



FESTO

- Pogovor ob jubileju
- Ventil na obisku
- Vodna hidravlika
- Optični mikrometer za merjenje
- Strojni vid v montaži
- Samoučeči regulacijski sistemi
- Maloserijske proizvodnje



www.olma.si



industrijska olja in maziva

Proizvodni program:

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



Impresum	285	■ POGOVOR OB JUBILEJU	
Beseda uredništva	285	Mag. Anton STUŠEK – pogovor ob njegovi 75-letnici	298
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	286	■ PREDSTAVITEV	
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	294	Laboratorij za robotiko in biomedicinsko tehniko Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani	302
■ ALI STE VEDELI	342	■ VENTIL NA OBISKU	
Seznam oglaševalcev	356	SINABIT – Združenje podjetij s področja avtomatizacije in informatizacije z vizijo razvoja in prodaje tehnološko naprednih in inovativnih rešitev doma in v tujini	306
Znanstvene in strokovne prireditve	308	■ VODNA HIDRAVLIKA	

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	PARKER HANNIFIN Corporation Podružnica v Novem mestu Velika Bučna vas 7 SI-8000 Novo mesto Tel.: + (0)7 337 66 50 Fax: + (0)7 337 66 51
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	Titus+Lama+Huvil LAMA, d. d., Dekani Dekani 5, SI-6271 Dekani, Tel.: (0)5 66 90 241 Fax: (0)5 66 90 431 www.automation.lama.si www.titusplus.com
FESTO, d. o. o. IOC Trzin, Blatnica 8 SI-1236 Trzin Tel.: (0)1/ 530 21 10 Fax: (0)1/ 530 21 25	BONI-MAT, d. o. o. Lendavska ulica 1 9000 Murska Sobota Tel.: 02 530 82 24 Fax: 02 530 82 25
HYDAC, d. o. o. Zagrebska c. 20 2000 Maribor Tel.: (0)2 460 15 20 Fax: (0)2 460 15 22	DAX, d. o. o. Uradni distributer Epson Factory Automation Vreskovo 68 1420 Trbovlje Tel.: 03 5630 500 Fax: 03 5630 501 http://www.dax.si
IMI INTERNATIONAL, d. o. o. (P.E.) NORGREN HERION Alpska cesta 37B 4248 Lesce Tel.: (0)4 531 75 50 Fax: (0)4 531 75 55	

Franc MAJDIČ, Jožef PEZDIRNIK, Mitjan KALIN: Comparative tribological investigations of continuous control valves for water hydraulics	310
--	-----

■ MERITVE

Jure REJC, Marko MUNIH: Using an optical micrometer for mechanical thermostat membrane expansion measurements	318
---	-----

■ RAČUNALNIŠKI VID – MERITVE

Niko HERAKOVIČ: Eksperimentalna analiza pogojev za kontrolo kakovosti montaže statorja elektromotorja z uporabo strojnega vida	324
--	-----

■ KRMIJENJE – REGULACIJA

Gregor DOLANC, Samo GERKŠIČ, Juž KOCIJAN, Damir VRANČIČ, Stanko STRMČNIK, Miha BOŽIČEK, Zoran MARINŠEK, Igor ŠKRJANC, Sašo BLAŽIČ: Aspect – samoučeči regulacijski sistem za zahtevne procese	330
--	-----

■ INFORMACIJSKI SISTEMI

Maks TUTA: Informacijska podpora razporejanju operacij v maloserijskih proizvodnjah	336
---	-----

■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

Primož ROJEC: Razvoj in izvedba proizvodnega informacijskega sistema s poudarkom na genealogiji	340
---	-----

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Servopogoni in motorji Lexium 05 (SCHNEIDER ELECTRIC)	344
NI LabVIEW in CompactRIO skrbita, da elektrarne nemoteno delujejo (VESKI, NATIONAL INSTRUMENTS)	346

■ NOVOSTI NA TRGU

Elektronsko nivojsko stikalo ENS 3000 – verzija s štirimi preklopnimi izhodi (HYDAC)	349
Al-profil ITEM – serija X (INOTEH)	349

■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Roboti STÄUBLI in avtomatizacija proizvodnih procesov	350
---	-----

■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Nove knjige	352
Integralni sezname standardov SIST EN, SIST EN ISO in SIST ISO	
za področja fluidne tehnike	354
Osnutek VDMA priporočila za tlačna stikala	352

■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Zanimivosti na spletnih straneh	356
---------------------------------	-----





RMF FILTRI - ZA ZANESLJIVO IN NEMOTENO DELOVANJE HIDRAVLIČNIH SISTEMOV

- Z Off-line in By-pass RMF filtri lahko podaljšate življenjsko dobo hidravličnih olj in komponent tudi do 10-krat
- Filtri odstranijo iz olja poleg trdih delcev tudi vodo, smole in mulj, ki nastanejo zaradi kemičnih reakcij v olju
- Finost filtracije $\beta_{0,5\mu}=200$
- Odzračevalni filtri z Z-R gelom odstranijo vlago iz zraka, ki vstopa v hidravlični rezervoar

HAWE Hidravlika d.o.o., Petrovče 225, 3301 PETROVČE

tel: 03/71 34 880, fax: 03/71 34 888

email: info@hawe.si, web: www.hawe.si

© Ventil 13(2007)5. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
© Ventil 13(2007)5. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Impresum

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

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

ISSN 1318-7279

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

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

Letnik	13	Volume
Letnica	2007	Year
Številka	5	Number

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

Ustanovitelj:
SDFT in GZS – ZKI-FT

Izdajatelj:
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

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

Pomočnik urednika:
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:
Roman PUTRIH

Znanstveno-strokovni svet:
doc. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
izr. prof. dr. Ivan BAJŠIČ, FS Ljubljana
doc. dr. Andrej BOMBAC, FS Ljubljana
izr. prof. dr. Peter BUTALA, FS Ljubljana
prof. dr. Aleksander 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
doc. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana
prof. dr. Peter KOPACEK, TU Dunaj, Avstrija
mag. Milan KOPAC, KLADIVAR Žiri
doc. dr. Darko LOVREC, FS Maribor
izr. prof. dr. Santiago T. PUENTE MÉNDEZ, University of Alicante, Španija
prof. dr. Hubertus MURRENHOF, RWTH Aachen, ZR Nemčija
prof. dr. Takayoshi MUTO, Gifu University, Japonska
prof. dr. Gojko NIKOLIĆ, Univerza v Zagrebu, Hrvaška
izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
doc. dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
Martin PIVK, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo, Škofja Loka
izr. prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska
Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:
Barbara KODRÚN

Lektoriranje:
Marjeta HUMAR, prof.; Paul McGuinness

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

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

Marketing in distribucija:
Roman PUTRIH

Naslov izdajatelja in uredništva:
UL, Fakulteta za strojništvo – Uredništvo revije VENTIL
Aškerčeva 6, POB 394, 1000 Ljubljana
Telefon: + (0) 1 4771-704, faks: + (0) 1 2518-567 in
+ (0) 1 4771-761

Naklada:
1 500 izvodov

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

Revijo sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije

Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.

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



Izmeriti pomeni imeti možnost za izboljšanje

V tej številki objavljamo nekaj prispevkov, ki so povezani z meritvami. Tako mi ob pisanju tega uvodnika blodijo po glavi misli o pomenu merjenja tako pri našem strokovnem delu kot tudi v življenju.

Za natančno obdelavo potrebujemo natančne stroje. Njihove karakteristike je treba izmeriti s še bolj natančnimi merilnimi orodji. Vendar ni dovolj samo izmeriti, vedeti je treba kaj meriti,

kaj meritve predstavljajo in kako jih uporabiti za izboljšanje natančnosti stroja ali procesa obdelave.

Zaupanje in možnost izboljšav, ki jih lahko dosežemo z meritvami, pa pomenita tudi zaupanje v sam proces merjenja. Kako izbrati najboljše metode merjenja? Kateri merilni postopki so še ustrezni? Kaj pa, če nam izbrana metoda povzroča celo dodatne napake na izdelku? To so pogosto pasti v realni proizvodnji.

Merimo, ker ne zaupamo procesu oziroma sistemu. V današnjih avtomatiziranih montažnih sistemih je prepletenost vpliva lastnosti sestavnih delov in kompleksnega montažnega sistema na proces montaže tako težko vnaprej predvidljiva, da je mogoče izdelovati kakovostne izdelke le z uvajanjem 100-odstotnih meritev. Pogosto tudi kupci zahtevajo spremljanje izdelka skozi celotno izdelavo. Spremljanje procesa montaže omogoča izboljšave in zmanjšanje izmeta.

Dogaja se, da kupec z izdelki ni zadovoljen. Čudi nas, kako je to mogoče, ko pa so povsem v skladu s podanimi dimenzijskimi zahtevami. Kupec vam pokaže vaš izdelek in izdelek dobavitelja, s katerim je zadovoljen. Ločita se v nepomembnih podrobnostih, vsaj za njegovo funkcijo, kot so rahla umazanija, majhne poškodbe površine. Merilo, ki ga ni mogoče ovrednotiti z dimenzijskim merjenjem, kaže pa odnos do izdelka, ki ga damo od sebe. Zato izboljšajmo svoj odnos do rezultatov svojega dela.

Pred časom je naša alma mater ugotovila, da ni uvrščena na listo 500 najuglednejših univerz na svetu. Poiskala je, kaj so pogoji za uvrstitev, izboljšala je svoje objave in druge veličine, in danes jo najdemo na tem tako zaželenem seznamu. Naša podjetja, ki ji omogočajo obstoj, že dolgo želijo, da bi iz univerze dobili ustrezno izobražene diplomante. »Alora,« bi rekel moj prijatelj s Primorske, cilj je podan, veličine in merila za ustrezno izobražene strokovnjake so podani. Pripravite ustrezne programe in ustvarite okolje, da bodo študenti pridobili potrebno znanje in se usposobili za strokovno delo. Žal bo preteklo kar nekaj let, da bomo skupaj lahko ugotovili, ali je bilo vaše delo uspešno, zato je na vas velika odgovornost.

V vsakdanjem življenju se pogosto srečujemo z vsesplošnim nezadovoljstvom. Če se vprašamo, kaj je tisto, kar nas moti. Največkrat tega sploh ne vemo. Nismo si postavili ciljev, da bi sploh lahko ugotovili, v kolikšni meri od njih odstopamo in kaj moramo izboljšati. Cilji so si pogosto nasprotujoči, zato moramo biti pri njihovi izbiri zelo skrbni. Ko poznamo cilje in prioritete, najdemo možnosti za izboljšanje našega življenja in povečanje zadovoljstva.

Na koncu: tudi mi v uredništvu in programskem odboru revije smo si postavili cilj pripraviti revijo, ki bo zanimiva za širok krog strokovnjakov. Bralci pa veste, ali smo uspeli. Da bi jo lahko izboljšali, potrebujemo vaše ocene.

Dragica Noe

Poročilo o strokovnem srečanju Fluidna tehnika 2007



Predstavitev strateškega položaja branže na tržišču (predsednik OFT, mag. Milan Kopač) (foto:arhiv IRT3000)

Strokovno srečanje *Fluidna tehnika 2007*, najpomembnejši dogodek s področja hidravlične in pnevmatične pogonske tehnike v Sloveniji, je v delovnem ozračju potekal 20. in 21. septembra v Kongresnem centru Habakuk v Mariboru. V dveh dneh je na konferenci predstavilo svoje prispevke skupno več kot dvajset avtorjev iz industrije in gospodarstva ter univerz in inštitutov. Med njimi je bilo šest uvodnih prispevkov, ki so podali pregled stanja in tendence razvoja v posameznem segmentu te tehnike v svetu. Nagrajena diplomska dela pa so predstavili tudi trije študentje.

Naš svečani otvoritvi strokovnega srečanja so udeležence poleg predsednika dr. Darka Lovreca nagovorili tudi predstavnik Univerze in Fakultete za strojništvo v Mariboru prof. dr. Franc Čuš, predsednik Odbora za fluidno tehniko (OFT) pri GZS mag. Milan Kopač ter predsednik Slovenskega društva za fluidno tehniko (SDFT) Dragan Grgić.

Predsednik OFT je predstavil aktivnosti in pomen združenja, ki povezuje proizvajalce in ponudnike izdelkov, opreme in storitev s področja fluidne tehnike, ter tudi stanje in razmerje moči tako na domačem kot na svetovnem tržišču. Predsednik SDFT pa je v svojem nagovoru predstavil poslanstvo društva, ki združuje fizične člane, aktivne na tem strokovnem področju, ter ob tej

priložnosti svečano podelil nagrade za najboljša diplomska dela s področja fluidne tehnike.

Sledila so plenarna predavanja na temo Novosti razvoja in trendi. Uvodno predavanje je imel prof. dr. Hubertus Murrenhoff, vodja svetovno znanega inštituta za fluidnotehnične pogone in krmilja iz RWTH, Aachen, ki je prikazal zadnje dosežke razvoja na področju mobilne hidravlike. Poudarek je bil na praktičnih možnostih izrabe energije. V nadaljevanju tega predavanja so bili predstavljeni vse večji pomen stroškov pri gradnji hidravličnih pogonov (K. Les, Hawe-Hidravlika), pomen in prednosti

uporabe nadzorno-diagnostičnega sistema (P. Feucht, Parker Hannifin).

»Novosti, trendi in izkušnje« je bil letošnji moto na področju hidravličnih tekočin. Vsa pozornost je bila namenjena okolju prijaznim tekočinam. V uvodnem predavanju je dr. Theissen (IFAS, Nemčija) predstavil program in nemške izkušnje pri uvanju bioolj na področje hidravlike. Predstavljena je bila tudi voda, kot nova, manj nevarna in okolju bolj prijazna hidravlična tekočina in možnosti njene uporabe.

V okviru dveh plenarnih prispevkov je bilo podrobno prikazano stanje tehnike v pnevmatiki, tako s stališča inštituta IFAS (H. Murrenhoff) kot tudi enega največjih svetovnih ponudnikov tovrstne opreme in gradnikov koncerna FESTO GmbH (J. Denk).

Celotna skupina prispevkov je bila posvečena gradnikom fluidne tehnike in novostim na tem področju. V prispevkih je bil prikazan sodoben pristop k snovanju gradnikov fluidne tehnike ob pomoči uporabe virtualnega načrtovanja, preko postopkov hitre izdelave prototipov ali izdelkov do njihove končne vgradnje v sodoben hidravlični sistem. Prednosti uporabe virtualnega inženiringa na



Uvodno predavanje: Stanje tehnike na področju mobilne hidravlike; prof.dr. Murrenhoff. (foto:arhiv IRT3000)



Utrinek z dogajanja v preddverju

področju razvoja komponent fluidne tehnike je v uvodnem predavanju predstavil dr. F. Rüdiger, znanstveni sodelavec Inštituta za fluidno tehnike s Tehnične univerze v Dresdnu.

Rdeča nit prispevkov v zadnji skupini, izvedenih v obliki okrogle mize, je bila problematika izobraževanja in vključenost vsebin s področja fluidne tehnike v prenovo izobraževalnih procesov. Dotaknili smo se vseh področij in nivojev izobraževanja. Izhodišče podajanja vsebin fluidne tehnike morajo predstavljati priporočila evropske krovne organizacije za področje hidravlike in pnevmatike – CETOP – vseevropsko certificirano izobraževanje. Na področju dopolnilnega izobraževanja vzdrževalcev je bilo podajanje vsebin vse preveč prepuščeno posameznikom ali podjetjem. Poleg vsebin, ki jih je predpisal CETOP, prinašajo nekaj več reda in primerljivega znanja na tem področju izobraževanja priporočila Evropske krovne organizacije združenj vzdrževalcev (EFNMS – projekt VOMT – Validation of Maintenance Technicians, Leonardo da Vinci). Dotaknili smo se tudi prenove vsebin na področju rednega izobraževanja na srednjih in višjih strokovnih šolah ter na univerzah, kjer je v ospredju prenova predmetnikov po bolonjskih načelih. Ugotovljeno je bilo, da se na srednjih šolah vsebinam fluidne tehnike namenja absolutno premalo pozornosti. Vzrok je verjetno po-

trebno iskati v tem, da je bilo pisanje vsebin preveč prepuščeno presoji posameznikov, premalo pa so se upoštevala priporočila oz. želje strokovnih združenj in potreb industrije. Na področju univerzitetnega študija je stanje nekoliko boljše, vendar je tu velik problem opremljanja laboratorijev, kjer se izvajajo praktične vaje.

Mogoče bi marsikdo menil, da kot posameznik na potek dogajanja na področju izobraževanja nima velikega vpliva. Na prvi pogled mogoče res, vendar lahko ob poznavanju certificiranih programov izobraževanja usmerja kader na šolanje tja, kjer se ti izvajajo, ali pa preko strokovnih združenj, ki delujejo tudi v okviru Gospodarske zbornice Slovenije, podaja priporočila, potrebe ali morebiti celo zahteve po obsegu takšnih vsebin v okviru izobraževalnega procesa. Nenazadnje je izobraževanje v prvi vrsti namenjeno potrebam trga in industrije in ne obratno.

Srečanje so podprla domača podjetja: FESTO kot generalni pokrovitelj srečanja ter ostala podjetja, ki so sodelovala tudi kot razstavljalci: HYDAC, d. o. o., HAWE Hidravlika, d. o. o., LA & Co zastopstvo Bosch Rexroth, d. o. o., Kladivar, d. d., M-con M. Peharda, s. p., DIMAS Inženiring, d. o. o., OLMA, d. d. in Fakulteta za strojništvo iz Maribora.

Dr. Darko Lovrec

Udeležence smo vprašali: Kaj vašemu podjetju pomeni udeležba na strokovnem srečanju Fluidna tehnika?

Milan Kambič, OLMA,
d. d., Ljubljana:



- predvsem možnost predstavitev novih izdelkov, opreme in storitev,
- srečanje s poslovnimi partnerji in/ali uporabniki Olminih maziv,
- možnost pridobitve novih uporabnikov maziv,
- priložnost pridobivanja novih znanj in informacij o trendih razvoja v svetu,
- prijetno druženje z možnostjo testiranja drugačnih »fluidov«, kot so tisti iz vsakodnevne prakse.



Milan Kopač,
KLADIVAR, d. d. Žiri:

- za vodilno podjetje v Sloveniji na področju proizvodnje in trženja sestavin, sistemov in storitev s področja oljne hidravlike je to preprosto »moralna obveza«;
- priložnost za promocijo blagovne znamke, izdelkov in storitev družbe »pravemu občinstvu«;
- priložnost za predstavitev naših sposobnosti reševanja problemov kupcev in predstavitev teh rešitev;
- možnost osebne samopromocije projektantov in konstrukterjev;
- seznanitev z dosežki naših dobaviteljev, kupcev in tekmecev;
- s sponzoriranjem strokovnega srečanja pomagamo organizatorju ohraniti motivacijo za nadaljnje uspešno delo;
- druženje s kolegicami in kolegi – fluidičarkami in fluidičarji.

Bogdan Opaškar,
FESTO, d. o. o., Trzin



- seznanimo se z napredkom na praktičnem in teoretičnem področju fluidne tehnike v Sloveniji in po svetu;
- seznanimo se z usmeritvijo fluidne tehnike v širšem okolju.
- vidimo, kje je naša konkurenca;
- srečamo se z vsemi, ki delujejo na tem področju v Sloveniji (med siceršnjim delom je to skoraj nemogoče);
- pospešitev sodelovanja med industrijo, razvojnimi centri in univerzo;
- priložnost za predstavitev naše firme širši javnosti – kje smo mi na tem področju.

Podelitev zlatih diplom fluidne tehnike



Na sliki z desne: Dragan Grgić, predsednik SDFT, Amela Krajnc, prokuristka podjetja HYDAC, Peter Tehovnik, Gregor Urbančič in Marko Cartl.

V okviru strokovnega srečanja Fluidna tehnika je Slovensko društvo za fluidno tehniko – SDFT prvič podelilo zlato diplomo študentom, ki so zaključili študij v tekočem študijskem letu in je njihova diploma povezana s fluidno tehniko. Nagradenci so predstavili diplomske naloge udeležencem strokovne konference Fluidna tehnika 2007 v Mariboru.

Priznanja je podelil Dragan Grgić, predsednik SDFT, praktične nagrade pa prokuristka podjetja HYDAC, d. o. o., Amela Krajnc.

Mitja Kastrevc

Zlate diplome:

Marko CARTL: MOŽNOSTI VARČEVANJA Z ENERGIJO NA MESTU PORABE STISNJENEGA ZRAKA

Mentor: doc. dr. Darko LOVREC
Somentor: doc. dr. Samo ULAGA

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Visokošolski strokovni program, usmeritev: vzdrževanje

Kratka vsebina:

Strošek proizvodnje komprimiranega zraka predstavlja znaten delež stroškov za energijo v podjetjih. Čeprav je bilo v zadnjih letih na področju optimizacije proizvodnje in porabe komprimiranega zraka vloženih veliko naporov, so ti stroški v podjetjih še vedno previsoki.

O izgubah na mestu proizvodnje in razvodu komprimiranega zraka je bilo povedanega že veliko, a žal zelo malo o izgubah, ki se pojavljajo na mestu porabe stisnjenega zraka. Ta pogosto zanemarjena problematika je osrednja tematika diplomske naloge.

V njej so na osnovi teoretičnih razmišljanj in praktičnih meritev prikazane različne možnosti varčevanja energije na mestu porabnika. Nalogo zaključujejo ekonomski izračun prihrankov in možnosti neposredne uporabe predlaganih varčnejših konceptov v praksi.

Gregor URBANČIČ: PRISTOP K NAČRTOVANJU HIDRAVLIČNIH REZERVOARJEV

Mentor: doc. dr. Darko LOVREC
Somentor: doc. dr. Edvard DETIČEK

Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo
Visokošolski strokovni program

Kratka vsebina:

Diplomska naloga obravnava problematiko snovanja hidravličnih rezervoarjev, ki razen shranjevanja tekočine opravljajo

številne in pomembne naloge v hidravličnem sistemu, vendar so, žal, prepogosto zapostavljena komponenta.

Pozornost je namenjena ustreznemu oblikovanju najpogostejše uporabljenih pravokotnih hidravličnih rezervoarjev, pri čemer sta v ospredju obravnave vpliv in problematika izločanja zraka (tudi izločanja vode, izločanja nečistoč in hlajenja) ter ugotavljanja in umirjanja tokov tekočine v rezervoarju.

Najprej so podana teoretična ozadja dogajanja, na osnovi katerih so v nadaljevanju izvedeni laboratorijski poizkusi na prozornem modelu hidravličnega rezervoarja. Na osnovi tako teoretičnih kot praktičnih ugotovitev je zasnovan hidravlični rezervoar, ki zagotavlja, optimalno delovanje celotnega hidravličnega sistema.

Peter TEHOVNIK: NAPRAVA ZA VULKANIZACIJO ZRAČNIH VZMETI

Mentor: prof. dr. Ivan PREBIL
Somentor: doc. dr. Jožef PEZDIRNIK

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Visokošolski strokovni program

Kratka vsebina:

V delu je prikazana rekonstrukcija obstoječega orodja za vulkanizacijo zračnih vzmeti in razvoj dvižnega mehanizma, ki premika posamezne segmente orodja v stroju za vulkanizacijo. Najprej je prikazan pregled celotnega stanja na področju obstoječih rešitev orodja in dvižnega mehanizma, v nadaljevanju pa rekonstrukcija orodja z nekaterimi konstrukcijskimi izboljšavami. Razvoj dvižnega mehanizma temelji na integriranem konstrukcijskem procesu, v okviru katerega je najprej definirana konstrukcijska naloga, s pomočjo katere je izdelanih več konceptov mehanizma. Na podlagi tehnične in ekonomske ocene je bil izbran najustreznejši koncept, za katerega je narejen podrobnejši osnutek. Nadalje je opravljena računalniška analiza dvižnega mehanizma z metodo končnih elementov in izračun vodil. Izdelana sta hidravlična funkcijska shema in diagram pomikov valjev dvižnega mehanizma in stiskalnice. Izdelani so izračuni nekaterih hidravličnih komponent – črpalk, elektromotorjev in oljnih filtrov.

Poročilo o 6. kongresu EUROSIMA

Od 9. do 13. septembra 2007 je bil v Ljubljani 6. kongres EUROSIMA, ki sta ga organizirala Slovensko društvo za simulacijo in modeliranje in Fakulteta za elektrotehniko. Na konferenci je bilo 458 udeležencev iz 39 držav, največ iz Slovenije, Nemčije in Avstrije (slika 1). Predstavljenih je bilo 420 referatov in predavanj.

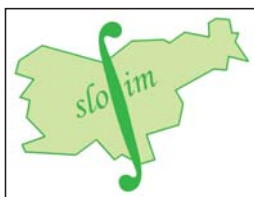


in študentskega tekmovanja.

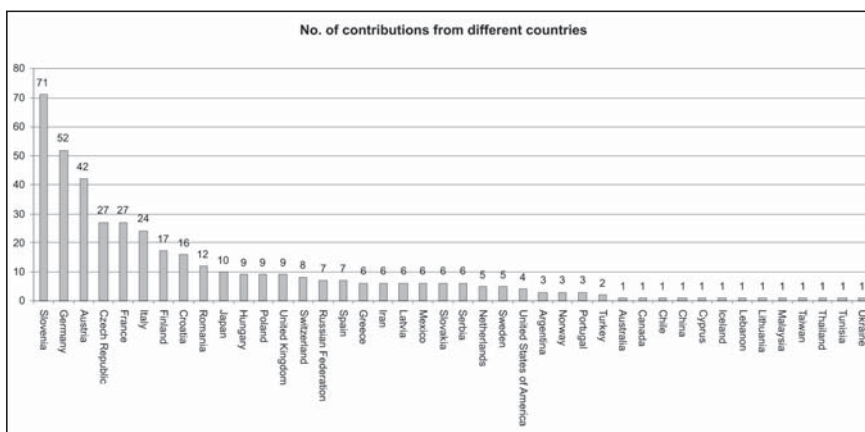
Tečaji -Tutorials

Trije tečaji so pokrivali tematike, ki so bile zanimive za širši krog udeležencev. Vsak od njih je trajal 3 ure. V tabeli 1 so naslovi tečajev in izvajalci. Prvi in tretji sta vsebovala tudi sprotno delo na računalniku. Tečaji so bili brezplačni, udeležilo pa se jih je preko 100 slušateljev.

nih – vabljenih predavanj, običajnih sekcij, specialnih – organiziranih sekcij, posterske sekcije



Taka udeležba pa ne pomeni le, da smo dobro delali, da je Ljubljana pri-



Slika 1. Število prispevkov iz različnih držav

vlačna, ampak tudi, da sta modeliranje in simulacija aktualni razvojno-raziskovalni disciplini. Včasih se namreč pojavijo dvomi, ali tako tradicionalna področja še dajejo možnost za nadaljnji razvoj. Ob tem pa si raziskovalci izmišljajo vedno nova in nova imena samo zato, da bi se že iz imena videlo, da gre za nekaj novega. V resnici pa so številna najsodobnejša področja tako povezana z modeliranjem in simulacijo, da bi jih lahko mirno uvrstili na to področje in shajali brez številnih 'novih področij'.

Program kongresa je vključeval vse vidike zveznega, diskretnega in hibridnega modeliranja, simulacij, identifikacij in s tem povezanih optimizacij. Sestavljen je bil iz tečajev (tutorials), plenar-

Plenarna predavanja

Četverica vrhunskih znanstvenikov je podala pregled nekaterih najaktualnejših področij. Med njimi je

Tabela 1. Tečaji na kongresu EURO-SIMA

Naslovi tečajev	Predstavljalci
Introduction to Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica Using the OpenModelica Environment	Fritzson, P., Lundvall, H., Brugård, J.
Super-Object-Oriented Programming and Model Nesting	Kindler, E.
Inverse Simulation Methods and Applications	Murray-Smith, D.

Tabela 2. Plenarna predavanja

Naslovi plenarnih predavanj	Avtorji
Electronic Circuit Modeling and Simulation in Modelica	Cellier, F.
Integrated Multiscale Simulation of Continuous Casting of Steel	Šarler, B.
Experiences and Trends in Modelling and Simulation of Integrated Industrial Processes	Juslin, K.
An Ode for the Renaissance	Breitenecker, F.
The Challenge of Modelling High Speed Flows	Longo, J. M. A.

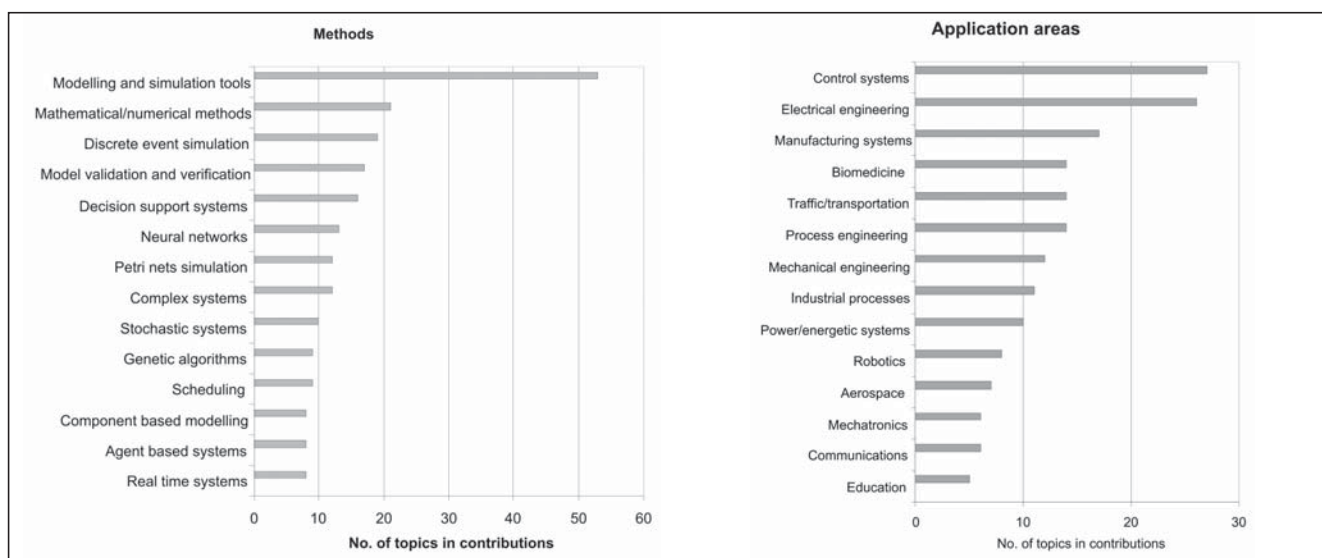
najbolj znano ime prof. François Cellier (slika 2), avtor dveh pomembnih knjig s področja modeliranja in simulacij. Od drugih se je razlikovalo predavanje prof. Breiteneckerja, ki je povezal znanost in umetnost – matematične modele in Petrarkove sonete. Tabela 2 prikazuje naslove vabljenih predavateljev in avtorje.



Slika 2. Ugledni profesor François Cellier med vabljenim predavanjem

Redni program je bil sestavljen iz 34 sekcij z 203 prispevki in ene posterske sekcije s 30 prispevki – skupaj torej 233. Vse so recenzirali vsaj trije člani 75-članskega programskega odbora. Grafa na sliki 3 prikazuje, kako so avtorji povezali svoje prispevke z osnovnimi tematikami kongresa – z metodami in izvedbenimi področji. Prikazane so seveda le pogosteje navedene tematike.

Triindvajset **specialnih sekcij** (tabela 3) s 168 prispevki so organizirali eksperti z ožjih – specialnih področij modeliranja in simulacij. Delno so bili to po-



Slika 3. Prispevki, povezani z najpomembnejšimi kongresnimi tematikami

Tabela 3. Specialne sekcije

Naslovi specialnih sekcij	Organizatorji
Education in Simulation / Simulation in Education	Wiechert, W.
Simulation in Economics and Business	Štemberger, M., Orsoni, A.
Modelling of Cryogenic Systems and their Applications	Rachid, A., Chadli, M., Coppier, H.
Modelling and Simulation in Mechatronics	Schmucker, U.
Computational Intelligence and Discrete Simulation	Huyet, A., L., Pierreal, H.
Increased Predictability of Crash Models	Eichberger, A.
Digital Factory/Simulation and Optimization of Industrial Processes	Jósvai, J., März, L.
Successful Application of Simulation in Industry	Juslin, K.
Fuzzy Systems	Škrjanc, I.
Simulations, Modelling and Optimization of VLSI Circuits	Strle, D.
Multidisciplinary Design Optimization	Dellino, G., Lino, P., Meloni, C., Rizzo, A.
Algebraic Methods and Algorithms in Modelling Discrete Dynamical Systems	Li, A.
Simulation in Electric Power Systems	Mihali, R.
Modelling and Simulation in Medicine and Pharmacy	Drinovec, J., Mrhar, A., Atanasijevic-Kunc, M.
Modelling and Simulation in Structural Mechanics	Lebon, F., Maceri, F.
Models Networks for Process Systems Simulation	Savkovi - Stevanovi, J. B.
Control and Decision for Complex Systems	Popescu, D., Tanguy, G. D.
Simulation of Multifield and Multiscale Problems in Structural and Material Engineering	Callari, C., Maceri, F.
Agent-Based and Dynamic Approaches to Modelling in Economics	Wöckl, J., Almeder, C.
Domain Modelling through Autonomous Discovery	Bratko, I.
Alternative Modelling and Comparisons and Benchmarking in Modelling and Simulation	Breitenecker, F., Wiechert, W.
Modelling and Simulation in the Vehicle Thermal Management System	Puntigam, W.
Modelling of Structural Dynamic Systems – Model Reduction Methods	Schwarz, P., Breitenecker, F.

vabljeni udeleženci ali pa so se ti sami javili za razpisane sekcije. Postopek recenziranja in odgovornost za kvaliteto sta bila prepuščena organizatorjem.

V študentskem tekmovanju so sodelovali študenti, ki so predstavili svoje diplomske naloge. Tričlanska mednarodna komisija je izmed desetih predlogov izbrala tri najboljše. Avtorji so dobili lepo darilo in denarno nagrado. Med dobitniki sta bila Luka Teslić in Tine Tomažič – oba sta nedavno zaključila študij elektrotehnike v Ljubljani (slika 4).



Slika 4. Podelitev študentskih nagrad

Kongresni prispevki so zbrani v knjigi povzetkov z biografijami avtorjev, celotni prispevki pa na zgoščenki.

V času kongresa je bil sestanek uredniškega odbora revije Simula-

tion Modelling Practice and Theory (EUROSIMOVA revija, ki jo izdaja založba Elsevier), sestanek odbora EUROSIMOVE članice ASIM in 29. sestanek odbora EUROSIMA.

Dosedanji predsednik prof. Borut Zupančič je predal predsedovanje Alexíku Mikulášu iz Slovaške, ki bo vodil EUROSIM do naslednjega kongresa leta 2010 v Pragi (slika 5). Polnopravna člana EUROSIMA sta postala dosedanja člana opazovalca latvijska zveza in špansko društvo.



Slika 5. Predaja predsedstva EUROSIMA

Kongres so finančno podprli In-control Enterprise Dynamics, MAK Technologies, XJ Technologies in Bausch-Gall GmbH, Elsevier, Javna agencija za raziskovalno dejavnost republike Slovenija in ELES kot zlati pokrovitelj.

Za uspeh konference gre zahvala vsem, ki so sodelovali pri pripravi in izvedbi kongresa.

Prof. dr. Borut Zupančič, predsednik kongresa in predsednik zveze EUROSIM 2004–07

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

Sejem INTRONIKA 2007

Drugače organiziran tradicionalni sejem elektronike, lani z imenom »electronica.si«, so letos predstavili kot INTRONIKA 2007. Potekal je, tako kot lani, v dvorani Zlatorog v Celju od 26. do 28. 09. Organizatorji so bili isti: podjetji ICM, d. o. o., iz Celja in AX Elektronika, d. o. o., iz Ljubljane. Osnovna tematika sejma ostaja enaka, tj. elektronika za avtomatizacijo proizvodnje. Sejem je namenjen predvsem uporabnikom tovrstne tehnike iz Slovenije.

Letos se je predstavilo 24 podjetij. Enako kot do sedaj, so bila zastopana vsa pomembnejša evropska podjetja in svetovne firme – izdelovalci in ponudniki elektronskih sestavin, industrijske elektronike, merilne tehnike ter informacijske tehnologije.

Med elektronskimi sestavinami so izstopali polprevodniki, prikazovalniki in zasloni, senzorji, tiskana vezja, povezovalni elementi, stikala in tipkovnice ter ohišja elektronskih naprav.

Industrijska elektronika je predstavljena s krmilnimi in regulacijskimi vezji in napravami, enotami in sistemi za ugnezdenje, napajalnimi in drugimi močnostnimi enotami, profesionalnimi avdio- in videosistemi, opremo za avtomobilsko elektroniko ter sistemi za pogon in krmiljenje strojev.

Merilna tehnika je bila predstavljena z izčrpnim naborom merilnih inštrumentov in naprav za merjenje električnih veličin, senzorjev in merilnikov za merjenje mehanskih veličin, merilnikov časa in merilnih naprav in sistemov za telekomunikacije, vključno z GPS-sistemi.

Oprema za proizvodnjo je obsegala predvsem opremo za spajkanje, oblikovanje in polaganje žičnih in kabelskih povezav, hitro izdelavo prototipov ter opremo za razvojne in učne laboratorije.



Pogled na del razstavnega prostora

Informacijska tehnologija je bila zastopana zlasti s programsko opremo in orodji CAD/CAE in ED/EDA storitve ter sistemi za načrtovanje in razvoj.

Na sejmu so se predstavila tudi ustrezna poslovna in strokovna združenja, medijsko pa so sejem pokrivala strokovne revije: Ventil, IRT3000, Svet elektronike in Računalniške novice.

Anton Stušek

icm
PASSION FOR PERFECTION

AX ELEKTRONIKA

Strokovni seminar o kontroli natančnosti in kalibriranju CNC strojev

V okviru že ustaljenih strokovnih seminarjev, ki jih organizira Laboratorij za odrezavanje – LABOD, Katedra za menedžment obdelovalnih tehnologij, Fakulteta za strojništvo, je bil v sodelovanju s podjetjem RLS, d. o. o., katerega del je program merilnih sistemov podjetja Renishaw iz Anglije, 26. septembra

analizo odstopanj lahko določimo spodnjo mejo ustreznosti stroja, kar zmanjšuje izmet oziroma število dimenzijsko neustreznih izdelkov. Na drugi strani pa razvrščanje strojev po obdelovalnih sposobnostih podaljšuje njihovo uporabno dobo, saj dimenzijsko manj zahtevne izdelke lahko izdelujemo na za to primernih strojih.

Najnovejšo lasersko merilno napravo XL80 (ki je evolucija laserske merilne naprave Renishaw ML10 Gold Standard) pa je predstavil predstavnik podjetja Renishaw iz Velike Britanije, ki je tudi odgovarjal na najzahtevnejša vprašanja, povezana z izvajanjem meritev. Laserski merilni sistem je namenjen predvsem za kalibriranje posameznih osi na CNC-obdelovalnem stroju.



Prof. dr. Janez Kopač in Nick Penfold, predavatelj iz podjetja Renishaw

izveden enodnevni seminar z naslovom *Uporaba merilnih sistemov QC10, ML10 in XL80 pri diagnosticiranju odstopkov in napak ter kalibriranju CNC-strojev s poudarkom na vzdrževanju in servisiranju CNC-strojev v orodjarnah*. Seminar je bil namenjen serviserjem, tehnologom ter vodstvenim delavcem podjetij, ki izdelujejo zelo zahtevna orodja, kakor tudi uporabnikom, ki že uporabljajo predstavljeno opremo.

Poznavanje delovnih karakteristik CNC-strojev na eni strani povečuje njihovo učinkovitost, saj z natančno

življenjski dobi. Seveda pa ugotavljanje dejanskih vplivov na napake zahteva specialno znanje, ki vključuje tudi simulacijo za odkrivanje možnih vzrokov napak. Temu so predavatelji namenili precej pozornosti.

Ballbar Q10 je orodje, s katerim je mogoče v zelo kratkem času izvesti merjenje in s tem omogočiti nemoteno obdelavo. Namenjen je predvsem za diagnosticiranje stanja stroja. Merilna naprava je poznana in jo že uporabljajo v slovenskem prostoru in v laboratoriju LABOD.

Prve meritve natančnosti stroja se izvedejo že pri njegovi postavitvi. Kasneje se uporabljajo za občasno preverjanje zaradi obrabe, pri drugih nepredvidenih dogodkih in za spremljanje kakovosti stroja v celotni

V okviru seminarja je bil tudi praktični prikaz delovanja predstavljanih merilnih naprav na CNC-strojih v Laboratoriju za odrezavanje. Na vertikalnem obdelovalnem centru Mori Seiki Frontier M1 je bila predstavljena merilna naprava Ballbar QC10, na CNC-stružnem centru Mori Seiki SL-153 pa laserska merilna naprava Renishaw ML10 Gold Standard, kjer so bili podrobno prikazani postopek merjenja pozicijske natančnosti Z-osi, izdelava ter vnos kompenzacijske tabele (s katero se popravi natančnost pozicije obdelovalne mize) v krmilnik CNC-stroja. Najmodernejša laserska naprava Renishaw XL80 in njeno delovanje pa sta bila praktično prikazana na vertikalnem obdelovalnem centru SODICK MC430L.

Podrobnejše informacije o sodobnih merilnih postopkih in napravah je mogoče dobiti na spletnih straneh: www.fs.uni-lj.si/labod in www.rls.si.

Dr. Janez Kopač, FS Ljubljana



Meritve z dvema laserskima merilnima napravama



13. mednarodno posvetovanje vzdrževalcev Hrvaške

(13. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE ODRŽAVANJE 2007)

Posveta se je udeležil tudi predsednik EFNMS Hans Overgaard, sicer pa je bila mednarodna udeležba skromna.



Prof. dr. Ivo Čala z zagrebške Fakultete za strojništvo in ladjedelništvo ob otvoritvenem govoru

Je potekalo v Šibeniku od 15. do 17. maja v hotelu Ivan, ki je del hotelskega kompleksa Solaris. Okolje je bilo tako ustrezno.

Na izdanem seznamu je evidentiranih 182 udeležencev, od tega 11 iz tujine – od teh smo bili trije iz Slovenije. Sam sem sodeloval s prispevkom *Condition-Based Maintenance*

of Hydraulic Systems and the Role of Adequate Design in its Achievement (Zbornik radova ODRŽAVANJE 2007). Organizatorji so prispevek prevedli tudi v hrvaški jezik in ga v prevodu objavili na koncu zbornika pod naslovom **Održavanje prema stanju hidrauličkih sustava i uloga odgovarajućeg projektiranja u njegovoj provedbi**. V zborniku je objavljenih 26 prispevkov, poleg teh pa še 4 prevedeni iz tujega v hrvaški jezik. Prispevki so bili strokovne narave, razdeljeni v 7 tematskih sklopov: 1. Menadžment i održavanje (3 prispevki), 2. Logistika održavanja (5), 3. Informacijski sustavi u održavanju (3), 4. Tehnologije održavanja (5), 5. Pouzdanost i održavanje (2), 6. Ekologija i održavanje (3), 7. Nadzor i dijagnostika (5).

Organizacija je bila na solidnem nivoju. Zanja sta skrbela programski in recenzentski odbor. Drugi dan posveta so organizirali izlet v nacionalni park Kornati. Če primerjam organizacijo tega posveta z vsakoletnim srečanjem (TPV) DVS na Rogli, je slovensko strokovno-organizacijsko žal na nižjem nivoju.

Slovensko društvo vzdrževalcev je imelo pred leti pred hrvaškim precej prednosti, ki pa so, po videnju podpisanega, v letih večinoma »usahnile«. Hrvaško društvo ima fakultetno sfero mnogo bolj aktivno vključeno v svoje delovanje, prispevki na njihovih srečanjih so v povprečju na višjem strokovnem nivoju, večja je tudi mednarodna udeležba. O tem bi bilo treba razmisliti, kar bi lahko bil dober izziv za novo vodstvo DVS.

Jože Pezdernik



Utrinek s konferenčne dvorane



Pomembne obletnice izhajanja strokovnega tiska na področju fluidne tehnike

V zadnjih 100 letih smo priče neslučenega razvoja strojništva in elektronike in z njima posameznih tehnik pogona in krmiljenja strojev in naprav. V industrijsko najbolj razvitih deželah sveta sta se zadnja leta zato še posebno uveljavili angleški gesli *Power and Motion Control* (pogoni in krmiljenje gibanja) in *Mechatronics* (mehatronika – integracija pogonske, krmilne in informacijske tehnike). Hidravlika in pnevmatika sta pri tem igrali pomembno vlogo in sta še vedno med najpomembnejšimi področji razvoja tehnike in s tem sodobnega gospodarstva nasploh.

Na razvoj *hidravlike* in *pnevmatike*, danes poimenovanih z enotnim imenom *fluidna tehnika*, je odločujoče vplival strokovni tisk. Zato ni naključje, da v najbolj razvitih državah sveta, v ZDA in Nemčiji, letos praznujejo že zavidanja vredne obletnice izhajanja uveljavljenih znanstveno-strokovnih revij za obravnavano področje tehnike:

- 60-letnico ameriške revije *Hydraulics & Pneumatics*,
- 50-letnico nemške znanstveno-strokovne revije *O + P Ölhydraulik und Pneumatik* ter
- 40-letnico strokovnoinformacijske revije *fluid*.

Začnimo z najmlajšo!

40 let revije FLUID

V jubilejni številki revije *fluid* (julij–avgust 2007) so objavljene čestitke, ocene in želje za prihodnost številnih avtorjev iz industrije, univerzitetno-raziskovalnih okolij in strokovnih gremijev.

Uvodni prispevek očeta in prvega urednika revije *fluid* dipl. inž. Petra Krumereicha je predstavil nastajanje, razvoj in vsebine ter pomembne sodelavce in avtorje v preteklih 40 letih.

Tehtne ocene dosedanjega razvoja in profila revije so podali predstojniki



oz. predstavniki za fluidno tehniko najpomembnejših visokošolskih, univerzitetnih in raziskovalnih institucij:

- Instituta za hidravliko in pnevmatiko IFAS, TU Aachen – častni prof. Backe in sedanji predstojnik prof. Murrenhoff,
- Instituta za kmetijske stroje in fluidno tehniko, TU Braunschweig – prof. Harms, ter
- Instituta za fluidno tehniko, TU Dresden – prof. Helduser.

O 40 letih statistike o hidravliki in pnevmatiki v *fluidu* je poročal predstavnik Nemškega združenja strojne industrije, VDMA, dr. Wichers.

Oblikovanje *raziskovalnega sklada za fluidno tehniko pri VDMA* in o njegovem sodelovanju z revijo *fluid* pa je strnjeno predstavil P. Synek.

V nadaljevanju skupine prispevkov iz industrije pa so z obravnavo konkretnih tehnično-tehnoloških vprašanj sodelovali naslednji avtorji:

- Grundkal, M. – *Bosch Rexroth* – Tehnologije fluidne tehnike,
- Metzger, J. – C. *Otto Gehrken* – 140 let tesnilne tehnike,
- Steinbach, N. – *Walterscheid* – Cevne zveze v žarišču od 1957,

- dr. Storr, R. – *Festo* – Narava kot izhodišče razvoja tehnike – pnevmatike,
- dr. Freitag, E. – *Merkel* – Frendenberg – Poti v razvoju sistemov tesnjenja,
- Haeusgen, K. – *Hawe* – Hidravlični agregati za vse namene,
- Hänchen, S. in H. – Hänchen – Sistematika namesto posebnih izvedb,
- Bahrens, G. – *Parker Ermeto* – Hidravlika – uveljavljena že več kot 70 let,
- Hansen, J.-C. in Skirde, E. – *Sauer-Danfoss* – Inovacije v mobilni hidravliki.

Prva leta revije Fluid

Od samega začetka izhajanja je revija *fluid* med pomembnejše objave uvrščala intervjuje. Katere teme so bile takrat zanimive in kakšna stališča so intervjuvanci zastopali, nazorno kažejo zanimivi originalni ponatisi prispevkov v nadaljevanju (naslovi prevedeni):

- Gräf, E. (FMA – Pokorny, 1967 – 04): Meje hidravličnih serijskih produktov,
- Wydra, K. (Knorr – Bremse; 1967 – 04): Fluidika, kako boste krmlili 1975. leta?
- Bender, V. (Danfoss; 1967 – 12): Ni nujno vedno visoki tlak,
- Beitler, G. (Heilmeyer & Weinlein; 1968 – 02): Gre tudi brez regulacijske črpalke?,
- Petersen, H. (Tretorn Gummiwerke; 1968 – 10): Več je kot zgleda (tematika: gibke cevi),
- Falley, F. (SIG – Švica; 1968 – 11): Prihodnost pripada servotehniki,
- Hutchinson (Continental-Hydraulics, 1968 – 12): Amerikanec v Nemčiji,
- Tirelli, P. (Atos) in Kramp, R. (Hydropa; 1969 – 01): Ventili visokih sposobnosti,
- Leib in van Heek (KSB; 1969 – 03): Postati ustaljen (tematika: kompresorji),
- Hamber (Preßluft – Götz; 1969 – 12): Ko pride TÜV,
- Guberan, D. (Pumpenfabrik Urach; 1971 – 04): Višje cene – padajoči prihodki.

Revija *fluid* sicer izhaja 10-krat letno z dvema dvojnima številka. Redno ima še posebno izdajo publikacije *fluid – Markt* s preglednimi informacijskimi prispevki in izčrpnimi sezname izdelkov in opreme ter njihovih izdelovalcev oz. dobaviteljev.

50 let revije O + P

Jubilejno izdajo ob 50. obletnici izhajanja znanstveno-strokovne revije za fluidno tehniko *O + P* *Ölhydraulik und Pneumatik* predstavlja letošnja julijska številka revije 51(2007)7.



Minister za gospodarstvo in tehnologijo Zvezne republike Nemčije *Michael Glos* je v svojem pozdravnem nagovoru poudaril, da je revija *O + P* v zadnjih 50 letih uspešno sledila in podpirala razvoj fluidne tehnike in vsem izpolnila nalogo, ki ji jo je zastavil takratni zvezni minister za gospodarstvo *Ludwig Erhard*, da zagotovi tudi preglednost dogajanj na področju fluidne tehnike v svetu. S stalnim dialogom med izdelovalci in uporabniki tovrstne tehnike je revija opravila in še naprej opravlja odgovorno delo v službi domače in mednarodne javnosti.

Tehtne ocene dosedanjega razvoja in delovanja in želje ter načrte za prihodnost revije so prispevali:

- prof. dr. H. Murrenhoff in prof.

- dr. S. Helduser kot predstojnika obeh najpomembnejših nemških inštitutov za fluidno tehniko v Aachnu in Dresdnu in sočasno tudi odgovorna izdajatelj revije,
- W. Bork – dolgoletni glavni urednik revije (1978–2006),
- P.-M. Synek – predsednik Raziskovalnega sklada pri Nemškem združenju strojne industrije VDMA (Forschungsfond Fluidtechnik im VDMA) – *O + P* je sicer tudi uradni organ raziskovalnega sklada ter
- M. Pfister – v imenu Nemškega združenja strojne industrije VDMA;

dodatno pa še predstavniki pomembnih nemških podjetij:

- Argo,
- Aros,
- Bosch Rexroth,
- Bühler,
- Diedurs,
- Festo,
- Fluidon,
- Hänchen,
- Raja-Lovejoy,
- Ross,
- Shulz,
- Sensor – Technik,
- Voss (2x).

Revija *O + P* izhaja sicer 10-krat letno z dvema dvojnima številka. Redno pa ima letno še dve posebni izdaji:

- *O + P Report* z izčrpnimi seznammi izdelkov ter izdelovalcev oz. dobaviteljev in
- *O + P Konstruktions-Jahrbuch* s prispevki in najnovejšimi napotili projektantom za izbiro in dimenzioniranje fluidnotehničnih sestavin in posebne opreme ter informacijami o raziskovalnih dosežkih, znanstvenih objavah, najnovejši strokovni literaturi, standardih ipd.

60 let revije H & P

Najstarejša redna publikacija s področja hidravlike in pnevmatike oz. fluidne tehnike pa je ameriški magazin *Hydraulics & Pneumatics*, ki redno izhaja že 60 let. Zasnova revije je izrazito popularno strokovno-in-



formativna, z namenom učinkovite povezave in medsebojnega informiranja izdelovalcev, uporabnikov, raziskovalcev in izobraževalcev na področju fluidne tehnike.

Ob jubilejnem letu izhajanja revija, do sedaj revija še ni objavila posebnih prispevkov in ocen njenega nadvse uspešnega delovanja, pomembnega za globalni razvoj in uporabo fluidne tehnike na vseh področjih tehnike.

Revija izhaja 12-krat letno, poleg tega pa redno letno izdaja. *Direktorij* z izčrpnimi podatki in seznam izdelkov in izdelovalcev in dobaviteljev namenjenih predvsem projektantom in uporabnikom tovrstne opreme. Poleg tega je revija založniško izredno aktivna pri izdaji učbenikov, priročnikov in podobnih publikacij s področja fluidne tehnike, v zadnjih letih tudi na spletnih straneh.

Vsem trem jubilentom tudi bralci in uredništvo revije *Ventil* čestitamo ob zavidljivih obletnicah in želimo še naprej uspešno delovanje v korist fluidne tehnike v globalnih razmerah in blagostanja človeštva celoti.

Viri:

- fluid 40(2007)7-8, str. 6 ...
- *O + P Ölhydraulik und Pneumatik* 51(2007)7, str. 354 ...
- *Hydraulics & Pneumatics* 60(2007)1

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij LASIM

in

Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



najavljata

posvet



REPUBLIKA SLOVENIJA

MINISTRSTVO ZA VISOKO ŠOLSTVO,
ZNANOST IN TEHNOLOGIJO

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2007 – ASM '07

v četrtek, 22. 11. 2007, od 9.00 do 16.30 ure

v prostorih GZS, Dimičeva ulica 13, Ljubljana.

Posvet **Avtomatizacija strege in montaže 2007** bo srečanje, na katerem bodo obravnavane številne aktualne teme s področja avtomatizacije proizvodnje, s posebnim poudarkom na avtomatizaciji strege in montaže. Predstavljeni bodo tudi primeri avtomatizacije strege in montaže iz realnega okolja.

Prijave sprejemamo na elektronski naslov: **asm07@fs.uni-lj.si** in fax: **(01) 47 71 434**.

Program posveta

Pozdravni nagovori

- prof. dr. Jožef Duhovnik, dekan FS, UL
- dr. Aleš Mihelič, direktor direktorata za tehnologijo, MVZT, Ljubljana

Predstavitev generalnega sponzorja

- Iskra Avtoelektrika ASING

NAČRTOVANJE STREŽNIH IN MONTAŽNIH SISTEMOV

- Načrtovanje hibridnih montažnih sistemov in LCIA, Dragica Noe, Niko Herakovič, LASIM, FS, UL
- Napotki za snovanje vitke montaže, Janez Gradišek, CIMOS, Koper
- Uporaba diskretne simulacije za podporo načrtovanju, analizi in optimizaciji strege in montaže, Tomaž Perme, zasebni raziskovalec in Fakulteta za management, UP, Koper

INFORMACIJSKI IN INTELIGENTNI SISTEMI V MONTAŽI IN PROIZVODNJI

- Krmiljenje obdelovalnih procesov na daljavo, Peter Butala, Alojzij Sluga, LAKOS, FS, UL
- Zagotavljanje sledljivosti v različnih tipih kosovne proizvodnje, Jani Kleindienst, Samo Čeferin, Sinabit, Ljubljana-Črnuče
- Povezava informatizacije z avtomatizacijo na montažni liniji bele tehnike, Skupina avtorjev, INEA, Ljubljana
- Informacijska podpora opremljanju in urejanju končnih izdelkov po logističnih standardih v proizvodnji, Ašo Zupančič, Ivo Čadež, ESPRO inženiring, Ljubljana

PODJETJA PREDSTAVLJAJO - PRIMERI IZ PRAKSE

- Montažna linija nove generacije grelnikov vode, Božidar Bajcer, Gorenje Tiki, Ljubljana
- Redesign statorja motorja servo volana za avtomatizirano montažo, Dušan Gregorič, Iskra Avtoelektrika ASING, Šempeter pri Gorici
- Visoko produktivna robotska celica za varjenje v avtomobilski industriji, Hubert Kosler, Primož Primec, Motoman Robotec, Ribnica
- Robotska celica za spajanje kotnih požarnih loput, Igor Rupnik, IMP Klima - Hidria, Godovič
- Integrirana robotska montažna celica, Jože Pivk, Žarko Likar, ALBATROS-PRO, Logatec; KOLEKTOR LIV, Postojna
- Krmiljenje montažnih strojev in diagnosticiranje napak na daljavo, Tomi Mihalič, LAMA, Dekani
- Testna naprava za podjetje Albatros Logatec, Kristijan Pipan, LA & CO, Maribor

ZAGOTAVLJANJE IN KONTROLA KAKOVOSTI V MONTAŽNIH PROCESIH

- OMRON - LCIA pristop in kontrola kakovosti v avtomobilski industriji, Andrej Rotovnik, Miel - OMRON, Velenje
- Zagotavljanje kakovosti in produktivnost linije za sestavljanje sesalnih enot, Tomaž Stanonik *, Boštjan Demšar *, Tomaž Perme **, Mirko Sokovič ***; *Domel, ** zasebni raziskovalec in FM, UP, Koper, ***FS, UL
- Nadzor kontrolnih postaj za zagotavljanje stabilnosti procesa na montažni liniji - reduktor P 054, Franc Justin, Zdravko Mrak, Iskra Mehanizmi, Lipnica

Uporaba hidravličnih cilindrov za preskušanje pri airbusu A380

Pri preskušanju trdnosti novega airbusa A380 163 hidravličnih cilindrov firme **Hänchen** simulira različne obremenitve, ki delujejo med letom na nosilne površine, obese za pogonske enote, vodila, lopute, na trup in podvozje letala. Z zahtevnim sistemom krmiljenja se simulirajo sile, ki delujejo pri vzletu, med poletom in med pristankom v normalnih in ekstremnih razmerah. Na ta način se lahko ugotovijo morebitna utrujenost materiala in druga odstopanja, še preden letalo A380 prvič vzleti s potniki.



Vir: NEVIJA, d. o. o., Gregorčičeva 29a, 2000 Maribor tel.: 02 234 85 57, faks: 02 234 85 51, e-mail: dragan.grgic@nevoja.si

Nadziranje stanja sodobnih strojev in naprav

(Povzetek serije prispevkov v reviji O + P)

Nadzorovanjestanja obsega zajemanje, predstavitev in interpretacijo podatkov o stanju strojev in naprav v najširšem smislu z namenom njihovega pravočasnega in ustreznega vzdrževanja. Gre za predvidevanje preprečevanja motenj in okvar in s tem zagotovitev zanesljivega in varnega delovanja strojnih sistemov. S tem se zmanjšujejo skupni stroški in preprečujejo prekinitev delovanja proizvodnih, transportnih in podobnih sistemov.

Revija *Ölhydraulik und Pneumatik* v letošnji jubilejni izdaji (julij 2007) objavlja poseben dodatek z naslovom *Condition Monitoring – Spezial* s serijo prispevkov, ki omogočajo vpogled v obravnavano področje, seveda s poudarkom na fluidni tehniki.

Prispevki (naslovi prevedeni):

- Frenzel, U. (Simmering): Gredna tesnila zagotavljajo učinkovito nadziranje – Nadziranje stanja tesnilnega spoja opozarja na izgube olja in vstopanje zraka;
- Anonim (Firma Argo-Hytos GmbH): Analiza stanja olja quo vadis? – Današnje možnosti in bodoči cilji modernih analiz olja;
- Schäfer, Th.: Zanesljivo delovanje z nadziranjem stanja – Nadziranje stopnje onesnaženosti in vsebnosti vode v tlačnih medijih;
- Stolze, M.: Produkcija namesto zastoja – Uporaba, metode z analizo nihanja odkriva spremembe stanja;
- Bredan, J.: Industrijska diagnostika pnevmatike – Izdelovalci podsistemov zagotavljajo potrebne podatke za snovanje sodobnih strojev;
- Wahler, M.: Inteligentni »IndraDrive« diagnosticira stanje strojev – Tako veliko, kot je potrebno, in tako malo, kot je mogoče;
- Schnur, F.: Nadziranje stanja servopnevmatičnih pogonov – Primer nadziranja stanja varilnih klešč s servopnevmatičnim pogonom in krmiljenjem.

Vir: Avt. kol.: Condition Monitoring – Spezial; Ölhydraulik und Pneumatik 51(2007)7 – str. 375–389

Pisana pahljača filtrov

Pri *Porex Technologies* so razvili gospodarno alternativo ohišij iz umetnih mas za filtre, ki so primerne predvsem za uporabo v kemični, živilski in farmacevtski industriji. Gre za različne izvedbe filtrov za pnevmatiko, pline in tekočine, kadar se zahtevata visoka protikorozijska odpornost in kemična obstojnost.



Filtri z ohišji iz umetnih mas omogočajo različne konstrukcijske rešitve za ultračisto fotokemično filtriranje pri laboratorijskih analizah, za zaščito pnevmatičnih krmilnih vezij za zaščito črpalk in motorjev pri napravah za osmozo, filtriranje pitne vode, v avtomatih za pijače in v medicinskih napravah. Lahko so opremljeni s tesnili iz različnih materialov in v različnih izvedbah tesnilnih spojev.

Nudijo dve osnovni izvedbi ohišij: z nizkim in visokim filtrskim lončkom.

Standardna izvedba je bela, na voljo pa so tudi druge barve. Standardni filtrirni vložki so polietilenski s tremi standardnimi stopnjami filtriranja, po želji pa so na voljo tudi vložki iz nerjavnega jekla.

Glave filterskega ohišja so lahko tudi v alternativnih konstrukcijskih izvedbah z dodatno opremo, kot so posebni cevni priključki, različni merilniki tlaka, indikatorji onesnaženosti idr.

Dodatne informacije na elektronskih naslovih:

- e-pošta: christina.conesa@porex.de
- internet: www.porex.com

Po O + P 51(2007)7 – str. 420

Mag. Anton STUŠEK – pogovor ob njegovi 75-letnici



Mag. Anton Stušek

Uredništvo Ventila ima lepo navado, da ob primernih dogodkih pripravi pogovor z osebami, ki so na tak ali drugačen način povezane z dejavnostmi na področju fluidne tehnike. Zgodi pa se, da se kakšen tak dogodek tudi spregleda. Mogoče lahko tokratni spregled pripišemo zadnje čase zelo poudarjenemu varovanju osebnih podatkov. Svoje čase smo temu rekli nemarnost, površnost, lenoba, pa še kakšna ne prav lepa beseda bi se našla. Naj popravimo. V januarju letos je g. Anton Stušek postal 75 let »mlad«. Mlad zato, ker je pri svojih spoštljivih letih tako strokovno aktiven, da mu mnogo mlajši to lahko upravičeno zavidamo.

Ventil: V letu 1973 ste na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani prevzeli predmet hidravlika in pnevmatika. Kakšna je bila vaša strokovna pot pred tem?

A. Stušek: Začetki mojega izobraževanja segajo v pred-, med- in povojna leta. Takratno triletno tehnično šolo

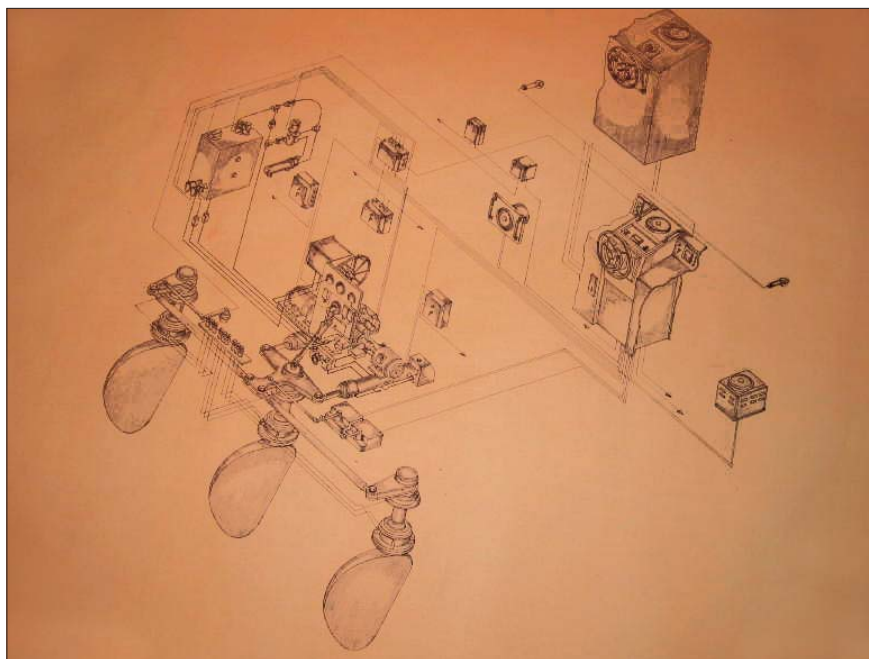
strojne stroke na Aškerčevi v Ljubljani sem končal leta 1948. Kot vojaški štipendist sem se zaposlil na Vojno tehničnem institutu, in sicer prvo leto v Zagrebu, potem pa v Beogradu. Prva leta sem se pod vodstvom izkušenih strokovnjakov ukvarjal z urejanjem in sistematizacijo tehnične dokumentacije, ki se je takrat iz različnih tovarn združevala v Inštitutu. Kot konstruktor pa sem delal predvsem na področju finomehanike. Čeprav povojna leta in vojaško okolje niso bili naklonjeni osebnim željam in nagnjenjem, sem se s tiho podporo generala Krauta, brata našega cenjenega profesorja Bojana Krauta, jeseni leta 1953 vpisal najprej na strojništvo v Beograd, drugi letnik in vse ostalo, vključno z diplomom, pa sem končal v Ljubljani. Takrat pa sem se že podrobneje srečal s hidravliko, saj sem pri profesorju Lobetu zagovarjal diplomsko z naslovom *Aksialna batna črpalka*. Profesor je bil zlasti navdušen nad oblikovanjem besedila, ki je bilo izdelano po navodilih UNE-SCA za pisanje strokovnih člankov. Pa še to: besedilo je bilo vzorno nati-

pkano, za kar sem še vedno hvaležen svojemu dekletu, ki je danes moja žena. Diploma je bila ozaljšana s študentsko Prešernovo nagrado.

Ventil: Ste uspešen zagovor dolgo časa proslavljali?

A. Stušek: Niti ne. Uradni datum zagovora je bil sicer planiran na božič 1959, vendar ga je komisija, v kateri so bili legendarni profesorji Lobe, Kovačec in Rant, iz neznanih razlogov preložila na tri kralje v letu 1960. Dva dni potem pa sem že imel na vratih vojaško policijo, ker se nisem takoj javil na delovnem mestu. Težjih posledic k sreči ni bilo. Delo sem nadaljeval v Brodarskem institutu, ki se je v tem času iz Splita preselil v Zagreb. Sam pa sem bil že krepko zastrupljen s hidravliko, tako da sem s tega področja opravił tudi vojaški strokovni izpit.

Ventil: Kako ste svoje zanimanje in znanje s področja hidravlike lahko uveljavili v tako tradicionalni strukturi, kot je vojna mornarica?



Avtomatski sistem EH-krmiljenja hitrih bojnih ladij (raketna topovnjača)

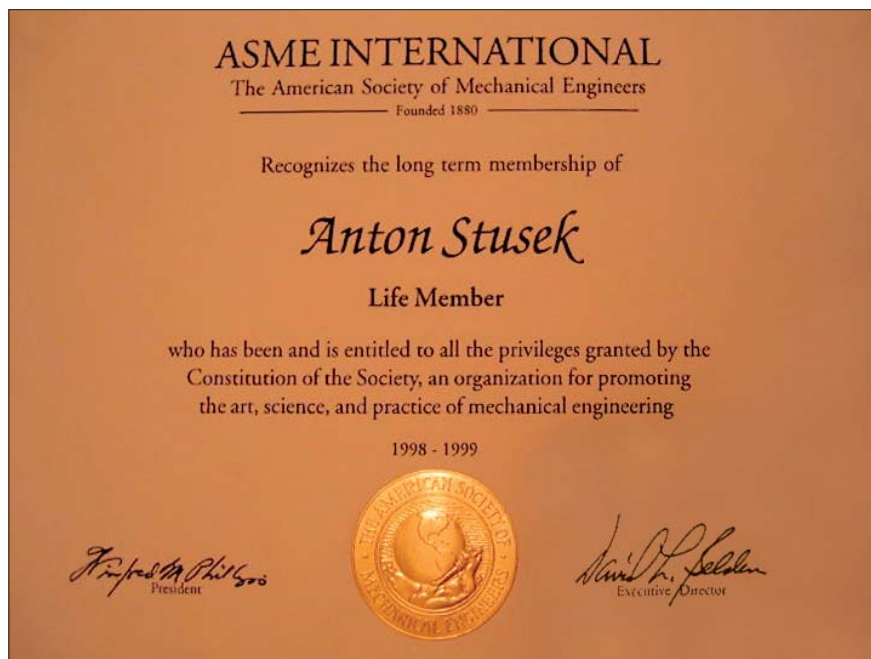
A. Stušek: V začetku šestdesetih let je jugoslovanska armada intenzivno podpirala domačo industrijo, saj smo med drugim kot ena redkih držav gradili tudi podmornice. Pri tem projektu je naš inštitut med drugimi nalogami prevzel izdelavo elektrohidravličnega sistema za horizontalno in vertikalno krmiljenje podmornice. Pri razvoju elektronskega dela krmilja sem zelo uspešno sodeloval z Iskro, ki je v okviru takratnega »TOZD-a Merilne naprave« razvijala posebej zahtevna krmilja. Na sodelovanje z Iskrinimi strokovnjaki v tistem času imam še vedno zelo lepe spomine. Spoznal sem veliko odličnih posameznikov in skupin, s katerimi smo kasneje rešili še vrsto zahtevnih nalog.

Ventil: V tistih časih se je Prva petoletka na sejmu tehnike v Beogradu predstavljala kot »prvi i jedini proizvajalac pnevmatike i hidraulike«. Poleg tega je bila to napol vojaška tovarna. Kako to, da je prepustila tako pomemben delež formalno sicer skupnega denarja Zagrebu in Ljubljani.

A. Stušek: Na to vprašanje bi težko odgovoril. Možno pa je, da sta bili delitev in razpršenost orožarskih poslov dogovorjeni na jugoslovanskem nivoju. Pri tem je bila upoštevana tudi sposobnost posameznih konkurentov. Kot dokaz za to trditev bi lahko navedli projekt Kapela, kjer so bila pri izdelavi tankov kar močno vključena slovenska podjetja, kot sta Iskra in Železarna Ravne. Na vsak način pa je bila glavni dobavitelj za večino hidravličnih sistemov za potrebe jugoslovanske vojaške industrije prav Prva petoletka.

Ventil: Morebiti je našim bralcem manj znano, da ste bili poleg rednega dela na Brodarskem inštitutu v Zagrebu aktivni tudi pri promociji hidraulike v okviru Društva inženirjev in tehnikov.

A. Stušek: Sredo šestdesetih let je na našem področju zaznamoval hiter razvoj cenene avtomatizacije, kakor smo poslovenili angleški izraz Low Cost Automation. Ta se je zlasti uveljavila pri opremljanju delovnih mest ob



Certifikat o doživljenjskem članstvu v ASME (Ameriško združenje strojne industrije)

tekočih trakovih, kjer je pnevmatika nadomeščala marsikdaj naporno ročno delo. V Zagrebu sta bila glavna promotorja tega sorazmerno novega področja podjetji Nikola Tesla in Rade Končar. V obeh tovarnah je bilo zaposlenih kar nekaj dobrih strokovnjakov, poleg tega pa so bili v Zagrebu kot največjem industrijskem centru Jugoslavije zelo aktivni tudi predstavniki uveljavljenih tujih firm, kot so Festo, Rexroth, Vickers in drugi. Ker dijaki in študenti pri rednem izobraževanju o hidravliki in pnevmatiki niso slišali skoraj ničesar, so prav predstavniki teh tovarn in pa redki domači strokovnjaki s tega področja pripravili tečaje in praktična izobraževanja, ki so bila zlasti v začetku zelo dobro obiskana, saj je bila potreba po novem znanju res velika.

Ventil: Dodatno pa ste se izobraževali tudi sami?

A. Stušek: Seveda. Poleg sodelovanja na krajših strokovnih posvetih in seminarjih doma in v tujini sem še z nekatereimi sodelavci odšel na celoletno strokovno izobraževanje v Združene države Amerike. Program je bil vzorno organiziran, saj smo obiskali vrsto pomembnih tovarn, inštitutov in univerz, kjer smo poslušali izbrana poglavja, predvsem s področja hidraulike. Že pred tem sem se vpisal na

magistrski študij, ki ga je leta 1964 prvič razpisala Fakulteta za strojništvo in ladjedelništvo v Zagrebu. Ob specializaciji v Ameriki sem na lastni koži občutil metodo palice in korenčka, saj mi je vojska po eni strani omogočila izjemno kvalitetno izobraževanje, po drugi strani pa mi je preprečila, da bi šolanje zaključil z magisterijem. Tematika magistrskega dela v Zagrebu je bil Elektrohidravlični servovalnik.

Ventil: Sedaj pa smo že pri obdobju, ki smo ga omenili na začetku našega pogovora. V Ljubljani ste na strojni fakulteti leta 1973 v okviru višješolskega študija prevzeli predmet hidravlika in pnevmatika, ki ga je dve leti prej zastavil dipl. ing. Stane Grčar.

A. Stušek: Koncept predavanj in vaj je predhodnik solidno zastavil in nadaljevanje je steklo brez posebnih težav. Več problemov pa je bilo z organizacijsko umestitvijo mojega predmeta v fakultetno strukturo, saj je šlo za nov, netradicionalen predmet. Razmišljanja so segala od strojnih elementov do vodnih strojev. O mehatroniki ali tribologiji takrat še nismo govorili. V pogovoru s kolegi sem izvedel, da se s podobnimi težavami ukvarjajo tudi na drugih univerzah. Mogoče bi kot izjemo lahko navedel visoko šolo v Aachnu,

ki jo je zelo suvereno vodil profesor Backé. Z leti se je predmet hidravlika in pnevmatika širil na strokovne in srednje šole, tako da so pionirski časi že daleč za nami, saj sta hidravlika in pnevmatika prisotni na najrazličnejših področjih.

Ventil: *Delali pa ste v prid hidravliki in pnevmatiki tudi na drugih področjih in ne samo pri izobraževanju.*

A. Stušek: Trudil sem se, saj izobraževanje ne sme biti samo sebi namen.

čiti doma, in tuja ponudba je prihajala k nam na velika vrata. Žal je to za mnoge tehnične izobražence pomenilo izgubo delovnega mesta in razpadlo je veliko odličnih ekip. Zadnje čase pa se poslovna klima zopet spreminja in tehnični poklici so zelo iskani, ne pa še cenjeni. Mnogo ciljev, ki smo si jih zastavili pri snovanju OFT-ja, ni bilo nikoli doseženih, nekatere pa smo krepko presegli. Veseli me, da imamo v Sloveniji kar nekaj zelo uspešnih podjetij, da je doktorat znanosti z našega področja dosegel več mladih strokovnjakov, da



Sistem učnih pripomočkov za hidravliko SUPH-1 – prototip na FS v laboratoriju za fluidno tehniko

Pri različnih raziskovalnih nalogah sem sodeloval z mnogimi slovenskimi podjetji, ki se ukvarjajo s pnevmatiko in hidravliko. V osemdesetih letih so se ta podjetja združevala v okviru Gospodarske zbornice kot Odbor za fluidno tehniko. Ta je imel precej široko zastavljene cilje, pri svoji organizacijski strukturi pa se je zgledoval po CETOP-u, seveda z močnim priokusom takrat še zelo poudarjanega samoupravljanja. Našteli smo celo vrsto skupnih ciljev, kot so: standardizacija, izobraževanje, laboratorijska oprema, pristop k CETOP-u, strokovno glasilo. Začetniško navdušenje so kar hitro prizemljile kadrovske, finančne, organizacijske in ostale omejitve. Bistveno so k temu prispevale tudi politične spremembe v začetku devetdesetih let. Propadale so firme, ki so se zdele večne, in zrasle so nove, za katere včeraj še slišali nismo. Minili so časi, ko je bilo treba vse nare-

je Slovenija že vrsto let članica CETOP-a, da so natisnjeni osnovni slovenski standardi in da je skromni Bilten zrasel v bleščeči Ventil.

Ventil: *Strokovno aktivni pa ste še vedno.*

A. Stušek: Človek vedno z veseljem opravlja delo, ki ga ima rad. Še vedno me porabijo pri Ventilu, za katerega mirne vesti priznam očetovstvo. Sodelujem tudi pri terminološki komisiji Inštituta za slovenski jezik Franca Ramovša ZRC SAZU za področje strojništva. Tudi srečanj tako strokovnih kot prijateljskih, na katerih se pogovorimo bivši sodelavci, se z veseljem udeležujem.

Še veliko takšnih srečanj vam želimo. Hvala in srečno!

France Jeromen, Anton Beovič

Mag. Anton Stušek – nadaljevanje začetega dela

»Vsaka pot se začne s prvim korakom,« pravi znani pregovor. Mag. Stušek je postavil ali vsaj znatno »dodelal« temelje predmetov in laboratorija za področje fluidne tehnike na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Kot vodja oddelka za vzdrževanje hidravlike in pnevmatike v takratni Železarni Jesenice in istočasno kot študent na magistrskem študiju sem doc. mag. Stuška »dobil« pred približno 30 leti za svojega mentorja in leta 1984 pri njem tudi magistriral. Tedaj niti sanjal nisem o tem, da bom čez več let sedel v tistem kabinetu, v katerega sem hodil na konzultacije k doc. mag. Stušku, in na Fakulteti za strojništvo nadaljeval z delom na področju fluidne tehnike. Vsekakor je on pripomogel k temu, da sem predvsem hidravliko, ki sem se ji v prvem letu svojega dela v železarni skušal izogniti, pa mi (hvala bogu) ni uspelo, potem vzljubil in tako tudi po njegovi za- slugi ostal hidravličar.

Jesen leta 1994 sva začela na FS delati nekako »vzporedno« do njegove upokojitve. Zaradi obremenitev ob uvajanju predmetnikov na novo ustanovljene visoke strokovne šole, svojega dela na doktoratu in organizacijskih sprememb predvsem na nivoju kateder se je delo v Laboratoriju za fluidno tehniko nekaj let skromno razvijalo. V zadnjih treh letih pa smo s pridobitvijo novih kadrov in projektov uspeli strokovno in znanstveno delo intenzivirati na področju pogonsko-krmilne hidravlike. Laboratorij smo, glede na dejavnost, preimenovali v *Laboratorij za pogonsko-krmilno hidravliko (LPKH)*. Tako si upamo reči, da začeto pot kar dobro nadaljujemo in se mag. Stušku ob njegovem jubileju za začetni del poti tudi iskreno zahvaljujemo.

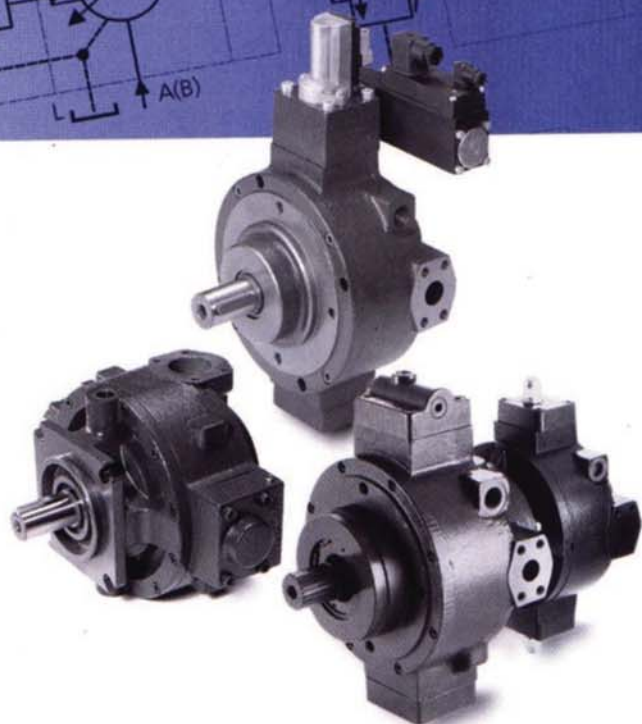
Jože Pezdarnik

MOOG

SERVO VENTILI, PROPORCIONALNI
VENTILI IN RADIALNO-BATNE ČRPALKE

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 črpalke
- primerna za črpanje tudi specialnih medijev olje-voda, voda-glikol, sintetični ester, obdelovalne emulzije, izocianat, poliol, ter seveda za mineralna, transmisijna ali biorazgradljiva olja,
- nizka stopnja glasnosti,
- visoka odzivna sposobnost in volum. izkoristek,
- velika izbira regulacije črpalke.



Moogovi servo ventili, proporcionalni ventili in radialno-batne črpalke so sestavni deli najboljših hidravličnih sistemov. Brez njih si ne moremo zamisliti delovanje strojev za brizganje plastike in aluminija, strojev za oblikovanje v železarnah in lesni industriji, v letalih in napravah za simulacijo vožnje.



Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodanimi blok ventili



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



M+S HYDRAULIC

Sestavljamo, popravljamo in prodajamo zobniške črpalke, krilne črpalke in batne črpalke po najboljših cenah.



Laboratorij za robotiko in biomedicinsko tehniko Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani

V sklopu predstavitev znanstvenega in raziskovalnega dela na Univerzi smo se pogovarjali z izrednim članom SAZU prof. dr. Tadejem Bajdom in prof. dr. Markom Munihom.



Člani laboratorija na doktorskem srečanju

Ventil: Prof. Bajd, vaše znanstvenoraziskovalno delo je povezano s človekom, njegovim gibanjem, pomočjo pri gibanju, spodbujanju bolnikov s poškodbami ter na drugi strani z roboti. Kje so vaši začetki, kaj je vplivalo na to, da ste povezali ti področji, in kako je bilo vaše delo vpeto v razvoj Laboratorija za robotiko in biomedicinsko tehniko?

Prof. Bajd: Ta navidezna dvotirnost raziskav na področjih biomedicinske tehnike in robotike se kaže samo na prvi pogled. V resnici obe področji povezuje gibanje, kar lepo odseva naslov naše programske skupine Analiza in sinteza gibanja pri človeku in stroju. V obeh primerih gre za merjenje položajev, hitrosti in pospeškov ter sil in navorov v

sklepih. Kinematika in dinamika robotskih mehanizmov in človekovih ekstremitet imata pomembne podobnosti. Pristopi k vodenju bodisi položaja ali sile so prav tako podobni pri človeku in robotu. Naše začetne raziskave so bile usmerjene v sintezo preprostega vzorca hoje pri povsem hromi paraplegični osebi z uporabo funkcionalne električne stimulacije paraliziranih mišic. Še danes smo v veliki meri zvesti področju rehabilitacije, le da so električno stimulacijo nadomestili roboti in navidezna okolja. Za dobro raziskovalno delo na področju biomedicinske tehnike je potrebno temeljito poznavanje teoretičnega ozadja in modelov, prav to znanje lahko uporabimo na področju strojev in obratno.

Ventil: Prof. Munih, v čem laboratorij sledi premise, ki so bile postavljene že v preteklosti?

Prof. Munih: Sedanji razvoj laboratorija je logična posledica preteklega razvoja. Že prvi predstojnik laboratorija, akademik prof. Kralj, je gojil zanimanje tako za gibanje človeka kot tudi za industrijsko robotiko, posebej za področje manipulacije manjših sklopov v elektromehanski industriji. Sedanja usmerjenost v rehabilitacijsko robotiko je pravzaprav med obema področjema, vključuje in zahteva znanja z obeh in se kaže kot logično nadaljevanje. Laboratorij nadaljuje tradicijo raziskovalne vpetosti v mednarodno in domače okolje. Publiciranje raziskovalnih dosežkov na vseh področjih delovanja je stalnica od vsega začetka. Vedno več je tistih doktorandov z več objavami v odmevnih mednarodnih publikacijah že pred zagovorom disertacije.

Ventil: Prof. Bajd, vaša bibliografija je obsežna in številne citacije pomenijo, da ste objavljali za stroko ključna in pomembna spoznanja. Kakšni so potrebni pogoji za tako odlično znanstveno delo?

Prof. Bajd: Začne se z radovednostjo, ki žene mladega raziskovalca k odkrivanju in snovanju novega. V tem času je potreben dober mentor. Imel sem srečo, da sem raziskoval

pod mentorstvom akademikov Vodovnika in Kralja. V naslednjem koraku je potrebna izvirnost. Naučiti se moraš razmišljati drugače kot večina, le tako bodo tvoji dosežki objavljeni v poplavi mednarodnih znanstvenih člankov. Pri iskanju izvirnih idej v veliki meri pomaga interdisciplinarnost raziskav. V našem primeru velikokrat pri snovanju novih robotskih mehanizmov poiščemo zglede v naravi, pri človeku in obratno pri ocenjevanju gibov ohromele osebe uporabimo matematična orodja, ki so uveljavljena v robotiki. Takšna presajanja znanja z enega področja na drugo že pomenijo zametke izvirnosti. Radovednost in izvirnost zadoščata za raziskovalca v naravoslovju, ne pa za raziskovalca inženirja. Inženir mora zagotoviti še izvedljivost ideje, ki mora biti na koncu koncev še ekonomsko smiselna. Prav to zadnje pomeni za raziskave v tehniki poseben izziv, ki ga druga področja ne poznajo.

Ventil: Prof. Munih, laboratorij je vodilni v slovenskem prostoru in je dobil številna priznanja. Katere aktivnosti ali pogoji dela so po vašem mnenju ključni za doseganje vrhunskih znanstvenih dosežkov v okviru univerze?

Prof. Munih: Podati kratek odgovor na to vprašanje je težko. Mogoče je na prvem mestu dejanska vpetost skupine v mednarodno dogajanje na relevantnem področju kot tudi ustrezen stik z domačo industrijo. Gre za področja publiciranja, financiranja in mobilnosti. Istočasno je nadvse pomembna dobra ekipa, tim sodelavcev. Kontinuiteta delovanja pogosto predstavlja okorno strukturo, v našem primeru pa smo nasprotno uspeli zagotoviti dobro opremljenost, tudi prepoznavnost, publiciranje in večino priprave projektov.

Ventil: Prof. Munih, kako se konkretno vaš laboratorij povezuje z znanstvenimi ustanovami v tujini? Kakšni so vaši mednarodni projekti in kdo jih financira?

Prof. Munih: Laboratorij je uspel pridobivati tuje projekte zadnjih trideset let, sprva v daljšem obdobju do 1990



Izometrično merilno okolje za osebe po kapi v projektu Alladin (FP6 EU)

od več agencij v ZDA, predvsem NIH in NIDRR, naprej tudi v nekaterih evropskih državah, v zadnjem obdobju pa od EU v okviru FP4, FP5, FP6 in sedaj tudi v pravkar začetem FP7. Okrajšave največjih od teh projektov so BIOMED, GENTLE/S, I-Match, Alladin in MIMICS.

S kar nekaj državami smo imeli ali pa še imamo projekte bilateralnega sodelovanja (npr. Japonska, ZDA, Izrael, Romunija, Avstrija, Kitajska). Preveč za naštevane je znanstvenih ustanov, s katerimi smo raziskovalno sodelovali v zadnjih desetih, dvajsetih letih na pravkar omenjenih projektih ali na projektih, na katerih so se po doktoratu še izpopolnjevali naši doktorji.

Ventil: Pomemben pogoj za uspešno raziskovalno delo so raziskovalci. Od kod prihajajo in kam odhajajo vaši doktorandi?

Prof. Munih: Večina naših dosedanjih doktorandov je doštudirala najprej na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Njihove nadaljnje poti so zelo raznolike. Eden je v državni upravi na področju meroslovja, večina je v domači, nekateri tudi v tuji industriji, so tudi na nekaterih eminentnih mestih na

tujih univerzah, nekateri pa smo še naprej skupaj v skupini.

Ventil: Pomembna pogoja sta oprema in potrebna infrastruktura. Kako rešujete problem nakupa drage raziskovalne opreme in kako je laboratorij opremljen?

Prof. Munih: To je posebna tema. Na srečo je laboratorij uspešen pri pridobivanju mednarodnih projektov kot tudi pri sodelovanju z industrijo. Tako uspemo skupaj z raziskovalnimi instrumenti, ki jih nudi Republika Slovenija, vzdrževati konkurenčen nivo opremljenosti za raziskovalne in pedagoške aktivnosti. Posebej



Sile prstov delujejo na objekte v računalniškem navideznem okolju (doktorska naloga)

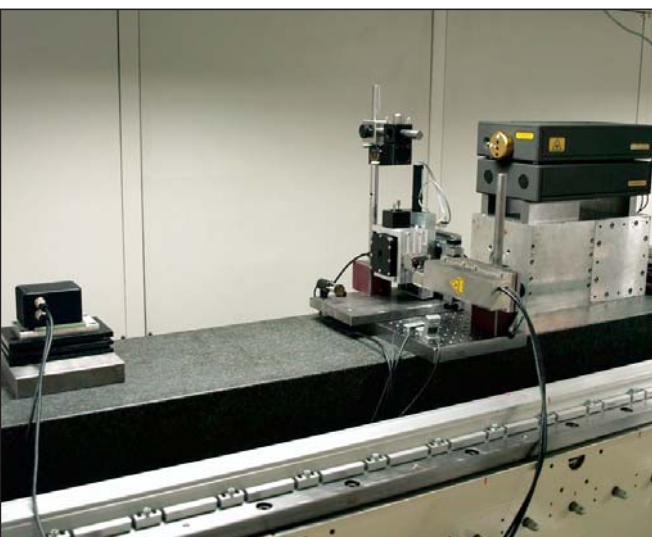
velja omeniti, da študentje, diplomski in podiplomski, delajo na raziskovalni opremi, ki ni financirana iz pedagoške dejavnosti, saj investicij v pedagoško opremo pri nas pravzaprav ne poznamo.

Ventil: Že veliko let sodelujete z raziskovalci z medicinskega področja. Kakšno je to sodelovanje? Ali lahko predstavite nekaj projektov, ki si zaslužijo še posebno pozornost?

Prof. Munih: Najobsežnejše je še nadaljnje sodelovanje z Inštitutom za rehabilitacijo Republike Slovenije, kjer je tudi pet članov naše programske skupine. Tu gre predvsem za prenos razvitih robotskih rehabilitacijskih pristopov urjenja zgornjih in spodnjih ekstremitet v klinično okolje. Na Kliničnem centru v Ljubljani je trenutno več sodelovanja z Inštitutom za klinično nevrofiziologijo, kjer uporabljamo haptični robot skupaj z magnetno resonanco in EEG merjenji. S sodelavci podjetja Iskra-Medical delamo na prenosu naših naprav v njihovo proizvodnjo.

Ventil: Del dejavnosti laboratorija je tudi sodelovanje s slovensko industrijo. Ali lahko predstavite nekaj uspešnih projektov oziroma raziskav?

Prof. Munih: V obdobju zadnjih nekaj let smo razširili tudi obseg direktnega raziskovalnega sodelovanja s slovensko industrijo, s katero smo povezani na različne načine. Pri večjih projektih sodelujemo s Trimom, Trebnje, in Eto, Cerkno. Z Eto smo v okviru enega od projektov izvedli robotsko brušenje srha pri livarskih odlitkih, še pred tem pa ustrezno merjenje obdelovancev. K boljši kvaliteti in manjšemu izmetu diastatov pomagajo naša merjenja.



Razviti laserski sistem za merjenje premosti ali upogiba robotskih segmentov v kalibracijskem okolju merilnice na TUG (doktorska naloga)

S partnerjema Trim in Technische Universität Graz sodelujemo na projektu e-tehnologija montaže s skupnim ciljem robotizacije polaganja panelov. Naprej velja omeniti tiste s področja robotike, ki uvažajo robote v slovensko industrijo (Motoman, ABB, DAX). Lepo je število diplomskih nalog in rešitev, ki so zaživele preko njih.

Ventil: Laboratoriji na univerzi so neločljivo povezani s pedagoškim delom. Kako se študenti vključujejo v delo laboratorija?

Prof. Munih: Za sodelovanje s študenti smo odprti na različne načine. Dobre seminarske naloge se podaljšajo npr. v konferenčne prispevke. Izkušenejši pomagajo kot demonstratorji pri nekaterih predmetih ali pri predstavitvah delovanja laboratorija nasploh. Nekateri najdejo okolje za realizacijo svojih idej ali za delo v povezavi s firmo, kjer so štipendisti. V raziskovalno delo vključujemo tudi študente z drugih univerz in iz drugih držav. Tako smo imeli doktorske in podoktorske študente iz Hrvaške, Danske, Irske in celo Japonske.

Ventil: Na koncu naše bralce prav gotovo zanima, kakšni so vaši načrti tako na področju biomedicinske tehnike kot na področju industrijske robotike?

Prof. Munih: Veseli smo, da so v zadnjem obdobju recenzenti dobro ocenili naše raziskovalne predloge, kar se zdi kot potrditev usmerjenosti laboratorija. Tako je naš cilj še nadalje plemeniti delo naših doktorandov z intenzivno mednarodno interakcijo. Na področju industrijske robotike pa se želimo kar najbolje prilagajati usmeritvam in željam industrijskih partnerjev.

Hvala za odgovore in uspešno delo tudi v prihodnje

Dr. Dragica Noe



Merilna celica z robotom Epson in laserskim senzorjem za predmete kompleksne oblike

DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE JE NA ROGLI ORGANIZIRALO 17. TEHNIŠKO POSVETOVANJE VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

17. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije je tudi letos potekalo na prelepi Rogli v Uniorjevem hotelu Planja v četrtek, 18., in petek, 19. oktobra 2007.

Na sejamskem prostoru se je predstavilo 93 razstavljalcev. Srečanje sta podprla dva glavna sponzorja, zlati ATLAS COPCO d.d. in generalni SICK d.o.o., prav tako pa še 19 sponzorjev. Vsem sponzorjem, razstavljalcem in številnim udeležencem se lepo zahvaljujemo za sodelovanje in obisk!

Vabimo vas, da si reportažo s slikovnim gradivom ogledate na spletni strani www.drustvo-dvs.si in v naslednji številki revije Ventil, ki bo izšla decembra. DVS in Organizacijski odbor pa vas že sedaj vabita, da se udeležite 18. Tehniškega posvetovanja vzdrževalcev Slovenije, ki bo od 16. do 17. oktobra 2008.

ZLATI SPONZOR

Atlas Copco

GENERALNI SPONZOR

SICK



**DRUŠTVO
VZDRŽEVALCEV
SLOVENIJE**

Stegne 21c, 1000 Ljubljana, Tel.: 01 5113 006, Faks: 01 5113 007, GSM: 041 387 432
e-mail: tajnik@drustvo-dvs.si

www.drustvo-dvs.si

Sinabit – združenje podjetij s področja avtomatizacije in informatizacije z vizijo razvoja in prodaje tehnološko naprednih in inovativnih rešitev doma in v tujini

SINABIT 



Stojan Kokošar, direktor podjetja

Ventil: Sinabit je nastal na začetku letošnjega leta z združitvijo štirih slovenskih podjetij s področja avtomatizacije in informatizacije: Synatec – program Sistemi za avtomatizacijo in informatizacijo, Abit, Aron inženiring in Vran inženiring. Kakšni so bili razlogi za ta korak?

Stojan Kokošar: Glavni namen te združitve je doseganje sinergijskih učinkov in prodoren nastop na mednarodnem trgu. V tem je tudi vizija podjetja Sinabit: oblikovanje in ponud-

Ventil je bil tokrat na obisku v podjetju Sinabit, članu koncerna Kolektor, vodilnem slovenskem ponudniku rešitev in storitev za potrebe avtomatizacije in informatizacije v industriji in gospodarstvu, vključno s tehnološkim inženiringom za različne panoge industrije, energetike, zgradbe in okoljske infrastrukture. O združitvi, dosežkih in načrtih za prihodnost smo se pogovarjali z enim od direktorjev Stojanom Kokošarjem.

ba tehnološko naprednih in inovativnih rešitev s področja avtomatizacije in informatizacije na širšem mednarodnem trgu. V Sinabitu razvijamo celostne rešitve avtomatizacije in informatizacije za različne panoge industrije, energetiko, zgradbe in okoljsko infrastrukturo, pri čemer ustvarjamo in spremljamo sisteme v njihovem celotnem življenjskem ciklu.

Ventil: Kje sedaj vidite konkurenčne prednosti podjetja Sinabit?

G. Kokošar: Brez zadržka lahko zatrdim, da so naša največja konkurenčna prednost naši sodelavci. Takšno usmeritev nam omogoča kapital več kot 70 sodelavcev, ki obvladujejo širok spekter znanj s področja tehnologij, storitev in opreme za avtomatizacijo in informatizacijo za različna tehnološka področja.

Ventil: Iz vaših predstavitev je razvidno, da ste na področju avtomatizacije in informatizacije prisotni v zelo različnih industrijskih panogah.

Naše bralce prav gotovo zanimajo vaše rešitve v avtomobilski industriji in strojogradnji. Ali lahko izpostavite vsaj dva za vas pomembna projekta?

Stojan Kokošar: Imamo izkušnje z dobavitelji avtomobilski industriji, kot so Iskra Avtoelektrika, Hella Lux in TPV Johnson Controls in podjetja v koncernu Kolektor, če omenim le nekatere. Kot partnersko podjetje Synateca, Nemčija, smo sodelovali tudi s proizvajalci avtomobilov (Audi, Volkswagen). Kot tipično referenčno rešitev na področju avtomobilske industrije lahko izpostavim projekt celotnega sistema sledenja in nadzora na liniji za proizvodnjo sedežev za novega twinga, ki ga je za TPV Johnson Controls izvedel Vran inženiring, zdaj del podjetja Sinabit. V projektu je sodelovalo šest sodelavcev, Vran je poskrbel za zasnovo in izvedbo celotnega sistema, podjetji Synatec in Elsing pa sta prispevali znanje in nekatere gradnike. V okviru projekta je bilo treba opraviti montažo opreme na celotni



Sistem sledenja in nadzora na liniji proizvodnje sedežev za novega twinga

liniji, kar je bilo mogoče le ob daljši ustavitvi. Stroj je danes vse bolj sestavni del večjega in kompleksnega proizvodnega sistema. Delujemo kot partnerji strojograditeljev. Na tovrstnih projektih pride do izraza znanje, ki ga premoremo v podjetju. Poleg tega, da znamo stroje avtomatizirati, jih lahko tudi povežemo v kompleksno proizvodno linijo, ki jo delno ali v celoti vključimo v že obstoječi informacijski sistem podjetja. Tak primer je npr. sodelovanje s podjetjem Iskra ASING, kjer smo informatizirali proizvodno linijo, ki jo je to podjetje izdelalo za potrebe končnega kupca. Podobno sodelovanje imamo še z nekaterimi drugimi strojograditelji.

Ventil: Vaše proizvodno-informacijske rešitve so številne. Katere so za podjetja v strojni in elektroindustriji vodilne in največkrat uporabljene?

Stojan Kokošar: Naše proizvodno-informacijske rešitve, ki jih sedaj tržimo

pod blagovno znamko Sinapro, so odgovor na potrebe proizvodnih podjetij po informatizaciji proizvodnje. Zasnovane so kot samostojni gradniki in tako uporabnikom omogočajo postopno graditev, širitev ali povezavo z drugimi sistemi. Informatizacija proizvodnje je prej ali slej potrebna v vsakem proizvodnem podjetju, gradniki sistema Sinapro pa so uporabni povsod. Posamezne gradnike lahko enostavno nadgradimo v celovit proizvodno-informacijski sistem, kar pa v praksi največkrat poteka po korakih. Gradnike

sistema Sinapro seveda uporabljajo tudi številna podjetja iz strojne in elektroindustrije, kot so že prej navedena

podjetja iz avtomobilske industrije in še npr. Ydria Motors, Lama Dekani, Niko Železniki, Šibo, IA in drugi. V zadnjem času tudi intenzivno sodelujemo s podjetji s področja orodjarstva in mehanskih obdelav. Omeniti je potrebno, da smo pod novonastalo blagovno znamko Sinapro združili proizvodno-informacijske rešitve podjetja Synatec (Synapro) in podjetja Abit (@report, @transfer, @...).

Ventil: Podjetje Sinabit zastopa številne firme na področju informatizacije in avtomatizacije. Ali jih lahko naštejete in predstavite tudi njihove izdelke?

Stojan Kokošar: Zaradi narave dejavnosti podjetja moramo nujno sodelovati z različnimi partnerji, od dobaviteljev opreme do ponudnikov tehnoloških rešitev. Z nekaterimi podjetji s kompleksnejšimi rešitvami in sistemi sodelujemo kot sistemski integratorji. Naj jih samo omenim: s podjetjem Microsoft Dynamics NAV imamo sklenjen dogovor o sodelovanju in skupnem razvoju rešitev za proizvodna podjetja, vključno z dobavo sistemov za vodenje in nadzor industrijskih procesov; podjetje Business Objects, ki je na svetu vodilno na področju poslovno-inteligenčnih rešitev in orodij za izdelavo poročil. Smo tudi zastopniki za prodajo orodij za izde-



Sledenje podatkov o vseh vgrajenih sestavnih delih po serijskih številkah oz. šaržah pri proizvodnji elektromotorja za pomoč vrtenja volanskega droga pri Oplu Corsi



Podjetje Coscom je na sejmu orodjarstva EMO predstavilo prenovljene gradnike za zajem podatkov iz proizvodnje

lavo poročil Crystal Reports in imamo naziv Advantech Solution Provider za implementacijo njihovih produktov v različna industrijska okolja in Emerson Solution Provider za implementacijo sistemov za vodenje in nadzor industrijskih procesov. Za vaše bralce so pa še posebej zanimive proizvodno-informacijske (MES) rešitve za orodjarstvo nemškega podjetja Coscom. Coscom je vodilno evropsko podjetje za rešitve celovitega spremljanja proizvodnih procesov za potrebe manjših in srednje velikih podjetij s področja mehaniških obdelav in orodjarstva. Njihove rešitve danes v Evropi uporablja več kot 4 000 podjetij s skupno več kot 20 000 priključenimi krmilnimi enotami CNC.

Ventil: Kako vidite svoj prodor na tuje trge?

Stojan Kokošar: Podjetje Sinabit je član koncerna Kolektor, globalne

ljeno sodelovanje na področju Balkana, Rusije in nekdanjih ruskih republik. Na tem mestu je potrebno omeniti še dolgoletno sodelovanje s partnerskim podjetjem Synatec iz Nemčije.

Ventil: Napredne tehnologije zahtevajo ustrezno izobražene strokovnjake. Kakšne so vaše izkušnje?

Stojan Kokošar: Naše podjetje potrebuje visoko izobražene kadre. Večina zaposlenih je delala pri nas že v času študija. Študentsko delo je tako predvsem vir potencialnih bodočih zaposlenih in način selekcije, saj se večina študentov, ki dela daljše obdobje in se izkaže, pri nas tudi zaposli. Za uspešno sodelovanje v projektnem timu ni dovolj osnovno teoretično znanje, ki ga pridobijo na fakultetah, ampak tudi prave osebnostne lastnosti, kot so sposobnost

ga podjetja z dolgoletnimi izkušnjami delovanja na mednarodnih trgih. To nam je v oporo pri vstopanju na mednarodno tržišče, še posebej na našem področju visokotehnoloških rešitev, kjer je sodelovanje z lokalnimi partnerji tako rekoč nujno za uspešno poslovanje. Preko naših partnerjev imamo vzpostav-

timskega dela, želja po pridobivanju novih znanj, samoiniciativnost, inovativnost in uspešna integracija oziroma socializacija v delovno okolje. Spodbujamo tudi dodatno izobraževanje, še vedno pa je najbolj pomemben učinkovit prenos znanja znotraj podjetja, od bolj izkušenih do manj izkušenih sodelavcev.

Ventil: Razvoj na področju avtomatizacije in informatizacije je izredno hiter. Kako mu sledite?

Stojan Kokošar: Spremljanje tehnološkega razvoja je seveda nujno, menim pa, da je še vedno ključno dobro timsko delo s partnerji in kupci, najpomembnejši pa je – kot sem že omenil – učinkovit prenos znanja znotraj podjetja. Poleg tega se v zadnjem času trudimo sodelovati tudi s slovenskimi inštitucijami znanja, kot so fakultete in inštituti, saj smo ugotovili, da je lahko medsebojna izmenjava zelo koristna za obe strani.

Ventil: Kakšno misel za zaključek?

Stojan Kokošar: Zaključil bi z mislijo, da slovenska podjetja premorejo zelo širok spekter različnega tehničnega in tehnološkega znanja. Če bomo znali to znanje ustrezno povezovati in nadgrajevati, lahko postanemo prepoznavni in uspešni tudi na mednarodnih tržiščih.

Hvala za pogovor in uspešen razvoj ter uveljavitev vašega podjetja.

Dr. Dragica Noe

Znanstvene in strokovne prireditve

■ 2. ASB-Kongres

(Kongres pogonske in krmilne tehnike)

19.–20. 02. 2008
Stuttgart, ZRN

Organizatorja:

- Universität Stuttgart
- Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. (FVA)

Tematika:

- Pogonska tehnika v luči energijske učinkovitosti
- Zanesljivost in razpoložljivost
- Sistematika – od informacije do gibanja
- Standardi, smernice in zakonski predpisi
- Postopki in orodja za mehatronske zasnove
- Senzorika in regulacija pogonov
- Integracija in miniaturizacija
- Gradiva in izdelovalne tehnologije
- Modeliranje, simulacija, izračuni
- Elektromehanski aktuatorji
- Nova načela pogonov

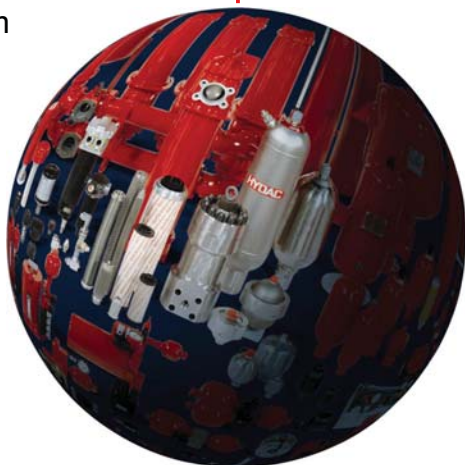
nadaljevanje na strani 341

Dan odprtih vrat

Spoštovani, vabimo vas, da nas obiščete
8. in 9. novembra
na sedežu podjetja v Mariboru, Zagrebška cesta 20.

Ekipo **HYDAC** vam bo z veseljem predstavila svoje najnovejše izdelke s področja:

- hidravlike,
- diagnostike olj,
- filtriranja olja, vode in emulzij,
- elektronike v hidravliki.



Nekatere novosti v našem programu so:

HYBOX

Hidravlični agregat, koncipiran po sistemu »lego kock« za:

- volumne rezervoarja 25, 50, 100 in 200 litrov;
- moči EM od 0,55 do 22 kW.



CS 1000

Vgradni senzor za kontinuirano spremljanje čistote olj z digitalnim prikazovalnikom (ISO 4406, SAE) ali brez njega.



HMG 3000

Naprava za diagnostiko oljnih sistemov: Q (l/min), p (bar), t (°C), viskoznost (mm²/s) ...



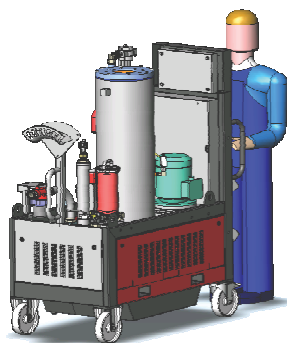
HYDAC INTERNATIONAL

Z več kot 5000 zaposlenimi v lastnih podjetjih v 40 državah in preko 250 prodajnimi mesti po celem svetu, s strokovnim znanjem, izkušnjami in servisom smo vedno v neposredni bližini naših poslovnih partnerjev.

Razširili smo paleto naprav za filtriranje:

FAM

Naprava za kondicioniranje hidravličnih, turbinskih in transformatorskih olj.



FMU

Mobilna naprava »All-in-one«: diagnostika, hlajenje/gretje, filtriranje.



RF3, RF4

Samočistilni filtri za vodo, emulzije in druge tekočine. Novost: magnetna tehnika.

Veselim se vašega obiska!

Prijavite se lahko na: info@hydac.si, tel. 02 460 15 20 ali faks 02 460 15 22.

Comparative Tribological Investigations of Continuous Control Valves for Water Hydraulics *

Franc MAJDIČ, Jože PEZDIRNIK, Mitjan KALIN

Abstract: This paper shows reasonableness and application field of water power-control usage. We designed and constructed a proportional 4/3 directional continuous acting spool type sliding valve, a simplified model but still with the shape and working parameters resembling real valves. Our investigations of mentioned water valve are divided on two different test rigs; real scale hydraulic test rig and tribological test rig. Taking into consideration the body accessible information about water power-control hydraulics (PCH), we constructed a simple, double, water and oil hydraulic test rig. We carried out preliminary tribological tests of different material-pairs lubricated with additive-free distilled water. The results of the preliminary tribological tests of different material pairs are described in this paper.

Keywords: high pressure water systems, power-control hydraulics, distilled water, proportional directional control sliding type valve, tribological properties, pin-on-disk, stainless steel, PI, PEEK, Al_2O_3 ,

1 Introduction

A great number of countries are making considerable efforts to protect their environment. In the past in Slovenia we have investigated biodegradable fluids [1 - 4] and their application in power-control hydraulics [5], especially for machines working in environmentally sensitive areas. Yet additives must be added to such

fluids, and they are not environmentally blameless. But the use of tap water as a hydraulic fluid has no adverse effects on the environment. That is the reason for our decision to investigate tap water as a hydraulic fluid for power-control hydraulics (PCH). Several components for acceptable high pressures using this fluid have already been developed and are available on the market [6, 7, 8, and 9]. In the field of hydraulic valves the ball- or poppet-seat type of valves are usually available on the market at designer's or customer's disposal [6 and 7]. But this type of valve is badly suited for continuous regulation functions, especially for continuous and fine flow regulation. Other weak points of such valves are their large dimensions and quite complicated construction [7].

Using water instead of mineral oil as the pressure medium entails significant changes in the physical parameters [10]. Compared to mineral oil water differs, in the following physical

parameters which are important for PCH: about 30- times lower viscosity (at 20°C) and thus poorer lubrication, a more than 12 million-times higher vapour pressure (at 50°C), and 33 to 60 % higher bulk modulus (at 20°C). Water also provokes corrosion of parts that are not corrosion resistant.

In designing spool sliding valves for water power-control hydraulics we have to consider that the very low viscosity of water, compared to that of mineral oil, plays a dominant role. Assuming a lower viscosity, *Trostmann et al* [10] found that in order to ensure the same amount of leakage using water instead of mineral oil as the pressure medium, a one-third reduction in the radial space gap is required, holding other parameters as constant. This suggests that the tolerances and dimensional characteristics are much more strict and demanding in water than oil. This further implies more severe contact conditions and poorer performance under the same conditions is anticipated.

Franc Majdič, univ. dipl. inž., doc. dr. Jože Pezdirnik, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. Mitjan Kalin, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

* Prispevek je bil objavljen in predstavljen na 10. mednarodni skandinavski konferenci iz Fluidne tehnike na Finskem (*The Tenth Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'07*), ki je potekala v mestu Tampere od 21. do 23. maja 2007.

The higher energy density of the pressure fluid flow in water hydraulics and the higher vapour pressure of water compared to that of mineral hydraulic oil may cause serious problems of erosion (via cavitation) and abrasion, higher leakage flows and problems in valve functioning [10]. A lower viscosity also means a lower lubricating film, which can increase friction and wear, unless we use suitable material-pairs [11].

Furthermore, the dynamic behaviour of water power-control hydraulic systems (PCHS) differs significantly from that of mineral oil PCHS, especially in pressure amplitudes and oscillating periods in the case of underdamped oscillatory motions. The hydraulic oil is about 30% more compressible comparing to water. The results of a mathematical model [12 and 13] suggest about 24 % higher pressure amplitudes in water PCHS compared to those of mineral oil PCHS, other system parameters being the same for both systems.

However, the actual dynamic performance, tribological properties, and resistance to motion must be – in addition to theoretical predictions- verified in tribological and real-scale testers. Accordingly, in this work we present a newly developed dedicated hydraulic test rig for testing the water-based hydraulic systems, which can use testing components from different materials. For comparison, conventional “oil-test” can also be performed in addition, preliminary model tribological tests with different material combinations consisting from ceramics, plastics and

stainless steel are presented. Present data suggest that the most promising material pair resulting in a low wear and a low coefficient of friction was obtained with graphite-modified PEEK composite against Al_2O_3 .

■ 2 Construction of test rig

2.1 Project requirements

The water power-control hydraulic (PCH) testing rig should be simple, controllable, and it should represent an almost real hydraulic system. It should enable to:

- Measure pressure, flow and temperature before and after the testing specimen – namely, a proportional directional control valve.
- Assure a constant flow through the proportional directional control valve independently of a possible decrease in pump volumetric efficiency.

- Simulate loading and control its response.
- Assure variation of loading.
- Assure controlled temperature value of the fluid (via cooling).
- Assure a full automatic life-cycling test.
- Assure measurement of the dynamic response of the system.
- Assure measurement of the dynamic response of the specimen – the proportional directional control valve.
- Assure simple measurement of the leakage of the specimen – the proportional directional control valve.

2.2 Construction of water hydraulic test rig

We constructed a water PCH test rig which satisfies all the project demands. Figure 1 shows the hydraulic circuit of our test rig. It contains a standard Danfoss axial piston pump,

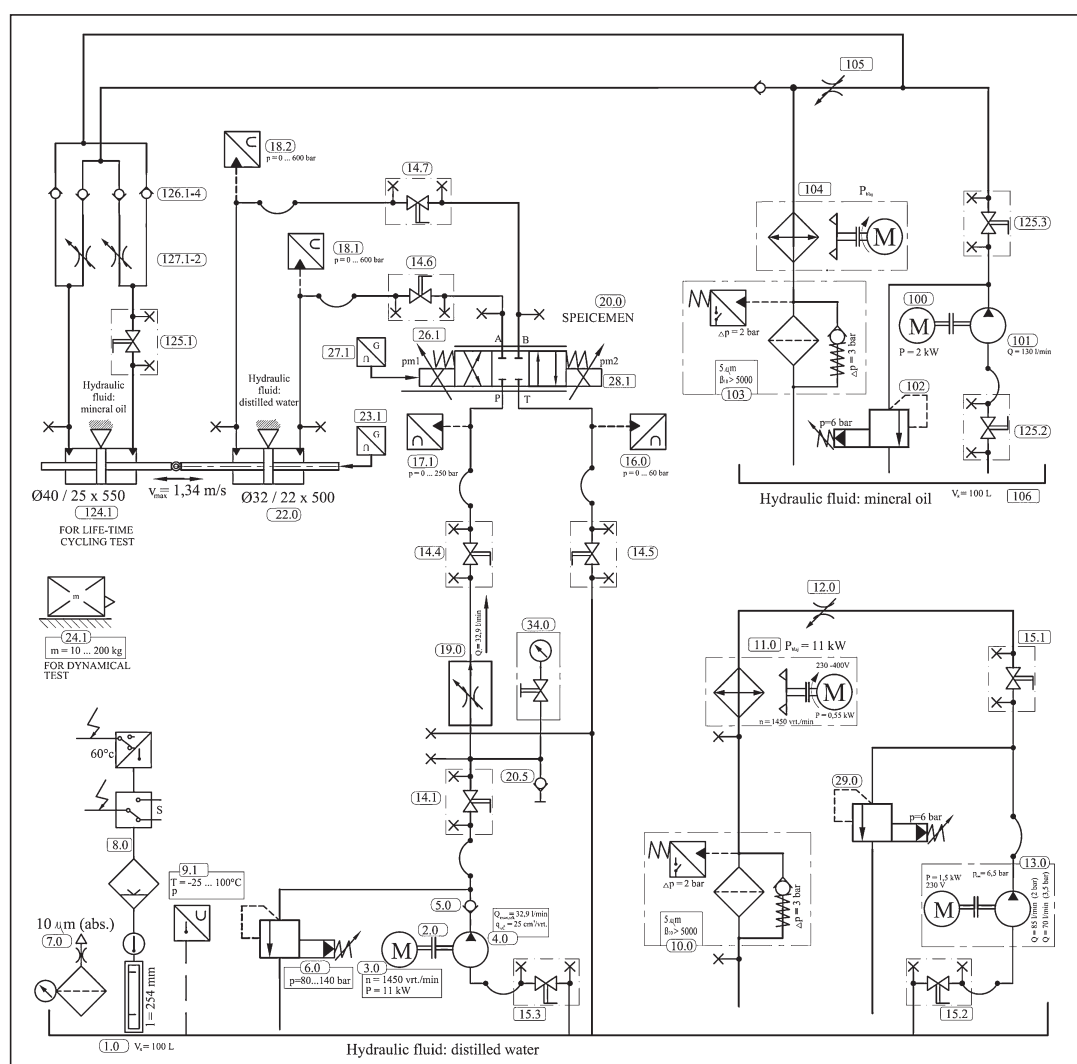


Figure 1. Hydraulic circuit of water PCH test rig

type PAH 25 (Fig. 1, pos. 4.0), with a flow rate of near by 35 L/min [6] at 1450 r./min and a volumetric efficiency of 97%. This pump delivers water through a pressure-compensated flow control valve (Fig. 1, pos. 19), which ensures a constant flow of 30 L/min through the specimen – the proportional directional control valve (Fig. 1, pos. 20). This proportional directional control valve is controlled from a PC in a closed loop. On connection A of the proportional valve, we have a flexible hose of 2 m, a pressure transmitter, and a double-acting through-rod hydraulic cylinder (Fig. 1, pos. 22). The second branch from connection B to the hydraulic cylinder is equal to the first, already described. On the end of the cylinder's rod a translator-moving mass (Fig. 1, pos. 24.1) with minimum friction coefficient is connected. This linear oscillating mass is used for short-term dynamic tests. For life time cycle tests of the proportional directional control valve, another double-acting through-rod hydraulic cylinder (Fig. 1, pos. 124.1) is used instead of the moving mass.

With this hydraulic cylinder we simulate a load through the double throttle (Fig. 1, pos. 127) and four check valves (Fig. 1, pos. 126). The hydraulic medium in this hydraulic circuit is mineral oil. This oil-hydraulic circuit has its own pump (Fig. 1, pos. 101), which delivers oil to the hydraulic cylinder (Fig. 1, pos. 124.1) with the residual flow through an air cooler and filter. The main aim of this pump is to provide an oil flow for cooling and filtering. Its second aim is not driving or powering the hydraulic cylinder, but just assurance of inlet flow. Return flow from the cylinder is taken through an air cooler and oil filter. This solution assures near constant temperature conditions of the oil hydraulic cycle which simulates load.

The assemblage of pipe valve and double T-pipe-connectors (Fig. 1, pos. 14.i and 15.i) gives us an opportunity for periodical control of flow and temperature at different positions. The water relief valve (Fig. 1, pos. 6) is set to 160

bar. We used a dynamic centrifugal water pump (Fig. 1, pos. 13) to maintain constant temperature (air cooler) and to enable off-line filtering.

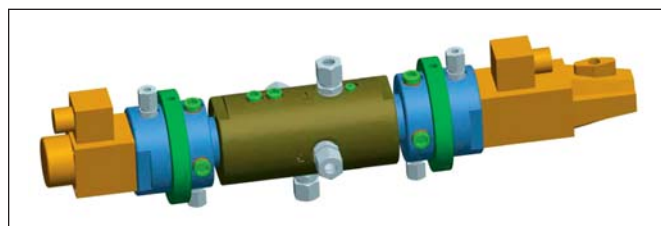


Figure 2. 3D model of a functional prototype of a proportional 4/3 directional sliding control valve

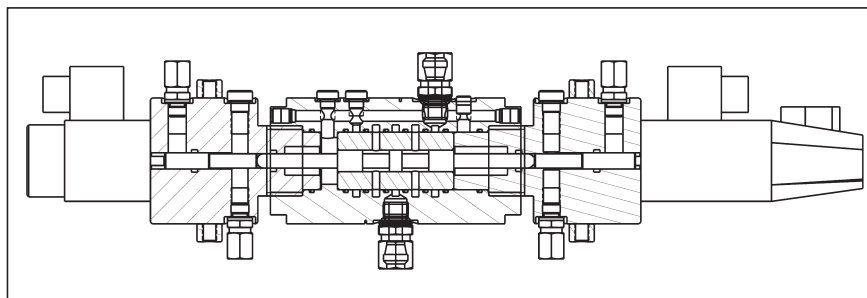


Figure 3. Cross section of the functional prototype of a proportional 4/3 directional sliding control valve

Control of the proportional magnets (Fig. 1, pos. 26.1 and 28.1), data acquisition and control of the electro-motors is provided by and automated through a PC.

2.3 Construction of proportional 4/3 directional control valve

As the seat type of valve, either poppet or ball-type, is not convenient for use as a continuous valve, we designed and constructed a proportional 4/3 directional control sliding valve. It is used in our water hydraulic test rig for motion control of the water double acting hydraulic cylinder with double-ended rod.

In order to study the tribological performance using different materials, a simple, well-controlled and easily replaceable testing samples need to be used. Also, their size and shape should enable fast and easy surface analyses. For this purpose, we designed and manufactured functional prototype of water proportional 4/3 directional sliding control

valve as shown in three-dimensional model in figure 2.

Main parts of the functional prototype of a proportional 4/3 directional sliding control valve are (figure 3): sliding spool, housing sleeve, outer housing, adaptors for proportional solenoid, and two proportional solenoids, one of them with inductive transducer.

In the main part of our specimen – functional prototype of proportional 4/3 directional control valve sleeve and spool are simple in geometry and can thus be indeed easily changed (Fig. 4). We can manufacture these key-parts rather easily and in inexpensive way and thus test different materials, also those more expensive and those difficult to produce in more complex shapes, for example ceramics.

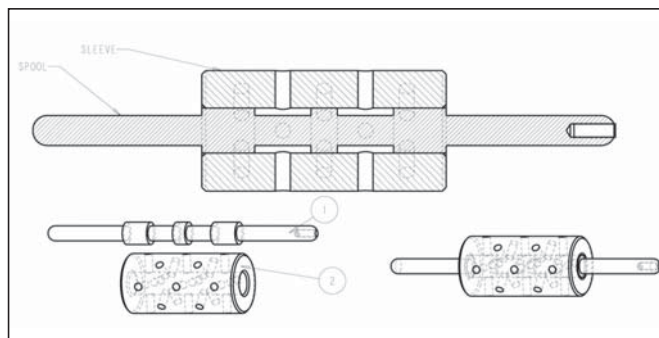


Figure 4. Main parts of the specimen: 1) spool and 2) sleeve

2.4 Testing procedure

In the real-scale life tests, loading cycles can be varied with pressure and flow to achieve different working regimes. The pressure can be changed up to 150 bar and flow up to 30 l/min. As mentioned before, materials of studied parts can also be changed, both, the spool and the sleeve. Fluid temperature and fluid flow through specimen and spool stroke can be controlled; being varied or constant, depending on the testing parameters. Figure 5 briefly introduces the testing parameters and time cycle procedure for the selected system with the proportional 4/3 directional control sliding valve.

Internal leakage can also be measured. The directional control valve is set in the neutral position (all ports blocked) and a pressure is assured by alternating on each port (P, A and B). After pressurizing each single port, the leakage is measured on the other three ports and can be summed then together.

The test rig was designed in way to allow runs of different types of tests. They can be long-term tests to study the performance during longer periods and consequences of wear of the parts, primarily investigating the wear mechanisms by subsequent surface analyses, leakage, formation of wear debris, etc. However,

pressure / flow response of the specimen (proportional 4/3 directional control valve) at outlet ports A and B (Fig. 1, pos. 20) with change of spool position and change of electrical current on the proportional solenoids (Fig. 1, pos. 26.1 and 28.1) can be performed.

3. Tribological tests of various material pairs

3.1 Experimental

In order to investigate the change in hydraulic parameters, in particular wear resistance and useful life in selected hydraulic tests for different possible material combinations, model tribological tests were performed to make an initial or preliminary selection. Generally, stainless steel (SS) is the most typical and inexpensive material already used in several hydraulic parts and was thus reasonably the first-choice material. Other potential groups of materials include ceramics and polymers. Since ceramic materials are very costly and also have a low fracture toughness, they were not considered as the most suitable materials for the real-scale tests through which we would like to compare materials in the later stages of this research. Therefore, they were not included as the "studied" material (disk) in the first screening tribological tests; however, a ceramic was used at least as a counter-material, i.e. pin, which should also give us some indication of the tribological properties of the selected couples. Different commercially available polymeric materials were also considered. We selected those that can be used in water for a longer time-span [14 - 16] and gave some promising tribological results in the past, and which are also easily commercially available and suggested by world-wide known producers. Thus, we selected two different types of materials from two groups of polymeric materials, i.e. polyetheretherketone (PEEK) and polyimide (PI). A commercially available PEEK (Victrex Europa GmbH, Germany) containing 30 % of carbon (CA30) and 30 % of glass (GL) fibers were used. Polyimides (Vespel) from Du-

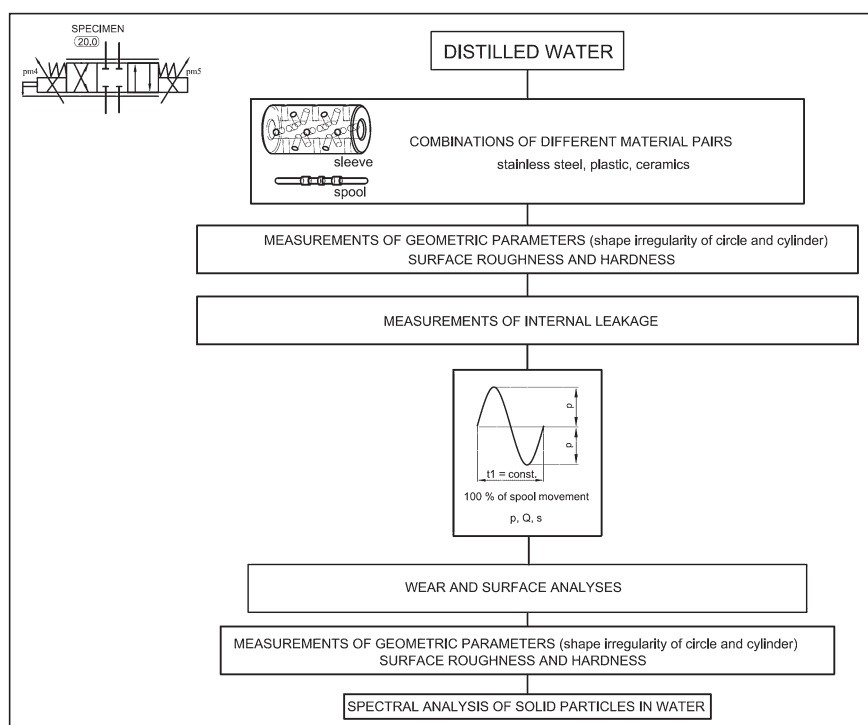


Figure 5. Course of life-time measurement on the main test rig

Before and after tests the geometric parameters of the spool and sleeve (shape irregularity of circle and cylinder) need to be measured and analyzed. Also, measurements of surface roughness and surface hardness are made. After the tests, the parts are dismantled and checked for wear loss, as well as the surfaces need to be analyzed to determine the wear mechanisms. Sometimes, the amount of solid particles in the system – or produced by the system – can also be of interest and this can be done on-line or after the test is finished.

short-term experiments can also be performed. Primarily, the dynamic response and the effects of different geometrical and fluid characteristics are anticipated for these type of test runs. Namely, the majority of hydraulic systems are subjected to fast dynamic changes of flow and consequently pressure. The pressure responses of the test rig during gradual changes of hydraulic fluid flow can be measured. In this case we can use a known mass (Fig. 1, pos. 24.1) instead of the double acting through-rod hydraulic cylinder (Fig. 1, pos. 124.1). Comparison of the

pont™ without any addition (SP1) and containing 15% of graphite fibres were also tested. Pin materials were SS (X105CrMo17), obtained from Aubert&Duval and hardened to 55 Hrc, and alumina ceramic balls (99.7 % purity, 10 mm diameter) from Hightech Ceram. In total, 4 types of polymeric materials and stainless steel were selected as disc materials, while pins were of the same stainless steel and alumina ceramics. Table 1 presents the selected combinations.

Tests were performed in a pin-on-disc apparatus (CSEM, Switzerland) with uni-directional sliding between the disc and the pin, see Figure 6. The relative sliding velocity was 0.1 m/s and a load of 1N was applied (Fig. 7), which corresponded to 40-70 MPa of initial contact pressure, depending on the material pair. In the open literature [14 - 16], data are available for some selected polymeric materials at lower pressures, but our goal was to investigate the higher-end load-region of those materials. Tests were run for 370 m of total sliding distance. All the tests were performed in a cup with distilled water at around 21°C, i.e. at room temperature conditions. These conditions correspond to a boundary lubrication regime, where hydrodynamic effects are negligible and the tribological performance depends primarily on surface and interface phenomena. Friction was monitored during the test and wear loss of the disc materials was subsequently calculated. The first empirical friction and wear results are presented in Figures 8 and 9, respectively. At present, detailed surface analyses, which would allow determination of wear and friction mechanisms and confident interpretation of the results, are still in progress.

Compared to polymeric materials, significantly higher friction values were measured in contacts with SS discs, which were in the range of 0.6-0.8. Other friction data show friction values between 0.13 and 0.28, which is 2-3 times less than with SS discs. With the exception of pure polyimide (SP1), with all other polymer

Table 1. Material pairs used in preliminary tribological tests

Disc material	Pin 1	Pin 2
PEEK 30% glass (GL30)	Stainless steel (SS)	Alumina (Al_2O_3)
PEEK 30% graphite (CA30)	Stainless steel (SS)	Alumina (Al_2O_3)
PI no addition (SP1)	Stainless steel (SS)	Alumina (Al_2O_3)
PI 15% graphite (SP21)	Stainless steel (SS)	Alumina (Al_2O_3)
Stainless steel (SS)	Stainless steel (SS)	Alumina (Al_2O_3)



Figure 6. Pin-on-Disc wear tester (CSEM)

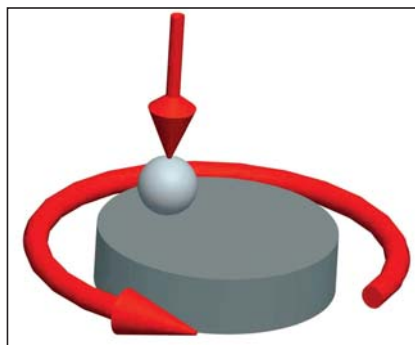


Figure 7. Functional principle of tribological pin-on-disk tests, lubricant

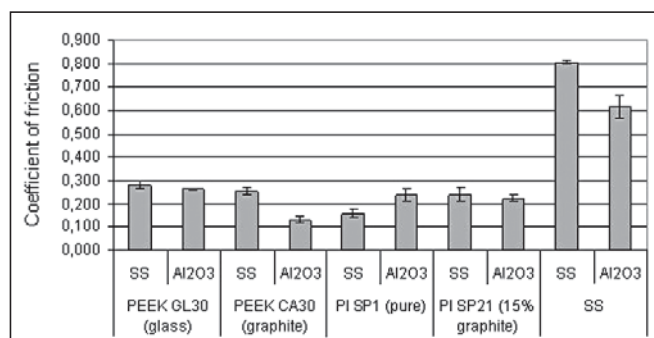


Figure 8. Coefficient of friction for selected material pairs (disc against two pin materials is shown)

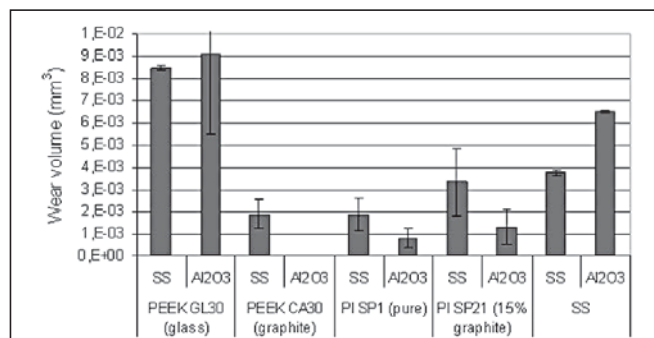


Figure 9. Wear loss for selected material pairs (disc against two pin materials is shown)

discs, contacts with alumina pins resulted in lower friction than against SS pins. However, these differences were not very high. Nevertheless, it is to be noticed that friction in the polyimide SP1 / SS contact resulted in the second lowest friction – about 0.16. This is important, because the polymeric material contain no additional components and is thus simpler and cheaper. Moreover, the SS pin is also the most preferred counter-material from a practical point of view. The lowest friction in this study was, however, obtained with the PEEK CA30/Al₂O₃ combination, where friction was about 0.13.

In accordance with friction the data, the wear of PEEK CA30 in contact with an alumina pin was so low that was not possible to measure it with the techniques we used (stylus tip measurement with a resolution of around 50 nm in the z-axis). Therefore, this contact combination seems to be clearly the most promising of all those tested in this study. Low wear against alumina pins was also measured in the SP1 and SP21 polyimide samples. PEEK CA30, PI SP1 and PI SP21 also provided reasonably low values of wear in contacts against stainless steel pins. On the other hand, discs of SS and PEEK GL30 always resulted in higher wear losses. This was

particularly pronounced against alumina pins, which is the opposite behaviour compared to PEEK CA30, PI SP1 and PI SP21.

■ 4 Recapitulation and conclusions

- A simple test rig for investigation of the tribological and hydraulic behaviour of a water hydraulics system was designed and constructed. The conditions, materials and geometry can be well-defined and controlled. The test rig allows for testing of several hydraulic, operational, dynamic and tribological properties of selected systems.
- We made preliminary model tribological tests to investigate the adequacy of different material pairs for use in a proportional 4/3 directional (sliding type) control valve.
- The lowest friction was obtained for the PEEK CA30/Al₂O₃ contact. Another interesting low-friction pair appeared to be PI SP1/SS because of its easily applicable and low-cost material combination.
- The lowest wear was obtained in the PEEK CA30/Al₂O₃ contact, in accordance with the lowest friction found for this material pair.
- Detailed surface analyses are in progress and comparison with more materials is planned for the future to understand the wear and friction mechanisms.

References

- [1] M. Kalin, J. Vižintin, A comparison of the tribological behaviour of steel/steel, steel/DLC and DLC/DLC contact when lubricated with mineral and biodegradable oils. *Wear* 261 [1] (2006) 22-31.
- [2] J. Barriga, M. Kalin, K. Van Acker, K. Vercammen, A. Ortega, L. Leiaristi. Tribological performance of titanium doped and pure DLC coatings combined with a synthetic bio-lubricant. *Wear* 261 [1] (2006) 9-14.

- [3] Kalin, M., Vižintin, J., Vercammen, K., Arnšek, A., Barriga, J., Van Acker, K. Tribological performance of lubricated DLC coatings using biodegradable oils. *The coatings in Manufacturing Engineering* (2004) 457-465.
- [4] J. Barriga, M. Kalin, K. Van Acker, K. Vercammen, A. Ortega, L. Leiaristi. Tribological characterisation and validation of carbon based coatings combined with bio-lubricants. *Proceedings of the 11th Nordic Symposium on Tribology*. Norway, June 2004. Pg. 508-517.
- [5] M. Kalin, F. Majdič, J. Vižintin, J. Pezdinik. Performance of axial piston pump using DLC-coated piston shoes and biodegradable oil. in: *The 12th Nordic Symposium on Tribology*, Helsingor, Denmark, June 7-9, 2006. Nordtrib 2006. (2006), 10 Pgs.
- [6] Nessie – Sauer Danfos: <http://nessie.danfoss.com/>
- [7] Tiefenbach Wasserhydraulik GmbH: <http://www.ft-tiefenbach.de/>
- [8] Water Hydraulics Lth: www.waterhydraulics.co.uk
- [9] Hauhinco Maschinenfabrik G. Hausherr, Jochums GmbH & Co. KG: www.hauhinco.de
- [10] E. Trostmann: *WATER HYDRAULICS CONTROL TECHNOLOGY*; Lyngby 1996, Technical University of Denmark; ISBN: 0-8247-9680-2
- [11] Y. Huayong, J. Sujuan, G. Guofang, Z. Hua: Investigation on the tribological properties of new materials and its application in water hydraulic piston pump, SICFP'05, Linköping, Sweden, 2005
- [12] J. Pezdinik, F. Majdič, *Transient Phenomena in Gradual Changes of Hydraulic Fluid Flow*, 5. IFK, Aachen, 2006,
- [13] J. Pezdinik: *Prehodni pojavi pri hidravličnih napravah v železarstvu* (Transient Phenomena in Ironworks Hydraulic Systems), M. Sc. Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Ljubljana 1984
- [14] Y. Yamamoto, T. Takashima, Friction and wear of water lubricated PEEK and PPS sliding contacts, *Wear* 253 (2002) 820-826.
- [15] Y. Yamamoto, T. Takashima, Friction and wear of water lubricated PEEK and PPS sliding contacts Part 2. Composites with carbon or glass fibre, *Wear* 253 (2002) 820-826.
- [16] J.P. Davim, N. Marques, A.M. Baptista, Effect of carbon fibre reinforcement in the frictional behaviour of Peek in a water lubricated environment, *Wear* 251 (2001) 1100-1104.

Primerljive tribološke raziskave zveznih ventilov za vodno hidravliko

Razširjeni povzetek

Zmanjšanje zalog nafte in skoraj vsakodnevno spreminjanje njene cene sili svetovni razvoj na področju hidravličnih tekočin k iskanju in uporabi alternativnih virov. Eden od možnih alternativnih virov za hidravlično tekočino je voda. Naše raziskave so naravnane k uporabi čiste vode (brez dodatkov) za hidravlično tekočino. Taka voda ne onesnažuje narave, je poceni, dobro razpoložljiva in negorljiva. V prispevku je predstavljeno dvojno hidravlično preizkuševališče (čista voda/mineralno olje), planiran potek meritev na njem in nekaj dosedanjih dognanj z drugega, tribološkega preizkuševališča glede triboloških lastnosti nekaterih preizkušenih materialnih parov. Prvi del dvojnega hidravličnega preizkuševališča uporablja čisto vodo, brez dodatkov, kot hidravlično tekočino, drugi del pa je zasnovan analogno kot prvi, le da za hidravlično tekočino uporablja mineralno olje. V obeh omenjenih sistemih je preizkušane (proporcionalni vodni oz. oljni 4/3-potni ventil) izpostavljen delovnemu tlaku do 150 bar in pretoku do 30 l/min. Namen

Namen preizkušanja je raziskava tribološkega in hidravličnega obnašanja vodnega in oljnega hidravličnega sistema ter primerjava med njima. Razen v našem laboratoriju (LPKH) zasnovanih sestavin (proporcionalni vodni 4/3-potni ventil, vodni in oljni hidravlični valj s skoznjo batnico $\Phi 32/22 \times 500$) so vse ostale na preizkuševališču uporabljene sestavine standardne, dostopne na tržišču. Pri omenjenem funkcionalnem prototipu vodnega proporcionalnega 4/3-potnega drsniškega ventila bomo uporabili tiste materialne pare (za bat in pušo), ki so se in se bodo še v nadaljnjih preizkušanjih izkazali kot najbolj perspektivni v preliminarnih triboloških preizkusih. Nekaj teh rezultatov preizkusov na napravi z obremenjevanjem kroglice na ploščico je predstavljenih v tem prispevku. Najmanjša obraba in najmanjši koeficient trenja sta se pojavila pri materialnem paru keramike (Al_2O_3) in polimera (PEEK CA30).

Izvleček: Prispevek uvodoma prikazuje smiselnost in področja uporabe vodne pogonsko-krmilne hidravlike (PKH). Zasnovali smo funkcionalni prototip vodnega proporcionalnega 4/3-potnega drsniškega ventila. Naše raziskave omenjenega novega vodnega ventila so razdeljene na dva dela: realno hidravlično preizkušanje in tribološko preizkušanje. V prispevku sta prikazani zasnova in funkcijska shema novega dvojnega preizkuševališča za vodno in oljno pogonsko-krmilno hidravliko. Prikazan je osnutek postopka preizkušanja na realnem hidravličnem preizkuševališču. V zadnjem delu prispevka so prikazani: tribološko preizkuševališče, naprava z obremenjevanjem kroglice na ploščico, preizkušeni pari materialov mazani z destilirano vodo, rezultati obrabe in rezultati merjenja koeficienta trenja.

Ključne besede: visokotlačni vodni sistemi, pogonsko-krmilna hidravlika, destilirana voda, enostopenjski potni proporcionalni drsniški tip ventila, tribološke lastnosti, naprava z obremenjevanjem kroglice na ploščico, nerjavno jeklo, PI, PEEK, Al_2O_3 .

Acknowledgements

For the full support of this research we are sincerely grateful to Prof. Dr. Jože Vižintin, Head of CTD. The authors are sincerely grateful to Slovenian company Tajfun, the greatest producer of forestry machinery in Europe, for financial and technical support.

For financial support of this research we are sincerely grateful to Slovenian Research Agency. The majority of the components of the oil test rig were donated by the leading producer of hydraulic components in Slovenia, Kladivar d.o.o. The authors are sincerely grateful for this support.

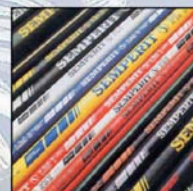
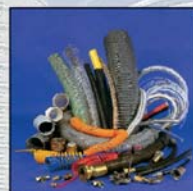
The authors are grateful for donation of one half of flexible hoses to company HIB Kranj d.o.o., one of the biggest distributors and producer of flexible hoses in Slovenia.

HIIB, Kranj, d.o.o.

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

PROIZVODNI PROGRAM:

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



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

Poslovne enote:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Using an optical micrometer for mechanical thermostat membrane expansion measurements

Jure REJC, Marko MUNIH

Abstract: This paper presents a series of preliminary tests for measuring expansion of the mechanical thermostat diaphragm during filling with appropriate expansion medium. Presented is a solution with a high-precision optical micrometer thru-beam laser sensor and a reference crevice, enabling compensation of undesired rotations. With this system is possible to measure expansions down to a few micrometers accurate. All measurements were compared to a mechanical, calibrated micrometer.

Keywords: mechanical thermostat, expansion medium, optical micrometer, precise measurements, mechanical micrometer,

1 Introduction

A proper regulation of temperature is in present time very important, because it can be found everywhere: at home, at work, in industry, etc. All devices that enables regulation of temperature have a name: a thermostat.

The thermostat is a device for regulation of the temperature in a system in a way that the system's temperature is maintained near a de-sired temperature (Snajder, 1982). The thermostat does this by controlling the flow of heat energy in or out of the system. That is, the thermostat switches heating or cooling devices on or off as needed to maintain the correct temperature. Thermostats

can be constructed in many ways and may use a variety of principles to measure and regulate the temperature. The output of the thermostat then controls the heating or cooling gadgets. Common sensors include: bi-metal mechanical sensors, expansion medium sensor, electronic thermistors, electrical thermocouples etc. This article describes the preliminary tests for controlling of the expand medium filling in production of expansion medium sensor based ther-mostats, such can be seen in *figure 1*. The whole temperature sensor consists of probe, capillary tube, diaphragm with ceramic button and expansion medium. When the sensor is heated, the medium heats up and expands. The expansion of the medium increases the pressure in the closed-circuit system. The pressure increase is converted into a displacement in the diaphragm. This displacement, also called travel, actuates a snap-action switch which opens or closes the contacts in the electric circuit. The reference variable is set via the thermostats adjusting spindle.

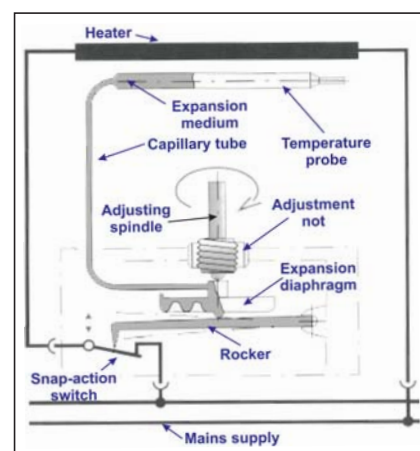


Figure 1. Description of a mechanical thermostat

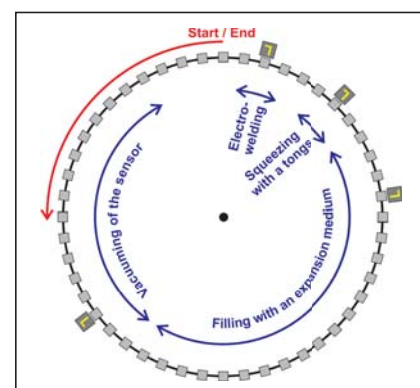


Figure 2. Filling sequence of filling machine

Mag. Jure Rejc, univ. dipl. inž., prof. dr. Marko Munih, univ. dipl. inž., University of Ljubljana, Faculty of Electrical engineering, Laboratory of Robotics and Biomedical Engineering, Ljubljana, Slovenia

For thermostat that switches at set temperature is important that the process of expansion medium filling is controlled, so that diaphragm is properly expanded for desired thermostat working range.

This must be done at proper temperature and fill pressure. In the current production line, the temperature of the expansion medium can not be controlled to full-fill the predefined temperature and this temperature difference must be compensated with higher or lower filling pressures, which is set manually.

Before filling with expansion medium, the temperature sensor is opened at the probe side, enabling expansion medium to be filled. Filling procedure is done on the rotary machines, where many sensors can be filled at once. Installing of the sensors into the filling machine special heads is done manually. The four stages of filling that follow are evident in figure 2 and in figure 3.

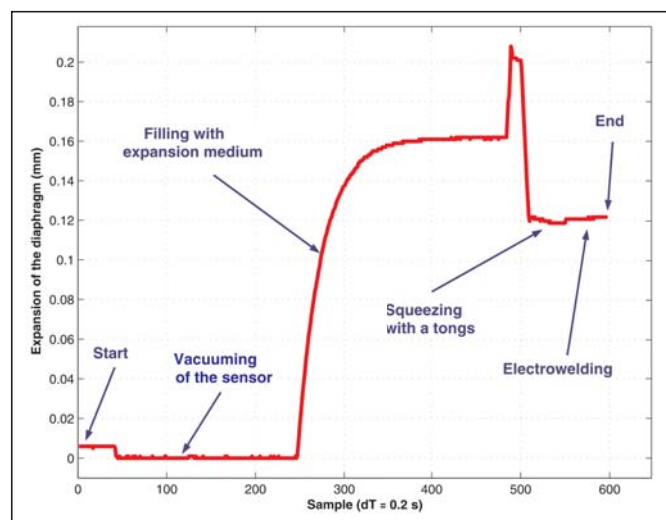


Figure 3. Filling diagram of the thermostat sensor

First stage is vacuuming of the sensor, where it is tested for airtightness. Follows a filling procedure with the expansion of the diaphragm dependent on the medium filling pressure. After a few cycles, expansion is stopped, some types of the sensors stay in filling heads and some are pushed out, but all are squeezed with a tongs to be closed. After this stage, electrowelding is performed to reliably close the sensor. At the end each sensor is automatically removed from

the filling machine. The maximum expansion of the diaphragm during filling, for all types of thermostats, is from 0.046 mm to 0.46 mm.

Our research team worked on a task to find a proper technical solution for measuring expansion of the diaphragm in all four the most important stages of filling procedures of the thermostat sensor on the current filling machines. From upper information the measuring system must be able to measure expansion to less than 0.01 mm and without major remaking of the current filling machines.

In the work described in this article, we have made a series of comparison measurements, utilized high-accuracy sensors and some simple mathematical calculations. To check the measuring method, some mechanical micrometer comparison measurements were performed and analyzed. The final mathematical analysis is also presented at the end, but only the main

idea with a basic equation.

■ 2 Diaphragm expansion measurement approach

Due to a fact that current filling machines should not be changed or modified considerably, an approach presented in figure 4 for performing measurements was tested. The whole

measurement system consist of a fixed curtain laser micrometer, expanding diaphragm, the fixation object and the reference object. To measure expansion in four points at the machine, also four measuring systems would be needed, as can be seen on figure 2, marked with a letter L. These sensors are fixed and are not part of the rotary machine, only sensor diaphragms are rotated repeatedly into the measuring position. At the vacuuming phase, a hole or crevice between the diaphragm

ceramic button and a reference object would be measured and set to 0.000 mm initial value. In all other positions, the same distance would be measured. Since only first and last position is needed for appropriate pressure regulation, the rest two positions are needed for additional filling information. For this kind of measurements it is important that the machine places all measured heads in the same position. This is done completely mechanically and very accurately.

■ 3 Hardware

The following equipment was used (Figure 5) :

- laser optical micrometer sensor Keyence,
- reference mechanical micrometer Mitutuyo,
- Epson robot.

3.1 Laser optical micrometer sensor Keyence

For testing purpose a local representative for Keyence Corporation lent us the optical micrometer sensor LS-5041 with LS-5501 controller. (Keyence, 2006). Measurement system consists from two parts, transmitter and receiver, joined in a metal rod setting, both parts being mounted 160 ± 40 mm from each other. Light source is a visible red semiconductor laser with 670 nm wavelength, Class 2 by IEC specifications. Measuring range is from 0.2 mm to 40 mm, with measurement accuracy of $\pm 2 \mu\text{m}$ and repeatability of $\pm 0.3 \mu\text{m}$.

3.2 Reference micrometer

Every measurement should be compared to a higher class calibrated measurement device. We used a mechanical micrometer manufactured by Mitutuyo Corporation (Mitutuyo, 2006). It has a mark 293-666, measuring range of 30 mm, linear scale with a resolution of $1 \mu\text{m}$, error limit of $2 \mu\text{m}$, flatness less than $0.3 \mu\text{m}$ and with parallelism less than $2 \mu\text{m}$. It has a digital data output, non rotating spindle and measuring faces are made out of a carbide. To imitate real conditions a ceramic button was attached to one of the tips.

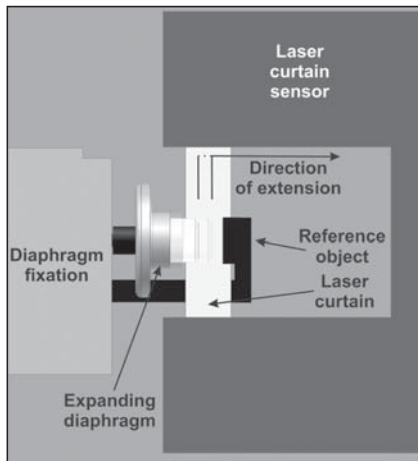


Figure 4. Tested measuring principle

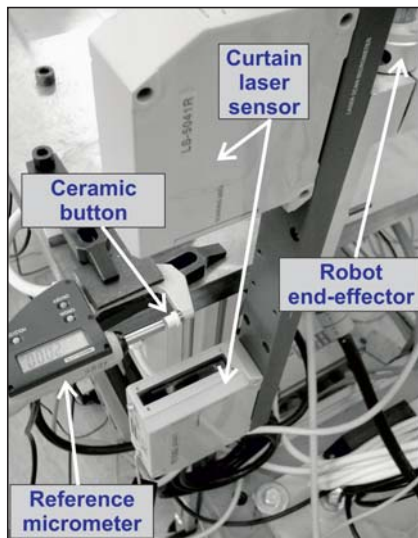


Figure 5. Measurement equipment

3.3 Epson robot

The SCARA Epson E2S651 robot with 4 DOF (RRTR - Rotation, Rotation, Translation, Rotation) is frequently used for automation of assembly in industrial processes. It has a cylindrical working range with radius 280 mm to 650 mm. The velocity can be up to 6300 mm/s for the first and second axes, 1100 mm/s for the Z-axis and 1870°/s for the rotational U-axis. The repeatability specifications are very good: 15 μm for the first and second axes, 10 μm for the Z-axis and 0.02° for the U-axis. The Epson robot was used as a carrier for the laser measurement sensor.

4 Methodology

4.1 Variable crevice width

Measurements of a variable crevice width were performed to determine

if the selected laser micrometer is appropriate for desired measurements. On the end-effector of the robot a laser measuring system was attached. Robot use was necessary for positioning of the laser system and also for performing some additional tests.

In front of the robot a special table was set and with another laser system levelled to 0.1 mm. On the table a reference micrometer was attached with a few cramps and additional metallic parts. One of the micrometer measuring faces was equipped with a ceramic button to simulate real conditions of the diaphragm (Figure 5). Surrounding temperature was stable at 23 °C.

Both, micrometer and laser controller, were connected to the personal computer via serial port for data sampling with frequency of 2 Hz. The initial crevice width was set to 0.3 mm. At this width the whole system was positioned and rotated to laser sensor returning as close as 0.3 mm. This procedure involved laser system positioning and rotating as well as micrometer levelling to set micrometer faces as parallel to the laser curtain as possible. During measurements, the crevice width was manually changed by hand with a step of 0.100 mm to the final width of 2.000 mm. At every step of 0.100 mm a small pause was made to sample a few measurements. Four series of measurements were performed, two while enlarging the crevice width and two while reducing the width. This was necessary to check possible laser micrometer hysteresis existence.

4.2 Stability of fixed width of micrometer crevice

The measurement conditions and equipment in this set of tests did not differ from conditions in previous test. Measurements were performed to determine if laser measurements of fixed width of mechanical micrometer crevice is stable in longer period. Four series of measurements were performed, where the width of the micrometer crevice was 0.500 mm, 1.000 mm, 1.500 mm and 2.000 mm. The appropriate width

was set and left for approximately 15 minutes with sample frequency of micrometer and curtain laser sensor set at 2 Hz.

4.3 Stability of moving laser system when width of micrometer crevice was fixed

These measurements are totally equal to the previous, except the laser micrometer was moved by the Epson robot. These tests should verify if the laser micrometer system shows different measurement values if the mechanical micrometer crevice lying in different positions of a laser curtain. Again, four fixed width of micrometer crevice was set: 0.500 mm, 1.000 mm, 1.500 mm and 2.000 mm. The laser system curtain width was large enough to move laser system for 20 mm in 1 mm step.

5 Results

5.1 Variable crevice width

Figures 6 and 7 show measurement results for conditions when reference micrometer crevice width was changing - enlarging or reducing. Both figures show on the horizontal axis the value measured by reference micrometer and on vertical axis the difference between the micrometer value and value measured by laser curtain sensor. All measured laser values at certain reference width were averaged and for this reason also values in range of 1 μm arise. As can be seen, the difference on figure 6 is between 34 μm and 38 μm and has a positive tendency, probably originating from a temperature influence or even from the human manually rotating micrometer spindle. On figure 7 difference is between 38 μm and 40 μm .

It can be seen that the error value is quite constant in a range from 0.3 mm to 2 mm, between 36 μm and 39 μm . This is a systematic error, probably originating from parallel misalignment of the mechanical micrometer faces, influencing the laser micrometer measurements. When the relative measurement values are observed the differences are below the desired 0.01 mm, having values between 2 μm and 4 μm .

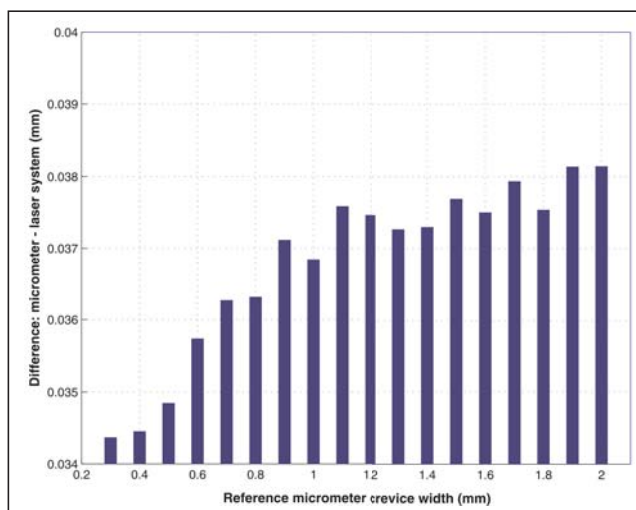


Figure 6. Difference between mechanical and laser micrometer when crevice width was enlarged

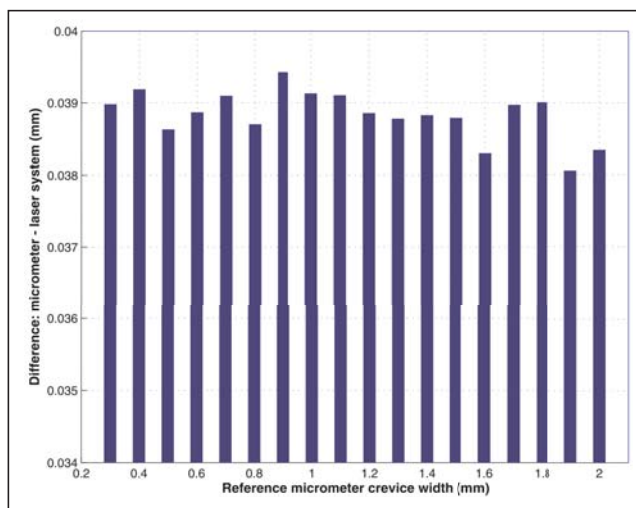


Figure 7. Difference between mechanical and laser micrometer when crevice width was reduced

5.2 Stability of fixed width of micrometer crevice

Figures 8 and 9 show the stability of the fixed width of micrometer crevice over longer period of time. Horizontal axis represents samples with frequency of 2 Hz while the vertical axis shows difference between reference micrometer value and a value measured by laser system.

Figure 8 shows results for crevice width of 1 mm and figure 9 for width of 2 mm. Again systematic error of cca. $35\ \mu\text{m}$ is present. Observing the value over the whole time period, very stable measurement value can be observed not changing more than $1\ \mu\text{m}$.

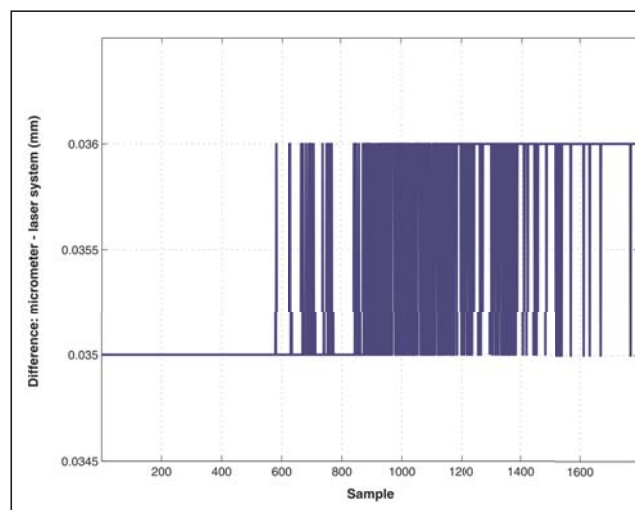


Figure 8. Difference between mechanical and laser micrometer with crevice fixed width at 1 mm

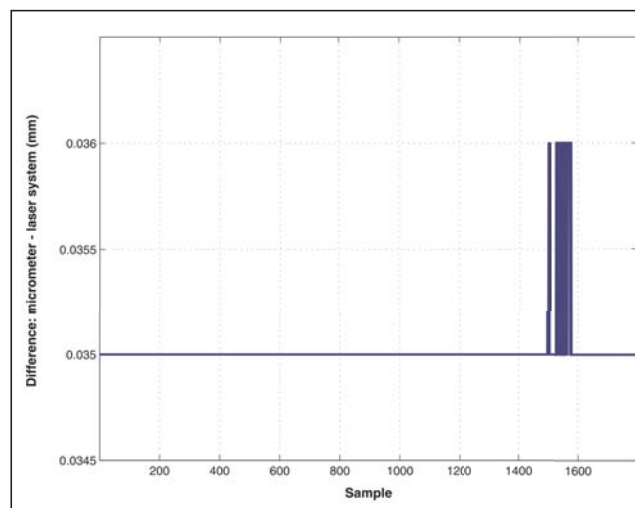


Figure 9. Difference between mechanical and laser micrometer with crevice fixed width at 2 mm

5.3 Stability of moving laser system when width of micrometer crevice was fixed

Figure 10 shows results of measurements where laser system was moved by the robot at some fixed width of micrometer crevice. Horizontal axis represents the position of the laser system relative to the start position, while the vertical axis shows difference between reference micro-

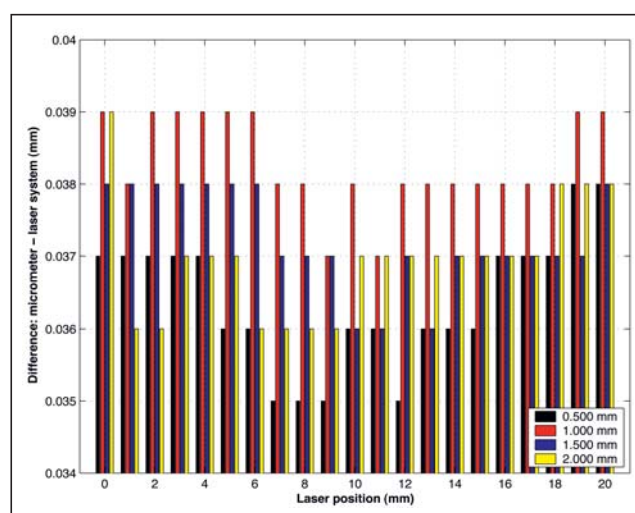


Figure 10. Difference between mechanical and laser micrometer with crevice fixed width and laser system being moved

meter value and a value measured by laser system.

Legend shows which bar column belongs to a certain crevice width.

Again systematic error exists having value from $35 \mu\text{m}$ to $39 \mu\text{m}$. From the measured data can be concluded that moving the laser do not influence measurement values compared to the case when it was fixed.

6 Compensation of parallel misalignment between laser micrometer curtain and measuring object

6.1 Theory

Tests and results above demonstrated that is possible, by using tested laser micrometer curtain sensor, to measure the expansion of the diaphragm in the process of thermostat sensor filling. These results also showed that perfect parallelism between ceramic button attached on the diaphragm and the reference object can be a problem if various sensors are used. This problem does not fade away if some reference crevice is used for calibration and then all four sensors are levelled in a way that the error, due parallel misalignment, is on all stages the same. It might happen that all diaphragms are not completely the same in dimension, the fixation rod is not bend by the same angle, etc. For this reason it is necessary to be able to measure or calculate and compensate the differences in rotation that can occur during manufacturing.

6.2 Possible solution

In the figure 4 one reference object can be seen. In order to compensate for diaphragm errors then only one reference object is not enough, an additional reference crevice must be used.

A situation is sketched in figure 11, where diaphragm fixation object, middle cube and right reference ceramic are fixed together.

In the upper right-hand part of the figure is a ceramic button, part of the expanding diaphragm. The radius of

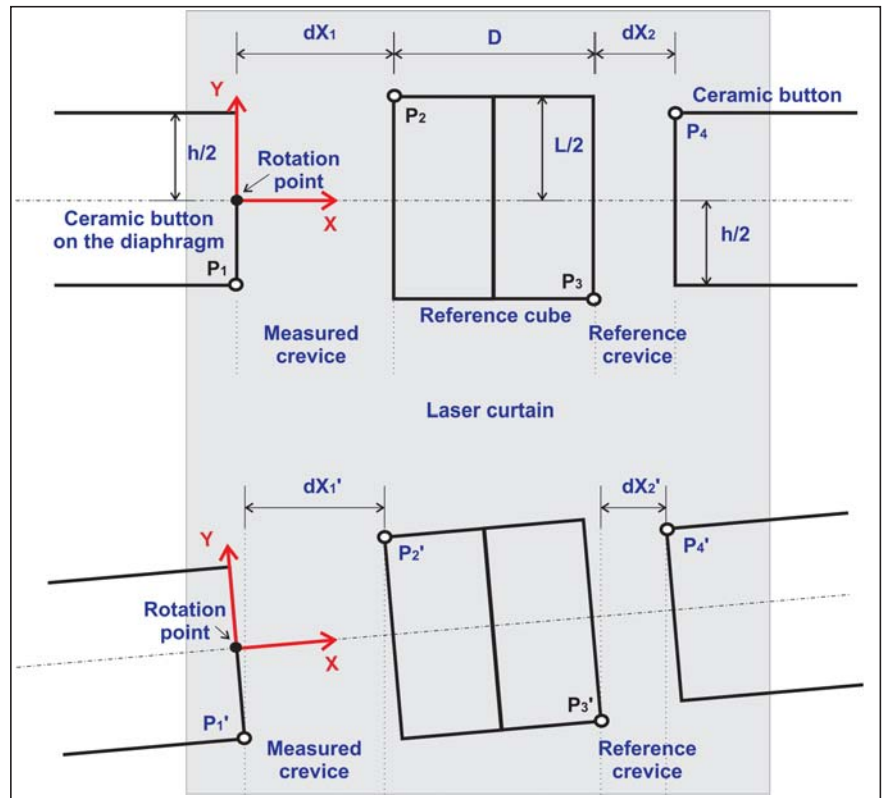


Figure 11. Difference between micrometer and laser system when crevice width was reduced

this round button is marked with $h/2$. In the upper middle part is a reference cube with a half of dimension of $L/2$ and D . The dimension dX_1 is a measured crevice dimension, when no rotation error is present. In the upper righthand part of the figure is another ceramic rounded button, but this one is fixed. Dimension dX_2 is fixed and well known or premeasured with some high accurate device.

At the bottom of the figure is depicted a situation, where the whole system is rotated over the rotation point. In the real situation both, diaphragm and laser system, can be rotated, but here only the diaphragm system with appropriate mechanical parts are virtually rotated. If some rotation is applied then dimension dX_1 is changed, to the dX_1' . Also the measured dimension dX_2 changes to dX_2' .

6.3 Mathematical analysis

In figure 11 we can see that four edges of present objects are marked with a dot or a point. These points

have a coordinates dependant to the rotational point coordinate system:

$$P1=(0, -h/2)$$

$$P2=(dX_1, L/2)$$

$$P3=(dX_1 + D, -L/2)$$

$$P4=(dX_1 + D + dX_2, h/2)$$

When the dimension of the second or reference crevice is premeasured and then the same crevice is measured at some rotation, then is possible to calculate the rotational angle of the whole system for one dimension. After some simple mathematical calculations, mainly by using homogeneous transformation matrices (Lenarcic and Bajd, 2003), the rotational angle can be calculated, by getting two solutions, only the smaller angle is the right one. When this angle is calculated it is possible to calculate the crevice width dX_1 (Equation 1), even if width dX_1' was measured by curtain laser system.

$$dX_1 = \frac{dX_1' + y_2 \sin\varphi - y_1 \sin\varphi}{\cos\varphi} \quad (1)$$

7 Conclusion

The manufacturing of expanding medium sensor thermostats is a very difficult process. As presented here, the process of filling of the sensor system has to be accurate to a few hundreds of a millimeter. That is why is most necessary to equip current filling machines with appropriate high-tech and precise measurement systems in order to monitor the production quality and be able to respond and control the necessary process parameters.

The presented idea was fully tested in the laboratory. The results show that

Keyence laser curtain micrometer system enables measurement of desired parameters with an accuracy of a few micrometers. This system is also very stable over longer period of time. The system is also independent to position of the crevice inside the laser curtain.

In the tests also demonstrated that the reference system should be parallel to the diaphragm ceramic button for accurate measurements. This is impossible in production line and for this reason a solution with one variable and one reference, dimensionally known crevice is also

presented, where simple mathematical analysis is needed.

References

- [1] Keyence (2006). <http://www.keyence.com>. Internet link.
- [2] Lenarcic, J. and T. Bajd (2003). Robotski mehanizmi. Fakulteta za elektrotehniko. Ljubljana, Slovenia.
- [3] Mitutoyo (2006). <http://www.mitutoyo.com>. Technical report.
- [4] Snajder, J. (1982). Avtomatizacija umerjanja termostatov. RSS. Ljubljana, Slovenia.

Uporaba optičnega mikrometra za merjenje raztezka membrane mehanskega termostata

Razširjeni povzetek

Članek opisuje testiranje idejne zasnove sistema za nadzor oziroma merjenje raztezanja membrane mehanskega termostata v procesu polnjenja sistema diastata z ustreznim oljem. Sistem diastata je sestavljen iz membrane in temperaturnega čutila, ki ju povezuje tanka kovinska cevka, imenovana kapilara. Diastat se v neki proizvodni fazi napolni s posebnim oljem, ki služi kot razteznostni medij. Za pravilno delovanje oziroma preklapljanje stikala mehanskega termostata pri nastavljeni temperaturi je najbolj pomembno, da je proces polnjenja diastata s posebnim oljem nadzorovan in se membrana v tem postopku raztegne za določeno razdaljo. To razdaljo je potrebno doseči na nekaj stotink milimetra natančno.

V članku predstavljamo rešitev, za katero smo kot merilnik raztezka membrane uporabili zelo natančen laserski zavesni mikrometer podjetja Keyence LS-5041 s krmilnikom LS-5501, raztezek membrane pa smo simulirali z referenčnim kljunastim mikrometrom Mitutoyo 293-666. Zavesni merilnik Keyence ima definirano natančnost $\pm 2 \mu\text{m}$ in ponovljivost $\pm 0,3 \mu\text{m}$. Referenčni merilnik Mitutoyo ima merilno napako $2 \mu\text{m}$, podatek o ponovljivosti pa ni bil podan. Opisani merilni sistem bi namestili poleg obstoječe rotirajoče polnilne naprave, saj zaradi vrtenja in izredno malo prostora namestitve merilnikov na samo napravo ni mogoča. Testiranja so pokazala, da uporabljeni merilnik Keyence ni samo natančen, ampak so meritve tudi zelo stabilne v daljšem časovnem obdobju, položaj merjene špranje v merilnem območju laserja pa tudi ne vpliva na natančnost meritev, saj se vse merjene vrednosti nahajajo znotraj podanega območja $\pm 2 \mu\text{m}$.

Žal pa so poskusi pokazali, da merjenje širine ene špranje ni dovolj, da bi lahko kompenzirali nepravokotnost laserske zavesne merilnika Keyence in špranje, ki smo jo ustvarili z referenčnim kljunastim mikrometrom Mitutoyo. Zato je za kompenzacijo potrebno uporabiti še dodatno špranjo. Njena velikost pa mora biti znana vnaprej. Z meritvijo te špranje in primerjavo z njeno dejansko širino pa lahko izračunamo naklon oziroma nepravokotnost v vseh potrebnih oseh. V članku podajamo tudi grafično ponazoritev in osnove matematične analize za kompenzacijo nepravokotnosti med lasersko zaveso in špranjo.

Izveček: V članku predstavljamo nekaj začetnih meritev raztezanja membrane mehanskega termostata v procesu polnjenja s posebnim oljem. Prikazujemo rešitev z zelo natančnim laserskim zavesnim mikrometrom in referenčnim mehanskim kljunastim mikrometrom. S tem sistemom je mogoče meriti raztezke membrane na nekaj mikrometrov natančno. Vse meritve smo primerjali z referenčnim mehanskim mikrometrom.

Ključne besede: mehanski termostat, polnilno olje, laserski mikrometer, natančne meritve, mehanski mikrometer,

Eksperimentalna analiza pogojev za kontrolo kakovosti montaže statorja elektromotorja z uporabo strojnega vida *

Niko HERAKOVIČ

Izvleček: Industrijska uporaba strojnega vida za izvajanje kontrole kakovosti v procesu montaže predstavlja kompleksno nalogo in zahteva obsežna strokovna (ekspertna) znanja, izkušnje in inovacijski pristop. Uvajanje strojnega vida za kontrolo kakovosti v procesu zahteva natančno opredelitev nalog, ciljev in procesa kontrole, izbiro komponent sistema strojnega vida in določitev delovnih pogojev izbranih komponent ter razvoj avtomatizirane naprave za manipulacijo s sestavnim delom oz. izdelkom, ki ga kontroliramo. Prispevek obravnava eksperimentalno določitev pogojev in njihovo analizo, ki so potrebni za uspešno uvedbo strojnega vida v praksi pri kontroli statorja elektromotorja ter izbiro in vpliv osvetlitve na razpoznavnost napak.

Ključne besede: strojni vid, osvetlitev, montaža, kontrola kakovosti, kontrola dimenzij, odkrivanje napak, industrijska uporaba,

■ 1 Uvod

V procesu montaže predstavlja kontrola kakovosti pomemben dejavnik. Namen kontrole kakovosti je odkrivanje in izločanje izdelkov, ki ne zadostijo kriterijem kakovosti v izdelovalnem procesu, katerega del je tudi montaža. Kontrola kakovosti v montaži se še dandanes največkrat

Doc. dr. Niko Herakovič, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

* Eksperimentalno delo, ki ga je v okviru svoje seminarske naloge izvajal študent Iztok Rutar, je bilo mogoče izvesti s podporo podjetja FDS Research iz Ljubljane, ki je zagotovilo prostor, praktično podporo, nasvete in opremo za izvedbo eksperimentov.

izvaja ročno. Ocena in presoja pravilnosti sestavnega dela ali izdelka, odkritje napake v obliki ali videzu ter hitrost izvajanja kontrole kakovosti so odvisni od delavčevih fizioloških sposobnosti, predvsem njegovega vida. Ker so naloge kontrole kakovosti pogosto kompleksne, sta hitrost in pravilnost kontrole odvisni še od njegove fizične in psihične sposobnosti. Posledice so pogosto nezanesljivi rezultati in spregledanje napak. Zanesljivost človeških odločitev pada tudi z monotonijo in utrujenostjo, obenem pa je ročna kontrola kakovosti tudi nefleksibilna in časovno potratna.

To so tudi glavni razlogi, ki onemogočajo uvajanje visoko avtomatiziranih izdelovalnih oz. montažnih sistemov v prakso. Zato so se v preteklih letih pojavili različni pristopi pri izvajanju kontrole kako-

vosti v izdelovalnem procesu, kot npr. računalniški in strojni vid, ki vključujejo napredne računalniško podprte senzorske tehnologije z izjemno razvito programsko opremo za avtomatsko izvajanje kontrole kakovosti in analize kontrolnih podatkov. Direktna prednost računalniško podprtih sistemov kontrole kakovosti je njihova zmožnost integracije v druge avtomatizirane sisteme in opremo, kar omogoča gradnjo resnično avtomatiziranih proizvodnih sistemov. Druge velike prednosti avtomatiziranih kontrolnih sistemov so visoka hitrost izvajanja kontrole, merilna fleksibilnost, možnost izvajanja sprotno (on-line) kontrole in zmožnost 100-odstotnega nadzora, ki omogoča 100-odstotno kakovost izdelkov.

Strojni vid predstavlja avtomatsko analizo slik. Sistem strojnega vida se-

stavljajo ena ali več kamer, ustrezna strojna oprema in računalnik. Razvoj inteligentnega sistema kontrole kakovosti z vgrajenim strojnim vidom se uspešno zaključuje s končno uporabo v industrijskem okolju. Kljub številnim raziskavam v preteklosti pa se še vedno znova pri vsakem novem primeru uporabe strojnega vida v industrijskem okolju srečamo z zahtevnim problemom, ki za realizacijo zahteva specialna znanja s področij strojnega vida, izkušnje ter seveda inovativnost [5, 6].

V praksi zahteva uvajanje strojnega vida v kontrolo kakovosti v procesu montaže najprej natančno definicijo namena uporabe, ki običajno ni samo merjenje enega ali več parametrov izdelka v zelo kratkem času, temveč tudi odkrivanje napak, ki jih v ročni montaži ugotovi delavec na osnovi primerjave z ustreznim sestavnim delom. Sistem strojnega vida mora delovati v industrijskem okolju, za katero je značilno, da so čas kontrole posameznega parametra izdelka in finančna sredstva, namenjeni uvajanju avtomatske kontrole kakovosti v proces montaže, običajno omejeni.

Končna kontrola kakovosti izdelka je dejansko pregled sestavnih delov in izdelka v tehničnem in vizualnem pogledu. Problem je še večji, če je izdelek sestavljen iz veliko sestavnih delov in izdelan z nestabilnim procesom. Stator elektromotorja je sestavljen iz tankih plošč v stiskalnici. Zahteva se visoka kakovost, zato je potrebna 100-odstotna kontrola, ki jo je možno zagotoviti z uporabo strojnega vida.

Sistemi strojnega vida so danes vedno bolj zanesljivi in robustni in tako primerni za uporabo v industrijskem okolju. V procesu montaže so ključni in nepogrešljivi [1]. Sistemi kontrole, ki vključujejo strojni vid, so sposobni izvajati proces kontrole bolj učinkovito kot človek, če so zagotovljeni pogoji za ustrezno uporabo ter izkoriščene njihove tehnične prednosti. V industrijskem okolju se sistemi strojnega vida uporabljajo za preverjanje parametrov izdelkov, merjenje in odkrivanje

napak, zato morajo biti robustni in zelo zanesljivi. Pri razvoju procesa in naprave za nadzor in meritve je treba slediti določenemu poteku dela [5, 6]. Običajno je ta razdeljen v natančno opredelitev nalog sistema in ciljev (merjenje, odkrivanje napak) ter izbire komponent strojnega vida in pogojev delovanja (optika, leče, osvetlitev, kamera), v končni fazi pa v razvoj avtomatizirane naprave za dodajanje in pozicioniranje – strogo opazovanega objekta.

V tem prispevku bosta prikazana določitev nalog strojnega vida in vpliv osvetlitve na nadzorovanje in merjenje statorja elektromotorja. Rezultati bodo osnova za razvoj avtomatizirane kontrolne naprave.

2 Cilji kontrole kakovosti

Stator elektromotorja (SEM) je sestavljen iz tanke kovinske pločevine (slika 1) v preoblikovalnem stroju, končni izdelek pa mora biti izdelan zelo natančno in brez vidnih napak ter poškodb.

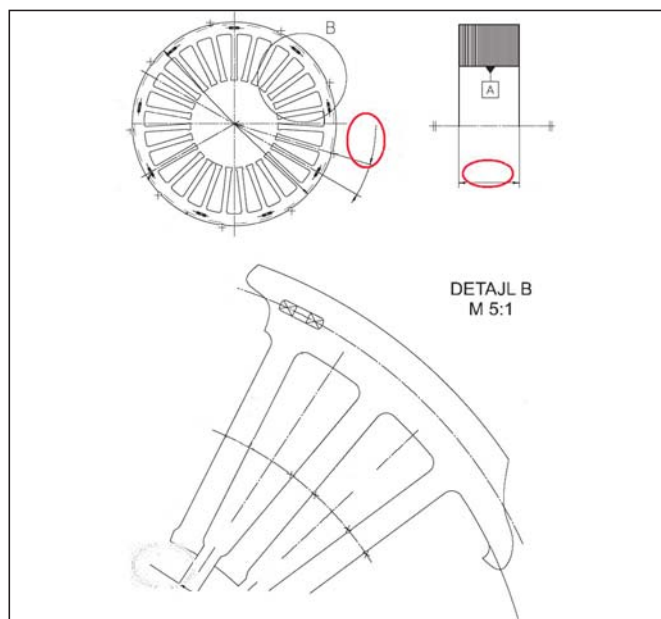
V procesih sestavljanja, barvanja in sušenja nastanejo napake, ki jih je mogoče zaznati s prostim očesom ali z meritvami. Proces kontrole kakovosti zato vključuje merjenje višine statorja EM, širine utora, sferičnosti ali t. i. klobučavosti, položaja in zasuka čeveljčka, kakovosti barvanja,



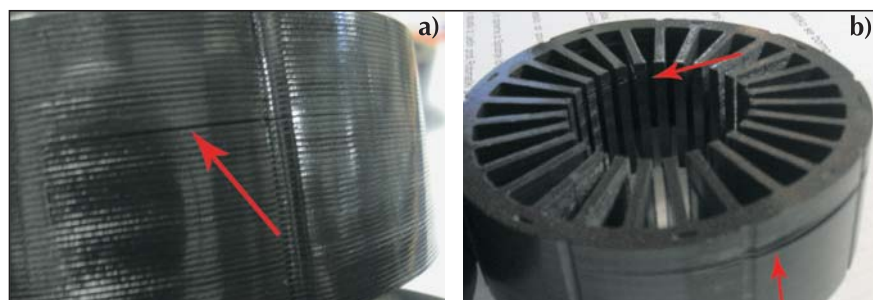
Slika 1. Stator elektromotorja

okroglosti, odmika pločevine kakor tudi vzorčno merjenje premera statorja. Merilna mesta so prikazana na sliki 2.

SedANJI proces kontrole vključuje vizualni pregled statorja EM, uporabo kalibrov za dimenzijsko kontrolo in vzorčno merjenje n statorjev na dan. Uporaba kalibra za dimenzijsko kontrolo lahko dodatno poškoduje stator EM in povzroči napaki, kot sta odmik pločevine in zasuk krepplja. To je tudi dodaten razlog za uvajanje



Slika 2. Mesta, kjer je potrebna 100-odstotna kontrola kakovosti

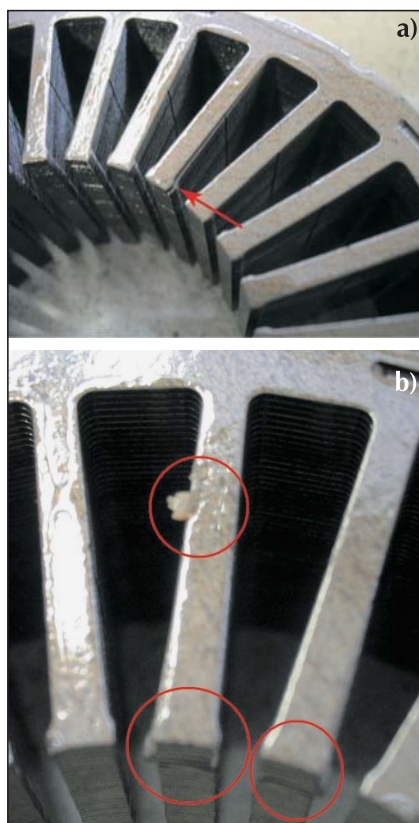


Slika 3. Utor med platinami (a, b) in zlomljen stator EM (b)

brezdotične metode kontrole s strojnim vidom.

Mehanske poškodbe in napake na notranji in zunanji strani statorja kot posledica neustreznega procesa sestavljanja so vidne na *sliki 3a* in *b*. Napake so premik med pločevinami (znotraj in zunaj) in zlomljen stator.

Slika 4a prikazuje mehanske poškodbe, kot so odmaknjena in premaknjena platina (lahko nastane v procesu ročne kontrole z mehanskih kalibrom). Premik platin znotraj statorja EM je običajno posledica sestavljanja pri izdelavi statorja (*slika 4b*), ostanki barve na statorju EM pa prav tako predstavljajo napako (*slika 4b*).



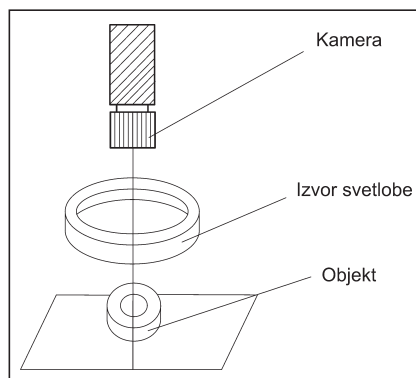
Slika 4. Premaknjena in odmaknjena platina (a in b) ter ostanki barve (b)

Opisana kritična mesta na statorju elektromotorja so sedaj kontrolirana in merjena ročno. Ugotovljeno je bilo, da taka kontrola ni zanesljiva in je tudi vzrok za nove napake in poškodbe izdelka. Kontrola je tudi ozko grlo montaže. Optimalna rešitev za zagotovitev kakovostne in zanesljive kvalitete izdelkov bi bila avtomatizacija kontrole.

3 Eksperimentalna določitev parametrov strojnega vida

Analiza potrebnih pogojev za uporabo računalniškega vida v avtomatizirani kontroli statorskega paketa je usmerjena v eksperimentalno določitev tehnike in tipa osvetlitve, ki lahko zagotovi zanesljivo kontrolo s strojnim vidom. S posebno pozornostjo in zelo natančno so bili raziskani pogoji za vsako kritično mesto na statorju EM, ki bi lahko vplivali na uspešno uporabo strojnega vida pri odkrivanju napak oz. kontroli kakovosti. Pri tem so bile analizirane spremembe vplivnih parametrov, kot so položaj kamere in vira svetlobe [2], tip leče na kameri, položaj izvora svetlobe [4] in statorja glede na kamero in vir svetlobe. V raziskavi je bila uporabljena kamera Sony XC-ST50-CE.

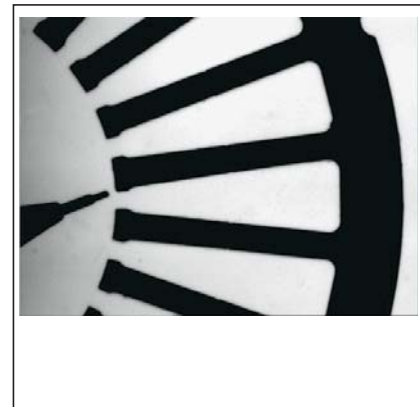
Vsaka zahtevana meritev ugotovljenih možnih napak in s tem kritično mesto zahteva postavitev preskuševališča, ki omogoča analizo vseh sprememb različnih parametrov in njihov vpliv na kakovost kontrole statorja z računalniškim vidom. *Slika 5* kaže postavitev preskuševališča za analizo vpliva direktne osvetlitve z različno barvo svetlobe in vpliv različne barve ozadja na globinsko kontrolo (zaradi odboja svetlobe), kontrasta in zaznave vidnih napak na statorju elektromotorja. Predpostavlja se, da sta različno okolje in barva svetlobe primernejša za vidnost površinskih napak, kot so ostanki barve in mehanske poškodbe.



Slika 5. Splošna osvetlitev z različnimi barvami osvetlitve in ozadja

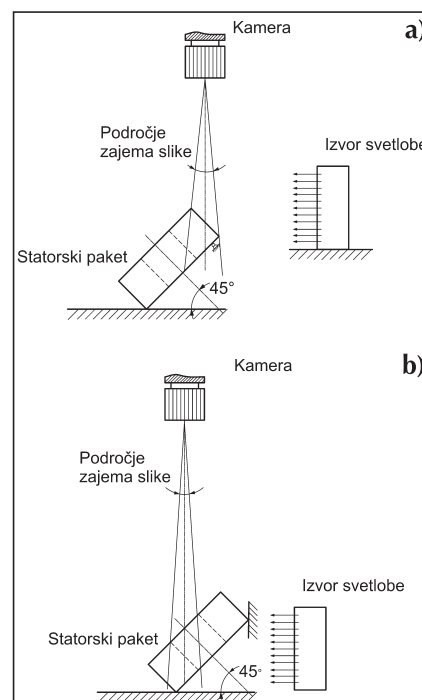
Preskuševališče (*slika 6*) z osvetlitvijo od spodaj omogoča analizo parametrov, kot so odmik platin statorja,

dimenzije utorov, splošne dimenzije statorja itd. Prikazano preskuševališče je primerno za zanesljivo odkrivanje več omenjenih parametrov samo z uporabo ustreznih leč (konvencionalna, telecentrična itd.). V tem primeru vrsta osvetlitve ne vpliva odločilno na kakovost meritev.



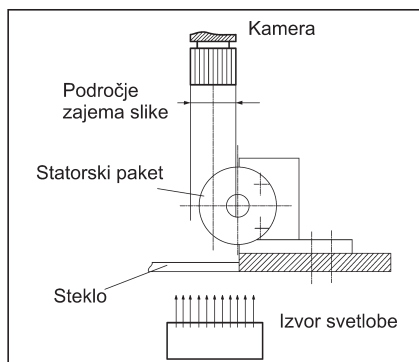
Slika 6. Preskuševališče s presvetlitvijo – svetloba od zadaj

Za odkrivanje parametrov, kot so mehanske poškodbe na zunanji površini statorja in natančnost utora kakor tudi premik in odmik platin ter notranjega oboda, je prikazana primerna postavitev na *sliki 7*. V tem primeru je zanesljivost odkrivanja omenjenih napak in določitve parametrov odvisna od uporabe ustreznih leč kamere oziroma tipa osvetlitve.



Slika 7. Odkrivanje napak na a – zunanji površini, b – notranji površini statorja

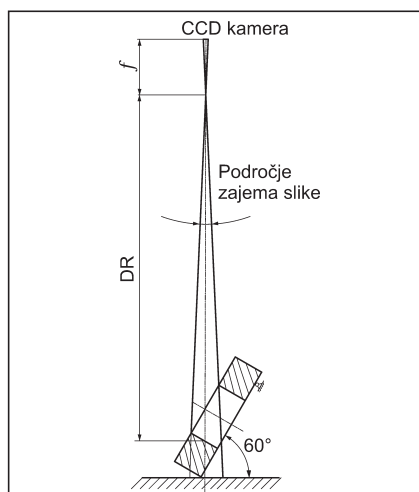
Preskuševališče na *sliki 8* je namenjeno natančni določitvi sferičnosti, vzporednosti čelnih ploskev in pravokotnosti statorskega paketa. Kakovost odkrivanja napak je odvisna v glavnem od uporabljenega tipa leče in v manjši meri od tipa in barve svetlobe.



Slika 8. Kontrola sferičnosti in dimenzij

Namen postavitve vseh omenjenih preskuševališč je omogočiti zadovoljivo kakovost odkrivanja čim več napak z minimalnim številom strežnih operacij statorja in čim manjšim številom tipa in vrste osvetlitve ter leč kamere.

Kot je razvidno s slike 7, sta ključna parametra za kakovost odkrivanja napak poleg leče kamere in osvetlitve še kot položaja statorja in razdalja kamere od opazovanega mesta. Potrebno je doseči ostro zaslonko sliko. Globinska ostrina objekta je teoretično boljša, čim večji je nagibni kot objekta. Pri statorju EM je nagib omejen z njegovo geometrijo. Največji kot postavitve je 60° , kot kaže *slika 9*. Če je kot postavitve večji, zgornji rob statorja pokrije spodnjega na notranji strani, tako da vidno polje kamere ne more pokriti



Slika 9. Največji kot postavitve statorja

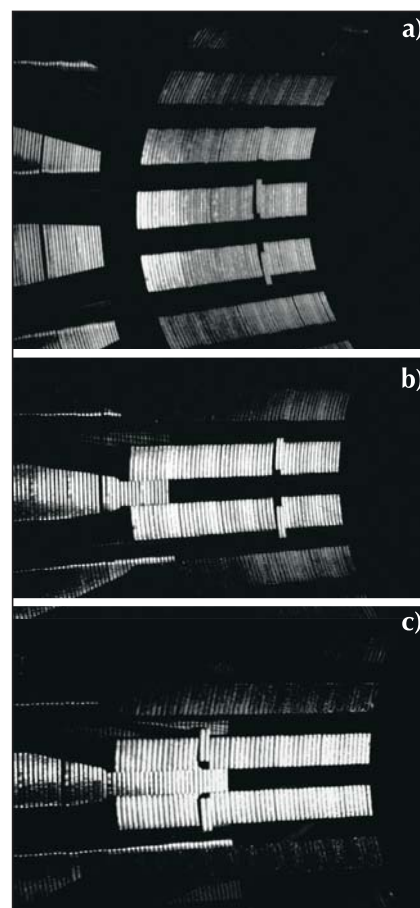
spodnjega dela notranje površine statorja. Prav zaradi tega je bila izvedena podrobna analiza z upoštevanjem optimalne razdalje kamere od opazovanega objekta v želji, da se dobi čim večje možno polje naenkrat.

4 Eksperimentalni rezultati

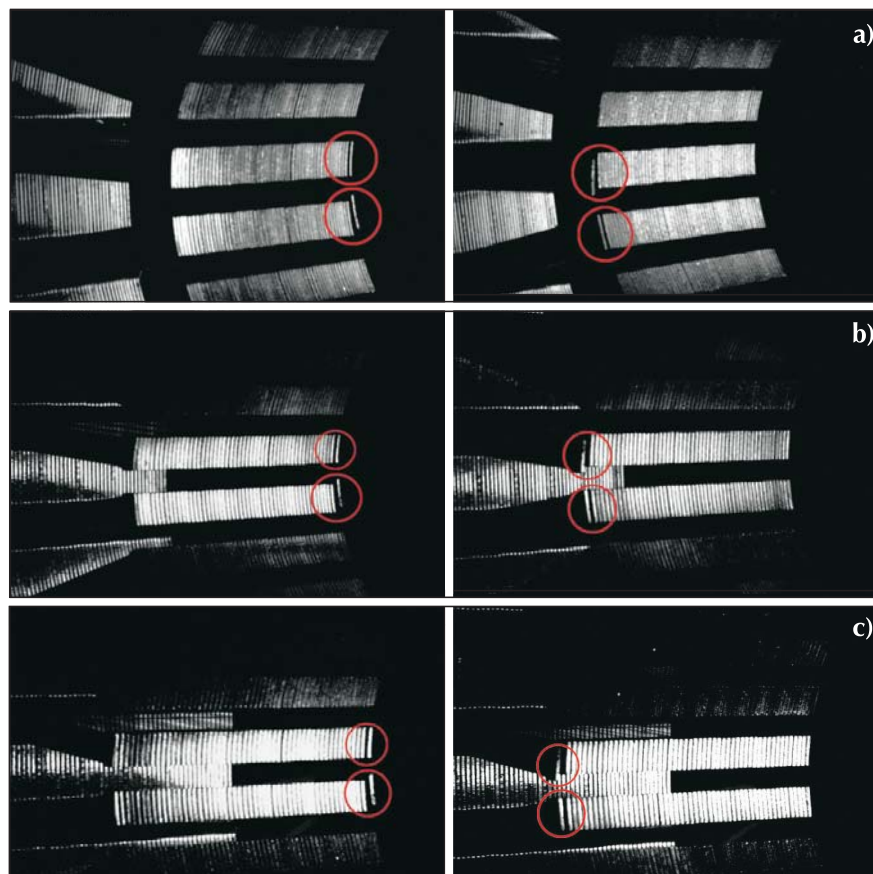
Rezultati raziskave omogočajo določitev potrebnih pogojev za razvoj sistema strojnega vida za kontrolo kakovosti statorja elektromotorja, ki so povezani s tehniko in vrsto osvetlitve, postavitvijo opazovanega objekta oz. statorja EM nasproti kamere za že izbrano kamero in leče. To omogoča kakovostno kontrolo dimenzij, mehanskih napak in vidne napake na površini.

Slika 10 kaže vpliv kota statorja na kakovost odkrivanja napak. Večanje kota izboljša kakovost določitve obeh robov na notranjem obodu statorja.

Ugotoviti je mogoče, da večanje kota povzroči razlike v razdalji med virom svetlobe na eni strani oziroma med zgornjim in spodnjim robom na drugi strani. Posledica je nehomogena osvetlitev in tako nerealna ocena napake, kot je to prikazano na *sliki 11*.



Slika 10. Vpliv kota postavitve statorja a) 30° , b) 45° in c) 55°



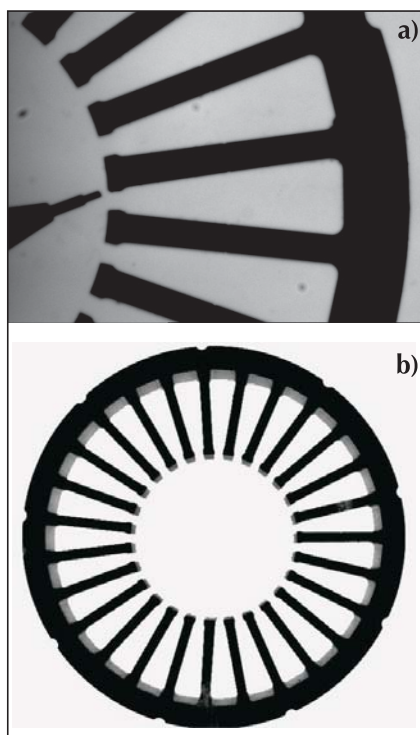
Slika 11. Vpliv nehomogenosti osvetlitve a) 30° , b) 45° in c) 55°

Rezultat preskusa, kjer je uporabljena nizkokotna obročasta osvetlitev (slika 5) z različnimi barvami osvetlitve in različnimi barvami ozadja, je prikazan na *sliki 12*. V tem primeru je uporabljeno črno ozadje – podloga. Svetla območja na satorju predstavljajo napake na površini, ki so posledica nabiranja laka ali neenakomernosti laka na površini. Metoda je primerna za kontrolo površine v smislu odkrivanja enakomernosti nanosa laka.



Slika 12. Napake na čelni strani – skupki laka

Najboljše rezultate kontrole enega izmed najpomembnejših parametrov na satorju, to je merjenje širine utora, je mogoče doseči z osvetlitvijo od spodaj oz. s presvetlitvijo (slika 6) in z uporabo telecentričnih leč. *Slika 13* kaže rezultate eksperimenta, kjer je vidno, da takšne leče

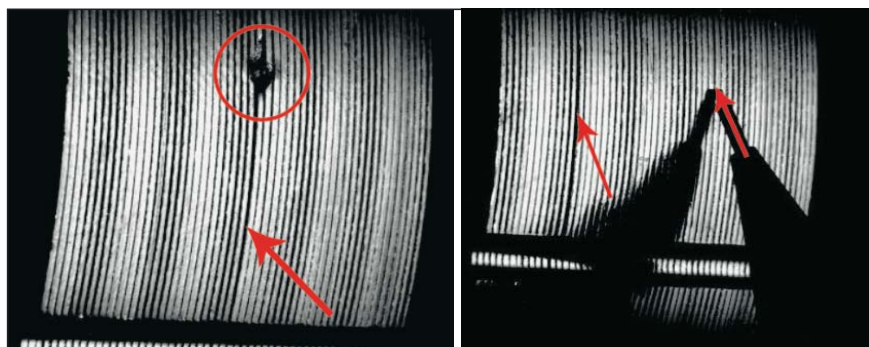


Slika 13. Merjenje širine utora z a) telecentrično in b) konvencionalno lečo

(slika 13a) odpravijo negativni vpliv globine oziroma paralakse, ki nastane pri uporabi konvencionalnih leč (slika 13 b).

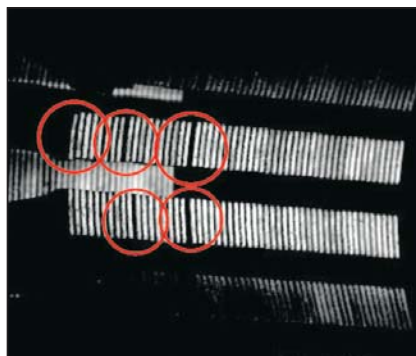
Sator se prikaže na zaslonu kot dvo-dimenzionalna slika v tlorisu z jasnimi in ostrimi robovi. To zagotovi 100-odstotno kontrolo širine utora po celotni višini statorskega paketa. Na ta način je mogoča kontrola notranjega in zunanjega premera statorskega paketa.

Rezultati eksperimentalnega odkrivanja mehanskih napak na zunanji in notranji strani, pridobljeni na preskuševališču, kot je zasnovano in prikazano na *sliki 7*, so prikazani na *slikah 14* in *15*, kjer se lepo vidita mehanska napaka (*slika 14a*) in razmik med platinami na zunanji strani statorskega paketa (*slika 14b*).



Slika 14. Mehanske poškodbe in vrzeli na zunanjem obodu satorja

Razmiki in presledki med platinami so lepo vidni na *sliki 15*.



Slika 15. Vrzeli in odmik platin na notranji strani oboda satorja

5 Zaključki

V prispevku je predstavljeno raziskovalno delo, pri katerem smo se osredotočili na analizo pogojev za uspešno zamenjavo ročne kontrole

kakovosti satorja elektromotorja z avtomatizirano na osnovi strojnega vida. To bo zagotovilo boljše učinkovitost in natančnost procesa kontrole kakovosti satorjev EM v daljšem časovnem obdobju, neodvisno od objektivnih in subjektivnih vplivov. Hkrati bo uporaba strojnega vida v procesu kontrole kakovosti vplivala na humanizacijo dela ob zagotavljeni kapaciteti sistema.

Glavni namen prispevka je raziskava vpliva osvetlitve na točnost in kakovost kontrole v procesu sestavljanja satorja EM. Raziskava je pokazala, kako posamezni pogoji meritev, tehnike osvetlitve in izbira komponent strojnega vida odločujoče vplivajo na praktično uporabo strojnega vida in zanesljivost meritev v realni proizvodnji.

Zaključimo lahko, da je kljub kompleksnosti oblike satorja EM mogoča 100-odstotna avtomatična kontrola dimenzij, mehanskih in vidnih napak itd. Za uspešno uporabo prikazanih rešitev v praksi je treba določiti še proces strege in zasnovati ter uporabiti ustrezno strežno napravo z najmanjšim možnim številom gibov. Posebno pozornost bo treba nameniti pozicioniranju merjenega objekta.

Literatura

- [1] Braggins, D. (2006). Vision today for assembly automation. *Assembly Automation* 26/2 (2006), str. 181–183.
- [2] Burns, R. Allen (1999). *Machine vision lighting, Techniques for electronics assembly*. RVSI Northeast Robotics.

- [4] Jenny, R. (2000). Fundamentals of optics – An Introduction for Beginners. <http://www.cs.ucsb.edu/~imaging/Papers-old/Optics%20Tutorial.pdf>.
- [5] Trdič, F. (2006). Problematika realnih industrijskih okolij (in Slovene). <http://www.fdsresearch.si>
- [6] West, P. (2006). A Roadmap for Building a Machine Vision System. <http://www.imagenation.com/pdf/roadmap.pdf>.

An experimental analysis of the conditions for machine-vision quality control for EM stator assembly

Abstract: The industrial application of machine vision for quality control (QC) in the EM stator-assembly process is a multilayer problem that demands a great deal of expert knowledge, experience and innovation. Usually, the procedure for machine vision QC is split into a precise determination of the tasks and goals, machine-vision component selection and working conditions, component selection for the machine vision, and, finally, the development of an automatic part-handling system. This paper is focused on the determination of the machine-vision tasks and the influence of lighting on the inspection and measurement of the EM stator.

Keywords: machine vision, illumination, assembly, quality control, dimension control, fault detection, industrial application,



Hypex

FLUIDNA TEHNIKA - AVTOMATIZACIJA - INDUSTRIJSKA OPREMA

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



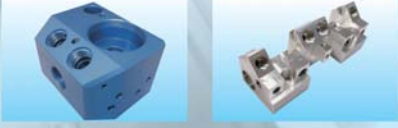
PROFILNA TEHNIKA IN STROJEGRADNJA

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

Aspect – samoučeči regulacijski sistem za zahtevne procese

Gregor DOLANC, Samo GERKŠIČ, Juš KOCIJAN, Damir VRANČIČ, Stanko STRMČNIK, Miha BOŽIČEK, Zoran MARINŠEK, Igor ŠKRJANC, Sašo BLAŽIČ

Izveček: Sistem Aspect je napreden sistem za regulacijo zahtevnejših procesov, ki so lahko nelinearni, časovno spremenljivi in lahko vsebujejo mrtvi čas. Da bi bila uvajanje in uporaba čimbolj enostavna, je sistem samoučeč, kar pomeni, da nastavitve in optimizacija regulacijskih parametrov potekata avtomatsko, in sicer na osnovi modela procesa, ki se samodejno izgrajuje med delovanjem. Regulacijski sistem Aspect je izveden v obliki programske opreme, ki lahko teče na zmogljivejših programirljivih logičnih krmilnikih.

Ključne besede: regulacijski sistemi, samoučeči sistemi, industrijski procesi, regulacija zahtevnih procesov, programirljivi logični krmilniki,

■ 1 Uvod

Regulacija zahtevnih procesov ob zmožnosti avtomatske konfiguracije in nastavitve algoritmov za regulacijo predstavlja izziv za raziskovalce s področja procesne avtomatike. Tako so v literaturi objavljeni številni teoretični koncepti naprednih regulacijskih algoritmov in sistemov, ki naj bi omogočali uspešno regulacijo zahtevnejših procesov. Kljub velikemu obsegu raziskav pa je prenos

teoretičnih rezultatov v praktično uporabo relativno težaven, saj koncepti naprednih regulacijskih algoritmov poleg prednosti prinašajo tudi težave, ki zavirajo njihovo široko implementacijo in uporabo, kot na primer:

- za uvajanje, vzdrževanje in uporabo kompleksnih regulacijskih sistemov so pogosto potrebna specialistična znanja, ki so izven obsega ustaljene prakse;
- obstoječa računalniška oprema za avtomatizacijo (npr. programirljivi logični krmilniki) pogosto nimajo niti zadostne računske moči niti ustreznih funkcij, potrebnih za izvedbo kompleksnih regulacijskih sistemov.

Za praktično uporabo je torej izjemno zanimiv razvoj takih sistemov, ki bi bili enostavni za uvajanje in uporabo, nivo njihove kompleksnosti pa bi bil takšen, da bi jih bilo mogoče implementirati v okviru razpoložljive računalniške opreme za avtomatizacijo. To je torej izhodišče za regulacijski sistem Aspect, ki ga opisujemo v tem prispevku. Regulacijski sistem je bil razvit in patentiran [1] v okviru istoimenskega projekta ob finančni podpori Evropske

unije v okviru Petega okvirnega programa. Cilj projekta ni bil iskanje novih temeljnih konceptov, pač pa smo skušali izbrati najprimernejše obstoječe rešitve in jih prilagoditi tako, da bi bila poenostavljena njihova implementacija in predvsem uporaba. Končni rezultat projekta je regulacijski sistem, ki vsebuje napredne samoučeče regulacijske algoritme in ostalo infrastrukturo ter lahko obratuje v okviru komercialno dostopnih programirljivih logičnih krmilnikov, ki izpolnjujejo določene tehnične pogoje. Ključne zahteve pri izvedbi regulacijskega sistema so bile naslednje:

- Regulacijski sistem mora biti čimbolj univerzalen, kar pomeni, da mora omogočati uspešno regulacijo različnih "zahtevnejših" procesov, to pomeni procesov, ki so bodisi nelinearni bodisi počasi časovno spremenljivi in lahko vsebujejo tudi mrtvi čas. Znano je, da takšnih procesov s pomočjo klasičnih PID-regulatorjev ni mogoče uspešno regulirati, vsaj ne v celotnem področju njihovega delovanja.
- Uvajanje in uporaba regulacijskega sistema morata biti čimbolj enostavna. To pomeni, da sistem od upo-

Dr. Gregor Dolanc, univ. dipl. inž., dr. Samo Gerkšič, univ. dipl. inž., Institut Jožef Stefan, Ljubljana; Prof. dr. Juš Kocijan, univ. dipl. inž., Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Politehnika Nova Gorica, Nova Gorica; Doc. dr. Damir Vrančič, univ. dipl. inž., prof. dr. Stanko Strmčnik, univ. dipl. inž., Institut Jožef Stefan, Ljubljana; Mag. Miha Božiček, univ. dipl. inž., dr. Zoran Marinšek, univ. dipl. inž., Inea, d. o. o., Ljubljana; Prof. dr. Igor Škrjanc, univ. dipl. inž., doc. dr. Sašo Blažič, univ. dipl. inž., Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana

rabnika oziroma uvajalca ne sme zahtevati obsežne konfiguracije in nastavitve množice neznanih parametrov. Nasprotno: sistem mora biti samoučeč, kar pomeni, da se nastavi pretežno samodejno iz informacij, ki jih dobi med delovanjem procesa.

Regulacijski sistem Aspect kot produkt je izveden v obliki programske opreme. Točneje: gre za specifikacije za programsko opremo, izdelane do visokega nivoja podrobnosti. Na osnovi specifikacij je možna končna izvedba programske opreme za poljubni tip računalniške opreme (programirljivi logični krmilnik), ki pa mora zadoščati določenim minimalnim pogojem glede zmogljivosti. Na ta način je sistem Aspect možno uporabiti na različni računalniški opremi. V okviru projekta smo na osnovi specifikacij izdelali končno programsko opremo za programirljivi krmilnik serije Mitsubishi. Regulacijski sistem smo uspešno preizkusili in ovrednotili najprej s pomočjo simulacije in kasneje v okviru uporabe na nekaj realnih industrijskih procesih.

■ 2 Koncept regulacijskega sistema Aspect

Programska oprema sistema Aspect je zgrajena modularno in je sestavljena iz treh glavnih sestavnih delov oziroma modulov:

- glavni programski modul (**RTM**, ang. "Run-Time Module"),
- operatorski vmesnik (**HMI**, ang. "Human Machine Interface"),
- orodje za konfiguriranje (**CT**, ang. "Configuration Tool").

Modul **RTM** je glavna komponenta in vsebuje vse glavne funkcije regulacijskega sistema (regulacijski algoritmi, nastavitve regulacijskih parametrov, učenje modela procesa, ocena kvalitete regulacije, koordinacija in ostalo) in poteka na programirljivem logičnem krmilniku.

Vmesnik **HMI** je predloga za izvedbo grafičnih menijev v okviru komercialno dostopnih operatorskih vmesnikov ali v okviru osebnega računalnika. V prvi vrsti omogoča posege operaterja v sistem ter prikazuje glavne signale procesa ter status modula **RTM**.

Omogoča tudi različne nastavitve in diagnostične operacije.

Orodje za konfiguriranje **CT** je program, ki deluje na osebnem računalniku in omogoča osnovno konfiguriranje oziroma prilagoditev glavnega programskega modula **RTM** glede na zahteve in lastnosti procesa. Med konfiguriranjem je med orodjem za konfiguriranje **CT** in glavnim programskim modulom **RTM** vzpostavljena dvostrana komunikacijska povezava.

V nadaljevanju bomo vso pozornost posvetili glavnemu programskemu modulu **RTM** in si ogledali njegovo zgradbo in način delovanja. Modul **RTM** je sestavljen iz ločenih funkcijskih enot, ki jih v nadaljevanju na kratko predstavljamo:

2.1 Enota za regulacijo (CAA)

Enota za regulacijo (**CAA**, ang. "Control Algorithm Agent") izvaja zaprtotlačno regulacijo procesa, in sicer lahko izbiramo med tremi različnimi regulacijskimi algoritmi:

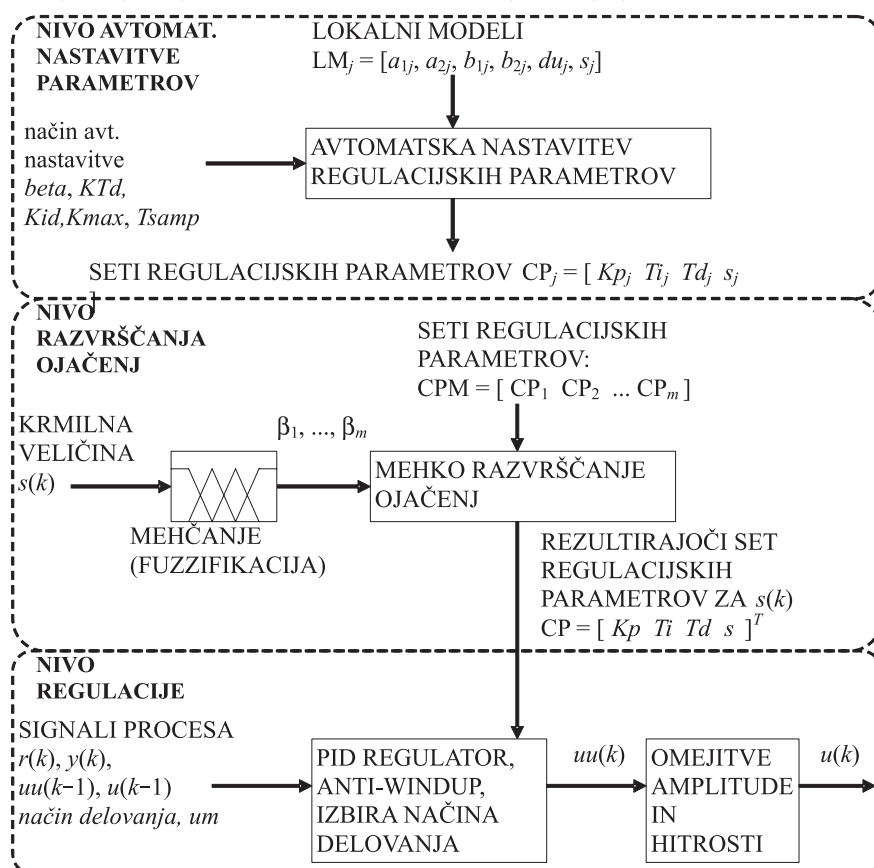
1. PID-regulator z mehkim razvrščanjem ojačenj,

2. prediktivni regulator s kompenzacijo mrtvega časa,
3. nevro-PID-regulator.

V prispevku bomo opisali le prvo izmed treh možnosti, to je PID-regulator z mehkim razvrščanjem ojačenj. V osnovi gre za PID-regulator, izveden v hitrostni obliki in nadgrajen z razvrščanjem ojačenj, izvedenim s pomočjo mehke logike (PID Fuzzy-gain scheduling controller; **PID FGSC**, [2]). Na ta način je mogoča regulacija nelinearnih procesov, saj se obnašanje regulatorja prilagaja dinamičnim lastnostim procesa. Regulacijski algoritem vsebuje tudi avtomatsko nastavitve parametrov, in sicer na osnovi nelinearnega modela procesa. Podprti so trije načini delovanja:

- avtomatski (AUTO) – vključuje vse funkcije regulacijskega algoritma,
- varni (SAFE) – PID-regulator s fiksnimi parametri, ki omogočajo stabilno, a praviloma ne optimalno regulacijo,
- ročni (MAN) – ročni način spreminjanja izhoda regulatorja in mehki preklap v avtomatski način delovanja.

Enota za regulacijo je realizirana v treh nivojih, kot je prikazano na *sliki 1*.



Slika 1. Zgradba enote za regulacijo

Nivo regulacije vključuje omenjeni osnovni PID-regulacijski algoritem, ki vključuje zahtevane "industrijske" lastnosti, kot so omejitve izhoda in hitrosti spremembe izhoda, zaščita proti integralskemu pobegu ter brezudarni preklopi med avtomatskim in ročnim načinom delovanja.

Nivo razvrščanja ojačenj izvaja mehke preklope med posameznimi seti regulacijskih parametrov, ki ustrezajo posameznim delovnim področjem procesa, ki so opisana z lokalnimi modeli. Preklopi se izvajajo s pomočjo mehke logike z uporabo trikotnih pripadnostnih funkcij, upoštevajoč trenutno vrednost krmljene veličine (scheduling variable).

Nivo avtomatske nastavitve parametrov regulatorja določa sete parametrov regulatorja, ki ustrezajo parametrom posameznih lokalnih modelov. Nastavitev se sproži vsakič, ko se pojavi nov lokalni model oziroma se osvežijo parametri določenega obstoječega lokalnega modela. Diskretni lokalni model se najprej pretvori v časovno zvezno obliko, na podlagi te pa se izračunajo parametri regulatorja. Določitev parametrov sloni na kriteriju "magnitudo optimum" in na uporabi metode "večkratne integracije" [3].

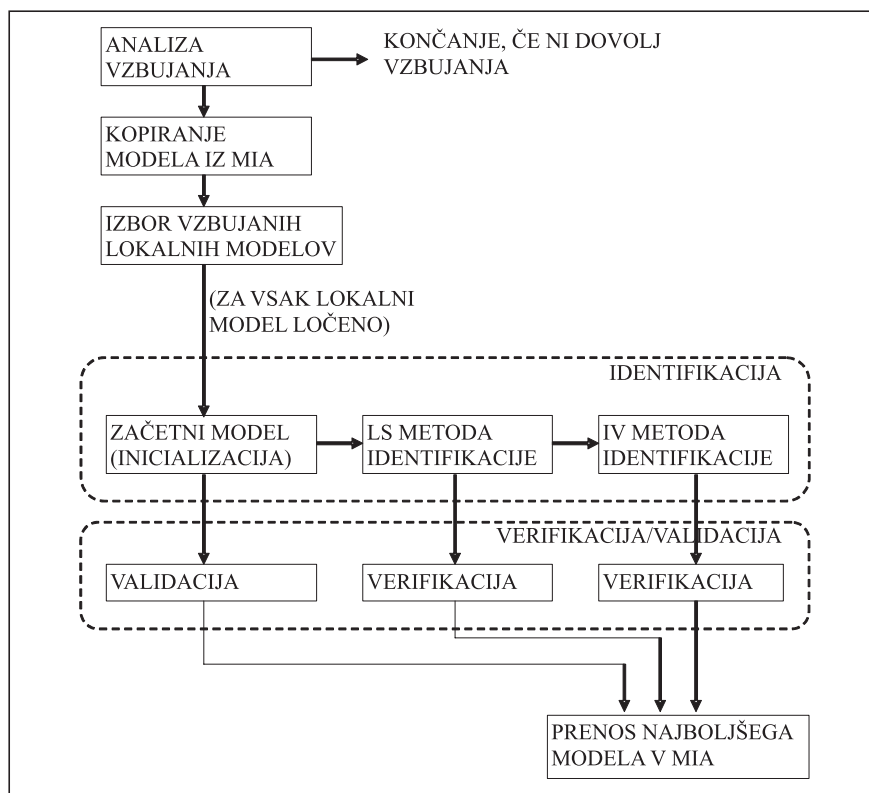
2.2 Enota za učenje modela (OLA)

Regulacijski parametri vseh treh regulacijskih algoritmov se določajo avtomatsko, in sicer na podlagi informacije o procesu, ki je zapisana v obliki nelinearnega modela. Slednji je izveden v obliki množice lokalnih linearnih modelov nizkega reda. Posamezen lokalni model ima sledečo strukturo:

$$y(k) = -a_{1,j}y(k-1) - a_{2,j}y(k-2) + b_{1,j}u(k-1 - du_j) + \dots$$

$$\dots + b_{2,j}u(k-2 - du_j) + c_{1,j}y(k-1 - dv_j) + c_{2,j}y(k-2 - dv_j) + r_j$$

kčas (diskretno)
 jšt. lokalnega modela
 $y(k)$izhod procesa (regulirana veličina)
 $u(k)$regulirna veličina
 $v(k)$merljiva motnja
 du_jmrtvi čas veje $u - y$
 dv_jmrtvi čas veje $v - y$
 $a_{i,j}, b_{i,j}, c_{i,j}, r_j$parametri lokalnega modela



Slika 2. Zgradba enote za učenje modela

Na ta način je možno opisati obnašanje nelinearnega procesa v celotnem območju delovanja. Posamezni linearni modeli, ki tvorijo nelinearni model, se pridobijo eksperimentalno s pomočjo procedure za identifikacijo, bodisi med regularnim delovanjem procesa bodisi s pomočjo namenskega eksperimenta. Procedura za identifikacijo je vgrajena v enoto za učenje modela (**OLA**, ang. "On-line Learning Agent"). Učenje (identifikacija) se izvaja periodično ali na zahtevo nadzornega sistema (**OS**). Ker gre za računsko zahtevno opravilo, se učenje praviloma izvaja kot opravilo z nižjo prioriteto. Učenje poteka po naslednjih korakih:

Analiza vzburjanja preveri, če so variance signalov procesa iz sklada preteklih vrednosti nad določenim pragom, saj je zadostnost vzburjanja pogoj, da se učenje lokalnih modelov sploh lahko izvede.

Dovoljenje za učenje je dano le tistim lokalnim modelom, katerih vsota pripadnostnih funkcij (normalizirana glede na dolžino sklada preteklih vrednosti) preseže postavljeni prag.

Identifikacija lokalnih modelov se izvaja s pomočjo metode pomožnih spremenljivk, nadgrajene z mehanizmom za preklop modelov s pomočjo mehke logike (FIV; Fuzzy Instrumental Variables). Identifikacija se izvede za vsak lokalni model, za katerega je bilo dano dovoljenje za učenje. Rezultat identifikacije določenega lokalnega modela sta dva linearna modela, in sicer model prvega reda in model drugega reda. Metoda FIV se inicializira s pomočjo klasične metode najmanjših kvadratov (LS; Least Squares).

Verifikacija/validacija lokalnih modelov se izvaja s pomočjo primerjave izhoda določenega lokalnega modela in dejanskega izhoda procesa v okolici pozicije izbranega lokalnega modela, na podlagi tega se izračuna mera odstopanja, tj. vsota kvadratov odstopanj, ki pomeni merilo za kvaliteto modela. Za vsak lokalni model se izvede verifikacija nad tremi seti parametrov modela: začetni (obstoječi) model, novi model, dobljen s pomočjo FIV-metode, novi model, dobljen s pomočjo LS-metode. Privzame se tisti set parametrov, kjer je odstopanje najmanjša.

2.3 Enota za shranjevanje modelov (MIA)

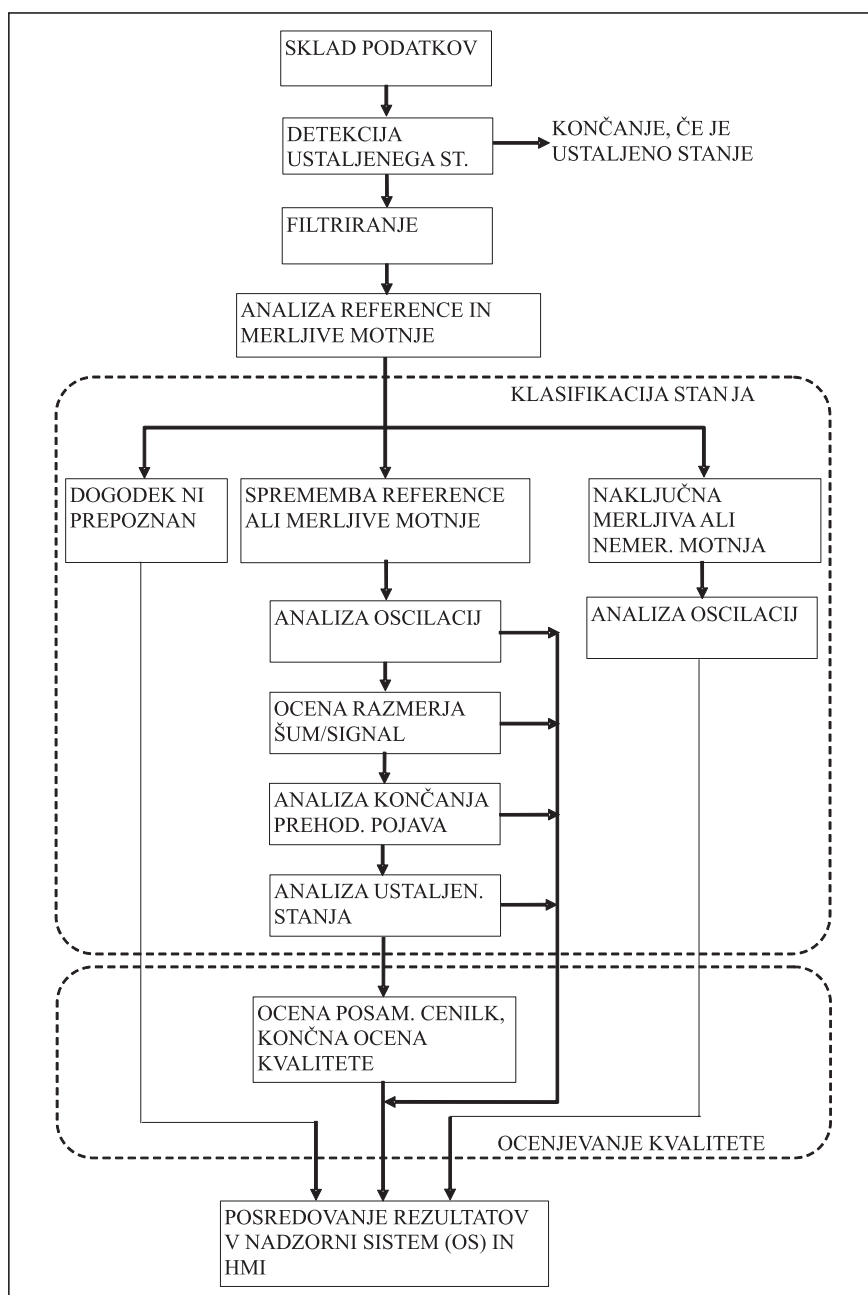
Enota za shranjevanje modelov (**MIA**, ang. "Model Information Agent") vzdržuje bazo veljavnih lokalnih modelov. Vsak lokalni model je opremljen z informacijo o statusu, ki je podan z dvema zastavicama, od katerih prva označuje, ali je od prvega zagona sistema dalje pripadajoči lokalni model bil vsaj enkrat uspešno identificiran. Druga zastavica pa pove, ali je določen lokalni model že bil izkoriščen za avtomatsko nastavitev parametrov regulatorja. Omenjena zastavica je postavljena s strani enote za regulacijo (**CAA**) in preprečuje večkratno avtomatsko učenje parametrov regulatorja glede na lokalne modele, ki so ostali nespremenjeni. Ko se iz enote za učenje modela (**OLA**) prenese nov lokalni model, se omenjena zastavica postavi na nizek logični nivo, kar omogoči ponovno avtomatsko nastavitev parametrov regulatorja za ta lokalni model. Enota za shranjevanje modela vsebuje tudi funkcijo interpolacije, ki oceni parametre neidentificiranih modelov, ki ležijo med dvema identificiranimi modeloma.

2.4 Nadzor kvalitete regulacije (CPM)

Nadzor kvalitete regulacije (**CPM**, ang. "Control Performance Monitor") analizira sklad preteklih vrednosti signalov procesa in ocenjuje kvaliteto regulacije. Najprej prepozna stanje, v katerem se trenutno nahajata regulacijski sistem in proces, nato pa oceni več različnih cenilk kvalitete regulacije, iz katerih določi končno oceno kvalitete regulacije, kot je shematsko prikazano na *sliki 3*. Če je ocena kvalitete regulacije slaba, lahko nadzorni sistem (OS) sproži različne akcije: identifikacijo lokalnega modela, nastavitev parametrov regulatorja ter skrajni ukrep: preklon regulacije iz avtomatskega (AUTO) v varnostni (SAFE) način obratovanja.

2.5 Nadzorni sistem (OS)

Nadzorni sistem (**OS**, ang. "Operation Supervisor") koordinira delovanje naštetih enot in procesira ukaze oziro-



Slika 3. Potek ocene kvalitete regulacije

ma posege s strani uporabnika – operaterja. Zaradi obsežnosti posameznih funkcij navajamo le njihove kategorije:

- koordinacija vseh enot,
- koordinacija posegov s strani operaterja,
- priprava podatkov za prikaz v okviru HMI,
- podpora različnih delovnih režimov,
- procesiranje t. i. konfiguracijskih podatkov,
- koordinacija z ostalimi signali, ki so v okviru platforme (PLC-ja) in so v povezavi z reguliranim procesom,

- upravljanje s strojno opremo računalniškega sistema (vhodni in izhodni signali).

3 Izvedba sistema

Kot je bilo omenjeno v uvodu, je regulacijski sistem Aspect izveden v obliki natančnih specifikacij za programsko opremo. Specifikacije omogočajo izvedbo končne programske opreme za poljubno računalniško oziroma PLC-platformo, ki pa mora zadoščati določenim minimalnim tehničnim kriterijem. V tem prispevku se omejujemo na izvedbo, pri kateri je glavni programski mo-

dul **RTM** realiziran v okviru programirljivega logičnega krmilnika Mitsubishi, serija A1S, natančneje v okviru koprosesorskega modula SPAC20. Vmesnik **HMI** je implementiran v okviru operatorskega vmesnika Beijer E700, ki spada med standardne operatorske vmesnike za krmilnike Mitsubishi.

Regulacijski sistem Aspect oziroma njegov glavni programski modul **RTM** je realiziran v obliki programske opreme, ki se dopolnjuje s programskim orodjem INEA IDR Blok, ki je namenjeno programiranju oziroma reševanju regulacijskih (DDC) nalog s pomočjo krmilnikov serije Mitsubishi. Orodje INEA IDR Blok je blokovno orientirano orodje, s pomočjo katerega uporabnik nariše regulacijsko shemo v obliki blokovne sheme, pri čemer uporablja bloke iz knjižnice, ki je del orodja. V tem smislu se regulacijski sistem Aspect pojavlja kot nov oziroma dodaten blok v okviru orodja IDR Blok.

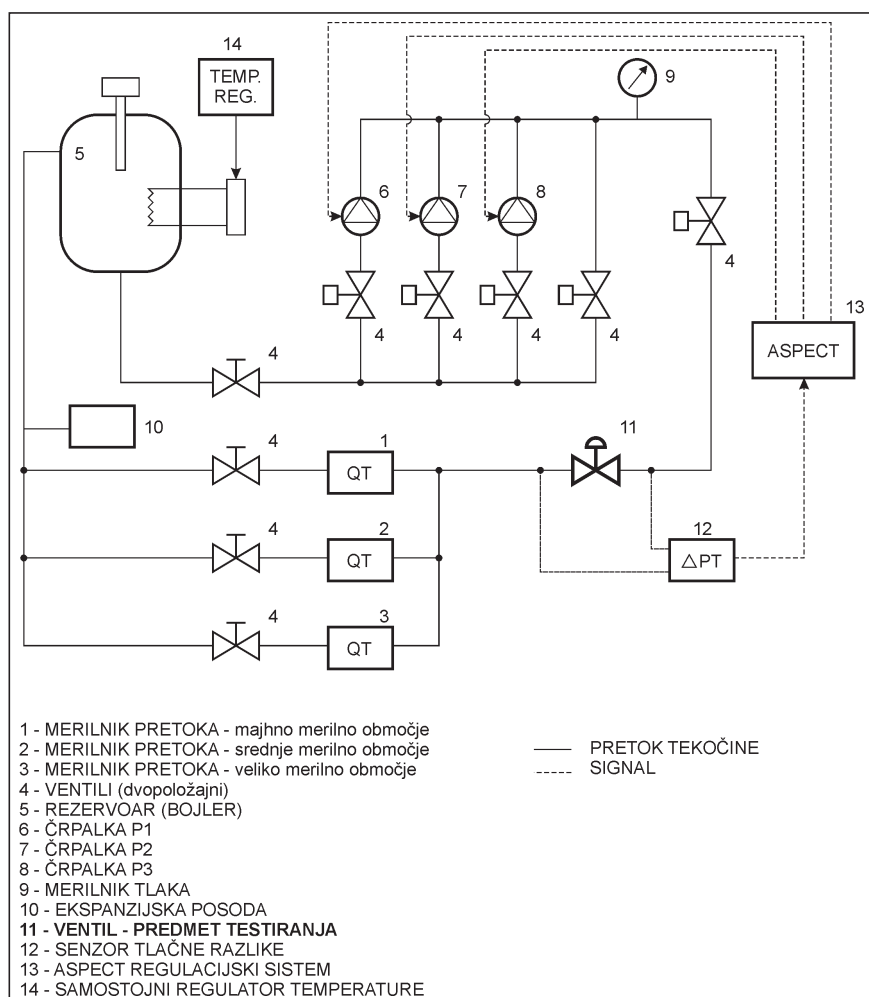
■ 4 Preizkus delovanja

Regulacijski sistem Aspect smo preizkusili v obratu za proizvodnjo ventilov, in sicer na hidravlični testni liniji, ki je namenjena testiranju regulacijskih ventilov. Poenostavljena shema linije je prikazana na *sliki 4*.

Na testiranem ventilu je potrebno regulirati tlačno razliko, pri čemer regulirno veličino predstavlja krmilni signal hitrosti vrtenja črpalk P1, P2 in P3. Gre za proces, ki je nelinearen in časovno spremenljiv, vzrok so naslednja dejstva:

- odvisnost med tlačno razliko na ventilu in pretokom (hitrostjo vrtenja črpalk) je kvadratična, torej nelinearna,
- odprtost ventila se med testom lahko spreminja,
- za test je možno uporabiti poljubno kombinacijo aktivnih črpalk.

Vsa ta dejstva povzročajo spremembe ojačenja procesa, tj. razmerja med spremembo tlačne razlike in spremembo hitrosti vrtenja črpalk, gledano v ustaljenih razmerah. Ker je ojačenje procesa poleg vrste dinamike ključnega pomena za nasta-



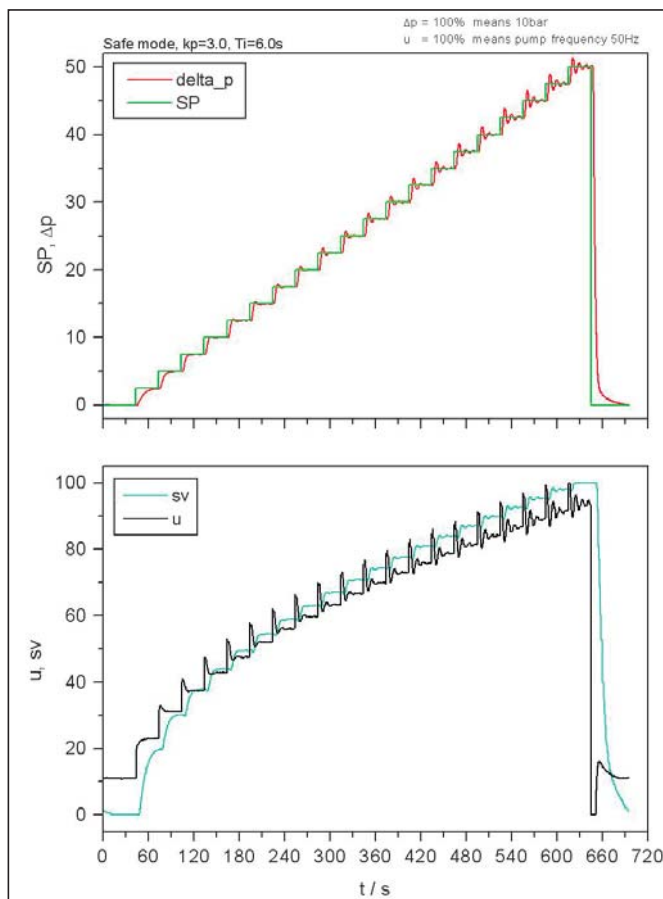
Slika 4. Tehnološka shema testne linije

vitev parametrov regulatorja, mora biti krmilna veličina za razporejanje ojačenj (scheduling variable) izbrana tako, da je v funkcijski odvisnosti (po možnosti proporcionalni) z ojačenjem procesa. Dinamika procesa je sestavljena iz dinamike črpalke (vztrajnost mehanskih delov) in dinamike tekočine v ceveh (vztrajnost tekočine). Obe dinamiki lahko aproksimiramo s členom prvega reda, kar v skupnem pomeni dinamiko drugega reda.

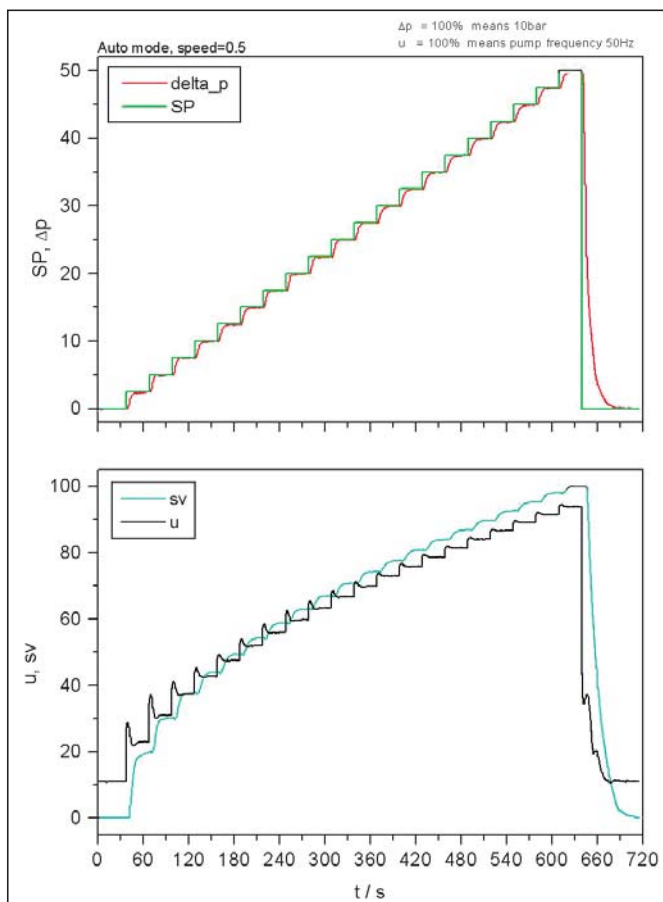
Da bi primerjali delovanje sistema Aspect z rešitvami iz standardne prakse, smo proces regulirali na dva načina. Prvič smo uporabili fiksni PID-regulator, ki se kot klasična rešitev uporablja v večini industrijskih primerov. Ta je aktiviran, kadar je regulacijski sistem Aspect v načinu "Safe". Parametri fiksne PID-regulatorja so bili določeni izkustveno, tako da je bilo doseženo približno optimalno delovanje regulacije pri nižjih vrednostih tlačnih

razlik. Drugič smo proces regulirali z regulacijskim sistemom Aspect, in sicer v "Auto" načinu delovanja, ki vključuje vse njegove funkcije. Regulacijski parametri za "Auto" način delovanja pa so bili določeni avtomatsko s pomočjo enote za učenje modela (**OLA**) in namenskih eksperimentov, ki jih podpira nadzorni sistem (**OS**).

Slika 5 prikazuje regulacijo s fiksnim PID-regulatorjem. Zgornji graf na sliki prikazuje potek tlačne razlike (Δp) in njene želene vrednosti (SP). Odziv tlačne razlike je blizu optimalnemu, vendar le, ko je tlačna razlika nizka. Ko tlačna razlika narašča, postaja odziv oscilatoren, saj zaradi kvadratične odvisnosti tlačne razlike od hitrosti vrtenja črpalk narašča ojačenje procesa in s tem tudi ojačenje zaprtostančne prenosne funkcije, kar ob procesni dinamiki drugega reda vodi v oscilacije.



Slika 5. Regulacija s fiksnim PID-regulatorjem



Slika 6. Regulacija s sistemom Aspect

Slika 6 prikazuje regulacijo s sistemom Aspect v načinu "Auto". Za razliko od regulacije s fiksnim PID-regulatorjem opazimo, da je odziv tlačne razlike vedno enake oblike in vedno blizu optimalnemu odzivu ne glede na velikost tlačne razlike. Funkcija razporejanja ojačenj PID FGSC algoritma namreč v tem primeru prilagaja parametre regulatorja tako, da je skupno zaprto zanj obnašanje bolj ali manj konstantno ne glede na spreminjajoče se ojačenje procesa.

Primerjava obeh regulacij kaže, da sistem Aspect deluje neprimerljivo bolj od klasične rešitve, to je fiksnega PID-regulatorja.

5 Zaključek

Z razvojem sistema Aspect smo zgradili praktično uporaben regulacijski sistem, ki pri uporabi v zahtevnih procesih deluje bolje od obstoječih klasičnih rešitev, hkrati pa od uporabnika oziroma uvajalca zahteva manj nastavitve kot klasične rešitve (npr. fiksni PID-regulator). V primeru sistema

Aspect se regulacijski parametri nastavi in optimirajo samodejno, v primeru fiksnega PID-regulatorja pa jih mora nastaviti uporabnik oziroma uvajalec. Sistema Aspect je tržni produkt, njegovo delovanje je uspešno preizkušeno na realnih procesih, pri čemer so se pričakovane prednosti sistema tudi v resnici potrdile.

Literatura

- [1] Self-tuning controller for non-linear processes described by set of local linear models, PCT/SI02/00029, Slovenia, december 2002 (PATENT).
- [2] Kocijan, J., Žunič, G., Strmčnik, S., Vrančič, D., 2002, Fuzzy gain-scheduling control of a gas-liquid separation plant implemented on a PLC. Int. J. Control, vol. 75, no. 14, pp. 1082–1091.
- [3] Vrančič, D., Strmčnik, S., Juričič, 2001, A magnitude optimum multiple integration tuning method for filtered PID controller. Automatica, vol. 37, pp. 1473–1479.

Aspect – A self-learning control system for demanding processes

Abstract: An aspect system is an advanced control system used to control demanding processes, which can be either non-linear or time-variant and may possess some dead time. To ensure its simple configuration and usage, the control system has self-learning abilities, used to automatically tune and optimise the control parameters. The tuning and optimisation is performed using a model of the controlled process, which is built automatically on the basis of the information retrieved from the process during operation. The aspect control system is implemented in terms of a software product that can run on powerful programmable logic controllers.

Keywords: control systems, self-learning systems, industrial processes, control of demanding processes, programmable logic controllers,

Informacijska podpora razporejanju operacij v maloserijskih proizvodnjah

Maks TUTA

»Nadziraj prihodnost!« je geslo, ki odmeva v poslovnem svetu in se odslikava v vsakodnevnih pritiskih po pravočasnih dobavah, zmanjšanju čakanja, želji imeti konkurenčne cene itd. Ta spisek izgleda brezkončen, ker vsakodnevno številni pomembni in banalni faktorji vplivajo na globalne lastnosti poslovnega sveta in s tem tudi na razporejanje dela v proizvodnji. Za »nadziranje prihodnosti« je edina možnost sistematizacija vseh proizvodnih procesov in določitev njihove pomembnosti v poslovnem sistemu. S tem je omogočeno njihovo planiranje, razporejanje in spremljanje.

Umestitev razporejanja

Planiranje proizvodnje je zelo širok pojem, ki se uporablja za označevanje različnih obsegov planiranja. V proizvodnji je planiranje časovno razdeljeno na strateško (dolgoročno), taktično (srednjeročno) in operativno (kratkorочно). Poleg centralnega plana podjetja so tu običajno še plan

nabave, plan proizvodnje, plan distribucije in plan povpraševanja kupcev (*slika 1*). Razporejanje je del planiranja proizvodnje, ki se običajno izvaja na operativnem nivoju. Zelo pomembna je povezava vseh segmentov planiranja v celovit sistem.

Proizvodna podjetja so vpeta v oskrbovalne verige – imajo svoje kupce

obvladovanje velike množice informacij, ki spremljajo delovanje podjetja, se uporabljajo poslovnoinformacijski sistemi.

Standardi ISA jasno določajo nivoje v informacijskih sistemih (*slika 2*). Na najvišjem nivoju sta planiranje in logistika – pogosto se ta segment označuje s kratico ERP.



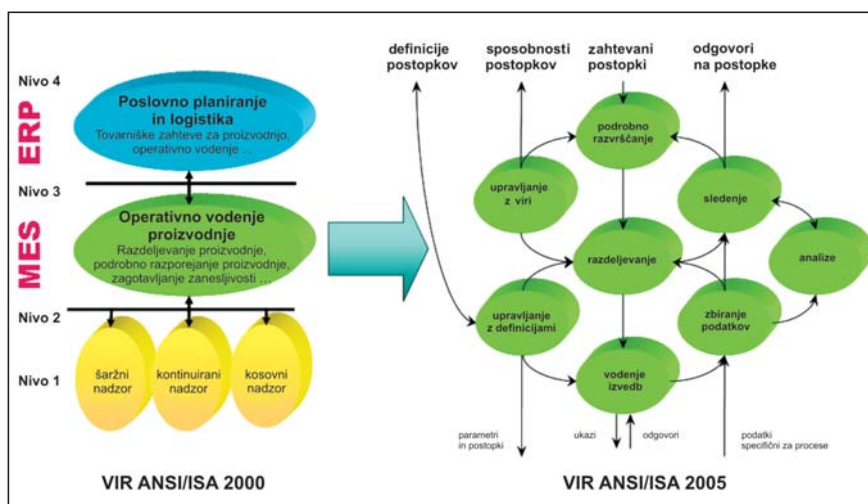
Slika 1. Celovit pogled na planiranje v proizvodnem podjetju (nSKEP)

Maks Tuta, univ. dipl. inž.,
Sinabit, d. o. o., Ljubljana

in svoje dobavitelje – in so od njih odvisna. Kupci in dobavitelji narekujejo obnašanje podjetja. Za

Planiranje in logistiko vključujejo vsi poslovnoinformacijski sistemi, ki se danes uporabljajo v proizvodnih podjetjih (SAP, Infor-Baan, Navision, Largo itd). Sam sistem ERP oziroma poslovnoinformacijski sistem običajno ne zajema podrobnih podatkov iz proizvodnje v realnem času in zato ne izvaja podrobnega razporejanja – to je naloga sistema MES (Manufacturing Execution System).

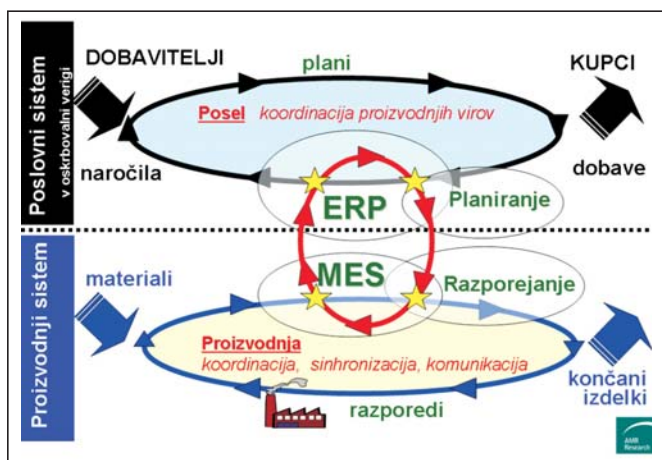
Sistem MES, ki skrbi za upravljanje in nadzor proizvodnje, prejme osnovne podatke iz ERP-ja med drugim tudi podatke o delovnih nalogih in operacijah, vključno z želenimi (zahtevanimi) roki za izvedbo. Ena od osnovnih nalog celovitega sistema MES je, da izvede razporejanje po proizvodnih virih. S tem je mišljeno, da za



Slika 2. Nivoji informacijskega sistema in funkcionalnosti MES po standardu ISA

vsako operacijo na delovnem nalogu opredelimo potrebne vire za izvedbo in jih rezerviramo. Najpogostejši potrebni viri za izvedbo proizvodne operacije so stroji, delavci, delovni pripomočki in materiali. Dober informacijski sistem v podjetju odlikuje usklajenost podatkov v MES-u in ERP-ju (slika 3).

Potrebno je opozoriti, da vse funkcionalnosti, ki jih definira sistem MES, niso enako pomembne v vsaki industrijski panogi oziroma podjetju – nekatere so lahko povsem trivialne, druge pa izjemno kompleksne.



Slika 3. Povezave med ERP in MES

V kosovnih proizvodnjah, posebej pa še v maloserijskih, je podrobno razporejanje proizvodnih virov zelo pomembno. Od razporejanja virov je odvisna uspešnost poslovanja, kjer je eden od kazalcev tudi učinkovita izraba proizvodnih virov. Pri tem je potrebno opazovati celovito optimalno izrabo virov glede na poslovne cilje podjetja, ker parcialna optimizacija samo nekaterih proizvodnih virov lahko zavaja in ni realna za podjetje kot celoto.

Razporejanje v proizvodnem sistemu se v glavnem nanaša na:

- usklajevanje rokov,

- iskanje najboljših poti,
- urejanje zaporedij in minimiziranje preurejanja,
- sinhronizacijo aktivnosti glede na proizvodne vire,
- urejanje prioritet, omejitev in konfliktov.

Programska orodja za razporejanje

Programska orodja za razporejanje lahko v grobem razdelimo v dve skupini:

- na orodja, ki poiščejo eno rešitev glede na postavljene pogoje in jo predlagajo uporabniku, in na
- ekspertne sisteme, ki glede na vhodne podatke in omejitve stalno optimizirajo proizvodni raspored s ciljem maksimizacije izbranega parametra (običajno je to dobiček).

Ta delitev v praksi ni črno-bela, ampak se z vgradnjo hierarhije pravil, če to orodje dopušča, lahko postopno približuje ekspertnemu sistemu. Tega je potrebno zgraditi, saj podobne zakonitosti veljajo samo v isti branži, pa še tam so odvisne od uporabljene tehnologije.

Za kakovostno, učinkovito razporejanje delovnih operacij je potrebno uporabiti učinkovita programska orodja. Vsekakor je zaželeno uporaba programskih pripomočkov, ki so dovolj splošni, da imajo ustrezen tržni delež in s tem zagotovljen nadaljnji razvoj, hkrati pa omogočajo vgradnjo specifičnih pravil za razporejanje, ker le tako programsko orodje priredimo za uporabo v podjetju. Zavedati se moramo, da je logiko razporejanja potrebno stalno nadgrajevati za doseganje vedno boljših rezultatov – z dodajanjem planiranih proizvodnih virov in pravil za razporejanje. Parametrizirana programska oprema mora uporabljati pravila in prioritete, ki se tudi sicer uporabljajo za delo v tovarni. To je ključ do uspeha.

Zajemanje podatkov

Poleg razporejanja mora biti sočasno ali predhodno uveden sistem za zajemanje podatkov iz proizvodnje, ker je brez tega razporejevalnik opraviel slep – ne ve, kaj se je že zgodilo v proizvodnji. Zbiranje podatkov mora potekati v »realnem času«, idealno je, da se podatki posredujejo v informacijski sistem takoj, ko nastanejo, in s kar najmanj posredniki. To je ena od ključnih lastnosti podsistema za zbiranje podatkov. V praksi podatke o dogodkih v proizvodnji lahko avtomatsko posreduje stroj ali pa delavec preko terminala, ki je nameščen v proizvodnji. Ti podatki niso enaki, ampak se dopolnjujejo. Delavec lahko na primer posreduje informacijo, kateri delovni nalog se izdeluje na stroju, stroj pa lahko pove za vsak kos, kdaj je bil dokončan. Dobro zasnovan sistem za zajemanje podatkov o dogodkih v proizvodnji zbira podatke na oba načina, tako da obremenjuje delavca smo s tistimi vnosi, ki so

nujni. Obseg potrebnih podatkov narekujejo narava proizvodnje in zahteve informacijskega sistema.

»Razporejevalnik«

V sistem MES podjetja COSCOM je vključeno zelo močno parametralno orodje za razporejanje operacij v proizvodnji – razporejevalnik. Podjetje je specializirano za implementacijo orodij MES v maloserijske kosovne proizvodnje, predvsem tam, kjer prevladujejo mehanske obdelave s stroji CNC in seveda v orodjarnah. Dobro poznavanje načina dela, zakonitosti in posebnosti v proizvodnji je osnova za uspešno parametriranje programske opreme, ki omogoča kakovostno in učinkovito delo. Podjetje COSCOM je nastalo leta 1978. V začetku se je ukvarjalo s sistemi CAM in z upravljanjem delovnih pripomočkov in orodij v proizvodnji. V letu 1988 je predstavilo svoj prvi sistem za zbiranje podatkov v proizvodnji. Danes ima več kot 4000 podjetij v Evropi nameščene različne segmente rešitev MES podjetja COSCOM.

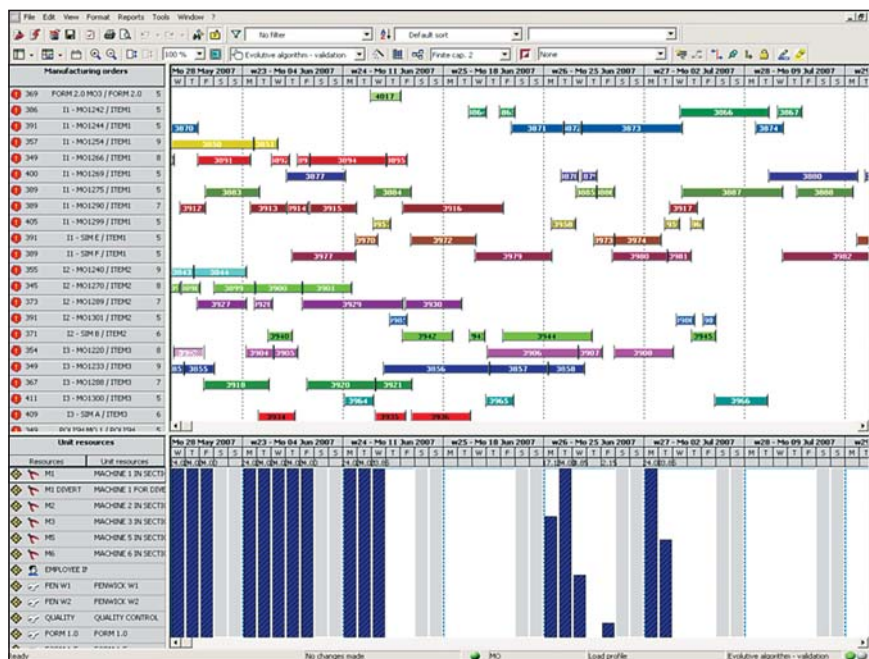
Glavne lastnosti razporejevalnika, ki ga uporablja podjetje COSCOM tudi za reševanje tako zapletenih maloserijskih proizvodenj, kot so orodjarne, so:

- **prijazna aplikacija za uporabnika;**

S pomočjo ergonomskega uporabniškega vmesnika prevede kompleksne probleme razporejanja v enostavne, ki jih je možno enostavno modelirati. Osnovni zaslon v štirih oknih prikazuje: nabor delovnih nalogov, Gantov diagram razporeda, nabor proizvodnih virov in obremenitev posameznega proizvodnega vira (slika 4).

Uporabnik ima velik vpliv na način prikazovanja podatkov. Samo za primer:

- izbira pomena barv v Gantovem diagramu (lahko po izdelkih, delovnih nalogih, strojih, ...),
- izbira obseg prikazanih podatkov na posamezni operaciji v Gantovem diagramu (delovni nalog, operacija, izdelek, ...).
- **omogoča tesne povezave s poslovnoinformacijskim sistemom;**



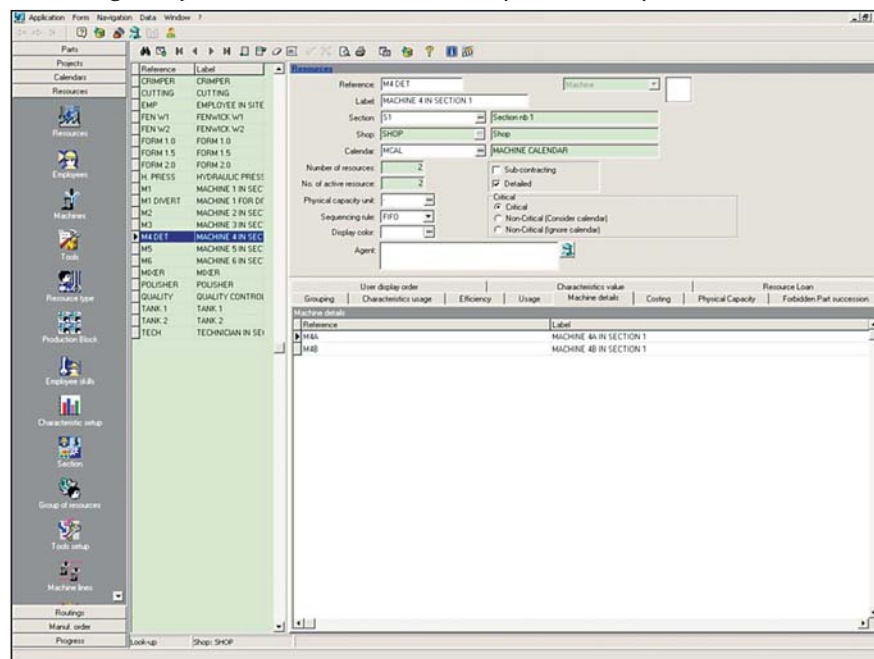
Slika 4. Osnovni zaslon razporejevalnika v štirih oknih prikazuje: nabor delovnih nalogov, Gantov diagram razporeda, nabor proizvodnih virov in obremenitev posameznega proizvodnega vira.

Glavni podatki za razporejanje so delovni nalogi, delovne operacije, kosovnice in tehnološki podatki, pa tudi podatki o stanju v skladiščih, o delavcih, strojih, ...

- **vgrajena so orodja za vnašanje pravil, pomožnih podatkov in konfiguracijo;**

podatke o izdelkih, ki so nujni za razporejanje),

- projekte (več delovnih nalogov združuje v projekte zaradi spremljanja),
- delovne koledarje (ureja izmene, dopuste delovne sobote itd. za posamezne proizvodne vire),



Slika 5. Orodja za vnašanje pravil, pomožnih podatkov in konfiguracijo

S pomočjo teh zelo močnih orodij lahko uporabnik ureja (slika 5):

- izdelke (izdelke lahko tudi dodaja, predvsem pa dopolnjuje

- proizvodne vire (dodaja svoje vire, ki jih želi razporejati),
- pravila za optimizacijo (določa prioritete, postavlja omejitve,

izbira pravila za razporejanje: FIFO, ODD – glede na termin zaključka operacije, EDD – glede na termin zaključka delovnega naloga, CRR – glede na nujnost, OPS – prednost imajo nalogi s krajšimi mrtvimi časi, SPT – prednost imajo operacije s krajšim izdelovalnim časom),

- delovne naloge (ureja nadomestne operacije, dodaja naloge za izvedbo simulacij, ...) in
- podatke o napredku razporejanja (ureja pravila za spremljanje napredka).

Kakovost razporejanja in uporabnost rezultatov simulacij je **zelo odvisna** od podatkov, ki jih uporabnik posreduje razporejevalniku.

- **vgrajena so močna orodja za simulacijo;**

S pomočjo teh orodij uporabnik lahko predvideva, kaj se bo zgodilo, če uporabnik sam določa razpon kriterijev za simulacijo. Program shrani vsako izračunano simulacijo in kriterije, uporabljene pri izračunu, tako da jih uporabnik lahko primerja in izbere najboljši raspored. Program lahko prikaže tudi grafično primerjavo dveh simulacij (slika 6).

- **možnost optimizacije razporeda;**

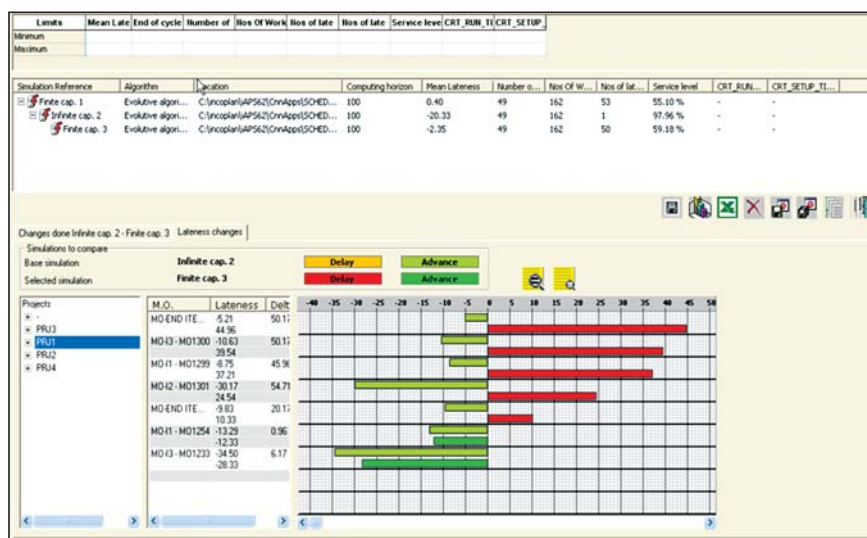
Modul sam najde optimalno rešitev med omejitvami in naročili kupcev. Uporabnik sam določa pravila za optimizacijo proizvodnega sistema in izbira, kaj je najboljšo za njegovo proizvodnjo (določa prioritete naročnike, določa prioritete izdelke itd.).

- **ima učinkovita orodja za podporo odločanju.**

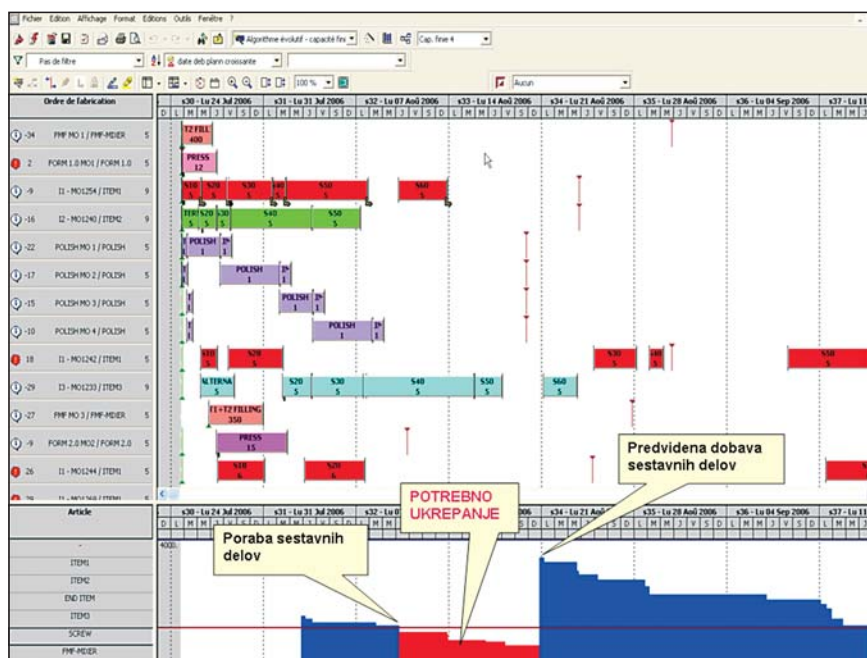
Orodja za podporo odločanju pomagajo odgovoriti na vprašanje, kaj je potrebno narediti in kaj se bo zgodilo. S takim orodjem je mogoče veliko bolj natančno napovedovati dogodke v proizvodnem sistemu (slika 7).

Sklepna misel

Razporejanje je večdimenzionalen problem, ki se pogosto izvaja z neupoštevanjem ali samo z delnim



Slika 6. Orodje za primerjanje dveh razporedov



Slika 7. Spremljanje odvisnih proizvodnih virov, ki niso bili predmet kriterijev za razporejanje

upoštevanjem nekaterih dimenzij, ki pa v procesu nastopajo in ponavadi povzročajo težave – te se potem odpravljajo bolj ali manj nepremišljeno, kar vpliva na poslovno uspešnost podjetja.

Uvajanje celovitega, računalniško podprtega razporejanja je kompleksna zadeva, vendar ena od ključnih poslovnih funkcij in pomembno vpliva na uspešnost podjetja. Hitrost reagiranja na spremembe in simulacija odločitev sta danes ključni za učinkovito poslovanje. Razporejevalnik je tu v veliko pomoč.

Viri

- [1] COSCOM prospektni material, 2007
- [2] http://www.dys.com/en/solutions/solutions_suite.asp; 24.9.2007
- [3] <http://www.isa-95.com/index.php>; 24.9.2007
- [4] <http://www.omac.org/omac/arc-talks/KUnger-1slide.ppt#292,6,MESA - MES Functional Model>; 24.9.2007

Razvoj in izvedba proizvodnega informacijskega sistema s poudarkom na genealogiji *

Primož ROJEC

Izvleček: V tehnološki mreži Tehnologija vodenja procesov je bil v okviru projekta Sodobne tehnologije za povečanje konkurenčnosti izveden tudi podprojekt, kjer je bila razvita rešitev za spremljanje proizvodnje v elektronski industriji. Projekt podpira evropski sklad za regionalni razvoj. Demonstracijska implementacija je bila izvedena pri naročniku Iskraemeco, d. d., v Kranju.

Ključne besede: sledljivost, elektronska industrija, strukturni skladi,

■ 1 Uvod

Na osnovi dosedanjih izkušenj in analiz smo si zadali cilj razviti sistem za spremljanje proizvodnje v elektronski industriji oz. proizvodni informacijski sistem (PIS) in ga demonstracijsko implementirati pri naročniku, podjetju Iskraemeco, d. d. Pri tem sta bila glavna cilja izdelati sistem, ki bo polno funkcionalen brez nepotrebnih dodatkov in bo dovolj prilagodljiv, da bo možna kasnejša implementacija pri različnih naročnikih. Pri tem smo upoštevali, da je v okoljih, kjer se običajno odločajo za uvedbo sistemov PIS, že predhodno uveden sistem ERP in je potrebno oba sistema integrirati. Ker je rešitev predvidena za elektronsko industrijo, je bilo potrebno analizirati specifične razmere v tej industriji. Ravno tako je bilo potrebno zagotoviti preprost način dostopa, pregledovanja in analize zbranih podatkov.

Mag. Primož Rojec, univ. dipl. inž., Inea, d. o. o., Ljubljana

* Projekt je delno sofinanciral evropski sklad za regionalni razvoj

Izkazalo se je, da je označevanje izdelkov ena izmed kritičnih točk, predvsem zaradi majhnih dimenzij izdelkov. Pri demonstracijski implementaciji pa je bilo potrebno upoštevati, da so končni izdelki števci, ki so natančne merilne naprave, zato imajo naročniki ostreje zahteve glede sledljivosti vgrajenih materialov. Pri povezavi sistemov PIS in ERP sta ključni stični točki proizvodni nalog in sestavnica izdelka.

V splošnem se v proizvodnji v elektronski industriji srečamo z izdelavo in opremljanjem tiskanih vezij ter njihovo montažo v končne izdelke. Tipični elementi proizvodne opreme v tej panogi so:

- oprema za polaganje elektronskih elementov;
- sistemi za strojno spajkanje;
- sistemi za avtomatizirano kontrolo tiskanih, posameznih podsklopov in končnih izdelkov;
- informatizirani proizvodni otoki;
- ročna delovna mesta.

■ 2 Opis projekta ter priprave splošne rešitve

Pri razvoju sistema PIS sta bili pripravljene dve splošni rešitvi, ki ju pri im-

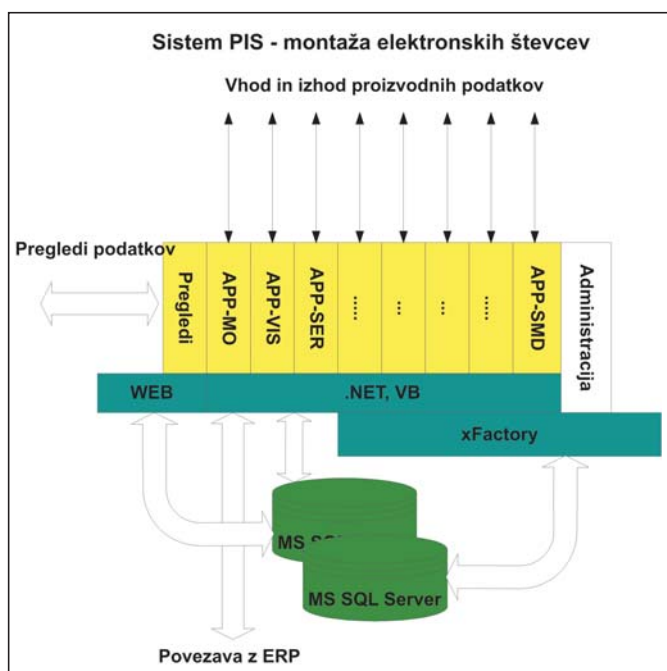
plementaciji prilagodimo posameznemu naročniku. Bistvena razlika med rešitvama je glede stopnje sledenja vgrajenega materiala na tiskalnem vezju. Pri podrobnejšem sistemu je mogoče sledenje vgrajenega materiala do posameznega mesta na tiskanini. Drugi način pa omogoča sledenje le do nivoja tiskanine.

Sistem PIS je povezan s sistemom ERP preko sestavnic in proizvodnih nalogov, ki se avtomatizirano prenašajo v sistem PIS. Ravno tako poteka tudi prenos podatkov v nasprotni smeri, kamor sistem PIS prenaša podatke o doseženi realizaciji. Mogoča je tudi integracija s sistemi za razvrščanje opravil (t. i. tehnologija APS).

Priprava rešitve je potekala na način, tipičen za metodologijo GRAI/GIM. Pri tem je bila opravljena analiza in izdelan proizvodni model. Sistem je bil analiziran z vidika:

- funkcij,
- procesov,
- informacij,





Slika 1. Arhitektura sistema PIS-IPROS

Ta pristop je nujen, saj splošna rešitev temelji na orodju za modeliranje diskretnih proizvodnih procesov xFactory. Tega orodja brez izdelave ustreznih modelov ni smiselno oz. možno racionalno uporabiti pri izvedbi končne rešitve.

Celotna integracija je izvedena s sistemom I⁴PROS, ki ga prikazuje *slika 1*. Osnovo sistema predstavlja podatkovna baza MS SQL Server, kjer so shranjeni vsi potrebni podatki, vključno z modelom diskretnega procesa. Programski moduli za izmenjavo vhodno-izhodne operacije so zasnovani na tehnologiji.

sistem, ki vsebuje:

- 9 splošnih skupin delovnih mest,
- 4 avtomatizirane proizvodne linije.

Sistem obsega ok. 80 čitalcev in 20 računalnikov s strežnikom sistema PIS. V sistem PIS je preko ustreznih programskih vmesnikov vključena vsa oprema drugih dobaviteljev, ki je uporabljena v proizvodnji tiskanih vezij (polagalniki, spajkalni stroji, sistemi za umetni vid, ...).

Integracija te opreme je opravljena brez dodatnih posegov na priključeni opremi. S tem je tudi zagotovljena cenovno

net. Pregled podatkov je možen preko spletnega brskalnika. Sistemski temelj je strojna oprema, opremljena z operacijskimi sistemi MS Windows.

■ 3 Izvedba demonstracijskega projekta

Demonstracijski projekt je izveden v proizvodnji tiskanih vezij v podjetju Iskraemeco, d. d. Po analizi je bil implementiran

optimalna izvedba sistema. Sistem PIS je bil v proizvodnji tiskanih integriran s sistemom PIS v končni montaži, kar omogoča naročniku celovit pregled nad dogajanjem v celotni proizvodnji.

■ 4 Učinki, zaključek

Z uvedbo sistema PIS je zagotovljena sledljivost vgrajenega materiala na vsaki tiskanimi in tudi v končnem izdelku – elektronskem števcu Bistvene pridobitve lahko strnemo v naslednjih točkah:

- sledljivost (materiali, delavci, napake, ...);
- ažurnost podatkov v ERP;
- spremljanje porabe proizvodnih virov.

V praksi prinaša proizvodni informacijski sistem tudi precej posrednih koristi, ki se kažejo v večji produktivnosti in proizvodni disciplini. Predvideni rok vračanja investicije v sisteme PIS je do dve leti.

Uvedba demonstracijskega sistema je dokazala smiselnost lastnega razvoja proizvodnega informacijskega sistema za področje elektronske industrije in konkurenčnost sistema na tržišču.

Viri

- [1] Primož Rojec, Uporaba metodologij pri načrtovanju in izvedbi proizvodnih informacijskih sistemov, Zbornik DSI 2006, www.dsi2006.si.

The development and implementation of a manufacturing execution system with the emphasis on genealogy

Abstract: The Process Control Technology network (enterprises & institutions) has been involved in several projects approved and subsidised by the European Regional Development Fund. One of the subprojects is focused on process control and tracing in the electronics industry. A demo system has been implemented by Iskraemeco, d.d. in Kranj, Slovenia.

Keywords: traceability, electronic industry, European Fund for Regional Development,

nadaljevanje s strani 308

Informacije:

- Herr Peter Exner, Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt a. M., BRD
- tel.: + 069/6603-1610
- e-pošta: peter.exner@vdma.org
- internet: www.ASB-KONGRESS.de

■ 51st National Conference on Fluid Power (NCFP) (51. nacionalna konferenca o fluidni tehniki)

12.–14. 03. 2008
Las Vegas, Nevada, USA

nadaljevanje na strani 348

Pomen modula stisljivosti pri hidravličnih fluidih

Čeprav pri enostavni obravnavi predpostavljamo nestisljivost hidravličnih fluidov, pri natančni obravnavi obnašanja hidravličnih naprav moramo upoštevati dejstvo, da so vsi hidravlični fluidi bolj ali manj stisljivi. Neupoštevanje tega dejstva je smiselno le takrat, če ni potrebno natančno in togo krmiljenje, ali kadar sistem ali naprava deluje pri sorazmerno nizkem delovnem tlaku. Pri visokem tlaku s sorazmerno večjo prostornino fluida moramo računati s tem, da bo za njegovo komprimiranje potrebna tudi sorazmerno večja količina energije – za zgoščevanje njegovih molekul.

Posledice so lahko zakasneli odzivi – na začetku obremenjeni aktuator lahko prične z gibanjem šele potem, ko je fluid komprimiran na delovni tlak, na koncu pa akumulirana energija lahko povzroča še nadaljevanje gibanja aktuatorja, čeprav je krmilni ventil že zaprt.

Modul stisljivosti opredeljuje lastnost stisljivosti fluida. Njegovo neupoštevanje pri sodobnih hidravličnih sistemih, ki delujejo z delovnimi tlaki 32 MPa in več, zato lahko resno vpliva na njihovo odzivnost in natančnost pozicioniranja.

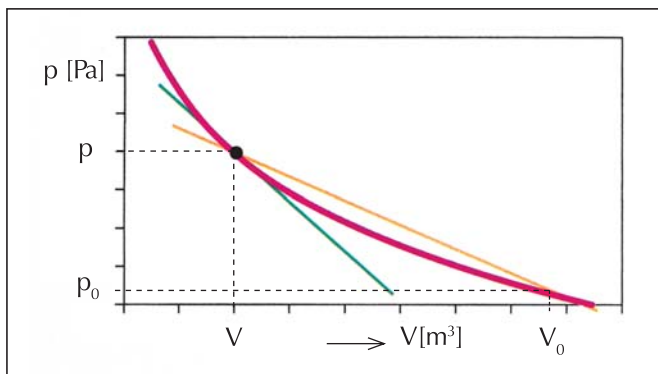
Narinjeni tlak naj zato deluje na sistem – aktuator – čim bolj neposredno, brez nepotrebnega vnaprejšnjega stiskanja fluida. Zato je tako pomembno, da je prostornina fluida med krmilnim ventilom in aktuatorjem čim manjša.

Kaj je modul stisljivosti?

Značilna odvisnost tlaka in prostornine hidravličnega fluida je prikazana na *sliki 1*. Krivulja kaže, da je prostornina V odvisna od tlaka p , začetne prostornine V_0 in modula stisljivosti K [Pa]:

$$V = f(p, V_0, K)$$

Izraz *modul stisljivosti* K je recipročna vrednost *stisljivosti* (včasih imenovana tudi: *koeficient stisljivosti*). κ [Pa⁻¹].



Slika 1. Odvisnost tlaka in prostornine hidravličnega fluida

Modul stisljivosti je merilo odpora proti stiskanju in je v p - V -diagramu predstavljen z nagibom tangente oz. sekante v obravnavani točki. Položnejši premici (tangenta ali sekanta) tako predstavlja ta večjo togost oz. manjšo stisljivost.

Matematično natančna stisljivost v obravnavani točki je podana s tangentno oz. enačbo:

$$K_t = V_0 dp/d_v$$

stisljivost pa z enačbo

$$\kappa_t = 1/K_t = dV/D_p$$

medtem ko je približna vrednost modula stisljivosti podana s sekanto oz. enačbo:

$$K_s = V_0 p/V_0 - V,$$

približna stisljivost pa $\kappa = 1/K_s$.

Značilne vrednosti modula stisljivosti za hidravlične fluide pri tlaku 63 MPa in temperaturi 20 °C so okoli 1500 do 3000 MPa.

Vpliv temperature na modul stisljivosti

Pred upoštevanjem značilnih vrednosti modula stisljivosti pa je potrebno upoštevati tudi temperaturo. Pri njenem porastu fluid namreč teži k povečanju prostornine, kar povzroča povišanje tlaka. Seveda so te spremembe lahko hitre ali počasne. Slednje omogočajo odvajanje generirane toplote, temperatura ostane nespremenjena, zato pri tem upoštevamo t. i. *izotermični modul stisljivosti*. *Izentropični modul stisljivosti* pa nastopa pri hitrih spremembah stanja. Pri hidravličnih napravah – sistemih – navadno gre za hitra krmilna delovanja, je zato večinoma smiselno upoštevati izentropični modul stisljivosti.

Vpliv zraka na modul stisljivosti

Projektanti hidravličnih naprav morajo biti pozorni tudi na vsebnost zraka, preden upoštevajo vrednosti modula stisljivosti. Te se navadno določajo v laboratorijih s pazljivim predhodnim odzračevanjem fluidov. Pri praktični uporabi pa so fluidi vedno bolj ali manj pomešani z

zrakom, ki odločujoče vpliva na njihovo stisljivost, saj je mnogo bolj stisljiv kot hidravlična olja. G. Totten [5] med drugimi podrobno obravnava vpliv zraka na stisljivost olja in njegov modul stisljivosti. Ugotavlja tudi, da topljivost zraka v fluidu pomembno narašča s tlakom. Raztopljeni zrak v fluidu se pri hitrem zmanjšanju tlaka spreminja v mehurčke, kar lahko povzroča kavitacijo.

Izkušnje kažejo, da se modul stisljivosti v odvisnosti od temperature že pri vsebnosti zraka v olju med 0 in 1 % prostornine lahko spremeni 2- do 3-krat.

Predvidevanje – ocenjevanje modula stisljivosti v praksi

Viri podatkov in postopkov za ocenjevanje modulov stisljivosti v praksi so številni, pomembnejši so navedeni v literaturi pod [1] in [5].

Slepne ugotovitve

Zakaj je modul stisljivosti pri obravnavi projektiranja in analizi hidravličnih naprav ali sistemov tako pomemben? Zato, ker odločujoče vpliva na delovanje naprave ali sistema, na njegovo natančnost pozicioniranja, zahtevano raven moči, dinamično odzivnost in stabilnost. Dva faktorja, ki pomembno vplivata na njegovo vrednost, sta temperatura in prostornina zraka v fluidu. Izkušene meritve kažejo, da pri standardnem hidravličnem fluidu že porast temperature za 40 °C zmanjša njegov modul stisljivosti pri normalni sobni temperaturi za okoli 40 % in pri 1 % vsebnosti zraka za okoli

45 %. Sočasno delovanje obeh učinkov pa za okoli 65 %.

Ob upoštevanju sodobnih tehničnih zahtev glede učinkovite rabe energije in ustreznih dinamičnih lastnosti naprav in sistemov je zato več kot pomembno upoštevati vplive in dejanske vrednosti modula stisljivosti hidravličnih fluidov.

Literatura:

- [1] ANSI/NFPA T2.137 R1 – 1997 (R 2005): Hydraulic Fluid Power – Petroleum Fluids – Prediction of Bulk Moduli; National Fluid Power Association, Milwaukee, USA.
- [2] ASTM D6793: Standard Test Method for Determination of Isothermal Secant and Tangent Bulk Moduli; ASTM International,

West Conshohocken, Pa., USA.

- [3] Georg, H. F.; Barber, A.: What is Bulk Modulus, and when is it important?; Hydraulics & Pneumatics 60(2007)7 – str. 34.
- [4] SIST ISO 31-3 (veljavna izdaja): Veličine in enote – 3. del: Mehanika (v soglasju z ISO 31-3).
- [5] Totten, G. E. (ed.): Handbook of Hydraulic Fluid Technology; Marcel Dekker Inc., 2000.



CONTROL TECHNIQUES
www.controltechniques.com

Frekvenčni regulator Commander SK

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



PS-log
Družba za projektiranje in izdelavo strojev, d.o.o.

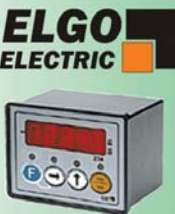
Kalce 38b, 1370 Logatec
Tel: 01/750-85-10 E-mail: ps-log@ps-log.si
Fax: 01/750-85-29 www.ps-log.si

Izvajamo:

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

Dobavljamo:

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



ELGO ELECTRIC

Prikazovalnik pozicije Z-58

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



MOTOMAN robotec d.o.o.

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

VODILNI SVETOVNI PROIZVAJALEC ROBOTOV

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

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

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

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

Servopogoni in motorji Lexium 05

Podjetje Schneider Electric uvaja novo serijo servopogonov in motorjev – Lexium 05. Namenjeni so za realizacijo enostavnih in zanesljivih sistemov s posebnim poudarkom na optimiranju stroškov. Z integracijo različnih komponent, ki so največkrat zunanje, in z naslavljanjem krmilnih parametrov preko odprtih standardov jih je mogoče uporabiti “brez dodatkov”!



Servopogoni in motorji Lexium 05

Servopogon LXM05 je na voljo v štirih močnostnih razredih: od 0,4 do 6 kW, ki s pripadajočimi servomotorji BSH pokrivajo nazivne momente od 0,5 do 36 Nm.

Tržni trendi

Svetovni trendi v industriji zahtevajo krajše proizvodne cikle, nižanje stroškov na enoto proizvoda in visoko fleksibilnost proizvodnje. Servokrmilna in pogonska tehnika je v določenih primerih najboljši odgovor na omenjene potrebe. Servotehnologija prihaja v fazo zrelosti. Najbolj očitni kazalnik je nižanje cen. Standardizacija in konkurenčni boj med proizvajalci opreme povzročata razvoj novih izdelkov z visoko dodano vrednostjo za izdelovalca stroja in končnega uporabnika, predvsem omrežnih pogonov in takšnih z vgrajenimi varnostnimi funkcijami.

Koncept “brez dodatkov”

V Lexium 05 so že vgrajene vse komponente, v večini primerov potrebne pri uporabi. Takšna komponenta je

EMC-filter, ki zagotavlja delovanje v skladu s standardi in predpisi brez dokupovanja. Tudi zaviralni upor je vgrajen in zagotavlja zanesljivejše delovanje, četudi ni vedno nujno potreben. Servopogon se sicer krmili preko omrežnega protokola in optimira s pomočjo računalnika, vendar je za prvi zagon in servisne posege na voljo tudi vgrajeni HMI-vmesnik s prikazovalnikom parametrov. Vgrajeni omrežni protokoli so CANopen in Modbus in verzija s Profibusom. Posebej pa velja omeniti vgrajeno varnostno funkcijo.

Varnostna funkcija Power removal

Varnost strojev je postala aktualna predvsem zaradi vstopa v EU in izjemno visokih odškodnin v primeru poškodb. Pri izdelovalcih in integratorjih strojev pa je v zadnjem času trend integracija varnostnih konceptov že v same aktuatorje v postroju, saj se na ta način zagotavljanje varnosti poenostavi. Kjer pa je poenostavljanje, tam je tudi prihranek. Lexium 05 se je temu

trendu prilagodil z dvema vgrajenima varnostnima vhodoma. Z njima se znebimo dveh zunanjih kontaktorjev in zagotovimo skladnost z naslednjimi standardi:

- EN 954-1 kategorija 3,
- IEC/EN 61508 SIL 2,
- EN 60204-1 (zaustavljanje).

Omrežno povezovanje

Eden izmed bolj opaznih trendov industrijske avtomatizacije v zadnjih letih je povezovanje komponent preko omrežnih protokolov tudi na nivoju senzorjev in aktuatorjev. V servopogonski tehniki to pomeni zastarevanje analognega vhoda ± 10 V za krmiljenje hitrosti oz. momentov. Lexium 05 za omrežno povezovanje uporablja protokole CANopen, Modbus in Profibus DP. Vgrajeni komunikacijski vmesniki so:

- v verziji LXM05A: CANopen, Modbus, 2 AI ± 10 V,
- v verziji LXM05B: Profibus DP, Modbus.

Pozicioniranje

Servopogon se v enostavnih primerih največkrat uporablja za pozicioniranje; za zahtevnejše primere uporabe (trajektorija) pa je potreben poseben krmilni modul (zunanji ali kot PLC-komponenta), ki krmili gibanje posameznih osi in skrbi za sinhronizacijo med njimi. Kot je bilo že povedano, je Lexium 05 namenjen enostavnim primerom uporabe, zato je treba poudariti, da ima že sam vgrajeno možnost pozicioniranja od točke do točke (angl. “point-to-point”) in prestavnega krmiljenja (angl. “electronic gearing”). Tako lahko preko vgrajenega omrežnega vmesnika s PLC-jem nadziramo pozicioniranje ene osi ali pa koordiniramo več osi med seboj (brez časovne sinhronizacije, za to je že potreben krmilnik). Brez dokupovanja posebnih krmilnikov lahko pokrijemo vse primere preproste eno- ali večosne uporabe.

Servo motor in pogon

Lexium 05

Kompaktna rešitev

za vaš stroj



Močnostni razpon 0,4...6 kW
Nazivni navor 0,5...36 Nm

Koncept *“brez dodatkov”*

- vgrajen **EMC filter**
- vgrajena varnostna funkcija
(EN 954-1 **kat. 3**,
IEC/EN 61508 **SIL2**)
- vgrajen **zaviralni upor**
- vgrajen **HMI**

Enostavna *izbira*

- programska oprema
Lexium Sizer za
optimalno izbiro
- preddefinirane kombinacije

Enostavna uporaba

- avtomatsko **prepoznavanje motorja**
- funkcija **“autotuning”**
- programska oprema **PowerSuite** za zagon

Odprti standardi in fleksibilnost

- vgrajena **CANopen** in **Modbus**, verzija **Profibus**
- enostavno **pozicioniranje**



Simply Smart !



Enostavna izbira in uporaba (Easy to choose – Easy to use)

Za izdelovalce oz. integratorje strojev je poleg visoke kakovosti in tehničnih funkcionalnosti produkta izjemno pomembna pravilna izbira. Izdelava stroja s servoosmi namreč zahteva celovit, mehatronski pristop pri izbiri produkta. Izbira pravega produkta Lexium 05 je izjemno enostavna in zanesljiva – na voljo je programska oprema Lexium Sizer, s katero uporabnik z grafičnim vmesnikom matematično opiše breme in načrta časovni profil gibanja, programska oprema pa mu ponudi najboljše kombinacije pogona LXM05 in motorja BSH (in reduktorja GBX, če je predviden).

Programska oprema prav tako pomaga pri zagonu stroja. Po priključitvi motorja na pogon, je ta prepoznan na podlagi parametrov v vgrajenem enkoderju SinCos® in se avtomatično prilagodi z optimalnimi parametri tokovne zanke. Pri zagonu se nato obremenjeni pogon lahko dodatno optimira s programskim paketom PowerSuite, ki s funkcijo osciloskopa meri odziv na stopnico, uporabnik pa tako ulovi optimum med dinamiko in stabilnostjo odziva glede na potrebe aplikacije.

Več o ponudbi Schneider Electric:

- industrijska avtomatizacija: <http://www.telemecanique.com/>
- električna distribucija: <http://www.merlin-gerin.com/>
- Schneider Electric v Sloveniji: <http://www.schneider-electric.si/>

Vir: Schneider Electric, d. o. o., Dolenska cesta 242c, 1000 Ljubljana, tel.: 01 23 63 555, faks: 01 23 63 559, e-pošta: slovenija@si.schneider-electric.com, g. Jože Perko



NI LabVIEW in CompactRIO skrbita, da elektrarne nemoteno delujejo

Nadzorna programska oprema podjetja VESKI, Computerized Diagnostic System (CoDiS), uporablja razvojno okolje National Instruments LabVIEW in platformo CompactRIO, s katerima tvori sistem neprekinjenega nadzora tresljajev, ki je združljiv z omrežjem LAN.

Nenehen nadzor tresljajev in drugih signalov je kritičnega pomena za napovedovanje mehanskega obnašanja in izkoristka, običajno pa zahteva nenehno pridobivanje podatkov in analizo s pomočjo spletnih podatkovnih zbirk. VESKI je hrvaško podjetje za svetovanje, ki je specializirano za analizo in diagnostiko tresljajev. V jedru nadzorne programske opreme CoDiS so uporabili okolje NI LabVIEW in platformo NI CompactRIO.

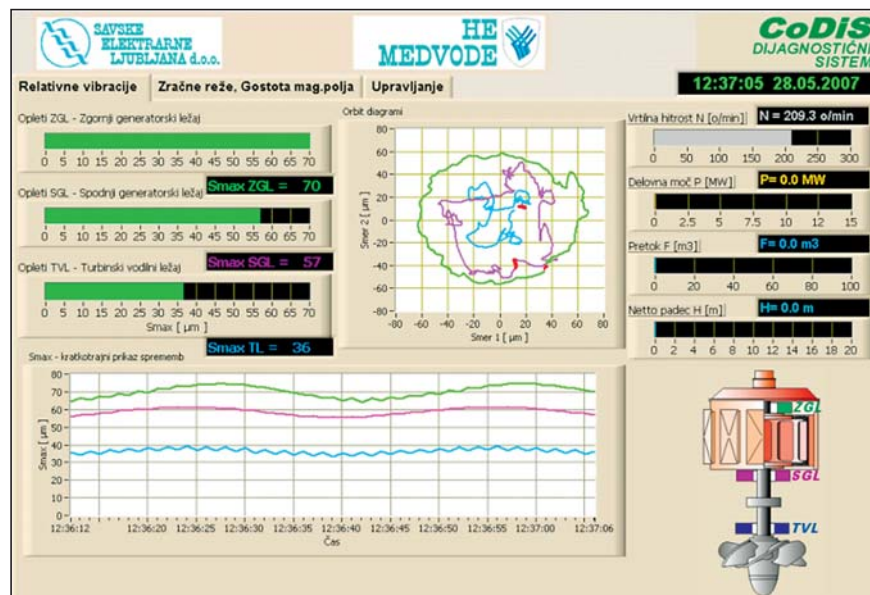
elektrarnam pomagala zmanjšati stroške vzdrževanja in popravil generatorjev, smo zgradili sistem po meri z razvojnim okoljem LabVIEW in platformo CompactRIO.

Nadzor in diagnostika strojev

Spletni nadzorni sistemi so posebej pomembni v elektrarnah, kjer se uporabljajo za napovedovanje okvar in prepoznavanje nepravilnosti v delovanju sistema. Te sisteme je mogoče uporabljati tudi za olajšanje rednega vzdrževanja, s tem pa za preprečevanje dolgoročne in drage škode.

Sistem CoDiS smo namestili na več kot 30 energetskih generatorjih po Hrvaški in Sloveniji ter v elektrarni Lagarfoss na Islandiji.

Moderni industrijski nadzorni sistemi običajno potrebujejo funkcije,



Glavna nadzorna plošča sistema CoDiS

Mehanski tresljaji lahko škodujejo vrtečim se mehanskim delom, kar v številnih primerih močno zmanjša zmožnost obratovanja in življenjsko dobo naprav.

Ko so nas najeli za razvoj programske rešitve, ki bi 11 hrvaškim

ki zbirajo podatke o tresljajih, temperaturi, tlaku in pretoku, hkrati pa skrbijo za natančno upravljanje podatkovnih zbirk.

Sistem CoDiS smo zasnovali za nadzor tresljajev rotorjev, dinamike statorjev in temeljev, pogojev zrač-

Tabela 1. Sistem CoDiS

CoDiS-DM	CoDiS-TR	CoDiS-RT	CoDiS-RM
Diagnostični nadzor	Nadzor prehodnih pojavov	Običajni nadzor	Nadzor rotorja
Stalno zajemanje, analiziranje in beleženje podatkov v podatkovno zbirko	Stalno zajemanje podatkov in analiza podatkov, ko so izpolnjeni prožilni pogoji	- Stalno zajemanje, analiza in pretvorba D/A - Zaščitne funkcije	- Stalno zajemanje in analiza signalov na rotorju - Brezžični prenos vseh signalov iz rotorja v stator
Izvedba	Izvedba	Izvedba	Izvedba
Zaznavanje in merjenje sprememb v stalnih pogojih obratovanja	Beleženje in zaznavanje prehodnih pojavov	Aplikacije v signalnih in zaščitnih sistemih	Aplikacije v signalnih in zaščitnih sistemih

nih rež, postopkov izrabe električne energije, kakovosti energije in hidravličnih vrednosti pri velikih vrtljivih strojih.

Sistem CoDiS je modularen in nastavljen, poleg tega pa ga je mogoče zasnovati in prilagoditi skladno s potrebami uporabnika. Celotna aplikacija temelji na okolju LabVIEW, kjer so vsi postopki za analize in podatkovne zbirke ustvarjeni in prilagojeni za spletni nadzor in pridobivanje podatkov po meri.

Sistem se zanaša na platformo CompactRIO, ki hkrati zagotavlja diagnostične funkcije in zaščito.

Sistem CoDiS sestavljajo štirje deli (kot kaže tabela 1):

- CoDiS-DM (sistem za stalni diagnostični nadzor, **D**iagnostic **M**onitoring),
- CoDiS-TR (snemalnik prehodnih pojavov, **T**ransient **R**ecorder),

- CoDiS-RT (običajni nadzor signalnih in zaščitnih sistemov v realnem času, **R**eal-**T**ime),
- CoDiS-RM (trajni diagnostični nadzor rotorja, **R**otor **M**onitoring).

Konfiguracija sistema

S platformo CompactRIO in sistemom National Instruments FieldPoint smo lahko izdelali izredno prilagodljiv sistem, ki ga hkrati odlikujeta izredna zmogljivost in zanesljivost.

Platformo CompactRIO poganja rekonfigurabilna V/I-tehnologija (RIO) FPGA, ki hkrati deluje kot enota za nadzor stanja in zaščito.

Ta nadzorni sistem sestavljajo:

- merilni del, ki vključuje vsa tipala in strojno opremo, ki se uporabljajo za zajem podatkov;
- del za prilagajanje signalov;
- procesna enota CompactRIO z

lokalno procesno enoto PDA, ki se uporablja za obdelavo in analizo podatkov;

- osrednji računalnik, ki hrani trajno podatkovno zbirko in opravlja postopke za analiziranje za oddaljene uporabnike omrežja LAN.

Sistem vključuje tudi komunikacijo s sistemi SCADA, ki uporabljajo analogne izhode ali sisteme vodil.

Sistem CoDiS vključuje stalen nadzor in diagnostiko za:

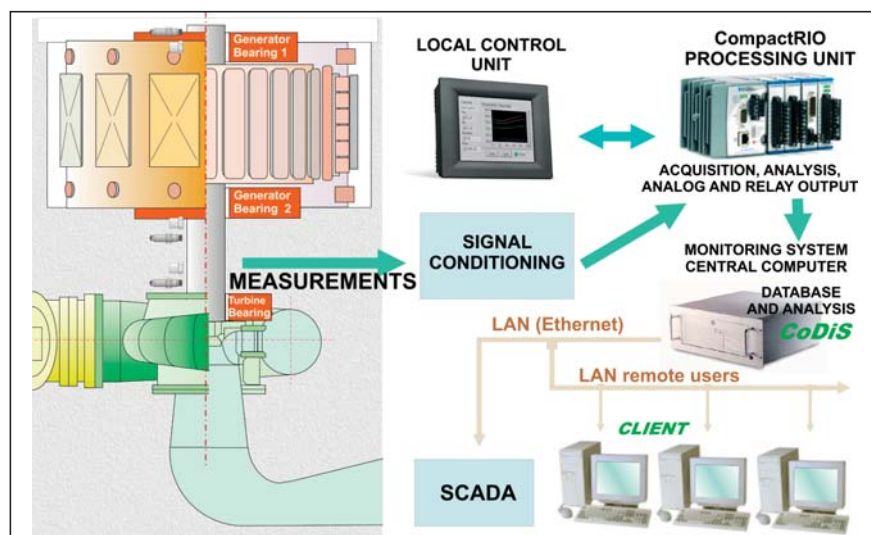
- relativne tresljaje gredi,
- absolutne tresljaje ležaja,
- aksialni položaj rotorja,
- najmanjše vrednosti zračne reže,
- magnetni pretok polov rotorja,
- električne parametre, kot sta tok in napetost,
- simetrijo faz, fazni kot,
- skupno harmonično popačenje (THD),
- statične in kvazistatične parametre,
- temperature in procesne parametre,
- hidravlične parametre (izkoristek, η),
- delovno in jalovo moč.

Enota za nadzor stanja in zaščito, nameščena v visokotlačnih črpalkah – Lagarfos, Islandija

Sistem CompactRIO je konfiguriran za nadzor relativnih tresljajev gredi in hitrosti vrtenja, poleg tega pa skrbi za zaščito pred previsoko hitrostjo. Sistem nadzoruje dve hidrogenatorski enoti, kjer vsak generator uporablja procesno enoto CompactRIO.

Vsak nadzorni sistem sestavlja:

- šest tipal premika, ki se uporab-



Funkcijska shema za nadzor sistema CoDiS

- ljajo za merjenje relativnih tresljajev gredi;
- dve tipali premika, ki se uporabljajo za merjenje hitrosti vrtenja;
- en modul 9201 za zajem podatkov;
- dva analogna izhodna modula NI 9265 za pošiljanje trendov izmerjenih signalov v sistem SCADA;
- en modul NI 9481 kot izvršni del zaščite;
- NI cRIO-9002 z vgnezenim rekonfigurabilnim ohišjem cRIO-9101.

Sistemi nadzorniki CompactRIO:

- šest analognih napetostnih vhodnih signalov (trije ležaji v dveh oseh, X in Y);

- dva analogna napetostna vhodna signala (redundantna zaščita pred previsoko hitrostjo);
- šest analognih tokovnih izhodnih signalov (signali trendov za sistem SCADA);
- štirje relejski digitalni izhodni signali, po dva za vsako smer (opozorilo in proženje).

Vsi pomembni podatki, vključno z valovnimi oblikami in rezultati analiz, so na voljo preko skupnega omrežja v obliki spremenljivk za skupni dostop.

Podjetje VESKI je z izdelki NI v teh elektrarnah uspelo zmanjšati stroške

vzdrževanja in popravil do 50 %.

Vir: VESKI D. O. O., Dragutina Golika 63, 10000 Zagreb, Hrvatska, tel.: +385 1 366 7133, faks: +385 1 366 7155, veski@veski.hr, g. Boris Meško, g. Ozren Orešković, g. Ozren Husnjak

NATIONAL INSTRUMENTS, d. o. o., Kosovelova 15, 3000 Celje, tel.: 03 425 42 00, faks: 03 425 42 12, e-mail: ni.slovenia@ni.com



nadaljevanje s strani 341

Informacije:

- Mary Bukovic
- tel.: + 01 414 78 3353
- faks: + 01 414 778 3361
- e-pošta: techconf@ifpe.com
- internet: <http://www.ifpe.com/TechConf/index.asp>

■ Sensor + TEST 2008

(Mednarodni sejem s kongresi o senzoriki in preskušanju)

6.–8. 05. 2008

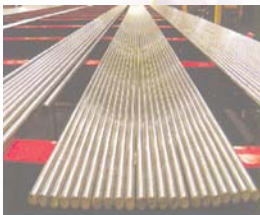
Nürnberg, ZRN

Kongresni program:

- OPTO – Kongres s poudarkom na optičnih tehnologijah v senzoriki in merilni tehniki

nadaljevanje na strani 355






- HIDRAVLICNI CILINDRI
- KROMIRANE BATNICE
- HONANE CEVI
- KALIBRIRANE CEVI
- BREZŠIVNE CEVI
- UŠESA IN ZGLOBNI LEŽAJI
- SESTAVNI DELI ZA CILINDRE
- TESNILA

MAPRO, d.o.o.,
 Industrijska ulica 12,
 4226 ŽIRI, SLOVENIJA
 tel.: +386 (0)4 510 50 90
 fax: +386 (0)4 510 50 91
 e-mail: info@mapro.si
www.mapro.si







- IZDELAVA HIDRAVLICNIH CILINDROV PO NAŠEM KATALOGU ALI PO VAŠIH ŽELJAH
- STROKOVNO SVETOVANJE
- KVALITETA IN FLEKSIBILNOST
- SERVIS HIDRAVLICNIH CILINDROV
- RAZREZ IN DOSTAVA BLAGA

Elektronsko nivojsko stikalo ENS 3000 – verzija s štirimi preklopnimi izhodi

V številnih aplikacijah je informacija o najnižjem in najvišjem nivoju fluida v rezervoarju nezadostna. Obstajajo primeri, pri katerih je potrebna signalizacija dodatnih kritičnih vrednosti. Primer: vrednost MIN–MIN: najnižji nivo fluida kot zaščita črpalke pred vsesavanjem zraka, vrednost MIN ali MAX: aktiviranje opozorilnega sporočila, vrednost MAX–MAX: opozorilni signal pri prepolnjenju rezervoarja.

Elektronsko nivojsko stikalo ENS 3000 določa nivo fluida s pomočjo velikega števila serijsko vezanih kondenzatorjev v keramični merilni sondi. Fluid (olje, emulzija, voda, ...) ima različno dielektrično konstanto od zraka. Ko ta omoči sondo, se vrednost kapacitivnosti na tem območju spremeni, kar omogoča spremljanje višine nivoja.



Vrednost višine nivoja polnjenja je prikazana na vgrajenem displeju, ki ima možnost dvoosnega zasuka za 270°. Obstaja tudi možnost prikaza trenutne temperature fluida.

Značilnost nove verzije ENS 3000 so štirje vhodi, ki so samostojno nastavljivi na 2 merilni spremenljivki (višina nivoja, temperatura). Vsi modeli imajo v meniju možnost izbire med oljnimi ali vodnimi aplikacijami.

Osnovne tehnične karakteristike:

- samostojni stikalni izhodi in 2 analogna izhoda,
- opcija za vodne in oljne aplikacije,
- dolžina sond: 250 mm, 410 mm, 520 mm in 730 mm.

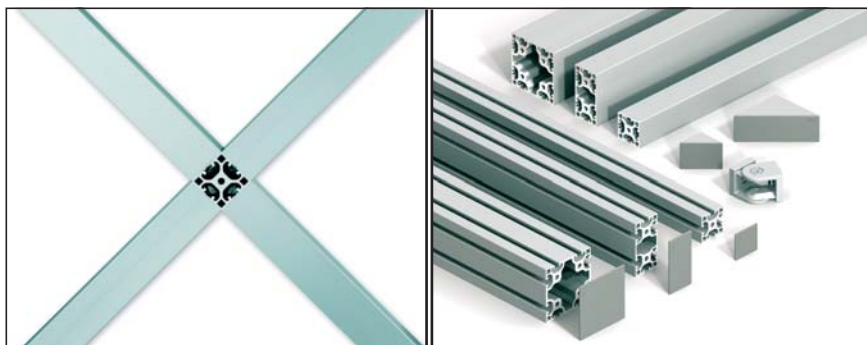
Vir: HYDAC, d. o. o., Zagrebška 20, 2000 Maribor, tel.: +386 2 460 15 26, faks: +386 2 460 15 22, e-mail: info@hydac.si, internet: www.hydac.com

Al-profilirani ITEM – serija X

Vodilni proizvajalec na področju profilnih aluminijastih sistemov za strojništvo ITEM je svojemu bogatemu programu MB-sistem dodal novo vrsto profilov, imenovano X.

S tem je ITEM spet potrdil svojo tradicionalno inovativnost, s katero že več kot dve desetletji dvakrat na leto preseneča z novimi izdelki.

Zunanja oblika profila je izbrana tako, da poudari individualnost in visoko kvaliteto konstrukcije stroja ali naprave, ki jo predstavlja. Najmanjši možni radius na robovih profila preprečuje nabiranje umazanije na spojih.



Neštetokrat preverjeni utori 8, ki jamčijo za togost in stabilnost konstrukcije, so tako odprti – pri vseh osnovnih izvedbah – ali zaprti. Zaprti utori so izvedeni tako, da jih »odpremo« na poljubnem mestu profila samo toliko, kolikor je potrebno za namestitev veznega elementa. Na ta način je celotna konstrukcija

brez utorov, kar je zelo pomembno v panogah, kjer je potrebna velika čistoča, kot so živilska, farmacevtska in elektronska industrija. Vezni elementi za povezovanje profilov X med seboj ali z drugimi profili vrste 8 so enaki oziroma isti kot pri vrsti 8. Na ta način je ohranjena univerzalnost Itemovih veznih elementov.

Za zaprte profile so primerni standardni in avtomatski vezni elementi.

Notranja izvedba profila X je enaka standardni izvedbi ITEM 8L in ima skoraj enake mehanske lastnosti.

Trenutno so iz serije X na voljo profili s premerom: 40 x 40, 80 x 40 in 80 x 80 z odprtimi ali zaprtimi utori. Kot dodatno opremo ITEM nudi še kotne opore, kotne zglobe, čelne plošče, nastavljive strojne noge s pritrdilnimi elementi, tečaje za različna vrata, elemente za zaščite z različnimi polnili itd. – vse v dizajnu serije X.

Z vrsto X je ITEM izvajalcem strojne opreme ponudil elemente, s katerimi bodo lahko zadovoljili najzahtevnejše naročnike.

Primeri uporabe:

- stroji, naprave in manipulatorji,
- varnostne zaščite in stroji,
- predelne stene in kabine,
- pisarniško in delavniško pohištvo.

Vir: INOTEH, d. o. o., Ruška cesta 34, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386 (0)2 6719013, faks: +386 (0)2 6652081, e-mail: ik@inoteh.si, Internet: www.inoteh.si, Iztok Klemenc

Roboti STÄUBLI in avtomatizacija proizvodnih procesov

Brane ČENČIČ

Že od samega pričetka izdelovanja robotov in njihove uvedbe v proizvodne procese se pojavlja strah, da to pomeni izgubo delovnih mest. V nekaterih primerih to drži. Večinoma pa je robot dobrodošla pomoč človeku. Pomaga mu pri težkih opravilih, pri delu v človeku škodljivem okolju, izvaja ponavljajoča se dela. V mnogih primerih je odklonilno stališče do robotov povzročala zapletena programska oprema, vendar postaja danes robot človekov sodelavec, upravljanje z njim je enostavnejše, kar omogoča prijaznejša in enostavnejša programska oprema. V preteklosti so se za uporabo robotov odločala predvsem velika podjetja z velikoserijsko proizvodnjo. Tudi na tem področju prihaja do sprememb. Vedno pogostejše jih uporabljajo pri maloserijski proizvodnji, kajti njihove cene se iz leta v leto nižajo.

Za uvedbo robota v proizvodni proces morajo biti izpolnjeni določeni pogoji: gospodarnost, funkcionalnost, kakovost, fleksibilnost, hitrost. Proizvodni proces mora biti racionaliziran, stroški se ne smejo povečati, doba vračila investicije mora biti čim krajša.

Vse to lahko dosežete z roboti švicarskega proizvajalca STÄUBLI. Podjetje STÄUBLI izdeluje robote od leta 1982. Trgu se trudi ponuditi vedno le najboljše proizvode, ki ustrezajo najzahtevnejšim tehničnim standardom. STÄUBLI danes sodi med vodilna podjetja med proizvajalci robotov na svetu. V prvih letih je proizvodni

program vseboval le 6-osne robote, zadnjih nekaj let pa izdelujejo tudi 4-osne robote SCARA. S tem STÄUBLI zagotavlja zelo široko paleto proizvodov, ki omogoča njihovo uporabo v vseh industrijskih panogah: avtomobilska industrija, strojegradnja, predelava plastičnih mas, prehrabena industrija, medicina, laboratorijska tehnika, kemična industrija. Pokrivajo različna delovna področja: posluževanje obdelovalnih strojev, strojev za tlačno litje, avtomatizacija proizvodnje, pakiranje, paletiranje, montaža, varjenje, rezanje, rokovanje, lakiranje itd. Izdelujejo posebne izvedbe robotov za lakiranje in robote Clean room.

Nosilnost robotov se deli na tri področja:

- majhna: od 1 do 20 kg (4- in 6-osni roboti),
- srednja: od 10 do 65 kg (6-osni),
- velika od 150 do 250 kg (6-osni).

Točnost ponovljivosti se giblje od $\pm 0,025$ mm pri manjših do $\pm 0,09$ mm pri največjih robotih.

Prednosti robotov STÄUBLI, ki omogočajo največjo produktivnost ob zagotavljanju vrhunske kvalitete, so:

- največje hitrosti in pospeški v svojem razredu omogočajo maksimalno produktivnost in uspešnost;
- izredno visoka točnost ponovljivosti gibov,
- vsa elektro- in pnevmatska instalacija je speljana v notranjosti robota, kar preprečuje možnost poškodb in omogoča večjo gibljivost,
- predpriprava instalacije za priključke delovnega orodja, prav tako v notranjosti robota,
- izredna zanesljivost in kompak-

nost, brez zračnosti, kar omogoča v Stäubliju razvit JMC-pogon, pri katerem je zobniško predležje z motorjem vgrajeno v notranjost robota;

- minimalni stroški vzdrževanja;
- lamelna tesnila na šesti osi, zgibni roki robota preprečujejo dostop nesnage, ostružkov, prahu;
- za samo postavitve potrebujejo malo prostora, sposobni so pokrivati velik delovni prostor;
- razen robotov večjih nosilnosti od 45 kg dalje, ki jih je mogoče montirati le na tla, je pri večini možna montaža na tla, steno ali strop.

Za robote Stäubli se izdeluje več vrst krmilnikov, ki so prilagojeni za posamezne tipe in namene uporabe robotov. Krmilniki, ki se uporabljajo za vse robote, so nadgradnja osnovne izvedbe krmilnika CS8. Pri programiranju se uporablja enotna programska oprema VAL 3. Poleg serijske povezave robot-krmilnik je omogočena povezava preko priključka Feldbuss, mrežna povezava (Ethernet, USB), dva digitalna priključka 16/16 vhod/izhod, možnost servisiranja in vzdrževanja na daljavo.



Slika 1. Avtomatizirana celica za sestavo turbinskega kolesa sesalne enote RS 60

Ne potrebujejo baterijskega napajanja zaradi nenadnega izklopa električne energije. Absolut Encoder omogoča, da ni potrebno kalibriranje robota ob vsakem ponovnem zagonu.

Podjetje Domel, d. d., je vodilni proizvajalec **sesalnih enot** v Evropi in svetu. Več kot 90 % svoje proizvodnje izvozi.

Sesalne enote, ki jih sestavlja 14 delov, se sestavljajo na različnih montažnih linijah. Posamezne montažne linije so zasnovane tako, da je na njih možno izdelovati več vrst sesalnih enot. Za montažne naprave na teh linijah je pomembno, da so fleksibilne, njihova prilagoditev proizvodnji posameznega proizvoda mora biti hitra in enostavna. Proces montaže je razdeljen v dva dela: sestavljanje motorskega dela sesalne enote in sestavljanje turbinskega dela. Na obeh linijah je veliko število naprav za dodajanje sestavnih delov na montažna mesta, ki morajo biti prilagodljive. Ker je Domel, d. d., inovativno podjetje, v svoje proizvodne procese v veliki meri uvaja so-



Slika 2. Urejanje, dodajanje in nadzor s strojnim vidom

dobne tehnologije in avtomatizacijo. V procesu montaže sesalne enote je avtomatiziralo sestavljanje turbinskega kolesa z robotom SCARA RS 60 proizvajalca STÄUBLI. Naloga robota je, da namesti na turbinski del sesalne enote, ki na delovno mesto prispe po transportnem traku, tulko, turbinsko kolo in podložko (slika 1, slika2).

Sam proizvodni proces je nadzorovan z videonadzorom in senzorji, ki kontrolirajo orientacijo posameznih polizdelkov. To zagotavlja 100-odstotno kontrolo procesa in proizvodnjo z nič napakami. Ostale prednosti

robotiziranega procesa so še:

- krajši cikel delovne operacije, ki je sedaj 11 sekund,
- velika stabilnost,
- višja avtomatizacija proizvodnega procesa, ki omogoča večjo produktivnost celotne linije.

Investicija v avtomatizacijo delovne operacije se povrne v 2,5 letih. Pri letni proizvodnji 1.000 000 kosov, je torej prihranek pri montaži 3260 ur.

V podjetju DOMEL, d. d., ki je uradni zastopnik robotov STÄUBLI na slovenskem trgu, nudimo kupcem celovito podporo. Svetujemo pri izbiri robota, izvajamo programiranje robotov, nudimo tehnično podporo in servisne storitve. Ob zagonu izvajamo osnovno izobraževanje za rokovanje z robotom in vzdrževanje. Podjetje STÄUBLI nudi izobraževanja za programiranje, posluževanje in vzdrževanje robotov v Bayreuthu v Nemčiji.

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



DOMEL®

Ustvarjamo gibanje

zastopstvo in prodaja robotov Stäubli

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

STÄUBLI ROBOTICS TECH DAYS
14. in 15. november 2007, LINZ (A)
WIFI center, Wiener Strasse 150

Vabimo vse, ki želite dobiti podrobne informacije o robotih **STÄUBLI**, da se udeležite tehnični dnevov v Linzu. Razstava robotov z različnimi primeri uporabe in delavnice. Udeležba je brezplačna.

Podrobnejše informacije:
Tel.: **04/511 73 55**
e-pošta: brane.cencic@domel.si

Nove knjige

- [1] Avallone E.A., Baumeister III, T., Sadegh, A.M.: **Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers** (11. izdaja) – Nova izdaja že 90 let uveljavljene »biblije« strojnih inženirjev na anglosaškem področju omogoča hitro in enostavno reševanje kateregakoli inženirskega vprašanja s področja strojništva. Uredniki, z okoli 160 eksperti za posamezna področja, so novo izdajo priročnika, v obsegu okoli 1800 strani temeljito predelali in posodobili z okoli 30 % novih vsebin ob upoštevanju informacij in podatkov s področij kot so elektronika, računalniška tehnika, nanotehnologija, biotehnologija ipd. Sicer pa so, kot v dosedanjih izdajah, dovolj izčrpno obravnavane teoretične osnove (kot so: matematika, mehanika, termodinamika ipd.) strojni elementi, pogonska in krmilna tehnika ter vsa pomembna področja strojništva, vključno s tehnologijami izdelave, preskušanja in vzdrževanja strojev. – *Zal.*: McGraw-Hill, Two Penn Plaza, New York, NY 10121, USA; 2007; *ISBN*: 178-0-07-142867-5; *obseg*: 1800 strani, 2000 slik, 900 preglednic; *cena*: 199,95 USD.
- [2] Hawallek, R. in Zheng Ming Wu: **Mehrsprachiges Wörterbuch der Dichtungstechnik – Dictionary of Sealing and Gasket Technology** (Večjezični slovar tesnilne tehnike) – Kitajska, kot na svetovnem trgu vse pomembnejša država, je vzpodbudila tudi pripravo ustreznega trijezičnega slovarja za področje tesnilne tehnike. Ob nemščini in angleščini je upoštevana kitajščina (pinjin) s poenostavljenimi znaki, ki so registrirani tudi pri ISO. Slovar obsega okoli 4200 gesel temeljnega strokovnega izrazja naslednjih področij tesnilne tehnike: tesnilni materiali, tesnilni sistemi, tehnologija izdelave tesnil in tesnilk, orodja za izdelavo, merjenje, preskušanje, analiza napak, lepilna tehnika in zagotavljanje kakovosti. – *Zal.*: Karl-Friedrich Berger

& Sandra Kriefer; 2007; *ISBN*: 978-3-9811509-1-9; *obseg*: 400 strani; *cena*: 76,00 EUR.

- [3] Karam, J. T.: **Managing Systems Development 101** – s podnaslovom Navodila za načrtovanje učinkovitih komercialnih produktov za inženirje in njihove predstojnike. Knjiga svetuje inženirjem, ki se ukvarjajo z razvojem novih kompleksnih sistemov ali izdelkov. Pri tem se soočajo z različnimi vprašanji, ki jih niso imeli priložnost spoznati v okviru svojega rednega šolanja, kot so planiranje in financiranje objektov, izboljšave kakovosti s »tekočim delovanjem« v okviru izdelave in vzdrževanja, upoštevanje različnih pogojev preskušanja, tehničnega svetovanja itd. – *Zal.*: ASME Press, Three Park Ave., New York, NY 10016-5990, USA; 2007; *ISBN*: 0-7918-0258-2; *obseg*: 140 strani; *cena*: 45,00 USD (člani ASME: 36,00 USD).

Osnutek VDMA priporočila za tlačna stikala

Programirna tlačna stikala so zlasti pri sodobnih hidravličnih napravah in obdelovalnih strojih postala nepogrešljiva. Zaradi poenostavljanja in poenotenja njihove uporabe so pri VDMA pripravili osnutek priporočila (za poznejši predlog standarda) pod naslovom:

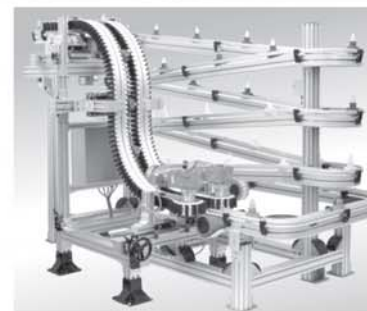
– *VDMA-Einheitsblatts 24574-1 : 2007-06, Teil 1: Druckschalter (1. del Tlačna stikala)*,

ki opredeljuje pojme, simbole in strukturo menijev tlačnih stikal.

Naslednji deli priporočila bodo namenjeni temperaturnim in tokovnim stikalom.

Dodatne informacije na naslovu: VDMA – Fachverband Fluidtechnik, Technik und Normung, Jörn Dürer, Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt a. M., BRD: tel.: + 069-6603-1652, faks: + 069-6803-2652, e-pošta: joern.duerer@vdma.org.

Rexroth
Bosch Group



OPL
automation

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

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

Spoznajmo hidravlične tekočine

Slovenske strokovne literature s področja industrijskih maziv je zelo malo, pa še ta ima precej dolgo brado. Področje hidravličnih tekočin obravnava nekaj knjig v tujih jezikih. Nekatere od njih so našle pot tudi med bralce v Sloveniji. Knjiga **Hidravlične tekočine in njihova nega** pa je prva s tega področja v slovenščini.



Zasnova ni klasična, saj njen namen ni bil posnemanje podobne literature. V začetnem delu se seznanimo z različnimi **vrstami hidravličnih tekočin** in njihovimi nalogami. **Osnovne lastnosti** niso le našteje in opisane, temveč je obravnavan tudi njihov vpliv na delovanje hidravličnih naprav. Obnašanje hidravličnega sistema z nekaterimi posebnostmi je bralcu tako veliko bolj razumljivo. Razlago spremljajo primeri, ki olajšajo razumevanje, hkrati pa popestrijo branje. V nadaljevanju so obravnavane tudi ostale lastnosti hidravličnih tekočin in različni podatki za njihovo izboljšavo.

Kontaminanti so glavni motilni dejavniki pri delovanju hidravličnih naprav in glavni krivec za krajšo življenjsko dobo hidravličnih tekočin in naprav. Zato je ena glavnih nalog vseh, ki skrbijo za »zdravje« hidravličnih tekočin, zagotavljati njihovo primerno čistost. Navedeni so trije standardi za določanje stopnje čistosti, in sicer najbolj pogosto upora-

bljan, najstarejši in najnovejši, način določanja stopnje čistosti in potrebne stopnje čistosti za določen namen.

Pri **negi hidravličnih tekočin** je veliko pozornosti posvečene ugotavljanju njihovega stanja, saj glede na to načrtujemo in izvajamo ustrezne preventivne in korektivne ukrepe za podaljšanje življenjske dobe hidravličnih tekočin in naprav ter za zagotavljanje zanesljivega obratovanja hidravlične opreme. Poudarjen je pomen pravilnega **odvzema vzorcev**, saj tu storjene napake v kasnejšem postopku ne moremo več popraviti. Za doseg želenega rezultata **filtriranja** kot najpogostejšega in zelo pomembnega opravila v postopku odstranjevanja kontaminantov sta potrebni ustrezna sposobnost filtracije hidravlične tekočine in kvalitetna filtrirna oprema.

V zadnjem delu knjige sva skušala odgovoriti na številna vprašanja, s katerimi se soočajo uporabniki hidravličnih tekočin: od procesa proizvodnje, skladiščenja, uporabe do odstranjevanja, potem ko niso več primerne za opravljanje svojih nalog. Nasploh sva ves čas od začetne zamisli o knjigi, pri pripravi gradiva zanj in samem pisanju želela, da bi bila čim bolj praktična in koristna za vse, ki se srečujete s hidravličnimi tekočinami.

Avtorja sva želela z vsebino prikazati, da pripomba »Olje je olje«, kot večkrat skoraj zaničljivo pripomni kak sgovornik, nikakor ne drži. Prav tako ne, da je hidravlična tekočina samo mazivo, saj opravlja številne druge, mogoče še pomembnejše naloge, kot je zgolj mazanje. Prenaša sile in gibanja ter signale in je zaradi tlaka vedno »obremenjena«, od njenih lastnosti pa je odvisno delovanje celotnega hidravličnega sistema. Zato naj bo »hidravlična tekočina« kar hidravlična tekočina. Trdno pa sva prepričana, da se bo bralec, ko bo knjigo prebral, strinjal z nama in bo prepričan še koga, da »hidravlična tekočina ni zgolj tekočina«.

Knjigo z obsegom 200 strani v barvnem tisku lahko po ceni 30 EUR (DDV je že vključen) naročite na naslovih: *milan.kambic@olma.si*, *d.lovrec@uni-mb.si*.

Avtorja: Darko Lovrec, Milan Kambič



VSE ZA HIDRAVLIKO IN PNEVMATIKO






ODGONI ZA KAMIONE







LE-TEHNIKA d.o.o.
Šuceva 27, Kranj
tel.: 04 20 20 200
faks: 04 204 21 22
<http://www.le-tehnika.si/hyd>
e-mail: hydraulic@le-tehnika.si

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

(nadaljevanje objave v Ventil 13(2007)4 – str. 265)

Seznam standardov SIST ISO – stanje november 2006

(dopolnilo od zap. št. 191 naprej)

Št.	Oznaka dokumenta	Leto izdaje	Slovenski naslov	Izvirni – angleški naslov
191.	SIST ISO 16589-5:2002	2002	Fluidna tehnika - Ustnične gredne tesnilke s termoplastičnimi tesnilnimi elementi - 5. del: Prepoznavanje vidnih nepravilnosti	Rotary shaft lip-type seals incorporating thermoplastic sealing elements - Part 5: Identification of visual imperfections
192.	SIST ISO 16589-4:2002	2002	Fluidna tehnika - Ustnične gredne tesnilke s termoplastičnimi tesnilnimi elementi - 4. del: Postopki preskušanja	Rotary shaft lip-type seals incorporating thermoplastic sealing elements - Part 4: Performance test procedures
193.	SIST ISO 16589-3:2002	2002	Fluidna tehnika - Ustnične gredne tesnilke s termoplastičnimi tesnilnimi elementi - 3. del: Skladiščenje, ravnanje z njimi in vgradnja	Rotary shaft lip-type seals incorporating thermoplastic sealing elements - Part 3: Storage, handling and installation
194.	SIST ISO 16589-2:2002	2002	Fluidna tehnika - Ustnične gredne tesnilke s termoplastičnimi tesnilnimi elementi - 2. del: Pojmi	Rotary shaft lip-type seals incorporating thermoplastic sealing elements - Part 2: Vocabulary
195.	SIST ISO 16589-1:2002	2002	Fluidna tehnika - Ustnične gredne tesnilke s termoplastičnimi tesnilnimi elementi - 1. del: Nazivne mere in tolerance	Rotary shaft lip-type seals incorporating thermoplastic sealing elements - Part 1: Nominal dimensions and tolerances
196.	SIST ISO 16656:2005	2005	Fluidna tehnika – Hidravlika – Kratkohodni valji z enostransko batnico s premeri 32 mm do 100 mm in za 10 MPa (100 bar) – Vgradne mere	Hydraulic fluid power - Single rod, short-stroke cylinders with bores from 32 mm to 100 mm for use at 10 MPa (100 bar) - Mounting dimensions
197.	SIST-TP ISO/TR 16806:2005	2005	Fluidna tehnika – Pnevmatika – Valji – Izračun in prikaz nosilnosti vodil	Pneumatic fluid power - Cylinders - Load capacity of pneumatic slides and their presentation method
198.	SIST ISO 16873:2003/AMD 1:2005	2005	Fluidna tehnika – Hidravlika – Tlačna stikala – Priključne površine – Dopolnilo 1	Hydraulic fluid power - Pressure switches - Mounting surfaces - Amendment 1
199.	SIST ISO 16873:2003	2003	Fluidna tehnika - Hidravlika - Tlačna stikala - Priključne površine	Hydraulic fluid power - Pressure switches - Mounting surfaces
200.	SIST ISO 16874:2005	2005	Fluidna tehnika – Hidravlika – Označevanje ventilskih blokov in njihovih sestavin	Hydraulic fluid power - Identification of manifold assemblies and their components

nadaljevanje sledi v Ventil 13(2007)6



Sprejmite izziv in se pridružite vodilnemu podjetju s področja fluidne tehnike!

Obseg poslovanja se nam nenehno širi, zato vabimo k sodelovanju:

prodajnega inženirja za področje Slovenije

- Če imate VI. ali VII. stopnjo izobrazbe strojne smeri,
- obvladate nemški ali angleški jezik,
 - poznate računalniška orodja MS Office,
 - ste samostojni, komunikativni, samoiniciativni,
 - motivirani za uresničitev poslovnih načrtov in osebnostni razvoj,
 - želite delati v mednarodnem podjetju in stimulativnem delovnem okolju,

Vas vabimo, da pošljete življenjepis in pismo, v katerem na kratko napišete, zakaj naj izberemo prav Vas.

Informacije in cenjene prijave sprejemamo v štirinajstih dneh po objavi na naslovu:

HYDAC d.o.o.

Zagrebška c. 20

2000 MARIBOR

tel.: 02 460 15 20 / faks: 02 460 15 22

e-mail: info@hydac.si

www.hydac.com

nadaljevanje s strani 348

- IRS – Kongres s poudarkom na tehnologijah uporabe infrardeče svetlobe v senzoriki in merilni tehniki

Informacije:

- internet: www.sensor-test.com

■ 5th FPNI PhD Symposium Krakow 2008

(5. postdoktorski simpozij v Krakovu)

01.–04. 07. 2008

Krakow, Poljska

Informacije:

- dr. Andrzej Sobczyk
- tel.: + 48 12 628 3405
- faks: + 48 12 628 3360
- e-pošta: sobczyk@mech.pk.edu.pl
- internet: <http://fpniphd08.pk.edu.pl/index.html>

■ The 11th Scandinavian Conference on Fluid Power SICFP '09

(11. skandinavska konferenca o fluidni tehniki 2009)

01.–03. 06. 2009

Linköping, Švedska
(predhodna najava)

ARS 2000 Automatski regalni skladiščni sistem



- Popolnoma avtomatsko upravljanje skladišča.
- Manipulacija s paletami z enostebnim regalnim transporterjem in rangirnim vozikom.
- Predaja in izdaja palet brez prisotnosti delavcev.
- Računalniško upravljanje in nadzor delovanja skladišča, ki zagotavlja sledljivost, stalen vpogled v stanje zalog in vrste blaga ter omogoča povezavo na poslovno informacijski sistem (PIS) kupca.
- Identifikacija blaga s črtno kodo ali spominsko kartico.
- Izvedba tudi za hladilnice, do -25 °C.



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

Zanimivosti na spletnih straneh

[1] **www.hydraulicspneumatics.com** – [Področja uporabe FT] – Revija *Hydraulics & Pneumatics* na svojih spletnih straneh ponuja izhodiščne informacije (prispevke, značilnosti uporabe, opise naprav in sestavin idr.) za različna področja uporabe. Informacije so na voljo pod naslednjimi naslovi:

- Construction (gradbeništvo),
- Entertainment (zabavišna oprema),
- Agricultural (kmetijska tehnika),
- Marine & Offshore (pomorstvo),
- Mining (rudarstvo),
- Plastics & Injection Moldings (polimeri in njihova predelava),
- Food Processing (živilska industrija),
- Forestry & Lumber (gozdarstvo in predelava lesa),
- Material Handling (strega in montaža),
- Recycling/Waste Management (Ravnanje z odpadki),
- Rail, Track & Bus (železniški in cestni promet).

[2] **www.hydraulicspneumatics.com** – [Priročnik in direktorij fluidne tehnike] – Revija *Hydraulics & Pneumatics* na svojih spletnih straneh predstavlja nov redni letni priročnik in direktorij fluidne tehnike z izčrpnimi podatki o izdelovalcih in ponudnikih sestavin naprav in opreme fluidne tehnike. Z vnosom vaše poštne številke dobite tudi izčrpen seznam zastopnikov posameznih firm na vašem ozemju in širšem območju. Ponudnike lahko iščete po seznamu izdelkov ali naslovu – imenu ponudnika.

[3] **www.hydraulicspneumatics.com** – [Vezja v fluidni tehniki] – Založba revije *Hydraulics & Pneumatics* po uspešni izdaji prve e-knjige z naslovom *Fluid Power Basics* (z 22 nadaljevanji – poglavji) nadaljuje z izdajo podobno zasnovane druge e-knjige s področja fluidne tehnike z naslovom *Fluid Power Circuits Explained* (Razlaga delovanja fluidnotehničnih vezij). Predvidevajo 23 nadaljevanj – poglavij (vsakih 14 dni) s podrobno obravnavo značilnih hidravličnih in pnevmatičnih pogonskih, krmilnih, varnostnih in pomožnih vezij.

[4] **www.hydraulicspneumatics.com** – [Skrivnosti hidravlike za poznavalce] – Revija *Hydraulics & Pneumatics* na svojih spletnih straneh ponuja tudi ocene knjig s področja fluidne tehnike, med njimi tudi knjigo o skrivnostih hidravlike za poznavalce z naslovom *Insider Secrets to Hy-*

draulics B. Caseyja. Avtor na 200 straneh natančno predstavlja vse potrebne informacije o standardih, primerjalnih preglednicah, enačbah, specifikacijah in drugih osnovah za izračune. Objavljen je tudi kratek slovar strokovnega izrazja.

Programska oprema za projektiranje v fluidni tehniki

Kreiranje shem:

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

Samodejna evaluacija in generiranje dokumentacije

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

Integracija FESTO kataloga

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

Integrirano delo z projekti

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

Vmesniki:

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

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

FESTO in ePLAN

licence, vzdrževanje, tehnična podpora, šolanje, svetovanje

Stegne 7, SI-1000 Ljubljana • tel.: 01/511 10 95 • fax: 01/511 30 79

GSM: 031/368 783 • info@exor-eti.si

www.exor-eti.si

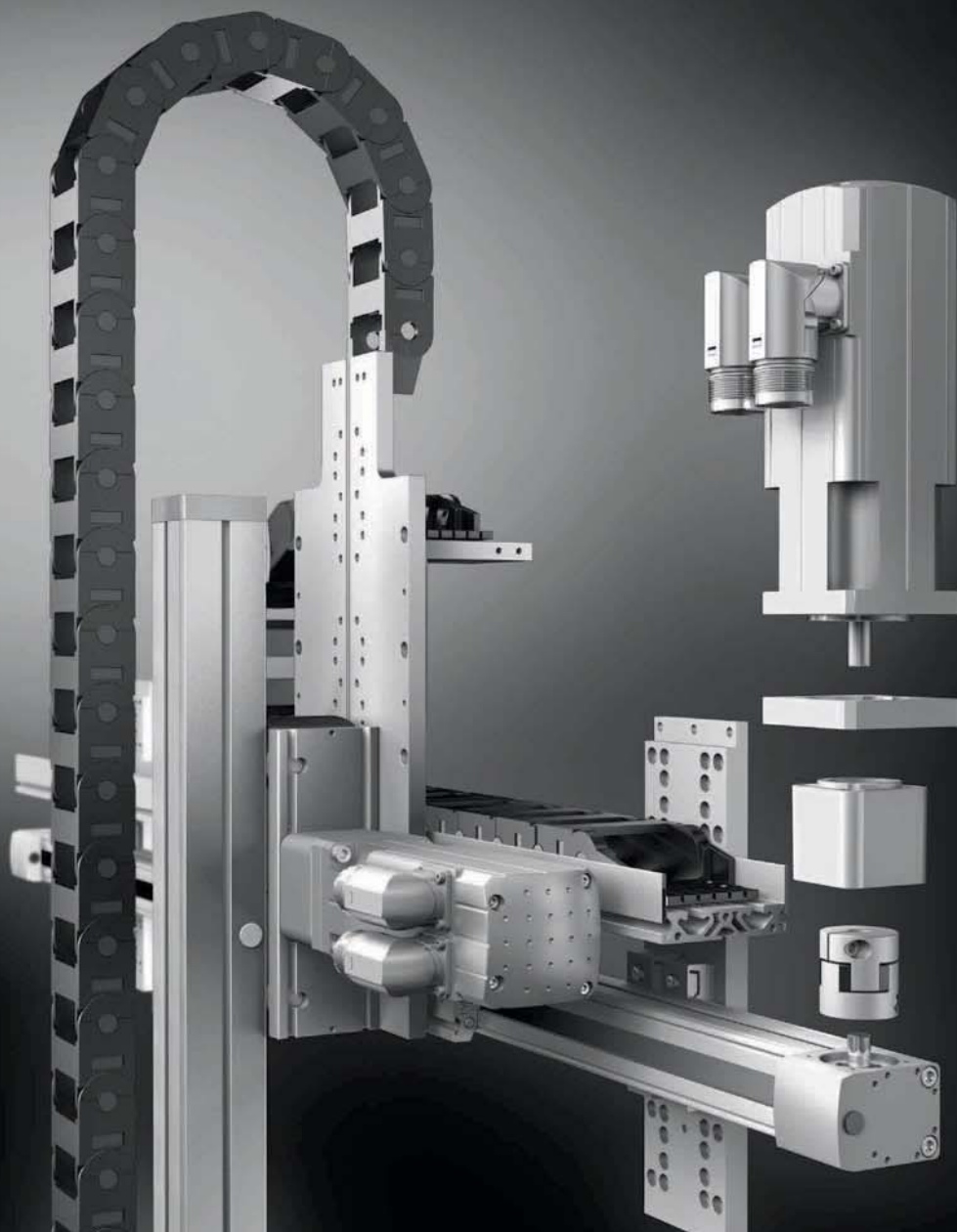
Seznam oglaševalcev

DAX, d. o. o., Trbovlje	357	KLADIVAR, d. d., Žiri	282
DOMEL, d. d., Železniki	351	LAMA, d. d., Dekani	281
DVS, Ljubljana	281	LE-TEHNIKA, d. o. o., Kranj	353
EXOR ETI, d. o. o., Ljubljana	356	MAPRO, d. o. o., Žiri	348
FESTO, d. o. o., Trzin	281	MOTOMAN ROBOTEC, d. o. o., Ribnica	343
HAWE HIDRAVLIKA, d. o. o., Petrovče	284	OLMA, d. d., Ljubljana	281
HIB, d. o. o., Kranj	317	OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin	352
HYDAC, d. o. o., Maribor	309,355	PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	281
HYPEX, d. o. o., Lesce	329	PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	301
ICM, d. o. o., Celje	316	PS, d. o. o., Logatec	343
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.)	22	SCHNEIDER ELECTRIC, d. o. o., Ljubljana	345
NORGREN, Lesce	281		
INEA, d. o. o., Ljubljana	355		
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	317		

Sistemi: vaša specifikacija – naše jamstvo

Avtomatizacija z električnimi pogoni

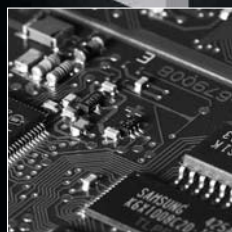
FESTO



Avtomobilska tehnika



Prehrana – pakiranje



Elektronika



Fleksibilna montaža

Rešitve avtomatizirane strege po vaši zamisli uporabe – jamčimo učinkovitost

Rešite se skrbi z lastno gradnjo strežnih sistemov z zjamčeno ceno, dobavo in učinkovitostjo. Festov team za ustrezne rešitve pri naročnikih je sestavljen iz strokovnjakov za električna in pnevmatična krmilja ter kableske povezave strojne opreme in standardnih strežnih sistemov. Na voljo so strokovnjaki za tridimenzionalno CAD-modeliranje, CAE-modeliranje funkcionalnosti in učinkovitosti! Zakaj bi se s temi vprašanji ukvarjali sami, če so rešitve za vas že tu?

Za dodatne informacije o inovativnih rešitvah električnih pogonov se obrnite na nas še danes!

Festo, d.o.o. Ljubljana
Blatnica 8

SI-1236 Trzin

Telefon: 01/530-21-00

Telefax: 01/530-21-25

Hot line: 031/766947

info_si@festo.com

www.festo.si