanja lastnega kadra je prešlo v akademijo, ki lahko ponudi 6 različnih programov izobraževanj na temo

Vse, kar morate vedeti o dolžini, tehtanju, temperaturi in relativni vlagi, tlaku, pipetiranju ter sistemih vodenja kakovosti.

Izobraževanje lahko poteka na lokacijah odje-

malca ali v prostorih podjetja in obsega tako teoretični kot praktični del. Novost na tržišču predstavlja primerjava med uporabniki, kjer izvajalci izvedejo določene meritve, laboratorij pa se postavi v vlogo reference, s katero se nato primerjajo vsi rezultati.

Podjetje ima sedež v kraju Selca v Selški dolini. Leta 2004 se je podjetje vselilo v nove moderno zgrajene poslovne prostore. Ti so bili namensko zgrajeni in dobro služijo svojemu namenu. Zgradba ima 360 m² tlorisnih površin v dveh nadstropjih. Laboratorijski prostori so v začetni fazi merili 25 m² s predprostorom velikosti 20 m². Po širitvi ima laboratorij tri ločene prostore velikosti 25 m², 20 m² in 16 m². Vsi trije laboratoriji so strogo klimatizirani. Vse leto se vzdržuje temperatura 20 °C oziroma 21 °C z odstopanji od ±0,3 °C do ±0,7 °C. Podobno se regulira vlaga v območju 50 % rH z odstopanjem ±2 % rH. Podjetje ima tako v slovenskem prostoru najsodobnejši meroslovni laboratorij. Pogoji okolja so za meritve zelo pomembni, saj sta temperatura in vlaga ključna parametra pri izračunih prave vrednosti in merilne negotovosti. Ob zgradbi je možnost širitve prostorov, če bo to potrebno. Laboratorij



Akademija zajema trenutno šest različnih izobraževanj s strokovno tematiko v smislu »Vse, kar morate vedeti o - tehtanju, pipetiranju, dolžini in kotu, tlaku, temperaturi in relativni vlagi, ter sistemih vodenja kakovosti.«

za akustična merjenja, ki je del sistema LOTRIČ, d. o. o., se nahaja v sklopu drugega podjetja IMS, d. o. o.

Vodstvo podjetja sestavljamo direktor, namestnica direktorja in vodje posameznih oddelkov. Oddelke imenujemo timi, tako sta tima *Precizni* in *Tlakovci* tehnično in raziskovalno usmerjena, medtem ko tim *Kalkulatorčki* skrbi za marketinški oddelek. Kolegij se sestane vsaj enkrat mesečno, enkrat letno pa pregleda celotno poslovanje.

Ventil: Dejavnost vašega podjetja je povezana z meroslovjem. Verjetno imate laboratorij akreditiran in številne merilne postopke verifisirane od pooblaščenih institucije. Prosim, pojasnite, katere merilne postopke imate akreditirane in od katere institucije?

M. Lotrič: Podjetje je leta 1999 prejelo prvo akreditacijsko listino Slovenske akreditacije za kalibracijski laboratorij po predhodnem standardu današnjega SIST EN ISO/IEC 17025. Podobno je leta 2001 pridobilo akreditacijsko listino

za kontrolni organ po predhodnem standardu današnjega SIST EN ISO/IEC 17020.

Prvo odločbo o imenovanju s strani Ministrstva za šolstvo, znanost in tehnologijo za izvajanje overitev meril mase je podjetje prejelo leta 2002, odločbo o razširitvi imenovanja za izvajanje postopkov ugotavljanja skladnosti ter rednih in izrednih overitev meril pa v letih 2003, 2005, 2006 in 2008. Lotrič je bilo prvo zasebno podjetje v Sloveniji, ki je prejelo odločbo



Merilna steza TRAMES4000, ki omogoča kalibracijo in overitve tračnih in togih meril. Visokozmogljiva kamera služi za pozicioniranje, medtem ko s pomočjo optične merilne letve odčitamo posamezne razdalje med oznakami na merilu.

o imenovanju. Leta 2008 je Urad za meroslovje podjetju LOTRIČ, d.

o. o., izdal odločbo o imenovanju za izvajanje strokovno-tehničnih nalog v okviru postopkov ugotavljanja skladnosti ter rednih in izrednih overitev meril mase, meril za merjenje izpušnih plinov vozil, merilnikov tlaka v pnevmatikah in merilnikov krvnega tlaka, dolžinskih meril splošnega namena, strojev za merjenje dolžine žice in kabla ter naprav z valji za

preverjanje zaviralne sile vozil, ki nima časovne omejitve in velja tako dolgo, dokler so izpolnjeni vsi pogoji. Danes sta glavni dejavnosti podjetja tehnično preizkušanje in analiziranje procesov, meril in naprav na področju mase, sile, momenta, volumna, pH, tlaka, temperature, vlage, dolžine, kota ter naprav tehničnih pregledov v predelovalni industriji, inštitutih in zavodih ter pri tehničnih pregledih vozil, kjer se zahteva izpolnjevanje ustreznih domačih in tujih standardov. Nadalje podjetje deluje na varnostnem področju opreme pod tlakom, za vas pa opravlja servisne storitve na merilni tehniki in laboratorijski ter medicinski opremi priznanih tujih in domačih proizvajalcev. Pri uvajanju standardov kakovosti tesno sodelujemo z Ministrstvom za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, Uradom za meroslovje, Slovensko akreditacijo in tujimi priznanimi proizvajalci.

Ventil: *Mnogim podjetjem in tudi ljudem neka dodatna meritev zelo pogosto predstavlja le odvečen strošek in jo uporabijo le takrat, ko to od njih zahteva kupec. Ali imate stranke, ki si želijo vašo*



Organ za periodične preglede opreme pod tlakom je priglašen pri Ministrstvu za gospodarstvo in je novost v podjetju LOTRIČ

storitev samo iz svoje želje, da se prepričajo, da je njihov izdelek kakovosten?

M. Lotrič: Imeti točno in natančno merilo je želja vsakega uporabnika merila, saj je le tako prepričan, da opravlja svoje delo v skladu s pričakovanji. V veliki meri pomeni uporabnikom meril točnost tudi določen prihranek in ne strošek, saj



Kalibracija termometrov poteka v kalibracijskih kopelih, ki zagotovijo konstantno okolje v katerih se hkrati nahajata referenčni in vzorčni termometer

se pri izvedbi kalibracije pokaže dejansko stanje merila in tako lahko uporabnik te rezultate upošteva pri svojem nadaljnjem delu.

Kot primer lahko navedemo termometre. Veliko je medijev, ki morajo biti shranjeni na določeni temperaturi in imajo opredeljeno zgornjo in spodnjo mejo. Če pri preverjanju temperature uporabljajo termometer, ki ima zaradi napačnega rokovanja ali časovne nestabilnosti velik pogrešek, se lahko ta medij pokvari in strošek tega je

v primerjavi z izvedbo kalibracije zelo velik.

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

M. Lotrič: Nihče ni imun na posledice recesije v svetu, vendar je z inovativnimi pristopi in zaokrožitvijo ponudbe ta čas lažje prebroditi.

Pri nas je to najbolj vidno pri cenah storitev, ki so na veliko zadovoljstvo naših strank padle, mi pa poskušamo obdržati kakovost storitev.

Kakovost storitev želimo izboljšati s projektom avtomatizacije procesov, ki jo pripravljamo skupaj z Institutom Jožef Stefan in podjetjem IMS. Po končanem projektu bo avtomatizacija naših procesov izpiljena do te mere, da bomo za kalibracijo potrebovali manj časa, pridobljene podatke pa vnesli v sistem in jih kasneje preprosto obdelovali.

Nova programska oprema bo pripravljena do konca letošnjega leta in bo izboljšala in skrajšala čas pridobivanja in obdelovanja informacij.

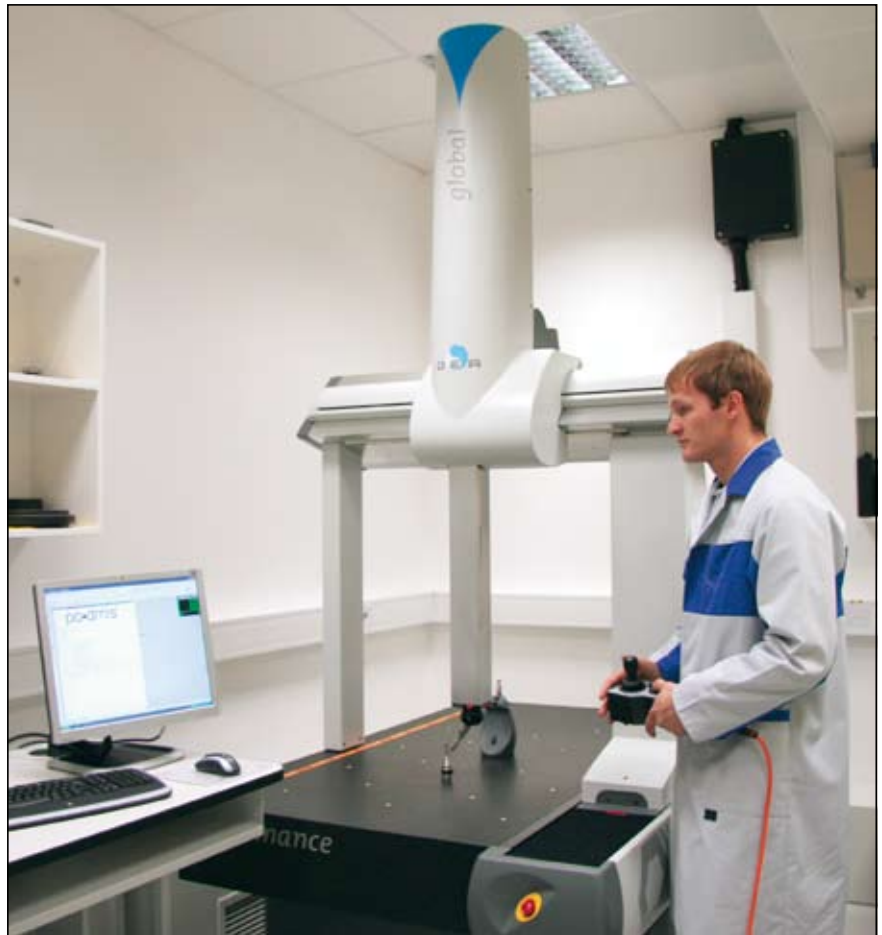
Trudimo se prodreti na tuje trge, ne nazadnje že naša vizija pravi, da želimo biti vodilni meroslovni laboratorij v Sloveniji in postati zanimivi za evropsko tržišče. Vsako leto na novo razvijamo določene metode, predvsem na tistih področjih, kjer zaznamo interes trga, s tem pokrijemo kakšno področje v smislu zaokrožitve ponudbe in pridobimo širši krog odjemalcev.

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

M. Lotrič: Naše podjetje se prijavlja na razpise in je pri pridobivanju evropskih sredstev precej uspešno. S pomočjo teh sredstev smo izpeljali že nekaj projektov, trenutno pa izvajamo dva večja projekta. Ta sredstva so za raziskave in razvoj v podjetju zelo pomembna, saj brez njih marsikaterega projekta ne bi mogli speljati, to pa bi pomenilo nazadovanje na področju razvoja.

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

M. Lotrič: Sami že precej sodelujemo z raziskovalnimi ustanovami, zelo dobro predvsem z Institutom Jožef Stefan in Inštitutom za kovinske materiale in tehnologije. Skupaj z njimi smo izpeljali že kar nekaj projektov. V sodelovanju z Institutom Jožef Stefan, odsekom za inteligentne sisteme, pa trenutno teče projekt v okviru razpisa Ministrstva za visoko, šolstvo, znanost in tehnologijo za spodbujanje razvojnoraziskovalnih projektov razvoja e-vsebin in e-storitev v letih 2009 in 2010.



Tri koordinatni merilni stroj v optimalno klimatiziranih pogojih je predpogoj za izvedbo točnih in natančnih meritev. Dobro poznavanje in izkušnje merilca pa so nujne za višje točnosti, ki jih po specifikacijah lahko zagotavlja tak merilni stroj.

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

M. Lotrič: Sami že izvajamo tako obliko sodelovanja. Da bi imeli dostop do virov znanja, sta trenutno v podjetju v okviru programa TIA izobraževanja mladih raziskovalcev (MR 08) zaposlena dva podiplomska študenta iz Kosova na mednarodni univerzi Instituta Jožef Stefan. Vpisana sta v program nanoznanosti in nanotehnologije. Povezava s centri znanja in mentorji je tisto, kar nam omogoča dostop do znanja in raziskav. To je naša dodana vrednost, saj nam omogoča razvoj v smeri še

neodkritih in neveljavljenih metod v meroslovju.

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

M. Lotrič: Podjetje je v zadnjih letih močno dvignilo splošno izobrazbeno strukturo. Ker specializiranega izobraževalnega programa ni bilo oziroma so ti zelo okrnjeni, je breme izobraževanja na podjetju samem. Tako v povprečju traja vsaj dve leti, da zaposleni polno prispeva k delovanju podjetja. Meroslovje je zelo specifično področje, kjer se zahtevajo specialna znanja, ki jih podjetje pridobiva predvsem v tujini pri priznanih proizvajalcih merilne opreme in ostalih institucijah. Za tehnično osebo je najboljša usmeritev strojne

ali elektrosmeri, marketinško gledano pa ekonomija. Trenutno zaposluje zelo različne strokovne usmeritve, prevladujoči pa sta že prej omenjeni tehnični smeri. Zaradi močnega oddelka IKT je tudi informatika dobro zastopana. Podjetje je vsa leta doslej zaposlovalo, tako tudi v letu 2009, ko smo število zaposlenih povečali za štiri. Mogoče v prihodnosti smer meroslovja dobi pravo veljavo in bo lažje pridobiti kader z že dobrim osnovnim znanjem, ki bo lažje sledil hitremu razvoju na tem področju.

Ventil: *Samo slovenski trg je za vsako uspešno podjetje premajhen. Kje so vaši trgi in kupci? Ali osvajate trge tudi v tujini?*

M. Lotrič: Glavno tržišče je še vedno Slovenija, je pa širitev na tuje trge ena izmed aktivnosti, s katero se zadnje leto ukvarjamo. V zadnjih mesecih smo se z lastnim razstavnim prostorom udeležili specializiranega sejma Control Germany v Stuttgartu, Control Italy v Parmi in Tehnika v Beogradu. Control velja za največji tovrsten

dogodek v svetovnem merilu in po informacijah osebja sejmišča smo bili kot razstavljalci sploh prvo slovensko podjetje na tem sejmu.

Pridobivanje odjemalcev poteka tudi preko naše nove spletne strani www.lotric.si, ki je trenutno na voljo v 7 različnih jezikih, saj smo prepričani, da s tem, ko odjemalcu ponudimo predstavitev v njegovem jeziku, naredimo velik korak k nadaljnjemu sodelovanju.

Tuje tržne poti izbiramo selektivno, tako za JZ Balkan uporabljamo predvsem svoje zastopnike. Izkoriščamo pomoč Obrtne in Gospodarske zbornice, Japtija in ostalih organizacij, ki skrbijo za pospeševanje slovenskega gospodarstva izven meja Slovenije.

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

M. Lotrič: V našem podjetju imamo raziskovalnorazvojno skupino, prijavljeno na ARRS. Vsak zaposleni lahko predlaga izboljšanje poslovanja ali nov način delovanja. Predlogi se mesečno pregledajo in na ta način se porodi marsikatera ideja za inovacijo ali izboljšavo.

Na leto se jih rodi kar nekaj, ki jih tudi prijavljamo na razpise, kot je Slovenski forum inovacij ter Naj inovacija Gorenjske. V zadnjih dveh letih smo tako prijavili 6 inovacij in prejeli kar nekaj priznanj. Inovacije so usmerjene predvsem v realizacijo našega dela, vse bolj pa se nagibamo k tržno usmerjenim inovacijam. Tako bomo v kratkem trgu ponudili prve merilne sisteme, ki jih je trenutno težko ali nemogoče dobiti na svetovnem tržišču.

Ventil: *Direktorju podjetja LOTRIČ, d. o. o., se za odgovore iskreno zahvaljujemo. Njemu in vsem zaposlenim pa želimo še veliko poslovnih uspehov.*

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

IFAM
international trade fair of
automation & mechatronic

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

26.-28.01.2011 www.ifam.si



NAJVEČJI SEJEM IN POSLOVNA
PRIREDITEV V TEM DELU EVROPE
SEJEM VSEH SEJMOV

MEDNARODNI OBRTNI SEJEM

43. MOS

CELJE, CELJSKI SEJEM
8.-15. SEPTEMBER 2010

DOBRE POSLOVNE VIBRACIJE

ZA NAJBOLJ PODJETNE OBRTNIKE IN PODJETNIKE

SEJEM ZA NOVE POSLE IN UGODNE NAKUPE



KRMILJENO

HIDRAVLICNO

PREMIKANJE



Dviganje težkih bremen na mostni konstrukciji železniške proge za visoke hitrosti v Španiji z ENERPAC-ovim dviznim sistemom.

Enerpac je specialist na področju **visokotlačne hidravlike** in konstrukcije hidravličnih sistemov za krmiljeno in nadzorovano premikanje posebno velikih in težkih objektov. V sodelovanju z našimi inženirji razvijamo napredne koncepte in **tehnike za krmiljenje gibanja** težkih bremen.

KOMPLETNE REŠITVE HIDRAVLICNIH SISTEMOV

ENERPAC GmbH
Postfach 300113
D-40401 Düsseldorf, Deutschland
Tel.: +49 211 471 490
Fax: +49 211 471 49 28

HIDRAVLIKA d.o.o.
Medlog 16, 3000 Celje, Slovenija
Tel. +386 (0)3 5453610 Fax. +386 (0)3 5453560
www.hidravlika.si
hidravlika@t-2.net

ENERPAC 

www.enerpac.com
info@enerpac.com

Pneumatronics for Handling of Books

Enrico RAVINA

Abstract: Usually, the term “library automation” involves all the electronic and informatics aspects of archiving, cataloguing and information retrieval of books and library documents. But the management of modern libraries require also to solve problems related to “mechanical automation”, that is the physical handling of books within archive areas. Robotic technologies offer today excellent solutions, applied in fully automated libraries. The paper attempts to give a contribution to the handling of books in existing and conventional libraries and archives, applying low-cost devices. The main results of an original research oriented to solve the problems of automatic handling of books and paper material by means a pneumatronic approach is focused and discussed.

Keywords: Pneumatics, Mechatronics, Automation, Libraries

■ 1 Introduction

The modern management of libraries and archives involve not only informatics aspects, but also location problems of books and of collections of magazines and journals and their efficient handling. Under the term “library automation” is usually included all the computerized procedures designed and developed to automate specific tasks within a library: circulation, cataloguing and acquisitions. Today a catalogue of library’s collection is usually organized on computerized cards associated to each book and with sorting procedures by title, author and subject. A call number denotes the item’s location, e.g. following the Dewey decimal system. An overall approach of library automation must develop both computerized and mechanical aspects of automation. Computerized automation manages the catalogue automation, with check-in and checkout of books,

generation of reports and borrowing, indexing of journal articles and trekking interlibrary loans. Mechanical automation concerns the handling of paper documents, with physical manipulation of books from deposits to user areas and their correct repositioning after the reference. These tasks are today solved, from one side, still manually and, from another side, applying sophisticated and expensive automatic systems. An alternative approach suitable for existing structures could be based on low-cost pneumatronic solutions.

The state-of-art in this field shows different interesting solutions and proposals [1]: new modern libraries all adopt RFID/AMH (Radio Frequency Identification / Automated Materials Handling) equipments as parts of “new building” designs. These robotized equipments can easily sort and stack up to 2000 books per hour. Significant solutions have been realized, for instance, at the Seattle Public Library and at the University of British Columbia in Canada, or at the Chicago State University in U.S.A. But the application of these very flexible equipments is possible

in new libraries or archives, where all the structures (deposits, shelves,..) are designed and integrated with the automatic handling system. Humanoid librarian robots are also proposed for book manipulation and theoretical and experimental analyses [2], [3], [4] and [5] have been developed, investigating also on the vision-tactile-force integration of the robot [6]. But within a lot of existing Italian and foreign libraries and archives approaches oriented to solving mechanical automation problems aren’t often considered. Reasons related to logistics, to shelves layout, to spaces for deposits and to available funds, often force to prefer manual operations to mechanical devices. Nevertheless, automatic techniques can give significant advantages: decreasing of waiting time for users, service improvement and reduction of errors and inefficiencies. Today a wide number of modern libraries adopt an “open structure” layout (*Figure 1, a and b*): books are directly available within reference rooms and can be brought by the users. But they don’t mind of their reposition after the reference. This operation is usually forbidden to the user, in order to avoid location er-

Prof. Enrico Ravina, Department of Mechanics and Machine Design, University of Genoa, Italy



a)



b)

Figure 1. Free handling of books in an open library (source: Library of Economy, University of Genoa, Italy)

rors: staff employees take care of the reposition of books and periodically check their correct placement.

Usually all the book material cannot be contained in library open spaces and periodically a repositioning in remote archives is strictly necessary. For this reason all the libraries have available ware houses in remote locations and use own staff employees to manually move books from

book into remote deposits: typical layouts of many existing and conventional structures are shown in Figure 3 (a and b). Also in these cases staff employees manually manage all the handling phases regarding books.

Storage procedures require the engaging of personnel in repetitive and low rewarding jobs. In addition, the manual handling usually causes a high rate of damage on the book covers.



a)

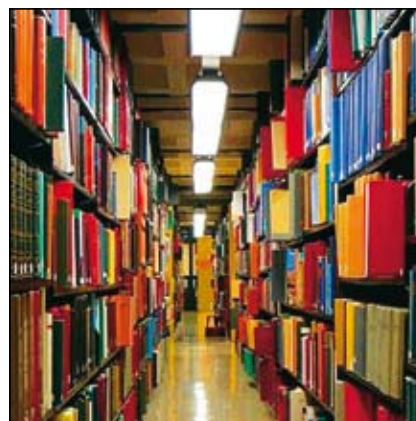


b)

Figure 2. Manual service within a library

archives to open user areas and vice versa (Figure 2, a and b). The procedure is started by the request of the user: the books are usually identified through an informatics sequence of information retrieval. Identification codes allow the research within the shelves. If the book is available in the library's open space the user searches by him the book within the shelves and brings it directly. Then the user can refer the book into the user areas, where specific space facilities are made available (Figure 1). At the end of the reference phase the user leaves the book to the library personnel, taking care of its repositioning. Into wide libraries and archives or when the requested book is not available within local shelves in open libraries, it is necessary to search the

Starting from these considerations the design of mechatronic procedures able to support the handling of paper material with particular reference to existing libraries has been considered



a)

and studied. A low-cost approach is followed, focusing the attention on the problems of automatic pick-up and repositioning of books.

■ 2 Steps for automatic handling

Taking into account the large variety of methods of classification and archiving, some fundamental steps for automatic handling must be considered:

- book identification;
- automatic relationship between book and its location;
- positioning of the handling system in front of the shelf;
- pick-up of the book from the shelf;
- motion towards a transfer unit (e.g. a belt conveyor, connecting the archive to the user area);
- book release;
- book repositioning, from the transfer unit into the shelf.

In order to automatically generate these steps typical parameters identifying books must be considered:

- format: A4, Executive, Legal, 4°, 8°, 16°,...;
- back shape: flat, rounded,...;
- cover material: paperbound, plastics, canvas,...;
- cover structure: rigid, semi-rigid, flexible,...

Table 1 synthesizes some formats for standard books.

The serviceable surface for the pick-up of a book located into a conventional shelf is the back. In fact, during the handling phase, the presence of



b)

Figure 3. Examples of archives

Table 1. Book sizes

Format	Folds	Pages	Size [mm]
<i>in plano, atlante</i>	–	2	over 500
<i>in folio</i>	1	4	over 380
4°	2	8	280–380
8°	4	16	210–270
16°	8	32	150–200

adjacent books doesn't allow to bring the book from other sides. In addition, starting from a proper layout (Figure 4a), the picking-up of a book causes displacements of the other ones on tilted positions (Figure 4 b).



a)
Figure 4. Relative position of books

The manual handling of books involves specific actions and improper removal actions can generate fatal damages (Figure 5). This aspect is particularly critical in presence of ancient books.



a)
Figure 5. Improper removal of a book

Then proper and improper shelving must be considered: the favorable condition of proper shelving is shown in Figure 6. All the books are correctly aligned, each book having different sizes. The distance from two rows is variable and, in order to optimize the archive volume, it can be defined assuming the tallest book as reference. Consequently the suitable surface for handling is the back and the back ge-

ometry plays a fundamental role in the pick-up phase.

■ 3 Gripping analysis

The gripping technique must be care-



b)

fully evaluated in existing libraries, having the cited limits of logistics and internal layout. In addition, particular problems are related to old and ancient books requiring gripping solution able to guarantee their integrity.



b)

The least invasive pick-up technique for handing books is the pneumatics, involving suction cups. Experiences of depression pneumatic systems involving suction cups for different tasks are studied by various authors [7], [8] and [9].

To assure the contact between suction cups and a standard surface is relatively simple: more difficult is the

correct contact between a suction cup and the back of a book, because its shape is irregular and the cup operates orthogonal to the back. The book is totally over hanged and its weight generates a torque tending to disconnect the cup. An array of cups must be used and the fundamental problem is related to the optimization of the suction cups unit. Three aspects have been focused and studied:

- forces inducing relative motion between cup and surface (loss of grip condition);
- measurement of the cup strain;
- cup slipping on the surface, without physical separation.

Hypotheses assumed for the preliminary design of the pneumatic grip arm are:

- max. depth of the shelf: 300 mm;
- max. book size: A4 (210 x 297 mm);
- max. book mass: 5 kg;
- max. book thickness: 35 mm.

About the commercial shelves, their size is variable: typical dimensions of preassembled modules are 2 x 0.6 m, 1 x 2 m, 2 x 1 m. In order to test the proposed prototype on shelf modular combinations a robot having a front work area of 3 x 2.4 m has been realized. The easiest method of automation is based on the emulation of the correct manual handling sequence. During a manual pick-up operation phase:

- the hand approaches the book and one finger is used to tilt the book;
- the other fingers grip the book;
- the book is drawn and the manipulation begins.

During a repositioning phase:

- the tilted book approaches the shelf;
- the lower corner is the first to be repositioned;
- the book is rotated and pushed into the shelf.

A preliminary prototype involving an array of ten circular cups, with an additional actuator able to tilt the array, has been conceived and realized (Figure 7). The unit is designed in such a way five cups (10 mm of diameter) are able to manipulate the book: Figure 8 shows the unit assembled on the pneu-



Figure 6. Typical sequence of books into a shelf



Figure 7. Preliminary array of suction cups

matic robot. Improvements have been achieved using eight elliptical cups.

■ 4 Pneumatic gripping optimisation

The gripping unit has been submit-



Figure 8. Unit assembled on the pneumatic robot

ted to heavy experimental tests, oriented to evaluate its real behavior. In particular, different kind of covers has been analyzed, investigating on the pneumatic forces generated in the contact between surface and cup. Typical slipping phenomena between cup and surface [11], [12], are considered and submitted to test. Figure 9 reports results of experiments oriented to evaluate the detaching force vs. different test surfaces, with applied force parallel to the surface (respectively for single circular and elliptical suction cup).

Figure 10 collects similar result with applied force orthogonal to the test surface. These results have been deduced operating at two depression levels: maximum (p_v max), reached supplying the ejectors to 6 bars, and -0.6 bars, reached at 4 bars.

As shown in Figure 10 the performances of the cup array are optimised using eight elliptical suction cups instead ten circular cups. Four cups are able to carry out the book and two separate vacuum supplies (one for four cups) are used: the axial force increases from 8.5 to 21 N. Losses of contact between cup and book are detected by vacuum sensors and the line suction for each

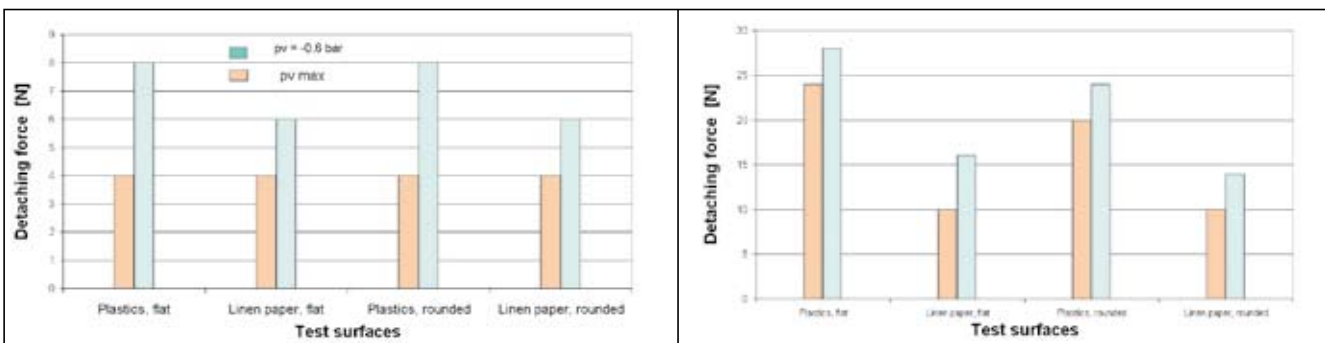


Figure 9. Detaching force: action parallel to the surface

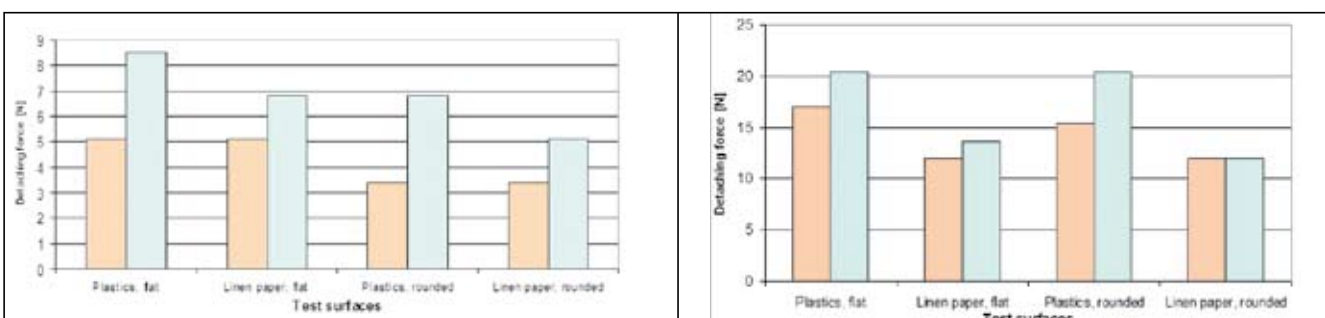


Figure 10. Detaching force: action orthogonal to the surface

cup is locked if a loss of contact occurs. Micro-fluidic problems have been focused and solved.

The array is actuated by a couple of pneumatic cylinders, able to move the book forwards and backwards; an additional actuator tilts the array at the beginning of the pick-up phase and during the repositioning.

■ 5 Handling robot

The gripping unit is the end effector of a large size pneumatic Cartesian bi-dimensional robot, been designed and realized in such a way to be easily positioned in front of a shelf: *Figure 11* shows two pictures of this unit.

The prototype essentially consists on a low-cost automatic unit able to be installed in front of existing shelves: but starting from this solution the mechatronic design can be developed integrating the mechanism into the shelf structure.

The proposed bi-dimensional system involves three rod less pneumatic axes: two vertical axes, embedded on precision mechanical guides, are simultaneously moved: a transversal axle carries on the pneumatic end effector. As previously cited, the front working area of the robot is 3 x 2.4 m, compatible with standard geometries of commercial shelves.

The unit is pneumatically driven by a group of on-off spool valves controlled by a modular PLC. Each axle is equipped with a low-cost position optical transducer; their signals are used to switch the valves. PC manages the overall motion procedure. The user digts the data of the book of interest: an internal database correlates the book to its location into the shelf. The corresponding coordinates are used as input to the automatic sequence of motion.

After the gripping phase and before the repositioning phase, the previously described arm must be moved on planes parallel to the front of the shelf. This motion depends on the location of the book: in fact, at the beginning of the automatic manipulation, the gripping arm must be cor-

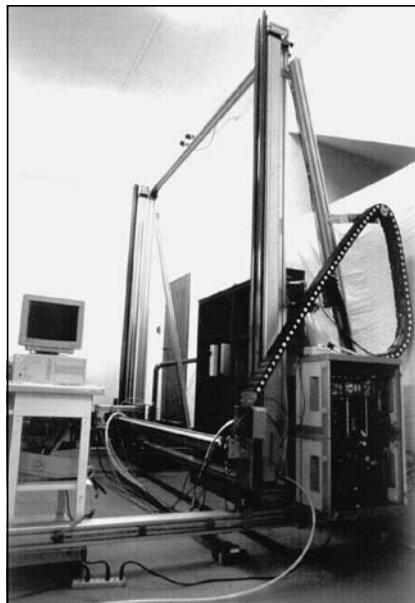


Figure 11. Two views of the pneumatic robot

rectly positioned in front of the book to be handled and, when that book goes back, it must to be repositioned at the correct position.

The fundamental reference for the book retrieval consists on its location. Taking into account of the low automation level present in many libraries, two methods for the position identification are tested:

- sequential access, based on the reading of a bar code glued on the back of each book;
- direct access, defined by the characteristic co-ordinates associated to a book. They

are function of the number of shelving, of the number of shelf and of the position inside the shelf ("chain" or "call" number).

The sequential access requires a bar code scanner embedded on the pneumatic end effector: differences are related to the type of the bar code used. "Smart" bar codes have the title and local call number printed on the individual bar code; "dumb" bar codes do not. More specifically, "smart" bar codes are usually used in the first stages of automation. They are the product of sending out the shelf list for a retrospective conversion or getting the data back, for instance, in MARC (MACHINE READABLE CATALOGUING) format from any kind of conversion. Direct access can be implemented learning the shelf layout to the manipulation unit. The position of each book is univocally defined from its location mark in the library: the preliminary knowledge of the book dimensions (in particular the thickness) allows the automatic definition of X and Y coordinates of a "driving point" associated to each the book in the frontal plane.

Figure 12 shows a view of the designed pneumatic robot, under assembly in front of a test shelf, smaller with respect to the front working area of the robot. The cross actuator is reinforced with a metallic beam in order to correctly support the weight of the array.



Figure 12. The pneumatronic unit under assembly

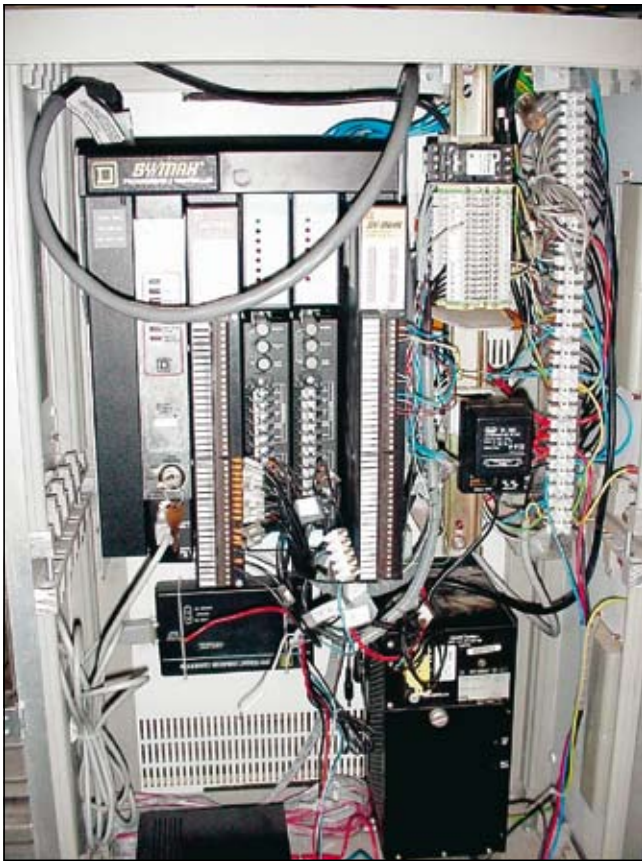


Figure 13. PLC used for the motion control

The achieved position accuracy is 2 mm, on a working area of 3000 x 2400 mm: this error is acceptable for the application and it is performed by a modular PLC (Figure 13). Input signals arise from end-stroke position sensors on axes (digital), linear position transducers (square waves train), pressure and vacuum transducers (analogue) and bar code scanner. Outputs involve commands to solenoids of valves and ejectors (digital signals).

The programming code is an advanced ladder: the motion is under position control and a generic position is reached by temporised switching of valves. Actual and theoretical positions are continuously compared: the error value is used, into an original motion algorithm, to automatically modulate the actual values of internal pressure of the pneumatic axes.

Comparisons with similar problems [13], [14] and [15] have been analysed. A user-friendly interface allows to the user the selection of the required book starting from title, author or subject: an internal database is able to correlate the book to its position on the shelf. Starting from an initial position (bottom left corner) the mechatronic unit reaches the book to be moved following sequential or direct access approaches. After the book identification, it is gripped, moved and released on a reference, simulating a conveyor tape. The inverse procedure is actuated for the repositioning phase.

Figure 14 (a, b and c) reports three phases of handling: pneumatic gripping, manipulation and deposition of the book on a simulated reference platform.

Figure 15 shows an intermediate handling phase, with a book under manipulation supported by the suction cups array. Two elastic elements are able to avoid the "flattering" of the book pages during the motion.

The mechatronic prototype has been submitted to systematic tests, in order to check its reliability. In particular, different areas of gripping and different manipulation speeds are analysed. Figure 16 reports some results on the percentage of successfully manipulation at different working pressures, corresponding to four different parts of the frontal manipulation area. Books having weight up to 48 N, front area of 210 x 297 mm and thickness up to 35 mm have been tested. The best working pressure seems to be 7 bars, under the condition of four suction cups able to carry on the book. The results of handling in different areas of the workspace have shown some critical working conditions at the bottom right corner.

Considering the worse gripping condition, the maximum manipulation time (including all operation phases) has been detected in about 7 s. In order to estimate the duration of the overall automatic sequence this time could be doubled or tripled considering the transfer phase from the archive



a)



b)



c)

Figure 14. Phases of handling



Figure 15. View of book supported by the cups array

area to the user area. It means that in 15 ± 20 s from its informatics selection on a terminal a book can be made available to the user. Similar times are necessary to the reposition of the book into the shelf.

6 Conclusions

The goal of the research activity was the design and the practical realization of a low-cost mechatronic prototype able to automatically manipulate books into existing libraries and archives, taking into account traditional layout, logistics and internal organization of conventional shelves and archive rooms. The classical placement of books into shelves allows possible areas of contact only on the back of the book: for this reason the first step of a correct manual handling approach consists on the inclination of the book, in order to make available parts of lateral surfaces for manipulation. Consequently the design has been implemented attempting to

limit the intrusion of the end effector: this aspect is significant also for handling of old or ancient books.

The study has been implemented emulating the manual handling procedure: the proposed prototype is totally pneumatic and its structure is conceived to be easily installed in front to a standard shelf or group of shelves. Pneumatic technology allows a low cost of production with good position accuracy.

The proposed unit is able to handle books of different size, shape and external covers. A smart procedure identifying the book in the shelf is implemented and successfully tested. The bulk main frame makes available a wide workspace, compatible with standard geometries of commercial shelves.

The geometry of the end effector allows the handling of books with a robust array of suction cups: old and ancient books can be successfully manipulated thanks to the not invasive technique. A detailed analysis about the best cup geometry has been developed, in particular comparing circular and elliptical cups.

The mechatronic unit automatically

manages all the phases of pick-up and repositioning of a book, assuming that the book is transferred from and to the user area by means a belt-conveyor. Methodical tests on the prototype have shown its performances and limits. Further improvements will involve the enhancement of the book locking during the manipulation phase, in order to avoid possible “flattering” phenomena under high motion speeds and the re-design of shelves with embedded handling units.

In addition, the target is to install the prototype inside an existing library of the University of Genoa, testing the unit under actual working conditions and, if possible, improving the performances achieved in laboratory. The results of these tests will be significant to evaluate the possibilities of an industrial production of this type of device and to deepen the mechanical and structural problems related to the integration between mechatronic equipment and shelves.

Finally, further aspects concerning the integrated design a group of multiple interlaced pneumatic units, handling of paper materials having irregular shapes and manipulation of non-rigid cover books will be faced and discussed in next papers.

Sources

- [1] Chinnaiah, P., and S. Kamarthi. 1998. *Automation of library re-shelving operations*. Intl. Journal of Industrial Engineering- Application and practice, Vol. 5, n.4, pp. 308–315.
- [2] Ramos-Garijo, R., M. Prats, P.J. Anaz and A.P. Del Pobil. 2003. *An autonomous assistant robot for book manipulation in a library*. In Proc. of IEEE Intl. Conference on Systems, Man & Cibernetics, Washington D.C., U.S.A., pp. 3912–3917.
- [3] Katsumi, I. and M. Tomoya. 2005. *Mechanisms of paper handling automatic page turning machine for various books*. Journal of Japan Society of Mechanical Engineers, Vo.108, n.1044, pp. 869–871.
- [4] Prats, M., R. Ramos-Garijo, P.J. Sanz and A.P. Del Pobil. 2004.

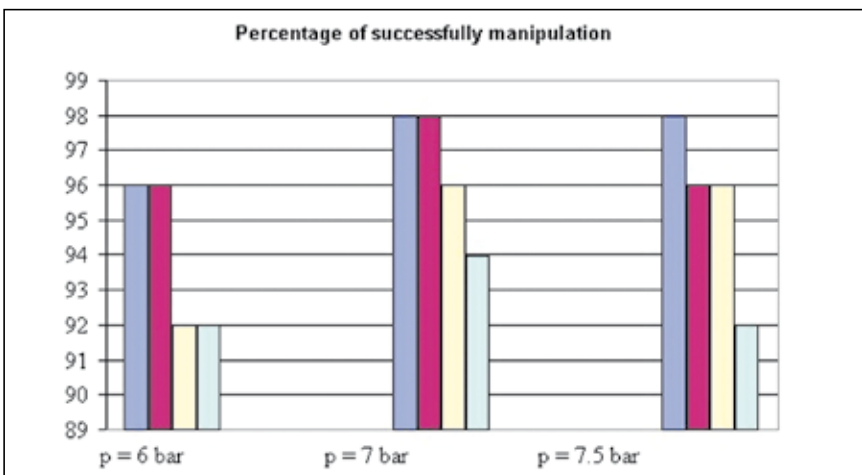


Figure 16. Success of manipulation (Top left: indigo. Bottom left: violet. Top right: yellow. Bottom right: blue.)

- Recent progress in the UJI Librarian Robot.* In Proc. of IEEE Intl. Conference on Systems, Man & Cybernetics, Washington D.C., U.S.A., pp. 1138–1145.
- [5] Prats, M., P. Martinet, A.P. Del Pobil and S. Lee. 2008. *Robotic execution of everyday task by means external vision/force control.* Intelligent Service Robotics, Vol. 1, n.3, pp. 253–266.
- [6] Del Pobil, A.P., M. Prats, R. Ramos-Garijo, P.J. Sanz and E. Cervera. 2005. *The UJI Librarian Robot: an autonomous service application.* IEEE Intl. Conference on Robotics and Automation. Video proceedings, Barcelona, Spain.
- [7] Horgan, M.R. 1994. *Vacuum systems offer viable option for industrial applications.* Hydraulics & Pneumatics, Vol. 47, n.12, pp. 29–64.
- [8] Bahr, B. and M. Najafi. 1996. *Design and suction cup analysis of a wall climbing robot.* Computers & Electrical Engineering, Vol. 22, n.3, pp. 193–209.
- [9] Zhao, Y., H. Shao. B., Liu and Y. Wan. 1999. *Study of the suction cup of wall-climbing robot.* In Proc. of the 3rd Intl. Symposium on Fluid Power Transmission and Control (ISFP'99), pp. 610–613.
- [10] Qian, Z., Z. Yan and Y. Fu. 2006. *Fluid model of sliding suction cup of wall-climbing robots.* Intl. Journal of Advanced Robotic Systems, Vol. 3, n.3, pp. 275–284.
- [11] Lovell, A. 2006. *Optimized vacuum system design improves productivity.* Control Engineering, Vol. 53, n. 11, pp. 26–28.
- [12] Li, Y., A. Yunsheng and L. Toshiyuki. 2006. *Occurrence of trajectory chaos and its stabilizing control due to dead time of a pneumatic manipulator.* JSME Intl. Journal, Series C: Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing, Vol. 48, n.4, pp. 640–648.
- [13] Lin, Y., W. Wu, C. Jen and C. Guang-Guo. 2004. *Experimental investigation of a microfluidic driving system for bi-directional manipulation.* Sensors and Actuators, Part A: Physical, Vol. 112, n 1, pp. 142–147.
- [14] Safaric, R., S. Uran and T. Wintner. 2004. *Control of rigid and flexible objects on a pneumatic active surface device.* Transactions of the Institute of Measurement and Control, Vol. 26, n.2, pp. 139–165.
- [15] Wang, W. and A. Yu-Feng. 2005. *Research on pneumatic manipulator based on PLC.* Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition), Vol. 24, n.1 SUPPL., pp. 135–136.

Pnevmatronika v stregi knjig

Razširjeni povzetek

Moderno upravljanje knjižnic in arhivov ne obsega samo informacijskih vidikov, kot so avtomatizirano arhiviranje, katalogiziranje in pridobivanje informacij o knjigah ter knjižničnih dokumentih, ampak vključuje tudi naloge določanja lokacije posameznih knjig in revij v skladiščih oz. na knjižnih policah, kakor tudi njihovo učinkovito fizično strego v prostorih knjižnice in arhiva.

»Mehanska« avtomatizacija strege knjig in drugih dokumentov predstavlja fizično manipulacijo knjig iz mesta deponiranja do mesta uporabe in pravilno vračanje nazaj na prvotno pozicijo. V primerjavi z obstoječimi dragimi in kompleksnimi strežnimi sistemi, je v prispevku obravnavan primer cenenege pristopa avtomatizirane strege knjig.

V ta namen je bil razvit prototip cenenege namenskega pnevmatičnega kartezičnega dvodimenzionalnega robota (*slika 11*), nameščenega pred policami, ki omogoča enostavno pozicioniranje prijemalne enote pred knjižno polico oz. knjigo. Prototip kartezičnega robota je zasnovan tako, da je prilagojen obstoječim standardnim knjižnicam in arhivom, upoštevajoč tradicionalno zasnovano tlorisa, logistiko in interno organizacijo konvencionalnih knjižnih polic ter arhivskih sob. Omogoča strego knjig različnih velikosti, oblik in platnic.

Posebna pozornost je bila usmerjena v razvoj ustreznega prijemala, ki omogoča prijemanje različnih knjig in platnic, brez fizičnih poškodb oz. je najmanj invazivno. To je še posebej pomembno pri manipulaciji starih knjig, ki katerih platnice so izjemno občutljive na fizične poškodbe. Zato je bilo razvito prijemalo z vakuumskimi priseski. Analizirane so bile različne geometrijske oblike priseskov (od okroglih do eliptičnih) ter narejeni preizkusi in meritve, ki so omogočili razvoj najoptimalnejše oblike priseska. Primer prijemala z okroglimi priseski in mehanizmom za dodatno nagibanje je prikazuje *slika 7*. Na *slikah 9* in *10* so prikazani rezultati testov in optimizacije sile prijemanja na različnih oblikah in materialih platnic. Na *sliki 12* je prikazan prototip pnevmatičnega robota pred tesno knjižno polico v laboratoriju. Natančnost pozicioniranja robota je 2 mm na delovnem področju 3000 x 2400 mm, kar je sprejemljivo za praktično aplikacijo. Mehatronska naprava samodejno upravlja vse faze prijemanja in odlaganja ter pozicioniranja Injige.

Glavni cilj raziskave je postaviti prototip robota za strego knjig v obstoječi knjižnici Univerze v Genovi in njegovo testiranje v realnih pogojih delovanja.

Ključne besede: pnevmatika, mehatronika, avtomatizacija, knjižnice

An Exercise Device for Upper-Extremity Sensory-Motor Capability-Augmentation Based on a Magneto-Rheological Fluid Actuator

Roman KAMNIK, Jernej PERDAN, Tadej BAJD, Marko MUNIH

Abstract: Resistance exercise has been widely reported to have positive rehabilitation effects for patients with neuromuscular and orthopaedic disorders. This paper presents the design of a versatile rehabilitation device in the form of a rotation joint mounted on the adjustable arm support that provides a controlled passive resistance during the strength training of hand muscles. The resistance is supplied by a rotational magneto-rheological actuator controlled by the force-feedback information. The device provides both isometric and isokinetic strength training and is reconfigurable for different usage conditions. The experimental evaluation results show that the usage of the magneto-rheological actuator is advantageous for electrical motors in cases of passive-resistance-based exercise.

Keywords: rehabilitation, exercise device, magnetorheological fluid

1 Introduction

In rehabilitation and sports medicine, computerized active-exercise devices have been shown to be suitable for providing the clinical delivery of

Prof. dr. Roman Kamnik, univ. dipl. inž., Jernej Perdan, univ. dipl. inž., prof. dr. Tadej Bajd, univ. dipl. inž., prof. dr. Marko Munih, univ. dipl. inž.; Laboratory of Robotics and Biomedical Engineering, Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana

training of the required intensity [1]. An especially challenging aspect is the recovery of the hand's function. We have recently developed a novel system for hand sensory-motor augmentation [2] that is designed to allow the force tracking training of finger flexors and extensors and to provide objective data on training performance in isometric conditions. Incorporated functional electrical stimulation adds to reduced finger-force generation due to injury, thus motivating the user to perform better. The system consists of a visual feedback display, the hand-force measuring device, and the closed-loop controlled electrical stimulator. The results

of a pilot therapy study in incomplete tetraplegic subjects showed that the augmentation of voluntary grip force control with the presented system is possible. However, the training performed in isometric conditions in which at various angular positions the external resistance applied to the joint is always equal to the force applied by the patient is not considered to be the most efficient.

The isotonic and isokinetic exercises are considered to be more efficient. The isotonic exercise is performed dynamically over a predefined range of motion. The resistance applied to the joint is either constant or follows a

predefined pattern as a function of the joint's angular position. This mode of exercise is motivated by the length tension relationship of the skeletal muscle in which the largest force is generated when the muscle fibers are at their optimal length. The force-producing capacity of a muscle changes across the range of joint motion and is typically highest in the mid range of joint motion. Muscle force generation during concentric exercise is also influenced by the contraction velocity, as described by the hyperbolic model relating the force and velocity during contractions. As the contraction velocity increases, the muscle force decreases. From this relationship the isokinetic exercise is motivated, which is also performed dynamically, but in that case the resistance is applied to the joint only if a predefined angular speed is reached by the joint in order to avoid the joint exceeding this speed value. This particular exercise mode is the only one that enables dynamic training at the maximum muscle force over the entire range of motion.

Most force-feedback devices that are capable of regulating joint motion according to the needs of a particular patient and take muscle and limb dynamics into consideration rely on electric motors, pneumatics, or some other conventional power-producing method.

In this paper we present a semi-active exercise system based on magneto-rheological fluid (MR fluid) actuator [3]. This semi-actively controlled device can be considered as one that has properties that can be adjusted in real time, but cannot input energy into the system being controlled. Such devices typically have very low power requirements and offer the reliability of passive devices, while maintaining the versatility and adaptability of fully active systems [4], [5]. In the second section of the paper the principle of the operation of the MR fluid actuator is presented. The third section presents the design of the exercise device based on the MR fluid actuator, while the fourth section outlines the experimental results.

■ 2 Principle of operation of the MR fluid actuator

MR fluids are materials that respond to an applied magnetic field with a change in rheological behavior. Typically, this change is manifested by the development of a yield stress that monotonically increases with the applied field. The MR fluid typically consists of micron-sized, magnetically polarizable particles dispersed in a carrier medium, such as mineral or silicone oil. When a magnetic field is applied to the fluids, particle chains form, and the fluid becomes a semi-solid and exhibits viscoplastic behaviour. The MR fluid can be readily controlled with a low voltage (e.g., 12-24 V), current-driven power supply outputting only 1-2 A.

The behaviour of MR fluids is often described as a Bingham plastic model having a variable yield strength, which depends upon the magnetic field B . At fluid stresses below the yield stress the fluid acts as a viscoelastic material exhibiting Newtonian-like behavior. At fluid shear stresses above the field-dependent yield stress $\tau_{yd}(B)$ the fluid flow is governed by the Bingham plastic equation [9]. This behaviour is described by (1):

$$\tau = \begin{cases} G\dot{\gamma} & \tau < \tau_{yd} \\ \tau_{yd}(B) + \mu_p\dot{\gamma} & \tau > \tau_{yd} \end{cases} \quad (1)$$

where B is the magnetic field, $\dot{\gamma}$ is the fluid shear rate and μ_p is the plastic viscosity (i.e., the viscosity at $B = 0$), G is the complex material modulus (which is also field dependent). τ_{yd} in equation (1) is a function of the magnetic field B and exponentially increases with respect to the magnetic flux density. The relationship is given by:

$$\tau_{yd}(B) = kB^\beta \quad (2)$$

where the proportional coefficient k and the exponent β are intrinsic values of the MR fluid, which are functions of various factors such as the magnetic field, the particle size, the particle shape and concentration, the carrier fluid, the temperature and the magnetic saturation. The applied

magnetic field B is produced within the actuator when a current i is supplied to the electromagnet encircling the MR fluid, i.e.,

$$B = k_k i \quad (3)$$

True MR fluid's behavior exhibits some significant departures from this simple model. Perhaps the most significant of these departures involves the non-Newtonian behavior of MR fluids in the absence of a magnetic field.

In general, the MR devices involve either disc-type or valve-type designs. In valve-type designs, the fluid is pushed through a narrow channel where the magnetic field is applied to control the flow rate, and hence the applied force. Typically, these designs resemble a cylinder-piston assembly with the coil on the piston shaft. In disc-type designs, the fluid is in a narrow gap between a rotating disc and a fixed outer casing [6], [7]. The coil is positioned close to the outer edge of the disc. When the magnetic field is applied, the increased yield stress of the fluid creates a braking torque on the disc.

The braking torque T_b developed by the MR fluids in the disc-type actuator can be determined as:

$$T_b = 2\pi \int_{r_w}^{r_z} \tau_w r^2 dr = 2\pi \int_{r_w}^{r_z} (\tau_{yd} + \mu_p \dot{\gamma}) r^2 dr \quad (4)$$

where r_z and r_w are the outer and inner radii of the actuator disk, respectively; and $\dot{\gamma} = r\omega/h$ where ω is the angular velocity of the rotating disk and h is the thickness of the MR fluid gap [10]. Following (2), the equation (4) can be rewritten as:

$$T_b = 2\pi \int_{r_w}^{r_z} \left(\mu_p \frac{r\omega}{h} + kB^\beta \right) r^2 dr \quad (5)$$

Integrating (5) and substituting with (3) the braking torque developed by the MR fluids can be calculated:

$$T_b = \frac{2\pi}{3} k k_k^\beta (r_z^3 - r_w^3) i^\beta + \frac{\pi}{2h} \mu_p (r_z^4 - r_w^4) \omega \quad (6)$$

Equation (6) shows that the braking torque developed in the circular plate MR fluid actuator can be divided into a magnetic-field-dependent induced yield-stress component T_b and a viscous component T_μ :

$$T_b = T_B + T_\mu = k_i i^\beta + k_\omega \omega \quad (7)$$

3 MR fluid actuator experiments

For actuating the exercise device, a rotary MR fluid actuator produced by Lord Corporation, USA was used [8]. The Lord TFD Device RD-8043-1 is

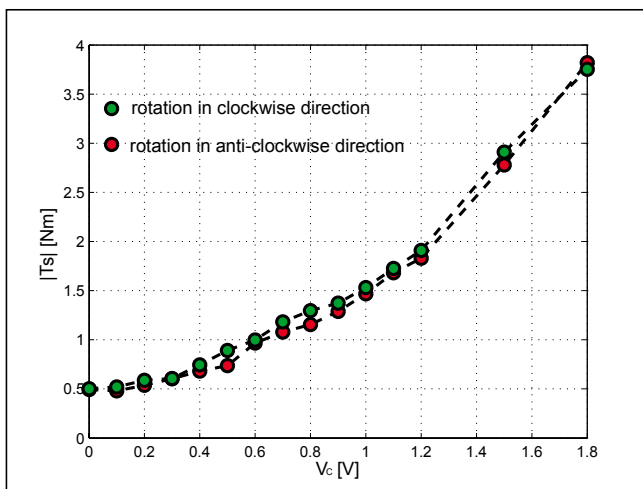


Figure 1. Static torque threshold values versus the MR fluid excitation

capable of producing up to 12 Nm of axial torque while it is driven by a current-driven power supply with current capabilities of up to 1.5 A. The device has a position feedback sensor integrated, which outputs a PWM signal with duty cycle varying between 5 and 95%, according to the position of the axis.

The torque output was measured using a test setup with a load cell, a lever arm, and a data-acquisition system. The braking torque experiment started with measuring the static torque threshold while manually rotating the actuator axis, first in the clockwise and then in the anti-clockwise direction. The threshold torque, which is actually the sum of the static friction and the magnetic-field-dependent induced yield-stress component T_B , was assessed in several repetitions with different input voltages. The graph in Figure 1 presents the absolute values

of the acquired threshold torque T_S with regards to the input voltage V_C . From the results a nonlinear relationship can be observed.

In the second experiment, the dynamic characteristics of the MR fluid actuator were measured, evaluating the dependence on the motion speed. The braking torque was assessed during the motion in the forward and backward directions, moving with a different rotation velocity and with a constant MR fluid-actuator input. A family of curves was obtained that is presented in Figure 2. Each curve represents a typical characteristic of the braking torque. The presented values sum the yield stress component T_B , the viscous component T_μ , and the static friction. From the acquired results a nonlinear torque-velocity relationship with a hysteresis loop can be observed [11].

4 Exercise device for upper-extremity sensory-motor capability augmentation

The conceptual scheme of the training system for upper-extremity sensory-motor augmentation is

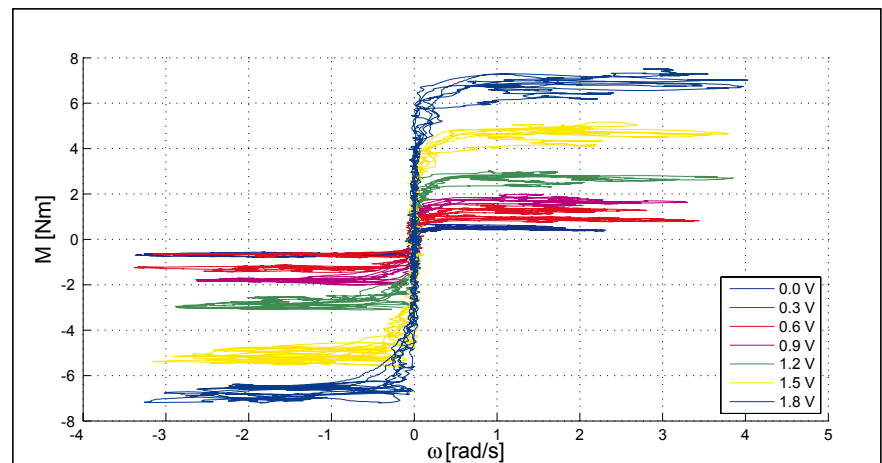


Figure 2. Dynamic characteristics of the MR fluid actuator

presented in Figure 3. The system is designed to train the finger or wrist flexor and extensor muscles by performing the position-tracking task. The reference and actual positions are displayed on a visual display as two rotational pointers. The MR fluid actuator is used as a braking torque modulating device that allows exercise under isometric, isotonic or isokinetic conditions. The core of the system is a personal computer (PC) that is used for reference generation, actual hand-force acquisition, visual presentation of the reference and actual position, and control of the MR fluid actuator. The software application for controlling the system was developed in the Mathworks Matlab-Simulink programming environment and it runs in the xPC real-time operating system.

A close-up view of the exercise device is shown in Figures 4 and 5. The device is constructed from aluminium strut elements. On the construction, the MR fluid actuator is mounted, and on its axis an adjustable lever arm with a JR3 force/torque sensors (50M31A-I25; JR3, Inc., Woodland, CA, USA) and a finger fixation are fixed. The fingers are fixed to the force sensor by means of a finger support and a Velcro strap. The finger fixation and the force sensor enable the acquisition of the hand forces. To ensure the proper position and to prevent the arm from moving during the training, the forearm is fixed to the arm support by Velcro straps. The position of the force sensor, the actuator and the forearm support is adjustable, allow-

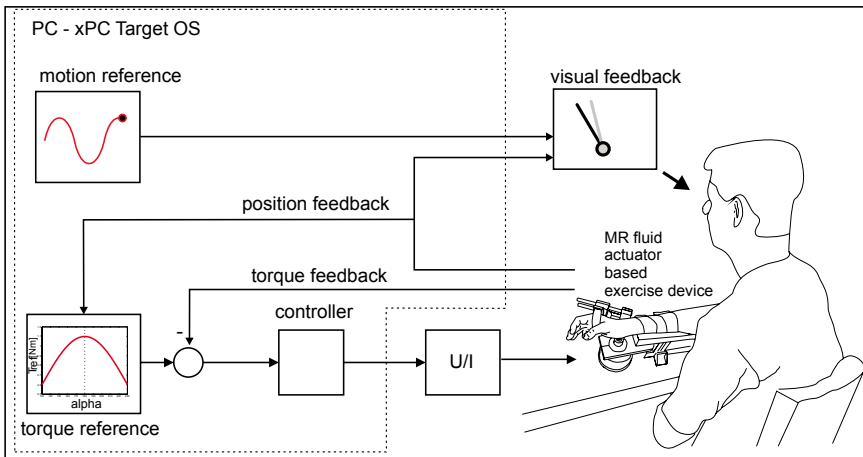


Figure 3. Conceptual scheme of the training system showing its main components: exercise device with force sensor and MR fluid actuator, visual feedback, and closed-loop controller

$$T_{ref} = \pm 0.6 \pm 0.5 * \sin(1.8 * (\alpha - 2.269)) \quad (8)$$

in which the parameter α indicates the current position of the actuator axis in radians, and the sign \pm is changed regarding the rotation direction (clockwise/anticlockwise). According to the term above, the braking torque had the highest value at the finger-extended position, while it diminished with the displacement from it.

The actual torque was measured while the MR fluid actuator activity was controlled by a PI controller with a feed-forward term according to the difference between the actual and the



Figure 4. Close-up view of the exercise device from the left side



Figure 5. Close-up view of the exercise device from the right side

ing the accommodation of the measuring setup to each individual, as well as to assess either the right or the left hand. Two PCI boards were used for data acquisition from the force and position sensors, and to generate the control voltage for the MR fluid actuator.

■ 5 Experimental evaluation

To demonstrate the performances of the developed exercise device an experimental evaluation was made. In the position tracking experiment a healthy subject was asked to follow the reference position, which was altered linearly in the range of $\pm 30^\circ$ from its center (fingers extended) position at 180° . During the motion, the braking torque was modulated by the MR fluid actuator according to the term:

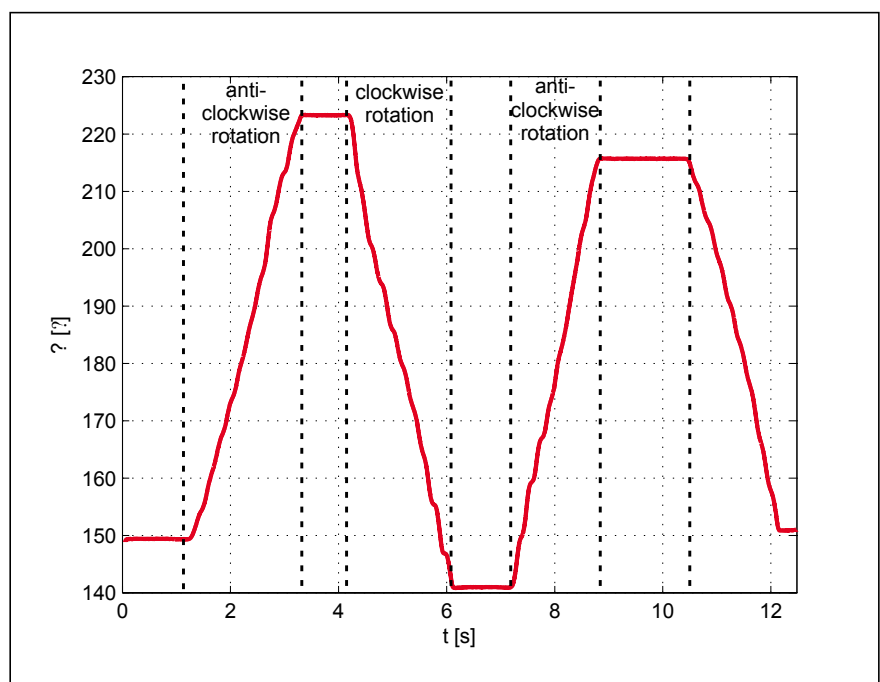


Figure 6. Motion trajectory in the experimental evaluation

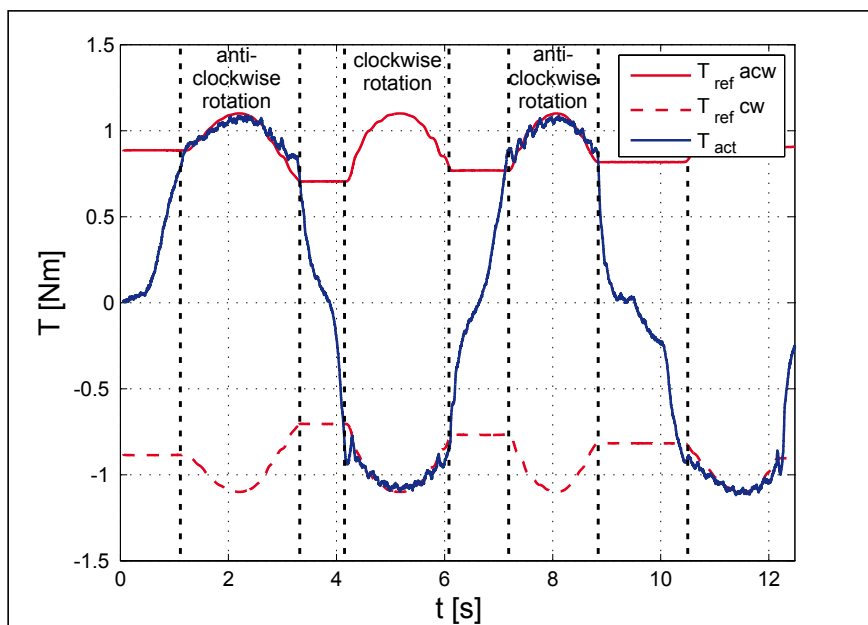


Figure 7. Reference torque tracking of the MR fluid actuator

reference values. Figure 6 presents the actual motion trajectory achieved during the experimental evaluation. In Figure 7 the reference T_{ref} and actual T_{act} torques are shown.

6 Conclusion

The paper presents the development and experimental evaluation of a semi-active exercise device for upper-extremity sensory-motor capability augmentation. The device is built on the basis of the rotational magnetorheological actuator that allows resistive torque modulation. The frame of the device is constructed to allow a flexible change of the configuration, while the controller is implemented in the Mathworks Matlab/Simulink environment and the real-time xPC Target operating system.

The experimental results show that the MR fluid actuator is suitable for application in exercise devices as a semi-active element providing braking-torque modulation. On this basis, several exercise modes can be achieved. In comparison to electric motor actuators the power-to-weight ratio and the need for a power amplifier is advantageous in the case of MR fluid actuator usage. On the other hand, the control is more complex since the MR fluid actuator is a highly nonlinear device.

The proposed areas of application for exercise devices based on MR fluid actuators are in rehabilitation and sports training.

References

- [1] H. I. Krebs, N. Hogan, M. L. Aisen, B. T. Volpe, Robot-Aided Neurorehabilitation, *IEEE Trans. Rehab. Eng.*, Vol. 6, No. 1, pp. 75-87, 1998.
- [2] J. Perdan, R. Kamnik, P. Obreza, G. Kurillo, T. Bajd, M. Munih, Design and Evaluation of a Functional Electrical Stimulation System for Hand Sensorimotor Augmentation, *Neuromodulation*, Vol. 11, No. 3, pp. 208-215, 2008.
- [3] D. Senkal, H. Gurocak, Spherical Brake with MR Fluid as Multi Degree of Freedom Actuator for Haptics, *J. Intel. Mat. Syst. and Struct.*, Vol. 20, No. 18, pp. 2149-2160, 2009.
- [4] S. Dong, K-Q Lu, J. Q. Sun, K. Rudolph, A Prototype Rehabilitation Device with Variable Resistance and Joint Motion Control, *Med. Eng. Phys.*, Vol. 28, No. 4, pp. 348-355, 2006.
- [5] J. Blake, H. B. Gurocak, Haptic Glove With MR Brakes for Virtual Reality, *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, Vol. 14, No. 5, 2009.
- [6] W. H. Li, H. Du, Design and Experimental Evaluation of Magnetorheological Brake, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, Vol. 21, pp. 508-515, 2003.
- [7] Y. Yan, H. Shi-guo, K. Bo-seon, Research on Circular Plate MR Fluids Brake, *J. Cent. South Univ. Technol.*, Vol. 14, suppl. 1, pp. 257-259, 2007.
- [8] M. R. Jolly, J. W. Bender, J. D. Carlson, Properties and Applications of Commercial Magnetorheological Fluids, *Proc. SPIE - Smart Structures and Materials, Passive Damping and Isolation*, Vol. 3327, pp. 262-275, 1998.
- [9] E. Guglielmino, T. Sireteanu, C. W. Stammers, G. Ghita, M. Giuclea, *Semi-active Suppression Control*, London, England: Springer, 2008.
- [10] E. J. Park, D. Stoikov, L. Falcao da Luz, A. Suleman, A Performance Evaluation of an Automotive Magnetorheological Brake Design with a Sliding Mode Controller, *Mechatronic*, Vol. 16, pp. 405-416, 2006.
- [11] S. Guo, S. Yang, C. Pan, Dynamic Modeling of Magnetorheological Damper Behaviors, *J. Intel. Mat. Syst. and Struct.*, Vol. 17, No. 1, pp. 3-14, 2006.

VENTIL
REVUIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

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

Industrijski forum IRT
www.forum-irt.si

Portorož, 6-7. junij **2011**

Industrijski forum
Inovacije, razvoj, tehnologije

Vir znanja in izkušenj za stroko

Naprava za vadbo roke na osnovi mehanskega člena z magnetoreološko tekočino

Razširjeni povzetek

Vadba z gibanjem proti uporu je uveljavljena v rehabilitaciji in športu. Prispevek predstavlja sistem za krepitev senzomotoričnih sposobnosti gornjih ekstremitet, ki je razvit na osnovi člena za zagotavljanje upora s pomočjo magnetoreološke tekočine. Sistem je namenjen vadbi fleksorjev in ekstenzorjev prstov z izvanjanjem naloge sledenja pozicije. Naprava je zgrajena kot prilagodljiva mehanska konstrukcija na katero sta nameščena opora za podlaht ter člen za zagotavljanje upora z vpetjem za prste in senzorjem sile. Med vadbo je upor gibanju zagotovljen glede na povratno informacijo o sili s pomočjo rotacijskega aktuatorja, ki vsebuje magnetoreološko tekočino. Magnetoreološka tekočina (ang. magnetoreological (MR) fluid) je tekočina, ki ima spremenljive reološke lastnosti glede na vpliv magnetnega polja. MR tekočino tvori osnovna nemagnetna tekočina v kateri se nahajajo mikronske veliki delci, ki se pod vplivom polja polarizirajo. V odsodnosti magnetnega polja se ti delci prosto gibljejo, ko pa je tekočina izpostavljena magnetnemu polju, se delci začno povezovati v verižne strukture. Verižne strukture spreminjajo viskozne karakteristike pretoka, hkrati pa je zaradi njih od magnetnega polja odvisna tudi meja tečenja (ang. yield stress). S pomočjo mehanskega člena, v katerem se nahajajo rotor v obliki diska, MR tekočina in električna tuljava, je mogoče na osi ustvariti moment upora, ki je voden z električnim signalom. S pomočjo zaprtostančnega vodenja glede na informacijo o navoru in pomiku pa je lahko tovrstni MR člen uporabljen za zagotavljanje vadbe v izometričnih, izotoničnih ali izokinetičnih pogojih.

Rezultati vadbe s pomočjo razvite naprave in MR člena kažejo, da je pri zagotavljanju pasivnega upora MR člen možno uporabiti kot enakovredno zamenjavo električnim, hidravličnim ali pnevmatskim aktuatorjem. Prednosti uporabe so varnost, majhne dimenzije in teža ter velika energijska učinkovitost. Kompleksnejše je vodenje, saj je MR člen aktuator z nelinearno karakteristiko.

Ključne besede: rehabilitacija, naprava za vadbo, magnetoreološka tekočina

Acknowledgment

The authors would like to acknowledge the financial support from the Slovenian Research Agency (P2-0228), and the Slovenian Technology Agency (3211-05000550).



Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*

Merilna tehnika za profesionalce...

... od senzorja do programske opreme



Zahtevate za vaše meritve in testiranja najvišje standarde, točnost in zanesljivost?

Stavite na zanesljivost vodilnega na tem področju. HBM ponuja vse komponente merilne verige iz lastne proizvodnje, vse v popolnem skladu z vašimi zahtevami.

- merilni lističi
- senzorji: sile, mase, momenta, tlaka, pomika, vibracij
- ojačevalniki: industrijski, laboratorijski, kalibrirani
- programska oprema za akvizicijo, vizualizacijo in obdelavo podatkov

www.hbm.com



Zastopnik za SLO: TRC, Vrečkova 2,
SI - 4000 Kranj, tel: + 386 4 2358310,
fax: + 386 4 2358311, GSM: + 386 41 344071,
ljudmila.licen@siol.net, www.trc-hbm.si

Direct Coupling of Robotic Hands or Prostheses with the Radius Ulna Complex

Nicola Pio BELFIORE, Massimiliano SCACCIA, Andrea CAPPELLANI, Matteo VEROTTI

Abstract: A new method of mechanically connecting artificial or robotic hands to the human arm is herein described. The idea is based on techniques which make use of fracture fixation devices, very well known in orthopedics. The presented connecting system consists in a real 3 DOF (w.r.t. the humerus) mechanism that has two end plates which are fixed directly, one on the radius, on the ulna the other. Since the system is a new concept project, no data exists about its reliability. Therefore, in the paper, a feasibility study on the most delicate components is described. In particular, FEA has been performed on the screws and on the bone-nut-screws, and some experimental tests *in vitro* have been made on a pig rib.

Keywords: Biomaterials, artificial hands, prosthesis, coupling mechanism.

1 Introduction

During the last decades, the use of artificial implant has increased, thanks to the progress in Material and Medical Sciences. The invasive biomaterial [1] is carefully selected and finished before use as an implant. Research is devoted to avoid failure that causes serious diseases and troubles to the patients that have been subject to an implant operation, in terms of pain and motion disability. An implant may be necessary for many reasons. Infirmary or traumatic injuries are usually the causes. Some

of such unfortunate events may deprive an individual from one hand or from its full motion capacity due to wrist injuries. In case of serious wrist injury or bone fracture, bone fracture plate and screws may be used with success for both functional and aesthetic goals. In the unfortunate case of loss of the whole hand, the actual remedy consists in the adoption of an artificial hand. Such prosthesis may be easily mounted and dismantled by acting on a system of flexible lashes, which may give a psychological

sense of deprivation in the dismantling maneuver.

In the medical literature, there is a great amount of papers that describe how to fix a screw on a bone and the consequences of this action. However, those concerning the radius and the ulna are much less. The previous contributions that are somehow similar to the case under analysis can be restricted to two main topics: fracture fixation devices [2] and universal total wrist prosthesis [3] and [4].

Professor Nicola Pio Belfiore, Ph.D. Massimiliano Scaccia, Andrea Cappellani, Junior Eng., Matteo Verotti, Doctoral Candidate, Sapienza University of Rome, Department of Mechanics and Aeronautics, Italy



(a)



(b)

Figure 1. (a) Radius - ulna pair at the elbow; (b) Radius- ulna pair at the wrist.



Figure 2. The complete support system

■ 2 The construction of a bone-structure connection for artificial hand sustentation

Referring to a motion in the space, the humerus presents two kinematic elements that engage with both the radius and the ulna. After a simple *in vitro* test on a real human arm bone it appears that the humerus – ulna complex can be regarded as a cylindrical pair, while the humerus - radius system can be modeled as a simple contact pairs. Radius and ulna are in contact in two different zones, as shown in *Figure 1*. The pair in the elbow is regarded as a simple contact, while the pair at the wrist is estimated to behave as a spherical pair. The whole complex is composed of humerus, radius, ulna, radius plate-rod, ulna plate-rod and, finally, the hand support shaft, where plates are supposed to be rigidly connected to the bones. The radius plate-rod system is composed of two plates that are positioned with a tilt angle of about

60°. Finally, the hand support shaft is built in such a way to make a spherical joint with both the plate-rod systems. The support system is depicted in *Figure 2*. From Grübler's general topological formula there are 3 DOF for the relative motion of the *hand support shaft* with respect to the humerus. The obtained result is in accordance with the relative motion expected from the anatomical studies, which report a first rotation of the hand around the radius axis of about 20° and a second rotation of about 160° of the radius around the ulna. In our model, the third DOF consists in a rotation around the axis of the hand support shaft.

Since the radius and ulna have approximately a diameter of about 10 mm, with a cortical thickness of about 2 mm, the screws must be of the best quality as possible, and so, in this investigation, the state of the art materials and machinery had to be adopted. The whole system was made of titanium, with the exception of the interface at the support shaft spherical pairs, which have been built in Teflon. This choice is commonly used in precision mechanics and it allows to decrease the friction coefficient from $\mu = 0.54$ to about $\mu = 0.04$. The plates have a thickness of 1.5 mm in order not to be invasive much. The oval shape has been preferred. Furthermore, any sharp edge has been smoothed. They have been designed to be inserted from the wrist, and therefore a parabolic step has been designed in order to make simpler the insertion operation. The screws have been positioned according to known criteria adopted in engineering. Fur-

ther details on the constructed components are depicted in *Figure 3*.

■ 3 Screw design and selection

Two classes of screws were needed: bone screws and band screws. Three types of bone screws have been considered:

- A) *cortical*: the screw is fastened only within the cortical zone;
- B) *cortical-medullary*: the screw end exits the cortical thickness and enters inside the marrow;
- C) *bi-cortical*: the screw end reaches the opposite cortex and the threads contribute to fasten on a second cortical zone.

For each one of the three types, three different constructive characteristics have been considered:

- 1) cylindrical, with the major diameter twice larger than the minor;
- 2) as for type 1) except that the shank is tapered;
- 3) as for type 2) except that the shank (variable) diameter is greater than in type 2).

Since the screws function is *fastening*, it is convenient that the thread has a triangular profile. Furthermore, from previous experience, the tapered solution was expected to be more effective after bone regeneration. In particular, type C) screws have a hole at their ends in order to help regeneration (see *Figure 4 d*).

The class of band screws was adopted in order to keep stable the prosthesis. In fact, the rods that connect the



(a)



(b)



(c)

Figure 3. Details on the screws a), the plates b) and the spherical rod head c).

Table 1. The nine different possible solutions

	1	2	3
A			
B			
C			

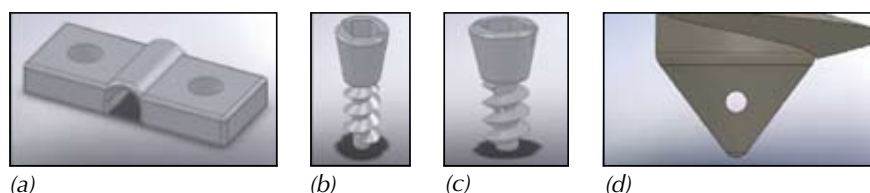


Figure 4. Connection band (a); views of the band screws (b) and (c); type C screw end (d).

plates and the hand support shaft have been fastened to the bone by means of a short band (see Figure 4 a) fixed to the bones by two screws of the kind A (Figure 4 b and 4 c).

4 Tests of the connection system.

The nine types of screws and the band screws have been firstly numerically tested; then an experimental test has been carried out on the whole connecting system. In more details, the following activities have been performed:

- design of the screws and of the whole sustaining system;
- creation of a 3D model for every element;
- creation of a 3D model for the nut-screw, with the mechanical properties of the bone;

- numerical test on the screws and the nut-screws, in different load conditions, via FEA by assuming a maximum strength for the screws and the bone;
- construction of every elements by means of a multi-axes numerical control machine;
- *in vitro* test of the screw-plate-rod system in different load conditions.

4.1 Numerical simulation via FEA

After the 3D models are created, various load conditions have been simulated (tests 1 – 7):

- test 1: screw constrained at the end, tensile load (reference value 2 MPa) on the screw head surface;

- test 2: screw constrained at the end, tensile load (1 MPa) on the upper thread surface;
- test 3: thread surface constrained, uniform pressure (2 MPa) on a screw head vertical surface;
- test 4: lower thread surface constrained, compressive load (1 MPa) on the screw head surface;
- test 5: upper thread surface constrained, tensile load (1 MPa) on the screw head surface;
- test 6: thread surface constrained, torque (normal to the screw axis) obtained by applying compressive load (2 MPa) on half screw head surface and tensile load (2 MPa) on the mirror;
- test 7: thread surface constrained, force (3 N) on the screw head surface normal to the screw axis (shear test).

Reference loads have been gradually increased until the maximum tensile strength has been reached in the worst node. The maximum strength has been assumed as equal to 500 MPa for titanium. The better screw is therefore the one that may support the maximum external load (or pressure). Figures 5 and 6 report representative samples of the results obtained during the campaign of FEA on the screws and on the connecting band.

However, FEA on screws would be rather useless if a similar analysis had not been performed on the nut-screw, because on the bone the stress conditions are more effective than on the titanium. Therefore, a 3D model of the nut-screw was necessary. This problem has been solved by using 3D solid Boolean operation. In particular, the 3D model of a portion of the cortical bone has been defined, firstly. Then the solid model of the screw has been overlapped over the bone material. Finally, the screw volume has been subtracted from the bone in order to recreate a void space within the reconstructed bone. After subtraction, the mesh has been recalculated and then optimized (see Figure 6). The internal threads on the nut have been then loaded with a pressure field, either on the upper or on the lower faces, in order to simulate the

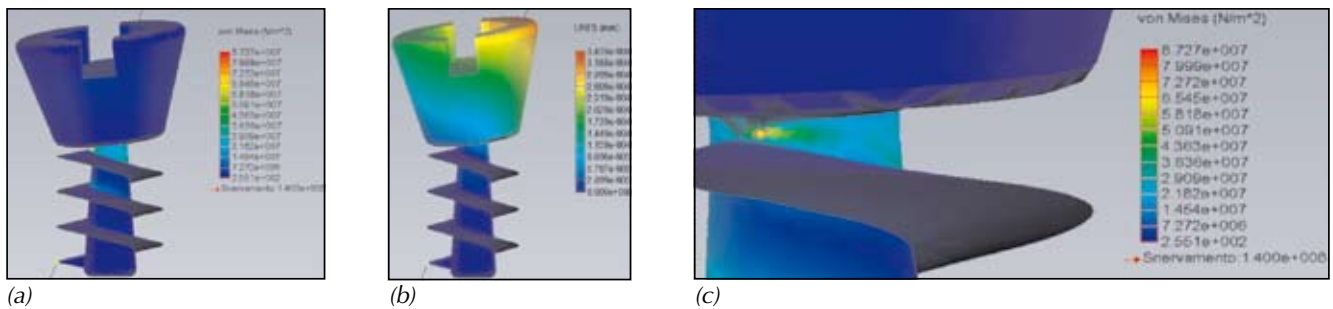


Figure 5. Tensile stress on 1 MPa applied on the screw head, by constraining the thread upper surface: a) stress; b) displacements; c) stress (detail).

action on the screw on the bone-nut-screw. The actual values of the pressure fields have been obtained from the FEA performed over the screw, by applying the action and reaction principle. Therefore, based on the results obtained on the 3D models of the screw (Tests 1 – 7), it has been possible to evaluate the maximum load that the system composed of the screw and the bone-nut is able to sustain before fragile collapse of the bone. Similarly, it is possible to evaluate the factor of security for the system under a given applied load. Radius and ulna have been modeled by assuming the mechanical properties listed in *Table 2*.

vious paragraph, have been based on different load conditions on the screws. This group of 7 tests has been applied to each one of the nine screw types that result from the combination of the different constructive solutions that are reported in *Table 1*. Labels A, B, and C refer to the *cortical*, *cortical-medullary*, and *bi-cortical* types, while labels 1, 2, and 3, correspond to the different characteristics reported in paragraph 3. The reported parameters consist of the factor of safety in the system. For the sake of the present investigation, such factor has been evaluated by considering the screws as ductile and the bone as brittle materials. Hence, for the

maximum value of the applied equivalent stress inside the material, the latter evaluated by means of the von Mises criterium. For the bone, such factor has been estimated by evaluating the ratio of the uniaxial tensile (or compressive) strength by the greatest tensile (or compressive) stress. Details on the von Mises and the maximum normal stress criteria are available in several textbooks, such as, for example [6]. *Figure 7* reports the lowest value of the safety factor in the system for each of the 49 tests.

4.2 Experimental setup and procedure

A single plate-rod system has been fixed by two screws on a framed pig rib (see *Figures 8* and *9*). The end of the rod has been gradually loaded until collapse. With reference to *Figure 9*, the plate *p* is attached on a framed pig bone. Two screws *s* are tightened on the external cortical zone *r* of the bone, without affecting the internal medullary kernel *m*. Only type A has been considered because it is the more critical and innovative. On one side of the plate, a clip *c* is attached in order to sustain a magnetic probe *n* which interacts with the Hall sensor *h*. The load is provided on the spherical tip through the load cell *l*. The measurement chain is equipped with an FPGA control system that is able to control the load, linearly applied, until bone collapse. The same FPGA system acquires the digital input from the Hall sensor for each instant of the time interval.

The static balance of the system allows to evaluate the forces acting on the screws and on the bone. Since the mutual distance between the screws

Table 2. Radius and ulna

Property	Radius	Ulna
Elasticity modulus	18.6 GPa	18.0 GPa
Tensile strength	149 MPa	148 MPa
Compressive strength	114 MPa	117 MPa

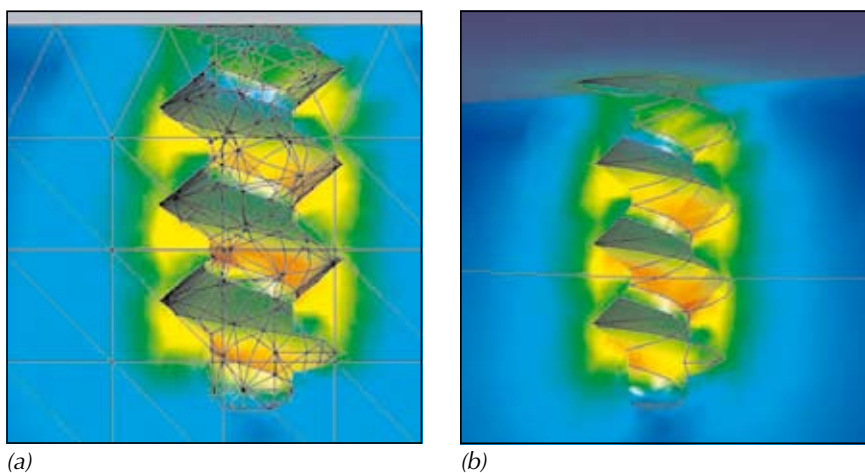


Figure 6. Details on the mesh used in the bone-nut representation: a) planar cross sectional view; b) axonometric view.

Figure 7 shows a synoptic histogram of the results obtained in 7 different tests, which, as mentioned in the pre-

screws, the factor of safety has been evaluated as the ratio of the material ultimate tensile strength by the maxi-

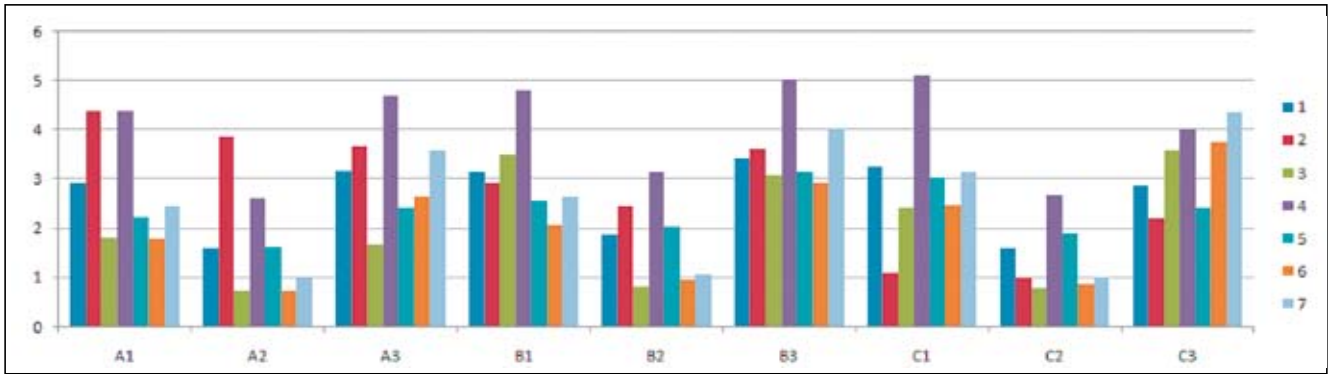


Figure 7. Factor of safety for seven different load conditions on the screws, for the system screw-bone



Figure 8. Plate mounted on a pig rib for the extraction test.

is much smaller than the distance of the externally applied load, the reaction force exerted by the screws can be much greater than the external load itself.

The application of the static force balance is trivial since the geometry is fully known. In particular, the distance of the load application point from the fulcrum is about 66 mm and the distance between the screws axes is 12 mm.

4.3 Results obtained on the *in vitro* bone

At the end of the experimental campaign the bone material showed a fragile behaviour (see Figure 10). In fact, for low values of the load the displacement of the magnetic probe was practically null until load exceeds a critical value, after which small displacements were measured

matter could be detected that was attached on the screw. This occurrence underlined the fragile behavior of the cortical bone, with many fractures around the screw body. One possible explanation is the anisotropic pattern, which the bone is composed of. As explained in [5], the tensile strength can be 12 times greater if applied in the longitudinal direction than in the radial one.

Finally, it is worth noticing that the performed experiments have been planned *in vitro* under dry condition. However, the ultimate strength strongly depends on the bone condition (wet or dry), and also upon the strain application rate. Therefore, the actual values of the critical loads can be greater than the ones figured out in the present investigation.

5. Conclusions

After numerical and experimental analysis on the screws, the types C3 and B3 have been selected, respectively, for the ulna and the radius (where two plates are used). Considering the whole arm-plates system, the final target is to develop a connecting system that could sustain a load of about 800 N on the artificial hand. Since three plate-rod systems are simultaneously used, together with several screws per plate, such target seems to be reasonable to obtain with an acceptable reliability.

References

[1] Clemson Advisory Board for Biomaterials, Definition of the word biomaterial, 6th Annual

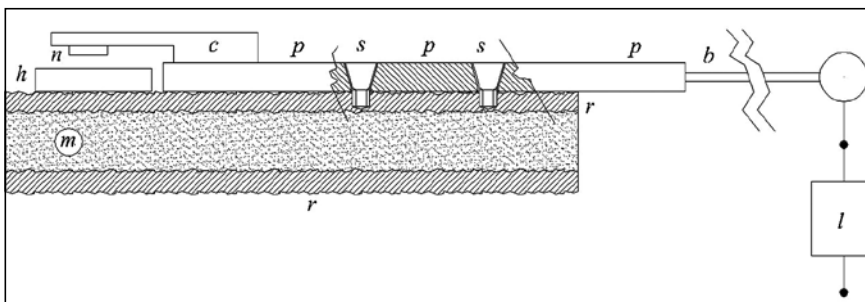


Figure 9. Plate mounted on a pig rib for the extraction test

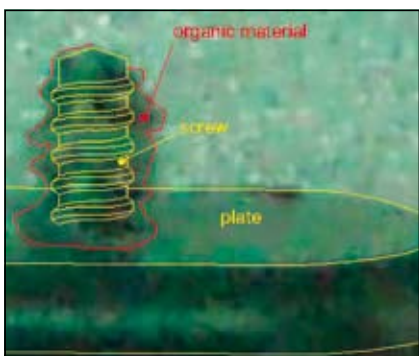


Figure 10. Cortical fragments attached on the screw after bone collapse

before collapse. In all the cases, the probe displacements never overpassed $2 \cdot 10^{-1}$ mm. A second group of tests has been repeated by using one screw only, which made the extraction force more easily to be evaluated. During these tests, an average critical load of about 60 N has been detected, and therefore it could be inferred that the screw extraction force may reach about 330 N.

By examining the screw after collapse, a certain amount of organic

- Int. Biomaterial Symposium, April 20 – 24, 1974.
- [2] Hunter, T.B., Taljanovic, M.S., Overview of Medical Devices, *Curr. Probl. Diagn. Radiol.*, July/August 2001, Vol. 30, pp. 89 – 140 (doi: 10.1067 / mdr.2001.114499).
- [3] Adams, B.D., Total Wrist Arthroplasty, *Journal of the American Society for Surgery of the hand*, Vol. 1, No. 4, Nov. 2001, pp. 236 – 248.
- [4] Menon, J., Universal Total Wrist Implant: Experience With a Carpal Component Fixed With Three Screws, *The Journal of Arthroplasty*, Vol. 13 No. 5, 1998, pp. 515 – 523.
- [5] Park, J.B., *Biomaterial Sciences and Engineering*, Plenum Press, New York, 1984.
- [6] Juvinal, R.C., Marshek, K., *Fundamentals of machine component design*, Second Edition, John Wiley and Sons, New York, 1993, ISBN 0-471-62281-8.

Neposredna namestititev robotske roke ali proteze na radioulnarni sklep

Razširjeni povzetek

Ob izgubi roke v ožjem smislu je najpogostejša nadomestitev z umetno roko. V večini primerov je to preprost izdelek, prekrit z estetsko rokavico. Tovrstna proteza se preprosto namešča in snema z uporabo elastičnih pasov, kar pa lahko povzroči občutke prikrajšanosti.

Trdno zaupajoč v prihodnji razvoj robotskih naprav smo v naši raziskovalni skupini pričeli s teoretično in eksperimentalno študijo razvoja sistema za direktno namestititev robotske roke na kosti podlahti, na koželjnico in podlahtnico. Ta ambiciozni pristop je predlagan kot alternativa obstoječim pritrdilnim pasovom ali kot nov način integracije telesa človeka z mehanskimi napravami, ki tako postajajo trajni del telesa. Če bi bilo možno te naprave tudi voditi, po možnosti z aktivnostjo človeka, bi bila dosežena popolna integracija.

Privzeta ideja temelji na uporabi pritrdilnih elementov za fiksacijo kostnih zlomov, ki so dobro uveljavljeni v ortopediji. Predstavljeni pritrdilni sistem je sestavljen iz mehanizma s tremi prostostnimi stopnjami gibanja (3 DOF glede na nadlahtnico) in dvema pritrdilnima ploščama, od katerih je ena pritrjena na koželjnico in druga na podlahtnico. Ker je sistem nov, ni podatkov o njegovi zanesljivosti. Zato v prispevku predstavljamo izvedljivostno študijo uporabe najbolj delikatnih komponent.

Izvedena je bila analiza končnih elementov na vijakih za pritrditev na kosti, pa tudi eksperimentalni testi *in vitro* na svinjskem rebu. Preučeni so bili trije tipi pritrditve vijakov:

- kortikalno: vijak je pritrjen samo v območju kortikalne kosti;
- kortikalno-medularno – vrh vijaka zapusti območje kortikalne kosti in vstopi v območje spongioze;
- bi-kortikalno – vrh vijaka doseže območje kortikalne kosti na drugi strani, kar dodatno učvrsti spoj

Za vsakega od treh tipov spojev so bile preučene karakteristike naslednjih vijakov:

- cilindrični s premerom glave dvakrat večjim, kot je premer stebila;
- enak tip kot pod 1, le da je na stebilu vijaka samorezni navoj,
- enak tip kot pod 2, le da je premer stebila vijaka večji.

Po izvedeni numerični in eksperimentalni analizi vijakov sta bila izbrana tipa C3 in B3 kot primerna za pričvrstitev na koželjnico in podlahtnico. Glede na znane obremenitve je končni cilj razvoja sistem za pritrditev roke, ki lahko prenaša obremenitve okrog 80 kg. Ker so hkrati uporabljeni trije povezovalni sistemi, ki so učvrščeni z več vijaki na vsako ploščo, je zastavljeni cilj možno doseči tudi z dovolj dobro zanesljivostjo

Ključne besede: biomateriali, umetne roke, proteze, pritrditveni mehanizem



Hidrostaticna vodila na obdelovalnih strojih – 2. del

Tonček PLEČKO

Stroji, namenjeni obdelavi težjih obdelovancev, z maso večjo kot 10 t, uporabljajo hidrostaticna vodila. Pri vzdrževalnih delih, obnovi ali rekonstrukciji tovrstnih hidrostaticnih sistemov se izvajalci srečujemo z različnimi problemi: obrabljenost stroja, pomanjkljiva tehnična dokumentacija, v preteklosti izvedeni posegi, ki niso bili dokumentirani ali pa dokumentacije preprosto ni. V vsakem primeru je pred kakršnim koli posegom na sistemu hidrostaticnih vodil stroja nujno potrebno dobro poznavanje principa delovanja takšnega sistema, njegovih gradnikov in posebnosti v delovanju.

Vrste in način delovanja hidrostaticnih vodil so bili podrobneje predstavljeni v prvem delu prispevka (Ventil 2010, št. 4). V drugem delu pa so predstavljeni zgradba hidrostaticnega sistema – različne izvedbe, gradniki sistema in posebnosti v delovanju posamezne izvedbe hidrostaticnega sistema.

■ 4 Zgradba hidrostaticnega sistema

V principu so vsi ti sistemi sestavljeni iz enakih podsistemov. Njihova izvedba pa je odvisna od zahtev vsake posamezne aplikacije.

Hidrostaticni sistem je sestavljen iz sledečih podsistemov:

- sistem za doziranje olja v posamezne žepe,
- sistem za dovod olja,
- filtrirni sistem,
- sistem za vračanje olja,
- sistem za hlajenje olja.

4.1 Sistemi za doziranje olja v žepe

4.1.1 Kapilarni sistem

Pri kapilarnem sistemu je pretok olja v posamezen žep odvisen od notranje-

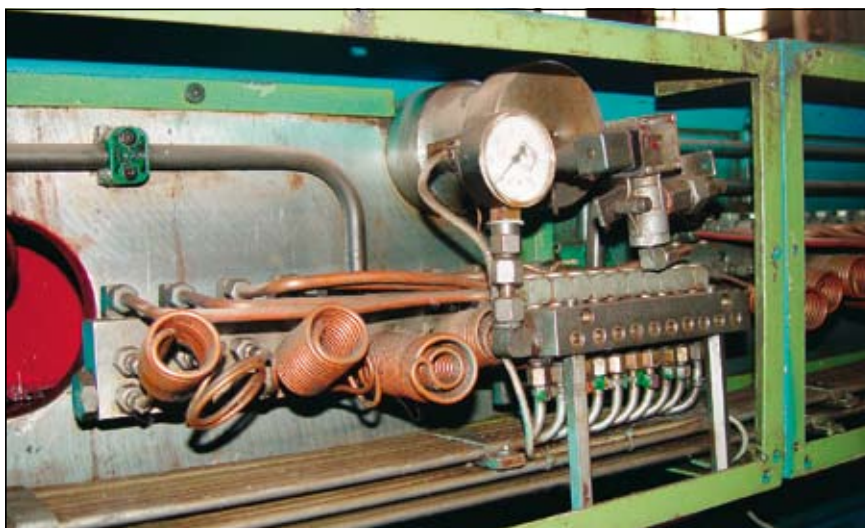
ga premera in dolžine kapilare. *Slika 8* prikazuje primer takšnega sistema. Njegova slabost je, da pretok olja ob povišanem tlaku v žepu pade.

Ta sistem se danes ne uporablja več in se pri obnovah nadomešča s sodobnejšimi sistemi. S kapilarnimi sistemi se namreč lahko izkoristi le približno 75 % tlaka črpalke.

4.1.2 Sistem z nastavljivimi dušilkami

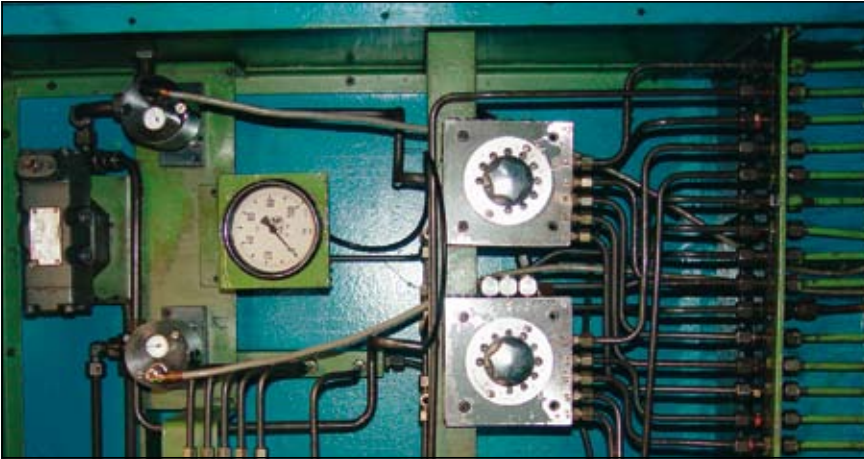
Tudi ta je zastarel, vendar ga nekateri proizvajalci še vedno uporabljajo.

Običajno je v blok vgrajenih večje število dušilk (npr. 10), pri čemer se lahko nastavlja vsaka dušilka posebej. V blok so vgrajeni tudi merilni



Slika 8. Primer kapilarnega sistema za določanje pretoka olja v hidrostaticni žep

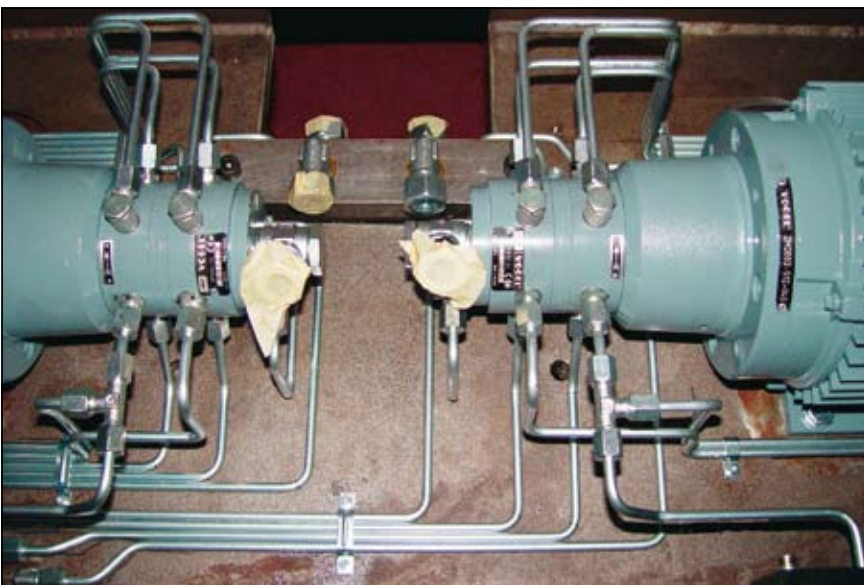
Tonček Plečko, univ. dipl. inž.,
SMM proizvodni sistemi, d. o. o.,
Maribor



Slika 9. Blok z vgrajenimi dušilkami in preklopnikom za kontrolo tlakov v žepih

priključki, s pomočjo katerih kontroliramo tlake v posameznih žepih. Blok proizvajalca Ardie, ki ga prikazuje *slika 9*, ima vgrajen preklopnik,

posameznega žepa. Pri tem načinu doziranja olja v žepe pretok v žep upada z višanjem tlaka v žepu. Problem, ki se pojavlja pri teh črpalkah,



Slika 10. Črpalke za dovod olja v žepe

s katerim povežemo posamezne žepe z manometrom in tako preverjamo tlake v žepih. Ta način doziranja olja v žepe ima to slabo lastnost, da ob povišanju tlaka v žepu pretok pade.

4.1.3 Sistem črpalke–žep

Pri tem sistemu se uporablja črpalka z več izhodi oziroma črpalnimi elementi. Primer takšne črpalke (proizvajalec Vogel) prikazuje *slika 10*. Vsak izhod črpalke napaja svoj hidrostatični žep. Velikost tlaka na črpalki je odvisna od obremenitve



Slika 11. Napajalne črpalke s tlačnimi filtri

so razlike v pretoku posameznih črpalnih elementov. Te se pojavijo pri majhnih pretokih posameznih črpalnih elementov in pri nizki viskoznosti olja ter velikih tlakih. Te črpalke so lahko samosesalne (do 500 mm) ali pa morajo imeti napajalno črpalko. Napajalna črpalka je lahko vgrajena v črpalko z več črpalnimi elementi ali pa je izvedena kot samostojna enota s svojim motorjem. Uporaba napajalne črpalke je priporočljiva tudi zaradi tega, ker pomaga izravnati tlačne razlike znotraj črpalke in pripomore k enakomernjšemu pretoku posameznih črpalnih elementov. Pri izbiri ustrezne velikosti črpalke je možno obdržati padce tlaka znotraj želenih meja. Če je možno, izberemo srednjeviskozno olje. Priporočene viskoznosti so od 20 do 500 cSt, pri majhnih pretokih celo do 1000 cSt.

V večini primerov se uporabljajo sistemi z napajalno črpalko. Črpalke za napajanje žepov se vgrajujejo blizu skupine žepov, ki jo napajajo. Rezervoarji z oljem pa so nameščeni v temeljih stroja, da lahko olje iz žepov odteka nazaj v rezervoar. Zaradi tega so razdalje med rezervoarjem in črpalko precej velike, pa tudi višinska razlika je vedno večja od 500 mm.

Pri sistemih z napajalno črpalko se v tlačni vod med obema črpalkama vgradi filter, ki zagotavlja ustrezno čistočo olja. *Slika 11* prikazuje napajalne črpalke s filtri, vgrajenimi na rezervoarju olja.

4.1.4 Regulatorji pretoka proizvajalca Bielomatik

Ti regulatorji se uporabljajo za regulacijo in nadzor konstantnega pretoka pri sistemih obtočnega mazanja. Element, ki opravlja regulacijo pretoka, je bat.

Vgradijo se na priključne plošče, ki se lahko sestavijo v bloke z več ventilskimimi mesti. Blok ima centralen dovod olja in posamične odvode. Na priključne plošče se lahko vgradijo regulatorji različnih velikosti pretoka. Simbol regulatorja in risba sta prikazana na *sliki 12*.

Regulator pretoka ima vgrajeno merilno zaslonko, s katero nastavlja pretok. Krmilni bat skrbi za konstantno tlačno razliko na merilni zaslonki tako, da je ta neodvisna od pritoka in odtoka olja. Pretok je neodvisen od temperature in tlačne razlike. Funkcija regulatorja je zagotovljena, ko znaša tlačna razlika med pritokom in odtokom minimalno 5 bar in ko je razpoložljiv pretok za minimalno 10 % višji od ustreznega nazivnega pretoka.

Regulator pretoka ima dajalnik signala. Ta je lahko vizualen (rdeča in zelena LED-dioda) ali pa električni signal, ki se vodi v nadrejeni krmilnik. Dajalnik pošlje signal v primeru, ko dejanski pretok pade za 20 % pod vrednost nazivnega.

4.1.5 PM-regulatorji pretoka proizvajalca Hyprostatik

Progressivni regulatorji pretoka PM (Progressiv Mengen) imajo progressivno naraščajočo karakteristiko. Element, ki opravlja regulacijo pretoka, je membrana.

Ta regulator ima za razliko od kapilarnih sistemov in dušilk, kjer z naraščanjem tlaka v žepih pretok pade, to prednost, da pri naraščanju tlaka v žepu naraste tudi pretok. PM-regulator kontrolira tlak na vhodu in izhodu iz regulatorja in kadar tlak na izhodu naraste, poveča pretok. To se odraža na manjši spremembi velikosti reže. Sistem s PM-regulatorjem je štirikrat bolj tog od kapilarnega sistema.

Značilnosti PM-regulatorja:

- praktično neuničljiv in neobrabljiv, deluje brez histereze, ob praktično popolnoma elastičnem delovanju regulatorja;
- relativno neobčutljiv za onesnaženje ob uporabi dušilnih rež z velikimi pravokotnimi prečnimi razdelki ali regulatorjev z določenim samoočiščevalnim učinkom;
- odlikuje ga izvrstno dinamično delovanje zaradi minimalnih regulacijskih poti (približno 0,025 mm);
- oba tipa PM-regulatorja sta samoventilacijska, če se upošteva priporočeno mesto namestitve bloka PM-regulatorja;
- regulator zahteva malo vgradnega prostora;
- regulatorji imajo nizko težo, saj so večinoma izdelani iz aluminija;
- odporen je proti koroziji, tekočina, ki jo regulira, pride v stik le z anodiziranim aluminijem in membrano;
- v primeru nesprejemljivo visokega diferencialnega tlaka na membrano se ta prepreči s podpornimi blazinami na oblasto oblikovani površini regulatorjeve obloge, tako da se izključi možnost škode ali uničenja membrane;
- s PM-regulatorjem se lahko uporablja do 90 % tlaka črpalke v žepu.

Delovanje z različnimi viskoznostmi olja

Ker je pretok v fiksnih dušilkah PM-regulatorja vedno laminaren, je regulirano razmerje dotoka obratno sorazmerno z viskoznostjo olja. Delovanje ležajev ali vodil tako praktično ni pod vplivom temperature ali viskoznosti olja. Velikost pretoka skozi PM-regulator in posledično zahtevan pretok olja za ležaje in vodila narašča s padajočo viskoznostjo olja (in tudi z naraščajočo temperaturo olja). Zato je treba upoštevati minimalno viskoznost olja za dimenzioniranje sistema z oskrbo olja. Ta izvira iz maksimalne temperature olja upoštevajoč minimalno dovoljeno viskoznost izbranega tipa olja. Standard DIN 51519 dovoljuje toleranco vrednosti viskoznosti olja v višini $\pm 10\%$.



Slika 12. Regulatorji pretoka Bielomatik [3]

Karakteristika regulatorja

Slika 13 prikazuje krivuljo značilnosti razmerja dotoka skozi regulacijski disk serije PM-regulatorja ali stransko montiranega regulatorja, ki je odvisna od tlaka učinka p_T na regulatorju (tlak v žepu). Za primerjavo: *slika 14* prikazuje karakteristično krivuljo za kapilaro.

Kot je razvidno iz krivulje na *sliki 13*, pošilja PM-regulator več olja v žepu z visokim p_T -tlakom in manj olja v žepu z nizkim p_T -tlakom. Na podlagi takšnega delovanja se s PM-regulatorjem dosega približno 4-krat večja togost in enakovredno zmanjšanje višine reže, prav nasprotno od rešitve s kapilarami za primerjalne tehnične podatke – praktično enaka minimalna višina reže (ob maksimalni obremenitvi).

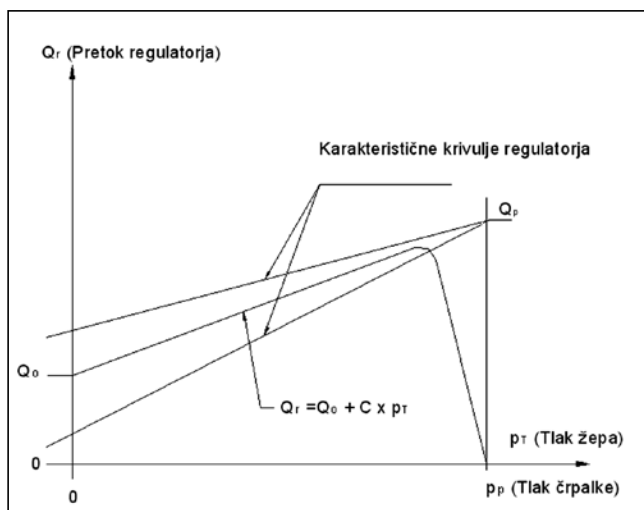
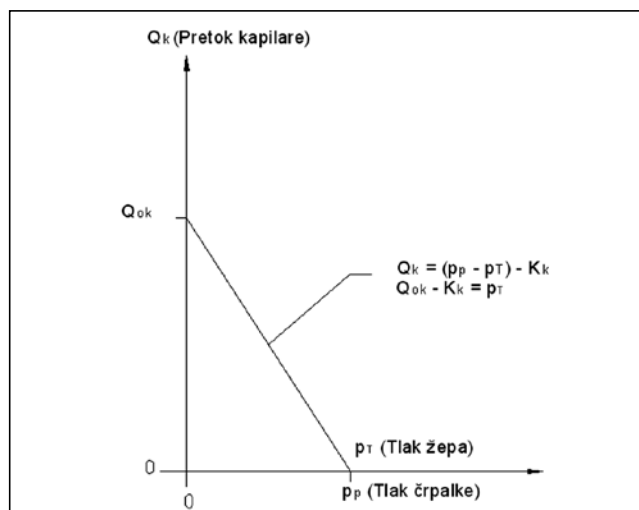
4.2 Sistemi za dovod olja

Sistem za dovod olja do regulatorjev pretoka je sestavljen iz sledečih komponent:

- črpalke,
- rezervoarja,
- tlačno omejevalnega ventila,
- tlačnih in pretočnih stikal.

4.2.1 Črpalke

Črpalke, ki se uporabljajo, so običajno zobniške ali krilne. Tlak, ki ga morajo zagotavljati, je nižji od 60 bar. Če je sistem tak, da se pretok ne spremeni

Slika 13. Krivulja Q_r-p_T za PM-regulator [2]Slika 14. Krivulja Q_k-p_T za kapilarno [2]

nja, potem se uporabljajo zobniške črpalke. Glede na to, da hidrostatični sistem deluje ves čas, ko je stroj vklopljen, je bolje vgraditi črpalko z notranjim ozobjem, ker je njeno delovanje tišje. V sistemih, kjer se pretok spreminja (kjer med obdelavo del hidrostatičnega sistema ne deluje, ker se npr. miza ali suport vpne na vodila), se uporabljajo krilne variabilne črpalke. Variabilne črpalke se uporabljajo tudi takrat, kadar ista črpalka služi tudi za delovanje hidravličnega sistema na stroju, predvsem za izvajanje funkcij stroja, ki ne potrebujejo visokega tlaka (npr. menjavanje hitrosti v predležju).

Pretok črpalke določimo glede na potrebne pretoke olja v vseh žepih, ki jih črpalka napaja. Razpoložljiv pretok mora biti višji od nazivnega pretoka žepov. Koliko višji naj bo, je odvisno od uporabljenih regulatorjev pretoka. Vrednosti za posamezne regulatorje pretoka lahko razberemo iz katalogov proizvajalcev.

4.2.2 Rezervoar

Rezervoarji za hidrostatične sisteme morajo imeti volumen 10–15-krat večji, kot je minutni pretok vseh vgrajenih črpalk. Tako velik volumen je potreben iz dveh razlogov:

- zaradi velike količine trdih delcev, ki jih olje naplavlja z delov stroja, po katerih se steka v rezervoar,
- segrevanje olja.

Rezervoar ima običajno več preka-

tov, ki omogočajo umirjanje olja v rezervoarju in sesedanje delcev na dno. V prvi prekat priteka olje s stroja, iz zadnjega pa sesajo črpalke, ker je v njem olje najbolj čisto. Zgornji pokrov naj bo izveden tako, da je moč dostopati v vsak prekat posebej.

Rezervoar je opremljen s sledečimi komponentami:

- nivojsko kazalo,
- termometer,
- nivojska stikala,
- temperaturna stikala,
- pipa za izpust olja,
- nalivek,
- zračni filter,
- lovilno korito,
- ušesa za prenašanje rezervoarja,
- čistilni pokrovi.

Nivojski stikali morata biti vsaj dve, in sicer eno za zaznavanje spodnjega in zgornjega nivoja v drugem prekatu in obvezno eno z zaznavanjem spodnjega nivoja v zadnjem prekatu, iz katerega sesajo črpalke.

Temperaturno stikalo je dobro, da je takšno, da lahko zaznava 4 nivoje temperature. Zgornja in spodnja nastavljena vrednost sta tisti, pri katerih stroj ne sme obratovati in ga krmilni sistem izklopi. Med spodnjo in zgornjo vrednostjo pa sta nastavljeni še spodnja in zgornja opozorilna vrednost. Ko doseže temperatura stroja eno izmed teh vrednosti, se na zaslonu glavnega krmilnega pulta izpiše opozorilo o previsoki oziroma pre-

nizki temperaturi olja. Lahko pa ju uporabljamo tudi za vklop in izklop hladilnega sistema.

4.2.3 Tlačnoomejevalni ventil

Tlačnoomejevalni ventil je vgrajen za omejevanje tlaka na zgornjo dopustno vrednost, pri kateri lahko sistem obratuje. Vgrajuje se v tlačni vod za napajalno črpalko. Če je črpalka variabilna s tlačnim regulatorjem, potem tlačnoomejevalni ventil ni potreben.

4.2.4 Tlačna in pretočna stikala

Za kontrolo dovoda olja do regulatorjev pretoka se uporabljajo tlačna ali pretočna stikala. Tlačna stikala so cenejša, vendar manj zanesljiva, ker preverjajo samo, ali črpalka dosega nastavljeni tlak, ni pa s tem pogojeno, da se olje tudi pretaka. Zato so boljše rešitev pretočna stikala. Oboja se vgrajujejo neposredno pred regulatorje pretoka.

4.3 Filtrirni sistemi

Pri projektiranju sistemov za filtriranje olja v hidrostatičnih sistemih moramo upoštevati posebnost, da je olje, ki se vrača po opravljeni funkciji iz stroja v rezervoar, zelo onesnaženo. Olje izteka iz žepov in prosto teče po delih stroja in pločevinastih kanalih nazaj v rezervoar. Ti deli stroja in kanali so zaščiteni s pokrovi in teleskopskimi zaščitami. Žal se te zaščite ne dajo izvesti popolnoma tesno, zato prihaja

jajo v olje prah, razni drobni delci in celo odrezki.

Za filtriranje olja se uporabljajo različni tipi filtrov:

- tlačni filtri,
- sesalni filtri,
- magnetni filtri,
- off-line filtri,
- sita in
- magnetna sita.

V praksi se uporabljajo kombinacije navedenih filtrov. Na vstopu v rezervoar je nameščeno sito, ki mora zadržati najbolj grobe delce. Ker pritoka olje prosto v rezervoar, ne moremo namestiti filtra, ki bi zahteval za pretok skozenj določeno tlačno razliko. V sito se lahko dodajo tudi magneti, ki odstranijo feromagnetne delce. Olje se nato pretaka iz prekata v prekat, pri čemer se večji trdi delci posedejo na dno. Zadnji prekat ima najvišjo steno, tako da se olje ne more prosto pretakati vanj. V zadnji prekat se olje prečrpava preko off-line filtra. Črpalka sesa olje iz predzadnjega prekata in ga preko tlačnega in magnetnega filtra črpa v zadnji prekat. Ta črpalka mora imeti večji pretok, kot je pretok vseh črpalk, ki sesajo iz zadnjega prekata. Presežek olja iz zadnjega prekata se pretaka nazaj v predzadnji prekat. Črpalka za dovod olja do regulatorjev pretoka potiska olje skozi tlačni filter. Absolutna čistoča filtriranja tlačnega filtra je odvisna od zahtev proizvajalcev sistemov za doziranje olja v žepe in od minimalne velikosti reže. Večina teh sistemov zahteva absolutno čistočo filtriranja 10 µm. Off-line filter je lahko bolj grob ali pa enak kot tlačni filter. Pri starejših sistemih se off-line filtracija ni uporabljala. Namesto tega so se vgrajevali sesalni filtri. Ti povzročajo dodaten upor na sesalni strani črpalke, kar pa neugodno vpliva na delovanje črpalk, še prav posebej pri zagonih, ko je temperatura olja nizka in posledično viskoznost visoka.

Vsi filtri morajo imeti vgrajeno električno indikacijo zamašenosti. Program za krmiljenje stroja mora biti napisan tako, da omogoči dokončanje operacije, ki se izvaja v trenutku, ko se pojavi signal zamašen filter, ne

sme pa omogočati ponovnega zagona stroja. Tlačni filter mora biti brez by-pass povezave.

Pri dimenzioniranju pretoka filtra moramo upoštevati, da mora biti nazivni pretok filtra najmanj petkrat večji od nazivnega pretoka črpalke, ki črpa olje skozi ta filter. Če izberemo premajhen filter, se nam lahko ta v primeru velike kontaminacije sistema prehitro zamaši.

4.4 Sistem za vračanje olja

Olje izteka iz žepov in prosto teče po delih stroja in pločevinastih kanalih nazaj v rezervoar. Ti deli stroja in kanali morajo biti tako oblikovani, da iztekajoče olje zbirajo in ga v celoti vračajo v rezervoar. Vodila in deli stroja ter kanali, po katerih se olja vrača v rezervoar, morajo biti ustrezno zaščiteni. Kjer se deli stroja med seboj relativno gibljejo, se uporabljajo teleskopske zaščite iz jeklene pločevine. Kjer ni nevarnosti, da bi zaščita prišla v stik z vročimi deli stroja ali odrezki, pa se lahko uporabljajo tudi mehovi iz umetnih mas. Nepremični deli stroja in kanali, po katerih se steka olje, pa se pokrivajo s pločevinastimi pokrovi. Vse zaščite morajo biti izvedene tako, da v največji možni meri preprečujejo dostop umazanije, raznih trdih delcev in odrezkov do vodil in oljnih kanalov. Vendar se te zaščite ne dajo izvesti popolnoma tesno, da v olje ne bi prihajal prah, razni drobni delci in celo odrezki. Zaradi tega je potrebno pri rednih mesečnih pregledih stroja zaščite odpreti, pregledati oljne poti in vodila ter jih po potrebi očistiti vsaj grobih delcev. Vzdrževanje čistoče oljnih poti in vodil je bistvenega pomena za življenjsko dobo vodil in celotnega hidrostatičnega sistema. Pri dobro vzdrževanem sistemu so lahko takšna vodila še po tridesetih letih obratovanja stroja popolnoma nepoškodovana in neobrabrjena.

4.5 Sistem za hlajenje olja

Olje se v hidrostatičnih sistemih zelo segreva, še posebno pri starejših sistemih doziranja olja v žepe, kjer se potrebni pretok nastavlja z dušenjem. Pa tudi pri iztekanju

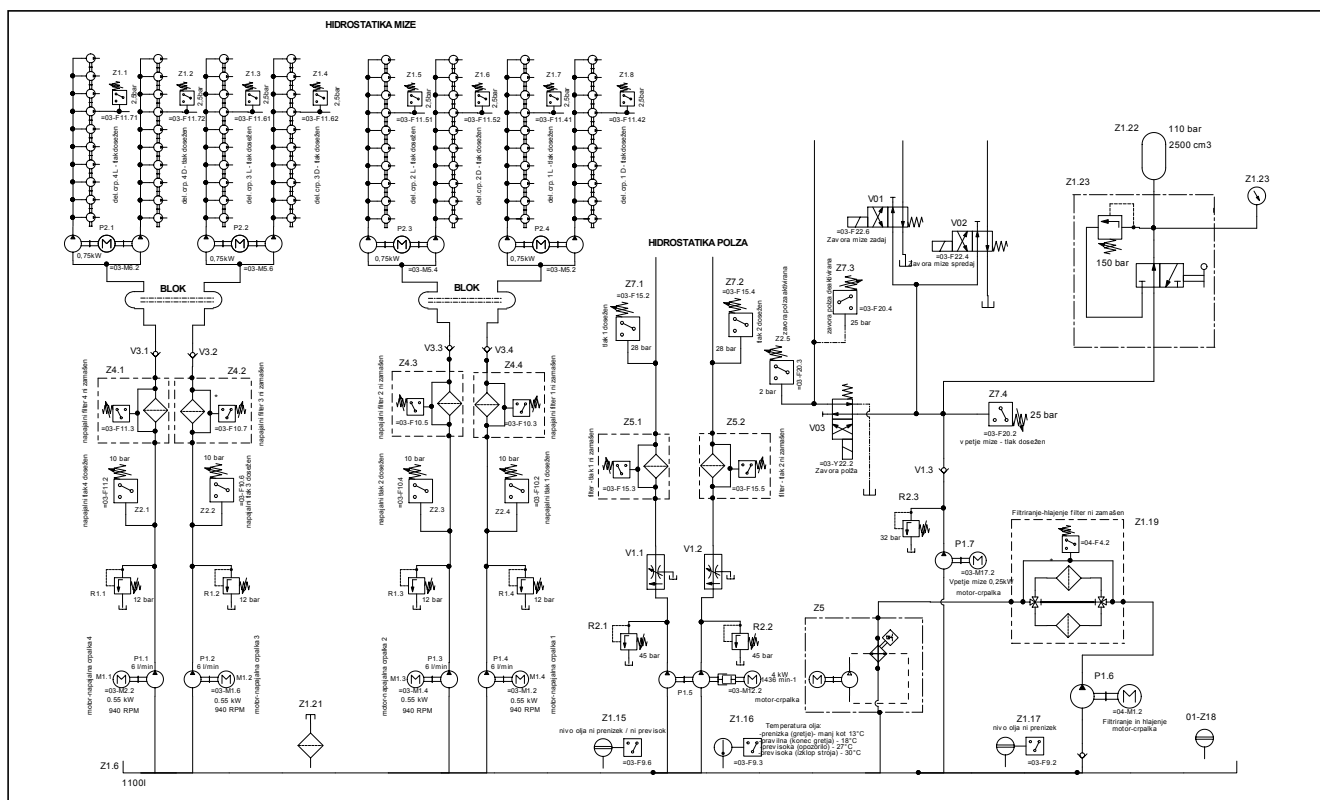
olja iz žepa upade tlak v reži s tlaka žepa na tlak okolice. Segrevanje olja praktično povzročajo vsi elementi, ki povzročajo padec tlaka, pri črpalkah pa je potrebno računati še z mehanskimi izgubami v črpalki. Praktično se moč, ki je potrebna za pogon črpalke, porabi za segrevanje olja. To isto olje pa se uporablja še za mazanje zobniških predležij, hlajenje in mazanje ležajev glavnega vretena, hlajenje stičnih ploskev vretenika in zobniškega predležja. Pri izračunu potrebne hladilne moči hladilnika olja je potrebno upoštevati še izgube, ki nastanejo v zobniških predležjih in vreteniku. Pri tem, ko se olje vrača iz žepov in predležij nazaj v rezervoar, odda precej toplote v okolico. V poletnih mesecih temperature v proizvodnih halah, kjer je nameščenih veliko strojev, neredko dosegajo 35 °C (kot zanimivost: v Ukrajini celo 40 °C), je ta odvod toplote zanemarljiv. Olje za hlajenje predležij in vretenika naj ne bi imelo več kot 10 °C nižje temperature od temperature okolice. Tako ima olje, ki izteka iz vretenika in predležij, samo kakšno stopinjo več, kot znaša temperatura okolice. Pri izračunu moči hladilnika olja je potrebno kot temperaturo okolice upoštevati najvišjo temperaturo, ki se pojavi v poletnih mesecih v objektu, kjer obratuje stroj.

Že uvodoma je zapisano, da je v prispevku poudarek na obnovi hidrostatičnih sistemov na obdelovalnih strojih. Kako se izračunajo izgube v hidravličnih sistemih, je moč najti v literaturi o projektiranju hidravličnih sistemov, izgube v zobniških predležjih pa obravnava literatura o strojnih elementih. Pri obnovi stroja pa je najbolje vgraditi hladilnik enake moči, kot jo je imel stari.

Pri hlajenju olja v hidrostatičnih sistemih se uporabljata dva načina:

- olje se lahko hladi v rezervoarju,
- hladilnik se vgradi v napajalni vod za tlačnim filtrom.

Pri prvem načinu je hladilnik olja vgrajen v tokokrog by-pass filtrirnega sistema, in sicer za tlačnim in magnetnim filtrom. Priporočljivo je, da je hladilnik varovan z varnostnim ventilom, nekateri hladilniki pa ga imajo že vgrajena.



Slika 15. Shema hidrostatičnega sistema na portalnem frezalnem stroju [6]

Drugi primer pa pride v poštev, kadar je med rezervoarjem, nameščenim v temelju stroja, in samim strojem zelo velika razdalja – dolg napajalni cevovod. V tem primeru črpalka, ki je vgrajena na rezervoarju, dovaja olje v vmesni rezervoar na stroju in v njem vzdržuje nek minimalni tlak (cca. 4 bar). Iz vmesnega rezervoarja pa sesa glavna napajalna črpalka, ki dovaja olje sistemu za doziranje olja v žepe. Iz istega rezervoarja sesata olje tudi črpalka za hlajenje in mazanje predležja ter hidravlična črpalka. Hladilnik je vgrajen na stroju pred vmesnim rezervoarjem. Črpalka, ki dovaja olje v vmesni rezervoar, mora imeti vsaj za 10 % večji pretok kot črpalke, ki sesajo iz vmesnega rezervoarja. V tem primeru temperatura olja, ki se dovaja na stroj, precej bolj niha kot v prvem primeru.

Na sliki 15 je prikazana shema hidrostatičnega sistema z vsemi zgoraj opisani podsistemi.

■ 5 Zaključek

Obnove hidrostatičnega sistema na obdelovalnem stroju se lahko lotimo na več načinov. Kateri bo pravi, je

odvisno od starosti in stanja stroja ter obstoječe dokumentacije.

Če ne gre za preveč zastarel koncept, je najbolje (gledano s tehnične in finančne plati), da ohranimo enak koncept, samo stare izrabljene elemente zamenjamo z novimi.

Če gre za zastarel koncept (npr. kapilarni sistem doziranja olja v žepe), potem se odločimo za posodobitev. Če imamo potrebno znanje, potem naredimo preračun novih elementov sami, sicer pa lahko prosimo za pomoč proizvajalca na novo predvidenega sistema. Ta bo potreboval geometrijske podatke o žepih in pa funkcionalno shemo s podatki o pretokih in tlakih na starem sistemu.

Če se preračuna sistema ne bomo lotili sami, pa je vseeno zelo koristno, da se seznanimo z osnovnimi principi delovanja hidrostatičnih vodil, njihovega preračuna in pa načina delovanja sistema, ki ga bomo vgradili, in njegovih lastnosti.

To nam bo pri zagonu in vzdrževanju stroja zelo koristilo.

Literatura

- [1] Weck, M.: Werkzeugmaschinen, Band 2; Konstruktion und Berechnung, 3. Auflage 1985; Dueseldorf; str. 154–188.
- [2] Hyprostatik – Technical Information: PM controller and jet pump with examples of application.
- [3] Bielomatik – TA 30 8209 01: Stromregelventil SCS, flanschbar.
- [4] Vogel - Technical Information: Single- and Multi-circuit Pumps.
- [5] Savić, V.: Uljna hidraulika 1 in 2; Zenica 1990.
- [6] N. N.: Dokumentacija stroja, SMM, d. o. o.

Hidravlika v vse bolj elektrificiranih letalih

2. del – Ponovno odkritje prednosti hidravlike

Darko LOVREC

Naslovi, kot je npr. Tradicionalna hidravlika in pnevmatika na letalih se postopno zamenjuje z lažjimi in učinkovitejšimi električnimi sistemi, in pa kratice kot MEA (More electric airplane – bolj električno letalo) ali AEA (All electric airplane – vseelektrično letalo) pompozno najavljajo, da se bo na letalih v bližnji bodočnosti uporabljala zgolj električna pogonska tehnika. Hidravlike naj ne bi bilo več, če pa že, pa v malem obsegu. Ali je temu res tako? Zadnje raziskave kažejo, da ne. Nekateri pomembni zaključki in spoznanja v zvezi s tem so predstavljeni v tem prispevku.

■ 1 Uvod

V zadnjem desetletju vedno aktualnejša okoljska in gospodarska vprašanja povzročajo velike pritiske na letalsko industrijo. Zahteva se razvoj okolju prijaznejših, cenejših in varnejših letal. Dva glavna proizvajalca letal Airbus in Boeing sta do pričetka finančne krize kot odziv na naraščajoči zračni transport in potrebe po prenovi postaranih zračnih flot prodala vsak okoli 1000 letal letno. Zlasti glede ozkotrupnih letal z

enojnim hodnikom, ki se uporabljajo predvsem za zračni transport na krajše razdalje, je vzpon svetovnih velesil (Kanade, Brazilije, Rusije in Kitajske) postavil proizvajalcem tovrstnih letal vedno večje izzive (zahteve). Podobno velja tudi za področje vojaških letal, zlasti za visoko zmogljiva zračna plovila brez posadke (UAV – Unmanned aerial vehicle).

Proizvajalci so iskali primerno rešitev novih izzivov (zahtev) in potreb v smeri večje (pogostejše) uporabe električne pogonske tehnike – »vseelektrično letalo«, pri katerem bi se pogonska moč prenašala izključno po električnih žicah – koncept Power-by-Wire. [1]

V tovrstne raziskave, ki so zajemale vse ravni načrtovanja letala, je bilo od leta 1990 dalje vloženi veliko naporov in sredstev. Če se omejimo samo na evropski prostor in na pogonsko opremo (predvsem gradnike – aktuatorje za krmiljenje oz. vodenje letala), je vsekakor potrebno omeniti projekta Epica (1993–1997) in Elisa (1999–

2001). Elektroenergetski sistemi za klimatiziranje prostorov, generiranje električne energije, krmarjenje leta in pristajalno podvozje so bili podrobneje raziskani v okviru projektov Power Optimized Aircraft (POA, 2001–2007, 46 udeležencev, financiranje v višini 100 M€). Kasnejše raziskave, ki so bile vezane na letalo kot celoto (mreža in integracija pogonskih sistemov), pa so potekale v okviru projekta More Open Electrical Technologies (MOET, 2006–2009, 62 udeležencev, 37 M€). Pomembne aktivnosti v smeri »bolj električnega letala« je možno zaslediti tudi na številnih namenskih delavnicah ali konferencah (glej npr. [2]–[6]). V industrijskem svetu pa je začetek tega trenda opazen na letalih Airbus A380 in Boeing 787, ki sta prvi »bolj električni letali«, namenjeni za komercialne prevoze. [7], [8]

A380 ima npr. električno gnane rezervne naprave, ki omogočajo delovanje kljub izpadu enega od treh hidravličnih krogotokov: za izvajanje funkcij primarnega in sekundarnega leta je tako v varnostnem

Doc. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Povzeto po predavanju prof. Jean-Charlesa Marea, ki je bilo izvedeno v okviru 7. mednarodne konference o fluidni tehniki (7th International Fluid Power Conference) v Aachnu marca 2010. Prof. Mare je član inštituta INSA iz Toulousea v Franciji

načinu delovanja uporabljenih 18 elektrohidrostatičnih ali elektromehaničnih elektronsko krmiljenih aktuatorjev vrste EHA (ElectroHydrostatic Actuator), EBHA (Electro Backup Hydrostatic Actuator) ali EMA (Electro-Mechanical Actuator). Kot rezervni hidravlični pogonski sistemi so v bližini aktuatorjev za zaviranje in krmiljenje letala nameščeni trije lokalni elektrohidravlični agregati LEHGS (Local ElectroHydraulic Generation System). Airbus A380 ima na krovu skupaj 817 kW hidravličnih in 910 kW električnih agregatov oz. generatorjev.



Slika 1. Aktuatorji na letalu Boeing 787 Dreamliner [7]

Boeing 787 dejansko še vedno uporablja tri konvencionalne hidravlične sisteme, pri čemer elektrohidravlične delno nadomeščajo elektromehanični aktuatorji. Vsi zavorni sistemi delujejo na električnem principu, brez uporabe zavrnega olja. Krmiljenje leta (krmilni mehanizem) je elektronsko krmiljeno po sistemu vodenja po žici (PbW – Power-by-Wire), v normalnem načinu delovanja za horizontalne aktuatorje THSA (Trim horizontal stabilizer actuator) in v rezervnem (back-up) načinu za zakrilca (flaps) in predkričla (slats). Štirje spojlerji od štirinajstih so vodeni elektromehanično in omogočajo popolnoma električen (varnostni) način. Poleg aktuatorjev je Boeing zasnoval tudi pogonski motor brez izpustov, kjer sta klimatizacija zraka in protizmrozalni sistem izvedena elektromehansko s pomočjo električno gnanih kompresorjev.

Povratne informacije, pridobljene iz različnih raziskovalnih projektov in industrijskih programov, so pokazale, da kljub določenim prednostim električnih aktuatorjev pred hidravličnimi nove potencialne rešitve za vseelektrično letalo vnašajo določene probleme, ki bi se lahko preprosto rešili z uporabo hidravlične pogonske tehnologije. Ta dejstva so predstavljena v nadaljevanju, kjer je pri-

kazan zadnji koncept razvoja letalske tehnike: na letalo je potrebno gledati kot celoto, vključno s tehnološkimi pomanjkljivostmi, neželenimi učinki med sistemi in načrtovanjem procesov in letala kot celote.

■ 2 Problematika aktuatorjev

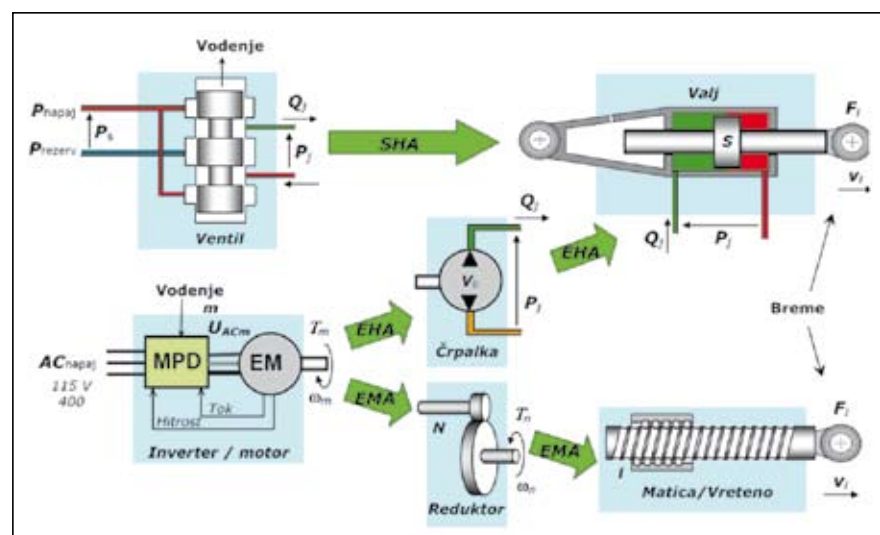
V nadaljevanju se najprej posvetimo problematiki, povezani s samimi aktuatorji – vrsta uporabljane energije in zasnova, varnost, funkcionalnost. Primer uporabe različnih virov energije in aktuatorjev na sodobnem potniškem letalu Boeing 787 prikazuje *slika 1*.

2.1 Modulacija moči

Običajna zgradba linearnih aktuatorjev, kakršni se uporabljajo v letalski tehniki, je prikazana na *sliki 2*. V hidravlični izvedbi so linearna gibanja izvedena s servohidravličnimi aktuatorji (SHA), ki delujejo na konstantni tlačni mreži, premikanje bremena

pa se opravlja z ventilsko reguliranim hidravličnim valjem. V električni izvedbi je ventilsko krmiljenje (regulacija) izvedeno kot kombinacija konstantne hidravlične črpalke, gnane s hitrostno reguliranim elektromotorjem – t. i. elektrohidrostatični aktuator (EHA). Hidravlično tekočino in njene naloge pa lahko v celoti nadomesti tudi popolnoma mehanski prenosnik, ki združuje mehanski prenosnik (reduktor) in navojno vreteno z matico – elektromehanični aktuator (EMA).

Močnostno krmiljenje električnih pogonov izkorišča prednosti visokofrekvenčnega preklapljanja sodobne močnostne elektronike ob sprejemljivi stopnji motenj, ki jih povzročajo pulzirajoče oddajanje moči. Na drugi strani pa hidravlični sistemi žal ne morejo izkoristiti prednosti visokofrekvenčnega preklopnege krmiljenja, saj močna pulzacija tlaka znatno zmanjšuje življenjsko dobo komponent zaradi utrujanja materiala.



Slika 2. Zgradba različnih prenosnikov moči [8]

Večina aktuatorjev temelji na uporabi običajnih regulacijskih ventilov, ki so napajani s konstantnim tlakom. Izvzeti so rotacijski pogoni, ki izrabljajo prednosti regulacije pretoka (npr. krmiljenje predkrilc in zakrilc na Airbusu A380).

2.1.1 Vidik funkcionalnosti

Z vidika zgolj prenosa moči omogoča električni motor skupaj s prigrajenimi komponentami izvedbo pogona, pri katerem se lahko moč aktuatorja prilagaja dejanskim potrebam brez izgube moči, ki se pojavlja zaradi načina delovanja gradnikov. V nasprotju s tem pa povzročajo ventilsko krmiljeni hidravlični pogoni večje izgube, npr. padec tlaka na ventilu. Tako je nivo napajalnega tlaka vedno višji, kot pa bi bil potreben glede na breme. Če gledamo samo omenjeni vidik, potem imajo električni pogoni očitno prednost, še zlasti, če gledamo zgolj na porabo energije.

Pri električnih pogonih, ki delujejo pri konstantni vrtilni hitrosti, so glavni vir izgub izgube zaradi prevodnosti. Glavna izguba moči je sorazmerna z elektromagnetnim navorom (kar je v neposredni povezavi z zahtevo glede obremenitvenega navora), ne glede na vrtiljaje.

S tega funkcionalnega vidika lahko zaključimo, da:

- električni pogoni porabljajo energijo v odvisnosti od izhodnega navora, ustvarjanje hitrosti pa je brez izgub;
- ventilsko regulirani hidravlični pogoni porabljajo energijo v odvisnosti od hitrosti porabnika, samo generiranje sile pa poteka brez izgub.

2.1.2 Realistični pogled

V delu [8] so bile podrobneje raziskane in predstavljene izgube energije posameznih vrst aktuatorjev, uporabljenih za krmiljenje krilc ozkotrupnega letala. Med seboj so bili primerjani aktuatorji vrste SHA, EHA in EMA (tabela 1) med dveurnim delovanjem v nazivni delovni točki. Izgube v hidravličnih ceveh so bile zanemarljive, prav tako tudi izgube zaradi trenja uležajenja krilca.

Če analiziramo rezultate, podane v tabeli 1, lahko zaključimo sledeče:

- Zaključkov, zapisanih v točki 2.1.1, ne moremo več šteti za primerne.
- Rezultati se morajo obravnavati zgolj okvirno, saj se navedene vrednosti nanašajo na različne primere aplikacij. Kot primer na-

vedimo učinkovitost EHA-aktuatorja, proizvajalec Liebherr, ki se uporablja na Airbusu A321: učinkovitost znaša v nazivni točki samo 43 %, kar je precej daleč od modelnih vrednosti.

- Ventilski način vodenja je konkurenčen v nazivni delovni točki, vendar notranje puščanje servovalventila pokvari sliko učinkovitosti za celoten (delovni) profil naloga. Druge vrste izgub se pojavljajo v enakem obsegu kot pri ostalih vrstah aktuatorjev.
- Tudi če so izgube močnostne elektronike (usmernika in inverterja) zanemarljive v nazivnih pogojih delovanja, te običajno predstavljajo 45 % vseh izgub celotnega delovnega področja aktuatorja.
- Za SHA-aktuator velja, da je poraba energije na celotnem področju delovanja ekvivalentna specifični toploti nekaj deset gramov goriva. Posledično zato poraba sama po sebi v primerjavi z ostalimi kriteriji ni glavni vidik načrtovanja pogona. Še posebej, če upoštevamo tipično zasnovo 150-sedežnega ozkotrupnega letala, kjer znaša običajna prostornina rezervoarja za gorivo 0,03 kg na premikajoči kilogram. Pri letih krajših od 100 km, povzroča večje izgube vgrajena masa aktuatorja, kot pa ga

Tabela 1. Izkoristek aktuatorja pri nazivni izhodni moči – primerjava [8]

Moč pri xx mm/s in xx kN (W)	SHA		EHA		EMA	
	delovanje	regeneracija	delovanje	regeneracija	delovanje	regeneracija
Izhodna moč	700	-700	700	-700	700	-700
Aktuator trenje	13	8	13	8		
notranje puščanje	103	129				
Črpalka trenje			164	125		
puščanje			66	62		
Kroglično vreteno trenje					162	344
Reduktor trenje					96	40
Elektromotor baker			59	18	70	5
navitje			70	41	5	54
IGBT polprevodniški			2	1	2	1
Pogonski diode polprevodniške			6	3	6	2
motor IGBT preklopni			2	1	2	1
dioda preklonje			8	0	8	0
Usmernik diode polprevodniške			8	0	8	0
Vstopna moč	1005	1031	1110	-433	1121	-252
Izkoristek	70 %	0 %	63 %	62 %	62 %	36 %



Slika 3. Aktuatorja vrste EHA proizvajalca Liebherr (levo) in Moog (sredina) ter aktuator vrste EMA – Moog (desno)

aktuator porabi za svoje delovanje. Za določitev porabe moči aktuatorja na ravni (glavnega, pogonskega) motorja je potrebno upoštevati tudi izkoristek aktuatorja in pripadajočih prenosnikov.

- Z ustrezno zasnovo aktuatorja bi lahko prilagajali moč glede na dejansko potrebo in s tem omogočili vračanje (regeneracijo) energije v primeru naraščajočega bremena. Kljub temu tabela 1 jasno prikazuje visoke izgube pri regeneraciji energije, pri čemer je regenerirana (vrnjena, povrnjena) energija zanemarljiva.

2.2 Velikost aktuatorja

Dimenzioniranje hidravličnih aktuatorjev je veliko preprostejše kot dimenzioniranje električnih. Pri aktuatorjih SHA imamo zelo malo vpliva na določanje profila in dinamike pogona, saj se izbira lahko izvede samo na nazivno točko delovanja. V nasprotju pa je dimenzioniranje električnega motorja zelo odvisno od namena uporabe, ki ga definirata vztrajnost in toplotna bilanca.

2.2.1 Vpliv vztrajnosti

V primeru aktuatorja SHA je masa gibljivih delov zanemarljiva glede na maso bremena, zato za pospeševanje potrebuje zelo nizek delež razpoložljive hidravlične energije. V primeru uporabe elektromotorja za koncept pogona EHA ali EMA je možno skupno maso pogona zmanjšati le, če se zmanjša masa elektromotorja. Ključni faktor načrtovanja pogona je tako sestavljen iz izbire motorja ob upoštevanju največje potrebne moči in razpona vrtilne hitrosti do zgornje tehnološke meje. Za običajne aktuatorje za krmarjenje letala ta znaša od 10 do 15000

vr/min. Na ta način je navor motorja minimiziran ter zahteva nižjo indukcijo in nižji tok (kar pomeni manj magnetov, manj železa in manj bakra). Posledično mora biti motor povezan z reduktorjem z visokim prestavnim razmerjem, ki na ravni bremena odraža veliko vztrajnost (vztrajnost rotorja motorja krat razmerje reduktorja na kvadrat). Ta vztrajnost je precej višja od vztrajnosti samega bremena. V primeru aktiviranja krilc 150-sedežnega ozkotrupnega letala, npr. vztrajnost krilca na aktuatorju odgovarja ekvivalentu mase 500 kg, običajni elektromotor pa vsaj 40-kratniku te vrednosti. Zato se motor ne sme dimenzionirati le glede na enakomerno hitrost v nazivni delovni točki. Potrebno je upoštevati delovni profil in k temu dodati potreben navor za doseganje dinamike prehodnih pojavov – pospešitev vrtečih se delov motorja pri prehodu iz ene v drugo delovno točko.

2.2.2 Termični vpliv

V hidravličnih aktuatorjih se energijske izgube, ki se pojavljajo zaradi trenja na krmilnih robovih v ventilu ali kot notranje puščanje, vračajo nazaj v rezervoar ali oddajajo v okolico. V nasprotju z električnim prenosom moči, kjer ni masnih tokov, pa se lahko energetske izgube v obliki toplote odvajajo le preko okoliškega zraka ali sosednjih trdnih snovi. Zato je dimenzioniranje električnih motorjev omejeno z zahtevo, da ostane motorsko navitje v varnem območju delovanja, ki preprečuje poškodbe izolacije navitja ali izgube magnetnih lastnosti. Dinamika prenosa toplote iz navitja v okolico omogoča motorju generiranje prehodnega vrtilnega momenta, ki lahko običajno doseže 2- do 3-kratno vrednost trajnega navora. Dimenzioniranje električnih motorjev mora

biti izvedeno na osnovi reprezentativnega profila obremenitve, vključno z upoštevanjem dinamike navora.

2.2.3 Specifikacija zmogljivosti električne energije

V točkah 2.2.1 in 2.2.2 je poudarjena potreba po dobrem poznavanju dejanskega profila obremenitve, če želimo ustrezno dimenzionirati popolnoma električno voden aktuator. Ta vidik je zlasti pomemben pri električnih pogonskih sistemih, ki zahtevajo prilagoditev oz. spremembo postopkov izbire, ki so bili namenjeni hidravličnim aktuatorjem: dokumenti sedaj natančno specificirajo izbiro hidravličnih komponent – po predpisih (moč, hitrost, zanesljivost); za električne aktuatorje ti predpisi ne morejo biti enaki oz. morajo biti ti dokumenti prilagojeni. Ta praksa predstavlja za proizvajalca letal dve vrsti novih težav:

- Proces načrtovanja za dobro znano tehnologijo implicitno vključuje lastnosti uporabljane tehnologije. Kot primer omenimo nazivno moč v optimalni delovni točki, določeni brez upoštevanja trajanja delovanja hidravličnega aktuatorja. Takšno poenostavljanje dejanskih razmer in neupoštevanje skritih, »parazit-skih« učinkov tehnologije vodi do napak v projektu, ki se pogosto odkrijejo (pre)pozno.
- Proizvajalci letal se pri določanju reprezentativnih profilov počutijo nemočne. Po eni strani nimajo na voljo zadosti podatkov za določanje obremenitev pri nekem reprezentativnem letu (predvsem časovni potek spreminjanja sil na aktuatorju). Po drugi strani pa se jim zdi nevarno, da takšen reprezentativni potek fiksirajo, saj

bi lahko ta v praksi pripeljal do operativnih omejitev, ki bi jih bilo težko rešiti.

2.3 Dinamično obnašanje

Na dinamiko elektromehaničnega akuatorja vpliva poleg navora in kotnega pospeška v veliki meri tudi sama vztrajnost elektromotorja. V primeru servohidravličnega akuatorja, kjer temelji princip delovanja na hidromehaniki – vzajemno delovanje tekočine in obremenitve, je v primeru elektromehanskega principa delovanja to večino časa zgolj mehanično, kjer imata vpliv vztrajnost rotorja in celovita skladnost mehanskega prenosa. Takšna različna narava dinamike akuatorja določa dinamiko pogonskega sistema in dinamiko celotnega letala (npr. od akuatorja pristajalnega podvozja do celotnega podvozja letala in s tem dinamike letala). Pri prehodu iz pogonskega koncepta SHA na EHA se povečata vztrajnost in togost sistema. Ta sprememba niti ni toliko pomembna, saj je mnogo bolj kritična dinamična togost sistema, npr. reakcija spremenljivih zunanjih sil, ki se odražajo kot posledica vztrajnosti rotorja elektromotora. Pri tem je dokaj težavno zagotoviti varovanje pogona in nosilne strukture proti preobremenitvam. V primeru hidravličnega akuatorja je takšno varovanje možno izvesti zelo enostavno: merjenje diferencialnega tlaka na obeh priključkih servohidravličnega akuatorja je zelo učinkovit ukrep za preprosto in hitro omejevanje sile. V nasprotju s tem pa je omejevanje sile veliko težje doseči pri elektromehanskem pogonu: to je zaradi prihranka teže običajno izvedeno v višjih stopnjah mehanskega reduktorja, pri čemer izkoristek reduktorja močno vpliva na razliko med vhodno in izhodno močjo. Ta vpliv je odvisen od hitrosti.

2.4 Zanesljivost

Odziv pogona v primeru okvare je odvisen od krmilne oz. pogonske funkcije. Pogon mora zadržati breme v položaju (npr. za horizontalno stabilizacijo) in pri tem premagovati pojavljajoče se sile. Kot že omenjeno, lahko to funkcijo v servohidravličnem sistemu enostavno izvedemo preko



Slika 4. Električna zavora in njena namestitvev (proizvajalec Goodrich)

obeh priključkov na akuatorju: zaprtje priključka povzroči »hidravlično zaklepanje« oz. blokiranje akuatorja, medtem ko lahko preko obtočne povezave (eventualno s prigrajenim hidravličnim uporom) izvedemo deblokiranje. V primeru elektromehanskega sistema se lahko doseže funkcija držanja bremena na nivoju elektromotorja z dograditvijo električne zavor. Za razliko od hidravlične rešitve ostaja pri tej izvedbi še vedno resno vprašanje deblokiranja akuatorja v primeru blokiranja ali zagozdenja mehanskih delov.

3 Problematika na ravni sistema in celotnega letala

Specifične lastnosti posamezne vrste akuatorja se odražajo na izvedbi in delovanju večjega sklopa in celotnega letala.

3.1 Izvedba električnega zaviranja

Na ravni sistema ali celotnega letala prinaša sprememba hidravličnega v električni princip prenosa energije velik plaz učinkov, ki bo ponazorjen na primeru električnega načina zaviranja. V nekaterih zadnjih programih so se proizvajalci letal odločili, da hidravlične zavoro nadomestijo z električnimi (slika 4). Običajne hidravlične zavoro za svoje delovanje uporabljajo dva tlačna servoventila in 10 do 12 zavornih valjev, ki so zaradi zanesljivosti razvrščeni v dve med seboj neodvisni samostojni vezji. Servoventila sta nameščena na hidravlično vezje, ki se nahaja na zgornjem delu pristajalnega podvozja. V primeru

električnih zavor pa so potrebni štirje brezkrtačni enosmerni elektromotorji, električna zavora, mehanični reduktor z zobniki s čelnim ozobjem in krogličnim vretenom. Pri tem so omenjene komponente nameščene neposredno na kolesu, močnostna elektronika (MPD) pa je v predalu podvozja. [9]

Takšna izvedba zavornega sistema ima naslednje posebnosti:

- Kot je bilo že omenjeno, povzročajo proizvajanje sile pri elektromehanskem akuatorju prevodnostne izgube, kar je v nasprotju s hidravliko, kjer je zahtevan samo konstantni tlak. Med zaviranjem mora elektromotorni pogon odvajati veliko toplote, zato ga je bilo nujno hladiti s pomočjo stisnjenega zraka, dovedenega po posebnem vodu iz centralnega pnevmatskega sistema. V tem primeru izvedbe so bile hidravlične cevi dejansko odstranjene, potrebno pa je bilo prigraditi pnevmatični razvod.
- Da bi se izognili držalnemu toku, potrebnemu za parkirno zavoro, je na vsak motor nameščena elektromagnetna izklopna zavora. Ker pa se debelina zavornih diskov spreminja s temperaturo (še posebej v času po pristanku zaradi ohlajanja), je potrebno zavorni sistem periodično aktivirati, da ostanejo kolesa zavrta. V nasprotju s tem pa pri hidravličnih zavorah to ni potrebno, saj lahko za ohranjanje konstantnega zavornega učinka uporabimo hidravlični akumulator. Ta dodatna zahteva v primeru električnega zaviranja povečuje kompleksnost na ravni letala.

- V fazi čakanja na odobritev leta pilot aktivira zavore, ki temperaturno obremenjujejo elektromotorje in pripadajočo močnostno krmilno elektroniko. Po določenem času je njihova temperatura previsoka, da bi lahko vzlet v primeru tega problema je preklon zavor v parkirni način, kar izvede pilot nekaj sekund za tem, ko se letalo zaustavi. Na ta način se je zaradi zagotavljanja varnosti povečala zapletenost izvedbe tako strojne kot programske opreme.

3.2 Integracija in proizvodnja

Spremembo načina proizvodnje električne energije in njene distribucije je potrebno oceniti na ravni letala. Na nivoju upravljanja porabe energije so električni sistemi v prednosti, saj se ni potrebno izogibati morebitnemu onesnaževanju s hidravlično tekočino zaradi puščanja. Pri distribuciji hidravlične energije običajno tudi takoj pomislimo na maso hidravličnih cevi, na maso električnih žic pa redkeje. V primeru električnih zavor je za povezavo med pogonskim električnim motorjem in zavoro, nameščeno na kolesu, za vsako pristajalno podvozje potrebno namestiti le nekaj manj kot 20 kg električnih kablov. Drug primer se nanaša na omejitve pri instalaciji. Pri uporabi hidravličnega sistema je primarna omejitev upogibni polmer cevi. Prednost hidravličnih cevi je zelo majhen vpliv na ostale različne materiale na letalu. Velika poraba električne energije na letalu zvišuje temperature električne napeljave, kar lahko sčasoma povzroči razpad (razslojitev) karbonsko ojačanih materialov. Povratni električni tokokrogi lahko izkoristijo tudi prednosti kovinske konstrukcije, ki pa mora biti zasnovana iz posebnih električnih vodnikov. In še bi lahko naštevali.

■ 4 Zaključek

Hidravlični sistemi so bili pri novih programih letalske in vesoljske tehnike zaradi svojih dobro poznanih pomanjkljivosti potisnjeni na stran. Vendar pa se je v vnehi po vseelektričnem letalu pozabilo, da

lahko opravljajo nekatere kritične funkcije na preprost, učinkovit in varen način. Na ravni porabe energije se hidravličnim aktuatorjem očita puščanje ventilov. Vendar so ti pogoni ponovno konkurenčni, kadar se koncept z ventili nadomesti z regulacijo pretoka, izvedeno z nastavljivo črpalko ali hitrostno regulirano konstantno črpalko (regulacija vrtljajev elektromotorja). Čeprav se veliko sredstev in naporov vlaga v razvoj vseelektričnega letala, pa ne smemo pozabiti, da ima tudi hidravlični prenos moči veliko prednosti in da je zato tudi na tem področju potrebno podpreti raziskave in razvoj.

Še posebej pri hibridnih aktuatorjih, kjer se prepletajo principi električnega, mehanskega in hidravličnega prenosa moči, je potrebno pretehtati vse možnosti, ki bi jih lahko prinesla takšna kombinacija različnih tehnologij kot novo rešitev. Razvoj takšnih pogonov, kot so npr. EHA-aktuatorji, je šele na začetku svojega industrijskega življenja. Zato bi jih bilo vsekakor smiselno izboljševati in pripeljati do tega, da se uporabljajo kot primarni in ne zgolj kot rezervni (EBHA) aktuatorji. Tako bi se EBHA-aktuatorji lahko uporabljali kot EHA-aktuatorji in v primeru visoke prehodne potrebe moči delovali ojačevalniki. Takšen EBMA-hidravlični aktuator z elektromehaničnim zasilnim varnostnim sistemom za primer, če hidravlika odpove, bo že nameščen na podvozje prihajajočega Airbusovega vojaškega transportnega letala A400M.

Brez dvoma lahko zatrdimo, da ta velik potencial izboljšav trpi zaradi tradicionalnih oz. zastarelih predpisov letalskih sistemov, ki ne podpirajo globalno optimiranih interaktivnih sistemov sodobnih letal.

Literatura

- [1] Lovrec, D.: Hidravlika na vse bolj elektrificiranih letalih. Del 1, koncept Fly-by-Wire in hidravlika. *Ventil (Ljublj.)*, okt. 2009, letn. 15, št. 5, str. 458–461.
- [2] N. N.: More electric aircraft forum, 8–11 september 2009, Palacio de Congresos Barcelona, Spain.

- [3] Butterworth-Hayes, P.: All-electric aircraft research speeds up; *Aerospace America*, januar 2009, str. 4–7.
- [4] Faleiro, L.: Beyond the More Electric Aircraft; *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, Aerospace America, september 2005, str. 35–40.
- [5] Vrable, Daniel L., Yerkes, Kirk L.: A Thermal Management Concept for More Electric Aircraft Power System Applications, *SAE Technical Paper Series 981289*, 1998.
- [6] Takahashi, N. et al.: Development of prototype electro-hydrostatic actuator for landing gear extension and retraction system; *Proceedings of the 7th JFPS International Symposium on Fluid Power*, TOYAMA 2008, September 15–18, 2008.
- [7] N. N.: World leader in flight control systems and critical control applications, Moog, katalog 500-174 0708.
- [8] Mare, J.-C.: Towards More Electric Drives for Embedded Applications: (Re)discovering the Advantages of Hydraulics, *7th International Fluid Power Conference*, Zbornik prispevkov, Vol. 4, str. 75–86, Aachen 2010.
- [9] François, P.: Braking: The electrical revolution, *Safran magazine*, junij 2007.

Znanstvene in strokovne prireditve

Fluid Power Conference & Expo – Konferenca in razstava o fluidni tehniki (okvir permanentnega izobraževanja)

25.–26. 10. 2011
Cleveland, OH, USA

Informacije:

- kontaktna oseba: Adrian Marhefka
- e-pošta: adrian.marhefka@penton.com
- internet: www.fluidpowerexpo.com

Ventil FESTO MS6-SV za mehki start in odzračevanje

Nov 3/2 elektropnevmatični ventil FESTO MS6-SV predstavlja krmilno enoto, ki zagotavlja največjo mogočo varnost za ljudi in stroje. Omogoča mehki start in v primeru kritične nevarnosti hitro in zanesljivo zaustavljanje naprave ali stroja. Sočasno s tem pa s svojo visoko zanesljivostjo delovanja omogoča tudi najvišjo mogočo razpoložljivost naprav ali strojev.

Največjo varnost zagotavlja s svojim mehkim startom in hitrim odzračevanjem: s tokom odzračevanja (med priključkoma P2 in P3) okoli 6.000 L/min., kar je približno 1,5-kratna vrednost standardne izvedbe ventila. Poleg tega ima vgrajen neprekinjeno delujoč monitoring, tradicionalno stikalo vključenosti ter integrirano funkcijo delovanja v odvisnosti od porasta tlaka.

Ventil MS6-SV je sicer zasnovan kot prilagodljiva enota, majhnih izmer in primeren za samostojno vgradnjo ali integriranje v ustrezne MS-module,



med drugimi tudi za enotno povezavo s skupino za pripravo zraka (filter-regulator-naoljevalnik) ali podobno večnamensko enoto.

Glede varnosti ventil povsem ustreza BG-certifikatu v skladu s standardom DIN EN ISO 13849-1, kategorija: 4, stopnja zmogljivosti: e.

Osnovni tehnični podatki:

- tip ventila: MS6-SV
- imenska velikost: 62 mm
- delovni tlak: 3,5...10 bar
- funkcionalnost: 3/2 elektromagnetni ventil z mehkim startom
- imenski tok: P1→P2: 4 300 L/min
- imenski tok: P2→P3: 6 000 L/min
- priključka P1 in P2: G 1/2" (NPT 1/2-14)
- priključek P3: G 1" (NPT 1")
- el. napajanje: 24 V
- el. zaščita: IP 65
- certifikat: DIN EN ISO 13849-1, kat. 4, stopnja e

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



STÄUBLI

ROBOTICS 

MAN AND MACHINE
www.staubli.com

DOMEL®

Ustvarjamo gibanje

zastopstvo in prodaja robotov Staubli

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

Nudimo široko paleto robotov **STÄUBLI**, ki vam omogočajo:

- zanesljivost
- natančnost
- hitrost
- kompaktnost
- vsa instalacija in pogoni so v notranjosti robota, ni možnosti poškodb, večja gibljivost

Gibki cevododi za klimatske naprave

Novost v prodajnem programu podjetja HIDEX predstavljajo gibki cevododi za klimatske naprave *Frigostar*, ki se odlikujejo po odlični vzdržljivosti in odpornosti na ekstremne temperature. Uporabljajo se predvsem v osebnih in tovornih vozilih. Cevi *Frigostar* presegajo standard SAE J2064 Type B Class I in so primerne za uporabo s hladilnimi mediji, kot so R134a, R404A, R407C. Odporne so tudi na večino kompresorskih olj, kot so PAG, POE in druga mineralna olja.

Cevi iz sintetične gume CSM so ojačane s spiralnim ovojem iz jeklene žice. Izdelane so v pre-



merih od 5 do 35 mm in vzdržijo delovne tlake do 35 barov. Do porušitve cevi pride šele nad 150 bari. Njihove fizikalne lastnosti so nespremenjene v širokem temperaturnem območju med $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Za vse premere cevi so na voljo tudi kompatibilni priključki za klimatske naprave, skupaj s polnilnimi priključki za dovajanje hladilnih medijev v sisteme.

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

INTRONIKA

Mednarodni strokovni sejem
za industrijsko in profesionalno
elektroniko

International Trade Fair
for industrial and professional
electronic

26. - 28. 01. 2011

Slovenija, www.intronika.si

LE-TEHNIKA
VSE ZA HIDRAVLIKO
IN PNEVMATIKO

ODGONI ZA KAMIONE

LE-TEHNIKA d.o.o.
Šuceva 27, KRANJ
tel.: 04 20 20 200, 041 660 454
faks: 04 204 21 22

NOVO MESTO tel.: 041 785 798
MARIBOR tel.: 02 300 64 70
041 774 688

<http://www.le-tehnika.si>
e-mail: hydraulic@le-tehnika.si

Novi Sickovi pogonski sistemi s povratno zvezo in votlo pogonsko gredjo SinCos® SEK 90/SEK160

Firma SICK predstavlja novo družino pogonskih sistemov s povratno zvezo in votlo pogonsko gredjo pod imenom »The new hollow-shaft Motor Feedback Systems« z oznakami SinCos® SEK 90/SEK 160, ki so zasnovani brez ležajev ter grajeni kompaktno in robustno. Primerni so za direktne pogone v robustnih izvedbah »turn & play« z uporabo vmesnika HIPERFACE®.

Smeri razvoja jasno kažejo, da prihodnost pripada kompaktnim in robustnim pogonom brez ležajev. S pogonskimi sistemi s povratno zvezo in votlo pogonsko gredjo SEK 90/SEK 160 SICK/STEGMAN konsistentno uresničuje idejo neposrednega pogona. Novi sistemi SEK 90/SEK 160 so celovito prirejeni za prigradnjo na pogonske gredi.

Brez obrabe, brez segrevanja

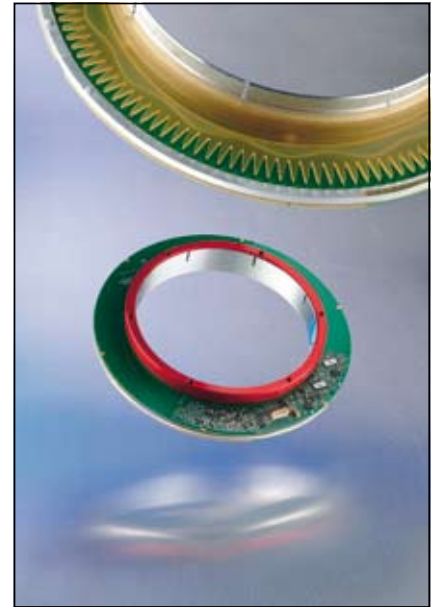
Poenostavljena, kompaktna zgradba omogoča delovanje brez obrabe in tako zmanjša stroške vzdrževanja. Ker se ležaji sploh ne uporabljajo, je segrevanje drastično zmanjšano.

Hitro in natančno

Zahvaljujoč pogonskim sistemom družine SEK 90/SEK 160, direktne pogone nove generacije odlikujeta visoka natančnost pozicioniranja in odlična dinamika – nastavljena pozicija se doseže hitro in natančno.

»Turn & play« – za enostavno vgradnjo brez orodij

Prednost hitre vgradnje je že vključena. Za zagon SEK 90/SEK 160 ne potrebujete nobenih šablon niti posebnih orodij. Enostavno: name-



sti in zasukaj, in že deluje: »turn & play«!

Različne velikosti, različna področja uporabe

Značilni so primeri uporabe pri pogonih strojev za brizganje plastičnih mas, v pakirni in avtomobilski industriji, v industriji hrane in pijač ipd. Izdelovalcem motorjev z notranjim zgorevanjem, ki uporabljajo vmesnike HIPERFACE®, družina pogonskih sistemov SEK 90/SEK 160 omogoča nove možnosti konstrukcijskih rešitev in uporabe votlih pogonskih gredi. Trenutno so že na voljo enote s premerom od 50 do 110 mm, dodatni premeri pa so tudi že v pripravi.

Dodatne informacije na spletnem naslovu: www.mysick.com/products

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

VERIFLON

PREDELAVA FLUORIRANIH POLIMEROV

- Predelava PTFE
- Izdelava elementov za transport agresivnih medijev
- Kroglasti ventili zaščiteni s PTFE, FEP, PFA
- Loputasti ventili zaščiteni s PTFE, FEP, PFA
- Gumiranje procesne opreme s trdo ali mehko gumo



Odstranjevanje vode iz industrijskih olj

Boris VODOPIVEC

■ 1 Voda v olju in njen vpliv na strojne komponente

Olje se lahko kontaminira z vodo iz različnih virov. Voda najpogosteje prihaja v olja, ki so večinoma higroskopična, iz okoliškega zraka, ki vsebuje vlago, iz slabo zatesnenih izmenjevalcev toplote »voda-olje« ali iz ostankov čistilnih posegov v sistemu.

Voda je lahko nahaja v olju v treh različnih fazah: raztopljena, emulgirana ali prosta. Najpogosteje je v raztopljeni fazi (*slika 1a*), torej v obliki prostih molekul. Hidravlična in turbinska olja lahko zadržijo med 200 do 600 molekul vode na milijon molekul olja (ppm) oz. od 0,02 do 0,06 volumskega odstotka olja (vol. %).

Koliko vode lahko olje veže nase, ne da bi voda dosegla nasičenost in se pričela zbirati kot prosto stoječa, je odvisno od temperature, zračnega tlaka in tudi od kemične sestave aditivov v olju. S staranjem olja se lahko mejna vrednost nasičene vode v olju dvigne tudi do 4-krat v primerjavi z novim oljem. Mejna nasičenost je pri večini olj in pri normalnih pogojih delovanja 0,1 vol. % oz. 1000 ppm. Nad to koncentracijo se začnejo vodne molekule združevati v majhne kapljice, pri čemer nastane emulzija vode in olja. Olje v tem primeru postane motno in pridobiva bel barvni odtenek (*slika 1b*).

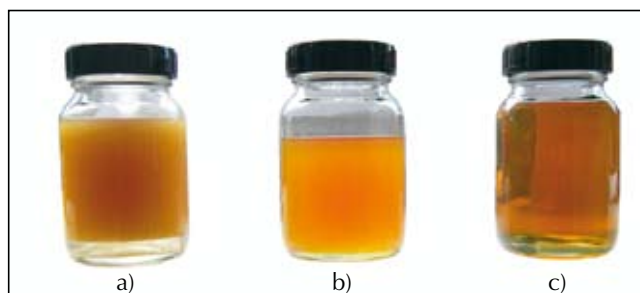
Z nadaljnjim dodajanjem vode pride

Boris Vodopivec, HIDEX, d. o. o.,
Novo Mesto

do popolne ločitve vode in olja. V tem primeru se pri nekaterih mineralnih in nekaterih sintetičnih oljih, katerih specifična teža je manjša od specifične teže vode, se pod oljem prične nabirati voda (*slika 1c*).

Največ težav seveda povzročata emulgirana in prosto stoječa voda v olju. Relativno visoka nestisljivost vode v primerjavi z oljem zavira nastajanje tankih oljnih filmov, ki varujejo gibljive dele pred obrabo. S tem procesom prisotnost vode povečuje obrabo gibljivih strojnih delov s trenjem. Že 1 % vode v olju skrajša življenjsko dobo ležajev za več kot 90 %. Pri visokih tlakih v ležajih pa lahko pride tudi do razpada molekul vode na ione kisika in vodika. Ker se slednji lahko vežejo na površine ležajev in posledično povečajo krhkost materiala. Ko pride do razpoka na površini ležaja, se proces le še pospeši z reagiranjem aditivov v olju z nezaščiteno kovino v ležaju. Zoporedje teh dogodkov poteka tako vedno hitreje in odpoved strojnih delov je neizogibna.

Visoke temperature v olju skupaj z vodo uničujejo tudi oljne aditive za antioksidacijo in vodijo h koroziji, in obenem uničujejo tudi aditive proti penjenju, detergente in emulzifikatorje. Aditive, ki vsebujejo žveplo in fosfor, voda v teh procesih spreminja v žveplovino in fosforno kislino. Eden izmed plivov prisotnosti vode v olju



Slika 1. Primeri kontaminacije olja z vodo: a) olje s podnasičeno prisotnostjo vode, b) delno nasičeno olje z vodo, c) popolnoma nasičeno olje z vodo – na dnu je vidna prosto stoječa voda.

je tudi zniževanje površinske napetosti olja, kar zmanjšuje kapaciteto absorpcije plinov iz zraka in tako pripomore k nastanku penjenja olja. Posledica tega je omejeno tvorjenje oljnih filmov, povečuje se gretje olja in ob prisotnosti zračnih mehurčkov se inducirajo oksidacijski procesi v olju, še posebej v prisotnosti katalitskih kovin, kot so baker, svinec in kositer, kavitacija, pri višjih temperaturah in tlakih, je zato neizogibna.

Zaradi svoje izrazito polarne molekule se voda veže tudi na druge polarne nečistoče v olju. Vezava vode in polarnih oksidov, neaktivnih aditivov, mehanskih nečistoč in ogljikovodikovih molekulskih verig povzroča nastanek dodatne emulzije v olju. Ta amorfná suspenzija pa seveda povzroča težave v pretoku in nenazadnje tudi zapolni morebitne oljne filtre. Ob nizkih temperaturah, pod lediščem vode, je dodatna težava tudi tvorjenje ledenih kristalov, ki prav tako vplivajo na pretok olja.

Ob ugodnih pogojih prisotnost vode v olju omogoča tudi nastanek mikrobiološke kontaminacije. Ščasoma se zato lahko v oljnih rezervoarjih

voarjih tvorijo suspenzije biomase, ki prav tako zapolnijo filtre in s tem onemogočajo pretok olja. Prisotnost biomase praviloma vodi tudi k pospešenim korozijskim procesom.

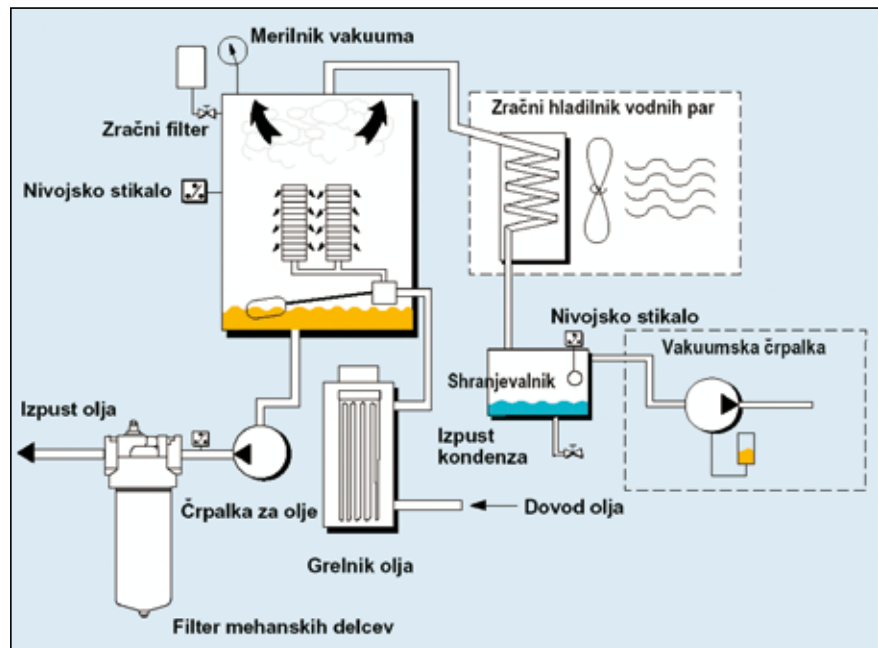
Ker sta torej prosto stoječa in emulgirana voda v olju vir največjih poškodb, je cilj vzdrževalcev, da zadržijo nivo vode v olju pod točko nasičenja, torej vsaj med 100 do 500 ppm. Seveda pa je vsaka količina vode v olju škodljiva in jo je potrebno vseskozi odstranjevati, bodisi z zamenljivimi filtri, ki nase vežejo vodo, bodisi z namenski napravami, ki odstranjujejo vodo z vakuumskim uparjanjem oz. centrifugalnim postopkom izločanja vode.

■ 2 Vakuumsko odstranjevanje vode iz olja

Med najbolj uporabljanimi napravami za izločanje vode iz olj so t. i. vakuumski uparjevalniki vode. Prenosne izvedbe tovrstnih naprav so še posebno primerne, saj so stroški ob uporabi ene same naprave na različnih mestih občutno manjši v primerjavi s stacionarnimi sistemi. Obenem tovrstni sistemi največkrat opravljajo tudi dodatno funkcijo filtracije mehanskih delcev.

Ker se olja večinoma onesnažijo z vodo in mehanskimi delci, redno filtriranje podaljša delovno dobo olja v povprečju tudi do 5-krat. Onesnažena industrijska olja uporabniki nemalokrat zavržejo kot neuporabna, vendar pa lahko olja, ki še niso kemično razgrajena, temveč le onesnažena s prisotnostjo vode in trdnih delcev, ponovno usposobimo za uporabo. Posledica takšnega vzdrževanja olja so nižji obratovalni stroški za uporabnike in čistejše okolje.

Za prosto stoječo vodo v olju se lahko uporabljajo centrifugalne filtrirne naprave, ki izkoriščajo dejstvo, da ima voda večjo specifično težo od večine olj in jo je zato moč izločiti s hitro centrifugo, kjer se na obodu izločajo težji mehanski delci in prosta voda; žal ponekod tudi koristni aditivi v olju. Omejitev tovrstnih naprav je, da slabo izločajo emulgirano vodo v olju. V



Slika 2. Shema najpogosteje uporabljane rešitve za vakuumsko odstranjevanje vode iz olj. Vir: Parker-Hannifin

ta namen se uporabljajo drugačne vrste naprav, t. i. vakuumski uparjevalniki vode, ki temeljijo na tem, da voda, ki sicer izpareva pri okoli 100 °C pri normalnem zračnem tlaku, izpareva tudi pri nižjih temperaturah – ob seveda nižjem zračnem tlaku. Vakuumski uparjevalniki vode zato segrevajo olje do temperature med 60 in 90 °C. V vakuumski komori, kjer so disperzivni filtrirni elementi za olja, se ustvarja tanek oljni film z veliko aktivno površino, ki omogoča, da voda v olju izpareva v tok zraka, ki se vpihuje v vakuumsko komoro preko higroskopičnega zračnega filtra. Pridobljena mešanica vlažnega zraka se potem ohlaja in kondenzirane vodne pare se izločijo skozi zbiralnik kondenzata. Običajno tovrstne naprave tudi še dodatno filtrirajo očiščeno olje za mehanske delce. Primer najpogosteje uporabljane zasnove tovrstnih naprav je prikazan na sliki 2.

Razen za učinkovito znižanje vrelišča vode se vakuum v tovrstnih napravah uporablja tudi za to, da povleče olje iz pomožnega rezervoarja v napravi v vakuumsko komoro. Po vakuumski ekstrakciji se olje vrne v sistem skozi oljno črpalko, ki potiska olje skozi filter za mehanske delce nazaj v sistem. Običajno ti filtri zadržijo mehanske delce nad velikostjo med 1 in 20

µm.

Hitrost izločanja vode iz olja je sicer odvisna od temperature olja, stopnje vakuum, vsebnosti vode v olju, prisotnosti aditivov v olju in pretoka olja skozi vakuumski uparjevalnik.

■ 3 FilterTech – mobilne naprave za filtracijo, analizo in odstranjevanje vode ter raztopljenih plinov iz industrijskih olj

Mobilna naprava FilterTech (slika 3) odstranjuje vodo iz olj (vakuumski uparjevalnik) in filtrira mehanske delce (mikronski filter), istočasno pa opravlja tudi analizo olj z laserskim števcem mehanskih delcev ter meri delež vode v olju z dielektričnim merilnikom susceptibilnosti. Oba analiza sistema posredujejo podatke o doseženi čistoti olja integriranemu računalniku v napravi, ki na podlagi ostalih merilnih podatkov o temperaturi olja, tlaku v sistemu in količini filtriranega olja samostojno krmili delovanje oljne črpalke in vakuumskega uparjevalnika ter s tem zmanjšuje porabo energije in prispeva k optimalni kakovosti filtracije. V primeru dokončanja filtriranega procesa ali zaznave preseganja ene od merjenih količin zunaj vnaprej nastavljenih operativnih meja, naprava preko GSP/GPRS-signala mobilne telefonije posreduje ta podatek opera-



Slika 3. Naprava FilterTech »HM/GSM-GPRS 40« proizvajalca Hidex, d. o. o.

terju naprave, ki lahko izvede ponastavitve naprave na daljavo oz. se odloči za fizični pregled stanja. Tovrstne naprave zato pomembno skrajšujejo čas vzdrževalnih posegov v industriji in posledično s tem povečujejo izkoristek proizvodnje.

Trenutno naprave FilterTech omogočajo filtriranje in vakuumsko ekstrakcijo vode za olja do viskoznosti 460 cSt (2150 sus). S priklopi velikosti 1" in 20-mikronskimi filtri za mehanske nečistoče v olju lahko naprava opravlja ekstrakcijo vode iz olja s pretokom 38 litrov/min ob vakuumu

–85 kPa. Masa celotna naprave je 620 kg.

Z omenjenimi uporabniškimi rešitvami sta uporabnost in univerzalnost tovrstnih naprav veliko večji kot v primerljivih filtrirnih napravah, ki so trenutno na trgu. Slednje povečini zahtevajo vsaj občasno prisotnost operaterjev, obenem pa nimajo možnosti opravljanja vseh naštetih funkcij filtriranja, analiziranja ter trenutne računske obdelave meritev. Za podobne rezultate zato potrebujejo podjetja več operaterjev in več ločenih naprav, ki ne omogočajo sa-

mostojnega (avtomatiziranega) in povezanega odločanja glede načina postopka filtracije in ravnanja z oljem.

Uporaba naprav FilterTech, ki so energetske izjemno učinkovite, ima tudi pozitivne posledice na okolje, saj znatno zmanjšuje količino odpadnih industrijskih olj, izpadne čase proizvodnje ter prispeva k hitremu preventivnemu ukrepanju v primeru zaznanih onesnaženj olj z rezultati analiz. Primerne so predvsem za večje industrijske uporabnike mazalnih olj, v shranjevalnikih olj in električnih transformatorskih sistemih.

■ 4 Sklep

Voda je, takoj za mehanskimi delci, najpogostejši onesnaževalec industrijskih olj. Vdor vode v olja, četudi v izredno majhnih količinah, lahko privede do kaskadne verige povezanih dogodkov, ki potekajo vedno hitreje in ki praviloma vodijo do predčasne odpovedi strojnih komponent v sistemu. Zmanjšanje količine vode v industrijskih oljih je mogoče doseči z različnimi tehnikami odstranjevanja. Eno izmed tehnično bolj dovršenih rešitev predstavljajo mobilne naprave FilterTech, ki omogočajo poleg običajne filtracije mehanskih nečistoč, vakuumске ekstrakcije vode in raztopljenih plinov iz olja tudi trenutno analizo stanja olj (ISO 4406, ASTM D1744).

Družino mobilnih filtrirnih naprav FilterTech so razvili v podjetju Hidex ob pomoči raziskovalnih skupin s Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani ter Instituta »Jožef Stefan«. Skupni razvoj je finančno podprlo Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo. Mobilne naprave FilterTech so sicer osnovane na komercialno dobavljivih, vgradnih elementih uveljavljenih proizvajalcev Parker-Hannifin in Internormen. Na ta način je bila presežena pomanjkljivost maloserijske proizvodnje, visoka dodana vrednost pa je dosežena z vključitvijo do sedaj na trgu nepoznanih funkcij v napravo. ■

Konec recesije?

Za nekatere evropske države se čas recesije končuje. Nepremičninski trg se je sesul in gradbeništvo je izgubilo vlogo pokazatelja in zagonskega motorja konjunktura. To vlogo je prevzelo strojništvo. Tam, kjer je strojništvo dobro razvito, je dela na pretek.

Vzrok za recesijo je bila finančna kriza ameriških in evropskih bank, ki so vlagale v prenapihnen nepremičninski trg. Naše banke pa so dajale posojila brez jamstva – na lepe oči. Če bi naša največja banka prodala pridobljeno premoženje, bi imela denar za vlaganje v gospodarstvo, kar je vloga banke. Verjetno pa lastniki pričakujejo večji vpliv in zaslužek, če tega ne storijo. Tako se gospodarska kriza pri nas vedno bolj bohota, med tem ko se v drugih državah omejuje na gradbeništvo in nepremičnine. Kitajska, katere banke niso bile vpletene v nepremičninske špekulacije ameriških in evropskih bank, doma ni čutila krize. Razvija se z neverjetno hitrostjo. V njihov razvoj so vključene vse gospodarske panoge. V vsaki veji razvoja in proizvodnje pa so potrebni stroji. Da je proizvodnja uspešna, morajo biti stroji dobri. Zato Kitajci kupujejo najboljše in seveda tudi najdražje stroje. Gotovo bodo tega ali onega tudi kopirali in ponaredek za nizko ceno prodali nazaj v Evropo, saj je tukaj dovolj kupcev, ki jih zanima samo cena.

Nemčija kot največja izvoznica strojev trenutno proda 70 % svojega celotnega izvoza na Kitajsko. Če bi Slovenija v preteklosti ohranila več strojne industrije, bi nam bilo danes lažje. V Nemčiji manjka delavcev strojne stroke. Podjetja imajo 30.000 nezasedenih učnih mest. Vajeništvo je, drugače kot pri nas, aktualno in nujno, saj le tako lahko stari mački svoje izkušnje in spretnostne »finte« prenesejo na novo generacijo. Vzpon

nemške industrije čutijo že tudi tista slovenska podjetja, ki so pred finančno krizo za Nemčijo izdelovala zanesljive izdelke. Na žalost imamo danes v Sloveniji le še drobce in nekaj večjih kosov nekdanjega strojništva. 20 let po osamosvojitvi ni znakov za ponovno oživetev in razvoj te za gospodarstvo tako pomembne stroke. O razvoju se sicer veliko govori, vendar nihče ne pove, kaj to pomeni in kakšen razvoj je mišljen. Oživetev strojništva bi morala biti del tega programa. Tehniko smo v zadnjih letih preveč zanemarili. Avtomobilska industrija je del strojništva in če se ozrem po svetu, so od dela bogate le tiste države, ki izdelujejo avtomobile ali njihove komponente in stroje, ki so potrebni za njihovo izdelavo.

Pri nas ločujemo častne in nečastne poklice. Nečastna dela opravljajo delavci z onstran jugovzhodne meje. V zadnjih dveh desetletjih se sem vedno bolj prištevajo tudi strojniki. Posebno srednji in nižji strojni kader, ki je najbolj odgovoren za izvedbo in kvaliteto. Zato se za ta poklic le redko odloči kak bolj nadarjen učenec in na žalost manjka študentov tudi na strojni fakulteti. V podjetjih inženirji nimajo svojemu znanju in delu primerne statusa. Njihovo delo je strogo omejeno na trenutno nalogo in običajno ne dobijo možnosti za soodločanje pri izbiri in nabavi materialov in komponent za izdelani projekt. Njihovo delovno mesto je CAD-zaslon in mnogi le redko obiščejo strokovne sejme v tujini. Vse pomembne odločitve so v rokah ekonomistov, ki na račun kvalitete dosejajo nizke nabavne cene potrebnih materialov in s tem slabšajo kvaliteto izdelka. Imajo pa višje plače in tako ni čudno, da je v predavalnicah ekonomije premalo sedežev.

Srednji kader je teoretično dobro podkovan, tako imenovane strokovne »finte« pa poznajo le redki – med njimi tisti, katerih oče ima strojno obrt ali podjetje. Kdor ni pilil, žagal, vrtal, ročno rezal navojeve, upogibal, brusil in oblikoval kovine, ne more

imeti občutka za material. To je v strojništvu prav tako pomembno kot pri obdelavi lesa. Bodoči strojniki mora tudi spoznati, kako pomembno je za kvaliteto in ceno izdelka pravilno vzdrževanje orodja in stroja, na katerem obdeluje material. To znanje pa lahko pridobi le v proizvodnji kot učenec ali vajenec, kot se je temu včasih reklo.

Skoraj vse, kar nas obdaja v našem tehnološkem svetu, razen živih bitij, so nekje izdelali stroji. Celotno umetniki za svoje stvaritve uporabljajo stroje, prav tako kot pisci romanov ali filmski igralci. Da se ustvarijo vsi ti stroji, od bagerja za izkop hiše do magnetnoresonančnega tomografa za medicino, se mora tehnikom prikazati prenekatera ustvarjalna muza. Čas je, da ti poklici tudi pri nas ponovno dobijo svoje mesto – družbeno in finančno. Če ne bomo proizvajali, tudi prodajati ne bo kaj. Da bi pa Slovenci živeli od prekupčevanja kot nekoč Benečani in Arabci – za to smo prepozni.

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

manipulcija
in transport,
komponente,
razvoj in
izvedba

INOTEH
A BIBUS GROUP COMPANY

INOTEH d.o.o. K železnici 7
2345 Bistrica ob Dravi
www.inotech.si

VENTIL
REVUIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

Nove knjige

[1] Anaya-Lara, O., Jenkins, N., Ekanayake, J., Cartwright, Ph. and Hughes, M.: **Wind Generation: Modeling and Control** – Vsak inženir, ki je opazil pospeševanje in pojemanje hitrosti vetrne turbine, bo razumel, da gre za veliko bolj živahno dinamiko kot pri konvencionalnem sinhronem generatorju. Spremenljiv izhod problematizira povezovanje njene moči z obstoječim električnim omrežjem. Zaradi njene majhnosti je bolj primerna uporaba pretvorniškega generiranja energije kot pa konvencionalnega sinhronnega generatorja. Zato morajo biti vetrnice opremljene s sodobnim sofisticiranim elektronskim krmiljem. – *Zal.:* John Wiley & Sons Inc., 111 River St., Hoboken, NJ07030, USA; 2009; *ISBN:* 987-0-470-71433-1; *obseg:* 288 strani; *cena:* 80,00 USD.

[2] Joslin, R. D., Miller, D. N.: **Fundamentals and Applications of Modern Flow Control** – Delo izčrpno obravnava vodenje tokov fluidov – od osnov, terminologije, teorije, splošnih načel do sodobnih aplikacij, kot so turbinski stroji, aeroakustika, letalska tehnika ipd. Uporabljene so številne vizualne ilustracije in izčrpna matematična izvajanja. – *Zal.:* American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA 20191, USA; 2009; *ISBN:* 987-1-56347-983-0; *obseg:* 521 strani; *cena:* 104,95 USD.

[3] Palanque, Ph., Vanderdonckt, J. and Wincler, M. (ur.): **Human Error, Safety and Systems Development** – Knjiga je zbornik prispevkov s konference HESSD 2009, ki jo je sponzorirala Delovna skupina o človeških napakah,

varnosti in razvoju sistemov pri Mednarodni federaciji za procesiranje informacij. Konferenca je bila v Bruslju septembra 2009. Po trditvah avtorjev se je število industrijskih nesreč v zadnjih tridesetih letih pomembno zmanjšalo. Še vedno pa je veliko število kritičnih vprašanj varnosti nerešenih. Knjiga obsega devet prispevkov, ki so združeni v tri osnovne tematike: človeški faktor in sistemi varovanja zdravja, pilotsko obnašanje sistemov in ergonomika ter kritični faktorji varnosti. Vključen pa je tudi poseben prispevek o novih zahtevah modeliranja uspešnosti in slabosti kompleksnih transportnih sistemov. – *Zal.:* Springer, 233 Spring St, New York, NY 10013-1578, USA; 2010; *ISBN:* 978-3-642-11749-7; *obseg:* 732 strani; *cena:* 94,00 USD.

Nova revija

GET – Green Energy Technology
– Šele z inovativno tehnologijo se dajo rešiti naši problemi energije. Konstrukterji in razvijalci potrebujejo znanja o sestavinah, sistemih in njihovi uporabi, če hočejo snovati izdelke in naprave za obnovljive vrste energije, kot so:

- sončna energija,
- energija vetra,
- energija vode,
- geotermalna energija,
- nove vrste goriv in drugih materialov in za to
- potrebne infrastrukture.

Pričela je izhajati nova strokovna revija »**get** – komponente, sistemi in

koncepti« za pridobivanje obnovljive energije! Prvo leto brezplačna! – *Zal.:* Verlag Moderne Industrie GmbH, Justus-von-Liebig Str. 1, 86899 Landsberg, BRD; tel.: + 08191/125-0, faks: + 08191/125-444, internet: www.mi.verlag.de, naročila: tel.: + 061123/9238-257, e-pošta: leserservice@mi-verlag.de



Tehnološki razvoj na slovenskem je bil vedno živahen in zapleten. Večkrat se je uspešno dotaknil evropskega razvojnega vrha s tehničnimi in tehnološkimi dosežki, ki so edinstvena slovenska posebnost. Njegova gonilna sila je bila v veliki meri strojniška stroka, ki je hkrati ob zavezi do tehnološke inovativnosti neprestano izkazovala veliko pozornost za razvoj slovenske tehniške besede. Zbornik Zgodovina strojništva in tehniške kulture na Slovenskem je nastal ob 90. obletnici začetka študija strojništva na Slovenskem in ob 55. obletnici začetka izhajanja strojniških publikacij v Sloveniji.

Iz vsebine:

- Oris razvoja strojništva in drugih tehniških panog na Slovenskem
- Zgodovina tehniške besede: sožitje znanstvenega duha in praktične spretnosti
- Razvoj strojniških obrti in industrijskih panog
- Znamenite osebnosti v zgodovini strojništva in tehnike na Slovenskem
- Izobraževanje strojništva na Slovenskem
- Zgodovina Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani in njenih predhodnic
- Rektorji in prorektorji, dekani in prodekani, učitelji, doktorati in diplome v obdobju 1919–2010
- Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani danes
- Razvito v Sloveniji – prikaz slovenske inženirske ustvarjalnosti

Format A4 / 540 strani / Trda vezava / Cena: 44€ z DDV + (poština 6 €).

Knjigo lahko naročite preko spletne strani www.fs.uni-lj.si ali preko telefonske številke (01) 47 71 114 in e-pošti: knjiznica@fs.uni-lj.si

Mehatronika

S prevodom učbenika *Fachkunde Mechatronik* nemške založbe *Europa Lehrmittel* smo dobili v Sloveniji prvi učbenik, ki predstavlja vsebinsko celovit, strokovno aktualen in didaktično sodoben učni pripomoček za učitelje in dijake srednjih šol s programom mehatronike.

Mehatronske sistemi danes množično domujejo v industrijah vseh vrst (strojni, elektro, računalniški, živilski, farmacevtski, kemijski, zabavni ...), v prometu, okoljski tehniki ... v poslovnih prostorih in naših domovih, v široki paleti storitvenih dejavnosti.

Takoj na začetku je opazno, da se učbenik nenehno, od začetka do konca, ne glede na vsebino poglavja, ukvarja s celotnim mehatronskim sistemom, ki mu s spoznavanjem njegovih struktur postopoma dviga zahtevnost, od najenostavnejšega na začetku do robotiziranih linij ob koncu šolanja. Tako zastavljen koncept učbenika omogoča projektni pristop k usposabljanju in sistemskemu zagotavljanju kakovosti pridobivanja strokovnih in ključnih kompetenc mehatronika.

Iz vsebine:

- Osnove obdelave podatkov (operacijski sistemi, paket MS Office)
- Tehniško komuniciranje (tehniške risbe, tabele in diagrami, komunikacija z načrtom, besedilom, predstavitevijo)
- Preskusna tehnika (vrste preskusov, preskusne naprave, tolerance in ujemi)
- Upravljanje kakovosti (pojmov kakovosti, standardi, upravljanje kakovosti, standard DIN EN ISO 9000)
- Tehnologija materiala (razdelitev materialov, njihove lastnosti – fizikalne, kemične, mehanske, obdelovalne, ekološke; zgradba kovin, jeklo in železove litine, neželezne kovine, korozija, polimerni materiali, kompozitni mate-

riali, pomožne snovi, materiali in varstvo okolja)

- Mehanski sistemi (osnove sistemskega pristopa, fizikalne osnove mehanskih sistemov: moč in izkoristek; funkcionalne enote: gredi, sklopke, gonila, ohišje in ogrodje, vodila, ležaji)
- Izdelovanje mehanskih sistemov (osnove izdelovalne tehnike, oblikovanje, ločevanje, spajanje, avtomatizacija izdelave, CNC-kmiljenje, strega in robotika)
- Osnove elektrotehnike (osnovni električni in magnetni pojavi in veličine, električni elementi, električni tokokrogi, vezave, izmenični tokokrogi, kondenzator in tuljava, trifazni sistemi)
- Električni stroji in naprave (transformatorji, motorji in generatorji, zaščitni ukrepi in naprave)
- Krmilna tehnika (krmiljenje in regulacija, digitalna tehnika, grafična predstavitev krmilij, pnevmatika, elektropnevmatika, hidravlična krmilja, senzorji, programirljiva krmilja)
- Regulacijska tehnika (regulacijska zanka, regulatorski sklopi in regulatorski členi, stabilnost regulacijskih zank)
- Industrijska omrežja v avtomatiki (topologije, prenosna sredstva, vodila, dostopanje do vodila, zaščita podatkov, ASi, Interbus, Profibus)
- Mehatronski sistemi (mehatronski podsistemi: mehanski, hidravlični, pnevmatični in električni podsistemi, komponente mehatronskih sistemov)
- Montaža, zagon in vzdrževanje mehatronskih sistemov (sestavljanje in spajanje, preverjanje in naravnavanje, načrtovanje in organiziranje montaže, primeri, varnost pri montaži, zagon)



Priročnik je na voljo pri založbi Pasadena, naročite ga lahko po telefonu: 01 / 475 95 35, na spletu: www.pasadena.si, e-pošti: info@pasadena.si in v boljše založenih knjigarnah.

VENTIL

REVIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

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







OPL
automation

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

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

Zobniška gonila

Pričujoče delo je sodobni učbenik (priročnik) s področja zobniških gonil. Namenjeno je za uporabo kot študijsko gradivo pri predmetih z obravnavano tematiko na poklicnih, srednjih in višjih šolah, fakultetah in univerzah kakor tudi kot pripomoček za strojniško prakso.

Zaradi navedbe novejših standardov, priporočil in najpomembnejših tabeliranih podatkov služi istočasno kot priročnik.

Gradivo je razdeljeno na sedem glavnih poglavij, in sicer:

- uvod,
- valjaste zobniške dvojice,
- stožčaste zobniške dvojice,
- polžaste dvojice,
- izdelava zobnikov,
- mazanje zobniških gonil,
- risanje zobnikov.

V uvodnem poglavju so razloženi nekateri osnovni pojmi s področja zobniških gonil. Poimenovanje in označevanje posameznih veličin sta povzeta po standardih SIST ISO 1122 (Slovar na področju zobniških prenosnikov) in SIST ISO 701 (Mednarodne označbe za zobnike).

Posamezna glavna poglavja o valjastih, stožčastih in polžastih dvojicah so zasnovana tako, da so najprej razložene njihove teoretične osnove. Nato so pojasnjene geometrijske in merilne veličine zobnikov in zobniških dvojic, potrebne za izdelavo tehniške in tehnološke dokumentacije.

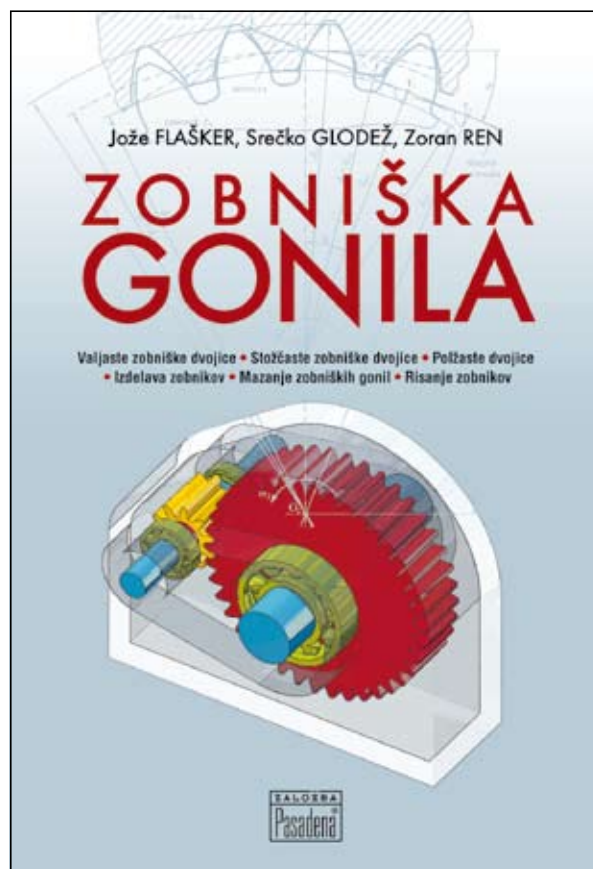
V nadaljevanju so obravnavane sile na

zobniški dvojici in postopki za izračun njene nosilnosti po najnovejših standardih ISO ali DIN, ki jih je v glavnem privzel tudi slovenski standard SIST. Na koncu glavnih poglavij so podane še smernice za zasnovano in konstrukcijske izvedbe zobniških dvojic.

V drugem delu so obravnavane nekatere vsebine (izdelava zobnikov, mazanje zobniških gonil, risanje zobnikov), potrebne za projektiranje zobniških gonil ter izdelavo tehniške in tehnološke dokumentacije.

Podrobno so navedene smernice za izbiro materiala zobnikov in za toplotno obdelavo zobnikov. V poglavju o mazanju zobniških gonil so podana priporočila za izbiro ustreznega maziva.

Priročnik je izšel junija 2010 pri založbi Pasadena, naročite ga lahko po telefonu: 01 / 475 95 35, na spletu: www.pasadena.si, e-pošti: info@pasadena.si in v boljše založenih knjigarnah.



Protikorozijska površinska zaščita brez Cr(VI) – VDMA-Einheitsblatt 24576 sedaj tudi v angleščini

Priporočilo VDMA o protikorozijski zaščiti cevnih priključkov brez kroma Cr(VI) z naslovom: **VDMA-Einheitsblatt 24576: »Cr(VI)-freie Korrosionsschutzschichten«** je sedaj na voljo tudi v angleščini z naslovom: **VDMA 24576 »Fluid Power-Requirements and designations for corrosion-protecting coatings free of hexavalent chrome«**.

V priporočilu so dodatno opredeljene protikorozijske plasti brez Cr(VI). VDMA 24576 sicer velja za protikorozijsko zaščito fluidnotehničnih sestavin, kot so: cevni, merilni in prirobnični priključki, kovinski deli za pritrdjevanje cevodov (nosilci objemke), pnevmatične in

hidravlične cevne spojke (vtične in vijačne), cevi in cevodovi (konfekcionirani), hidravlični ventili (dušilni, tlačni, tokovni, potni in protipovratni) ter hidravlični krmilni bloki. Te sestavine se uporabljajo predvsem pri:

- gradbenih strojih,
- kmetijskih in gozdarskih strojih,
- industrijskih strojih in napravah,
- tehnični opremi gradbenih objektov,
- rudarskih strojih
- ter v avtomobilski in letalski industriji.

VDMA 24576 ne velja za vezne elemente (npr. vijake). Priporočilo so pripravili v Strokovnem združenju za fluidno tehniko ob sodelovanju izdelovalcev cevnih priključkov in gibkih cevodov. Njegove določbe

in sprejem pa so podprli tudi vsi najpomembnejši uporabniki in eksperti delovne skupine VDMA za industrijsko uporabo galvanotehnike in plazmapovršinske tehnike.

Angleška izdaja priporočila je, enako kot nemška, na voljo pri založbi: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin; tel. +030-2601-2260, telefaks: +030-2601-1260, e-pošta: postmaster@beuth.de, internet: www.beuth.de.

Dodatne informacije pa so na voljo pri: VDMA Fachverband Fluidtechnik, Jörn Dürer, tel.: + 069-6603-1652, telefaks: + 069-6603-2652, e-pošta: joern.duerer@vdma.org.

Po O+P 54(2010)1-2, str. 7
pripravil: A. S

40 let razvijamo in proizvajamo elektromagnetne ventile



JAKŠA







MAGNETNI VENTILI

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

www.jaksa.si

Jakša d.o.o., Šlandrova 8, 1231 Ljubljana, tel.: (0)1 53 73 066 fax: (0)1 53 73 067, e-mail: info@jaksa.si



Metode ugotavljanja trenja v hidravličnih valjih

Trenje je eden od pomembnih kriterijev za ugotavljanje kakovosti hidravličnih valjev. To še posebno velja v primerih njihove uporabe za krmiljenje hidravlične pogonske osi, kjer se zahteva ustrezna občutljivost, ki je dosegljiva samo ob majhnem in enakomernem trenju valja.

V priporočilu **VDMA-Einheitsblatt 24577: Methoden zur Reib-**

kraftbestimmung für Hydrozylinder so opredeljene metode za ugotavljanje trenja v hidravličnih valjih. Osnovni cilj te opredelitve je primerljivost rezultatov merjenja in njihovo poenoteno predstavljanje. Priporočilo poleg značilnosti preskušanih valjev predpisuje tudi zahtevane razmere pri preskušanju ter potek preskusnih meritev. Pri tem se razlikujeta trenje mirovanja (lepljenja) in trenje pri enakomernem preskusnem gibanju.

V prilogi priporočila sta predstavljena tudi vzorec protokola o preskušanju

in način dokumentiranja rezultatov merjenja.

Naslova za naročanje priporočila in dodatne informacije sta enaka kot za obravnavano priporočilo VDMA-Einheitsblatt 24576 – str. 303.

*Po O + P 54(2010) 1–2, str. 7
pripravil: A. Stušek*



Evolucija je pogled v prihodnost z zaledjem tradicije.



Smo razvojno, inženirsko, projektno ter proizvodno in storitveno podjetje na področju industrijske avtomatizacije, merilne tehnike in obnovljivih virov energije. Nadaljujemo dolgo in uspešno tradicijo Iskra Merilnih naprav v novi, sveži podobi.

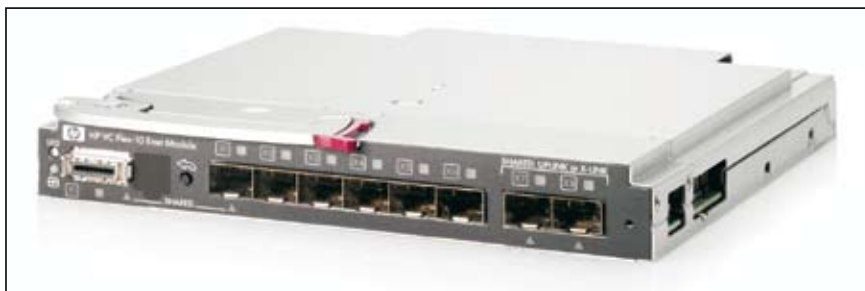
ISKRA **ame.SI**
Naboj za razvoj

www.iskra-ame.si

Konvergenčna omrežja: Nove tehnologije za poenostavitve arhitekture podatkovnih centrov

Kompleksnost podatkovnih centrov kot posledica raznovrstnih omrežij, ki so v uporabi v tipičnem IT-sistemu, je spodbudila proizvajalce IT-opreme k razvoju konvergenčnih, poenoteni omrežij. Konvergenčno omrežje je rešitev, ki v primerjavi s kombinacijo raznorodnih omrežij, ki povezujejo strežnike, diskovne in druge sisteme, ponuja poenostavitve arhitekture podatkovnih centrov in znižanje stroškov infrastrukture, saj konsolidira vse samostojne tipe omrežij v enotno omrežje. Poenostavitve omrežij pa posledično pomeni tudi znižanje porabe energije.

Pogoste lastnosti obstoječih podatkovnih centrov so neizkoriščenost kapacitet, nizka fleksibilnost zaradi namenske opreme in drago vzdrževanje. Njihova topologija je namreč sestavljena iz heterogenih mrežnih naprav, ki skrbijo za različne tipe podatkov, kar povečuje kompleksnost in stroške. Različna omrežja zahtevajo specifična mrežna stikala, vmesnike in sisteme za upravljanje. Vsaka vrsta podatkov ponavadi zahteva različno omrežje in povezovalne module. Tradicionalni model podatkovnega centra uporablja različne vmesnike HBA (Host Bus Adapter) in NIC (Network Interface Card), namenjene komunikaciji prek različnih omrežij. Za razliko od tega konvergenčni model konsolidira vmesnike HBA in NIC v enoten konvergenčni mrežni vmesnik, ki ga imenujemo CNA (Converged Network Adapter). Ob tem odpade potreba po ločenih mrežnih stikalih FC (Fiber Channel), 10GbE in IB (Infini-Band), ki jih nadomestijo poenotena stikala. S tem je mogoče močno poenostaviti kompleksnost omrežja in njegovo upravljanje ter znižati operativne stroške. Največji potencial za to ima mrežni protokol Ethernet, ki bo v prihodnje predstavljal osnovo za konsolidacijo in evolucijo arhitekture podatkovnih centrov. Doslej je bila glavna omejitev pri uporabi mrežnega protokola Ethernet njegova pasovna širina,



HP Virtual Connect Flex-10 modul

z razpoložljivostjo tehnologije 10GbE pa je realno pričakovati, da bodo tovrstna omrežja zadostila aplikacijam, ki potrebujejo takšno pasovno širino in prednosti nizke latence. Trenutno sta najbolj obetavna dva standarda za prenos podatkov po konvergenčnem omrežju – iSCSI (Internet Small Computer System Interface) in FcoE (Fiber Channel over Ethernet). Poenotenje mrežnih standardov je torej eden izmed pomembnih korakov, še pomembnejši pa so fleksibilnost, dinamično dodeljevanje mrežnih virov in virtualizacija povezav. Šele v tem primeru lahko govorimo o celoviti konvergenčni infrastrukturi z virtualiziranim naborom virov, ki jih ima na razpolago podjetje in jih lahko dinamično dodeljuje izvajanju posameznih aplikacij.

Virtualizacija omrežnih povezav s tehnologijo HP Virtual Connect

V času, ko si podjetja prizadevajo za izboljšanje izkoriščenosti obstoječih virov IT, se močno povečuje obseg virtualizacije strežnikov, odjemalcev, pa tudi omrežij. Hewlett-Packard Virtual Connect (VC) je nabor povezovalnih modulov in programske opreme za HP BladeSystem c-Class strežniške rezine, ki poenostavljajo povezovanje strežnikov in njihovo administracijo. Tehnologija Virtual Connect z virtualizacijo povezav med strežniki in mrežno infrastrukturo omogoča komunikacijo

s celotnim poljem HP BladeSystem strežniških rezin in tako poenostavi menjavo ali dodajanje strežnikov. Na ta način lahko sistemski administratorji svoje delo opravijo bistveno hitreje in enostavneje ter ne potrebujejo pomoči in koordinacije z mrežologi.

Osnovni gradnik je modul HP Virtual Connect Flex-10, ki omogoča porazdelitev pasovne širine mrežne povezave hitrosti Ethernet 10 Gb na štiri mrežne kartice NIC (Network Interface Card), kar poveča prilagodljivost posamezne povezave in zmanjša potrebna sredstva. Z uporabo modula tako lahko prihranimo do 55 odstotkov pri nakupu mrežne opreme. Prav tako modul Virtual Connect Flex-10 prihrani do 240 vatov energije na posamezno strežniško rezino HP BladeSystem ali 3.150 kilovatnih ur na leto v primerjavi s primerljivimi tehnologijami.

Konvergenčna omrežja torej niso stvar oddaljene prihodnosti, temveč so prvi pomembni koraki v to smer že storjeni. HP je bil eden izmed prvih proizvajalcev, ki so predstavili inteligentne tehnologije, kot so Flex-10, za znižanje števila mrežnih povezav in konvergiranje omrežja v podatkovnih centrih. Tudi na ta način bomo v prihodnosti uresničevali prizadevanja za energijsko varčnejše, bolj zelene sisteme IT.

Mitja Koželj, ATR.SIS, d. o. o.

O podjetju ATR.SIS, d. o. o.

Poslanstvo podjetja ATR.SIS je zagotavljanje informacijske infrastrukture za učinkovito elektronsko poslovanje podjetij. S ponudbo opreme, storitev ter celovitih in tehnično dovršenih rešitev svojim strankam zagotavljamo optimalno informacijsko podporo za učinkovito, varno in nemoteno poslovanje.

Zanimivosti na spletnih straneh

[1] **Podatkovni portal EPLAN** – www.eplan.de – Uporabniki – projektanti in konstrukterji v tehniki potrebujejo poleg ustrezne računalniške programske podpore tudi ustrezne banke podatkov za sestavne dele, sestavine in gradnike nasploh, ki se lahko neposredno prenašajo v projektno oz. konstrukcijsko dokumentacijo. Vse to v veliki meri zagotavlja

portal v okviru Eplanovih spletnih strani – »Eplan-Data-Portal«. Na voljo so obsežne zbirke podatkov gradnikov najbolj uveljavljenih dobaviteljev. Listanje katalogov in ročno prenašanje risb in številskih podatkov postajata preteklost!

[2] **Organizacije, združenja na področju FT** – www.hydraulicpneumatics.com – Če iščete informacije o organizacijah, društvih, združenjih ipd. na področju fluidne tehnike v Združenih državah Amerike in drugod po svetu, kli-

knite na *Links* in na voljo vam bodo podatki o več kot 50 takšnih organizacijah – od *American Society of Mechanical Engineers* do *Canadian Fluid Power Association*, *NFPA*, *Fluid Power Distributors Association* itn.

Na istem naslovu so na voljo tudi drugi povezovalniki s podatki o univerzah in raziskovalnih organizacijah, osnovnih enačbah v fluidni tehniki, faktorjih za pretvarjanje različnih fizikalnih veličin ipd.

Seznam oglaševalcev

CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	339	HYPEX, d. o. o., Lesce	331	OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin	301, 382
CINKARNA CELJE, d. d., Celje	375	ICM, d. o. o., Celje	338, 373	PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	301
DANFOSS TRATA, d. o. o., Ljubljana		INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi	379	PIRNAR & SAVŠEK inženirski biro, d. o. o., Zagorje ob Savi	301
Šentvid	301	IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.)		PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	386
DOMEL, d. d., Železniki	372	NORGREN, Lesce	301	PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	329, 352
DVS, Ljubljana	333	ISKRA AMESI, d. o. o., Kranj	384	SICK, d. o. o., Ljubljana	301
ENERPAC GmbH, Düsseldorf, ZRN	339	JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	383	SMM, d. o. o., Maribor	365
FESTO, d. o. o., Trzin	301, 388	KLADIVAR, d. d., Žiri	302	TC SEMTO, Ljubljana	321
HAWE HIDRAVLIKA, d. o. o., Petrovče	304	LE-TEHNIKA, d. o. o., Kranj	374	TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	320
HIDEX, d. o. o., Novo Mesto	378	LOTRIČ, d. o. o., Selca	301, 332	TRC, d. o. o., Kranj	353
HYDAC, d. o. o., Maribor	301, 387	MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	301	UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	317
		MOTOMAN ROBOTEC, d. o. o., Ribnica	329		
		OLMA, d. d., Ljubljana	301		

SERVO VENTILI, PROPORCIONALNI VENTILI IN RADIALNO-BATNE ČRPALKE

MOOG

Zakaj radialno-batne visokotlačne črpalke MOOG?

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

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

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



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

Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili



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



A-S HYDRAULIC



Komponente

Sistemi

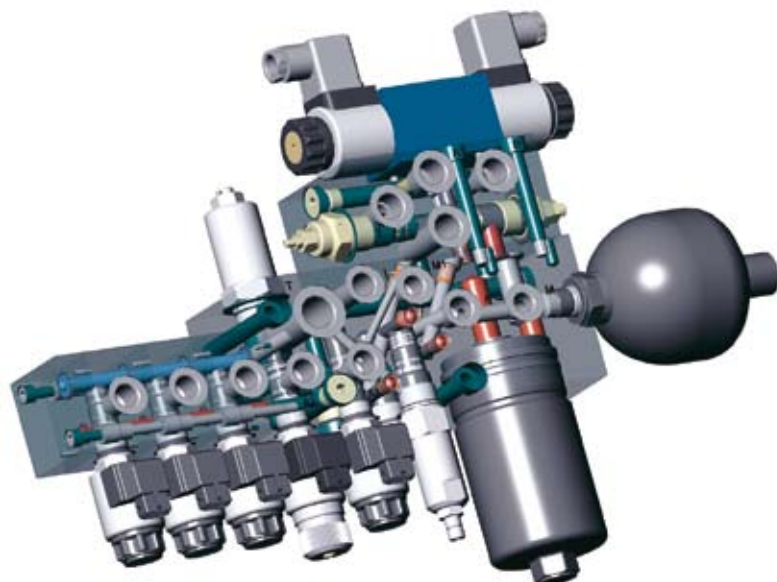
**Fluidni
inženiring
in servis**



NOVO !

Program Industrijski ventili
Program Industrijske črpalke
Program Hladilniki

HYDAC d.o.o.
Zagrebska c. 20
2000 Maribor
Tel.: +386 2 460 15 20
Fax: +386 2 460 15 22
Email: info@hydac.si
www.hydac.com





FESTO

Svoboda? Absolutno!

Mehatronske rešitve gibanja.
Za poljubne prostorske stopnje
gibanja in gradnje: električne,
pnevmatične in servopnevmatične
naprave za posamične sisteme
strege.

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