



OPL

FESTO

Merimo
LOTRIČ
za prihodnost

HYDAC

Parker

NORGREN

SICK

Sensor Intelligence.

MIEL OMRON
www.miel.si

Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo

MAPRO
HYDRAULIC MOVEMENT

SPIRING
www.spiring.si

- Intervju
- Regulacija hidravlične stiskalnice
- Regeneracija hidravličnih akumulatorjev
- Analiza in optimizacija omrežij stisnjenega zraka
- Dvostopenjska vetrna turbina
- Robotski krmilnik z odprto arhitekturo vodenja
- Iz prakse za prakso
- Podjetja predstavljajo

industrijska

olja in maziva



OLMA
www.olma.si

SINCE 1947

Hidravlične sestavine

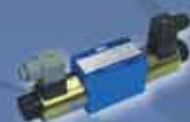
Hidravlični sistemi

Storitve

Program
zastopstev



Potni, tlačni in tokovni ventili
za odprte tokokroge



Zavorni ventili in izplakovalni
ventili za zaprte tokokroge



Posebni ventili in bloki



Hidravlične naprave



Motorji in črpalke



Elektronske sestavine



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

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

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

Vsebina	277	■ INTERVJU	
Impresum	279		
Beseda uredništva	279		
■ DOGODKI - POROČILA - VESTI	288	■ KRMIJENJE HIDRAVLIČNE STISKALNICE	
■ NOVICE - ZANIMIVOSTI	306	Željko ŠITUM: Force and position control of a hydraulic press	314
■ ALI STE VEDELI	362	■ HIDRAVLIČNI AKUMULATORJI	
Seznam oglaševalcev	372		
Znanstvene in strokovne prireditve	302	Aleksander STROGANOV, Leonid SHESHIN: Improvement of Heat-Regenerative Hydraulic accumulators	322

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

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

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

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

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

PARKER HANNIFIN
Corporation
Podružnica v Novem mestu
Velika Bučna vas 7
8000 Novo mesto
Tel.: + (0)7 337 66 50
Fax: + (0)7 337 66 51

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

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

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

MAPRO d.o.o.
Industrijska ulica 12,
4226 Žiri
Tel.: 04 510 50 90
Faks: 04 510 50 91
www.mapro.si

Pirnar & Savšek,
Inženirski biro, d. o. o.
Žabjek 18 A
1420 Trbovlje
Tel.: 03 56 60 400
Faks: 03 56 60 401
www.pirnar-savsek.si

■ PNEVMATIKA

Susanne V. KRICHEL, Oliver SAWODNY: Analysis and optimization of compressed air networks with model-based approaches 334

■ ROBOTIKA

Peter ČEPON, Matjaž MIHELJ, Marko MUNIH: Robotski krmilnik z odprto arhitekturo vodenja za industrijski manipulator Motoman MH5 342

■ VETRNE TURBINE

Vlado SCHWEIGER, Brane ŠIROK: Dvostopenjska vetrna turbina 348

■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

Ivan VENGUST: Avtomatizacija stroja za vezenje 354

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Sedežni kotni ventil VZXF (FESTO) 364

Sistem za vzdrževanje transformatorjev TCU (HYDAC) 365

■ NOVOSTI NA TRGU

Nove ABB-pogonske enote za robotske sisteme (ABB) 366

Nova generacija hidravličnih gibkih cevi Parker Compact Spiral (PARKER) 366

Miniaturni varnostni laserski skener (SICK) 367

■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Vodenje največje hibridne lokomotive z gorivnimi celicami na svetu z okoljem LabVIEW in krmilnikom CompactRIO iz družbe NI (NATIONAL INSTRUMENTS) 368

■ LITERATURA - STANDARDI - PRIPOROČILA

Nove knjige 370

■ PROGRAMSKA OPREMA - SPLETNE STRANI

Zanimivosti na spletnih straneh 372

VENTIL
REVUIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
ISSN 1318-7219 | AVGUST, 17/2011/4

- Intervju
- Regulacija hidravlične stiskalnice
- Regeneracija hidravličnih akumulatorjev
- Analiza in optimizacija omrežij stisnjene zraka
- Dvostopenjska vetrna turbina
- Robotski krmilnik z odprto arhitekturo vodenja
- Iz prakse za prakso
- Podjetja predstavljajo

industrijska
olja in maziva



YASKAWA
MOTOMAN



OBVLADAM RAZNOLIKOST

Zahvaljujoč novemu Motoman MPP 3 podjetja YASKAWA omejitev ni več. To nam v proizvodnji odpira popolnoma nove dimenzije.

www.yaskawa.eu.com
info@motoman.si, T: 01/ 8372 410



© Ventil 17(2011)4. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
© Ventil 17(2011)4. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Impresum

Internet:
www.revija-ventil.si

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

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

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

Letnik	17	Volume
Letnica	2011	Year
Številka	4	Number

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

Ustanovitelj:
SDFT in GZS – ZKI-FT

Izdajatelj:
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Glavni in odgovorni urednik:
prof. dr. Janez TUŠEK

Pomočnik urednika:
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:
Roman PUTRIH

Znanstveno-strokovni svet:

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

Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:
Narobe Studio

Lektoriranje:
Marjeta HUMAR, prof., Paul McGuiness

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

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

Marketing in distribucija:
Roman PUTRIH

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

Naklada:
2 000 izvodov

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

Revija sofinancira Javna agencija za knjigo Republike Slovenije (JAKRS).

Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.

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

Ali smo Slovenci sploh še deloven narod?



Pred dobrima dvema tednoma smo lahko v slovenskem dnevniku prebrali novico, da v Prekmurju ne morejo dobiti dovolj delavcev za pobiranje poljščin, obiranje sadja in druga sezonska opravila. Bistvo novice je bilo, da v Prekmurju kljub veliki brezposelnosti, ki je pri nas krepko preko 100.000 za delo sposobnih ljudi, ne morejo dobiti dovolj slovenskih delavcev. Drugo pomembno dejstvo iz te novice pa je, da so slovenski sezonski delavci, ki so sprejeli tovrstna opravila, tudi do 30 % manj učinkoviti kot delavci, ki jih dobijo iz tujine, iz republik bivše Jugoslavije, Bolgarije, Romunije in od drugod.

Pogostokrat slišimo mlade ljudi, ki pravijo, da bi se po zaključku šolanja najraje zaposlili v javni upravi; to je v državni službi, ker je manj stresna, pogostokrat manj zahtevna in najpogostejše za nedoločen čas.

Spomnim se informacije s konca sedemdesetih let prejšnjega stoletja, ki so jo objavili naši časopisi, da smo Slovenci glede na raziskave neodvisne mednarodne ustanove drugi najbolj delaven narod na svetu. Takrat smo se po analizi tuje institucije in tujih raziskovalcev glede delavnosti in glede pomembnosti dela za vsakega posameznika uvrstili takoj za Japonci.

Kaj se je zgodilo z našim narodom, s slovenskim človekom, da se je v tridesetih letih tako spremenil, da mu delo ni več ena od pomembnejših vrednot? Do takšne drastične spremembe ne more priti v enem letu ali enem desetletju, ampak je za to potrebnih več desetletij oziroma vsaj čas ene generacije.

Kje lahko iščemo razloge za takšno stanje? Kdo je za to kriv? Ali vzgoja doma, v družini ali v šoli? Ali je za to kriva politika ali družbeni sistem, v katerem živimo? Prav gotovo vsi naštetih akterji na tak ali drugačen način vplivajo na človekovo osebnost, njegov razvoj in na vrednote, ki jih vsak posameznik ima oziroma jih pač nima.

Brez zadržka lahko zapišem, da je za nastalo situacijo v veliki meri kriv prejšnji družbeni sistem. Ta je temeljil na družbeni lastnini, samoupravljanju, ateizmu ter bratstvu in enotnosti. Od vseh teh štirih aksiomov ni ostalo praktično nič. Privatna lastnina in pravica do veroizpovedi sta zapisani v naši ustavi, o samoupravljanju ne govori nihče več, bratstvo in enotnost pa sta se končala z vojnami med narodi naše bivše države.

Če je torej rezultat gesla bratstva in enotnosti popolnoma nasproten, kot je bil njegov namen in cilj, lahko nekaj podobnega zapišemo za samoupravljanje. Analogno lahko sklepam, da so rezultat samoupravljanja iz prejšnjega sistema odtujitev od dela in nezainteresiranost zanj po eni strani in po drugi samovšečnost, egoizem in diktatura direktorjev in vodij posameznih enot in oddelkov.

V tistem času smo bili vzgajani, da smo gospodarji, da smo gospodarji, da v podjetjih in povsod v službah sami odločamo in da so takšne ali drugačne odločitve v naših kolektivnih rokah. Toda eno je bila teorija, drugo pa praksa. Več desetletij mladi niso bili vzgajani za pridnost, ustvarjanje novih produktov, novih storitev, ampak za samoupravljanje, za boj za svoje pravice in zelo redko za svoje dolžnosti. V t. i. splošnem družbenem interesu ni bilo, da je delo vrednota, ki bi bilo podprto z dejstvi. Nekateri so sicer že takrat uspeli s svojimi inovacijami, z zasebno dejavnostjo, a so bile to res redke, svetle izjeme.

Ena od parlamentarnih strank je pred časom dala v svoj program, da bo, seveda če bo prišla na oblast na naslednjih volitvah, v srednje šole vpeljala nov predmet podjetništvo. To je odlična zamisel. Vprašanje je samo, kako bo to izpeljano, kdo bo sestavil program in kdo bo mladim to snov predaval. Upam, da učitelji tega predmeta ne bodo podobnega ali enakega kova kot naši teoretiki z ekonomskega področja, na primer profesorja tipa Tajnikar ali Mencinger. Če se to zgodi, bodo predavali socialistično politično ekonomijo, ravnali pa ravno obratno. Predmet podjetništvo bi moral mladim predavati učitelj praktik, ki je svoje podjetje ustanovil in ga vsaj deset let uspešno tudi vodil. Upam, da tu ne bodo potrebne kakšne druge nelogične reference ali pa celo kakšne objave člankov v mednarodnih in citiranih revijah. V Sloveniji imamo takšnih uspešnih podjetnikov zelo veliko. Problem je, da so ti ljudje neopazni, da so tiho, delajo in vodijo podjetje, ker jim je to vrednota.

Kako lahko posameznik živi kakovostno, če mu delo ni veselje ali pa ga celo sovraži? Kako lahko preživi država, če je v splošnem delo nekaj osovraženegega? Ko bomo posamezniki v delu našli veselje, zadovoljstvo in smisel, bomo resnično srečni in le tako bomo lahko ustvarjali državo in domovino, ki bo gospodarsko uspešna in ugledna, kar vsi tako pogrešamo.

Janez Tušek

Naša znanstvena sfera se na žalost ne posveča integriranemu sodelovanju z industrijo, kar bi morala biti ena od priorit

Življenjska pot vsakega človeka je unikatna in edinstvena zgodba. Življenjska pot Janeza Peklenika, akademika, profesorja strojništva in doktorja tehniških znanosti s številnimi znanstvenimi, pedagoškimi in častnimi nazivi, pa je nekaj posebnega, je izjemno bogata, pestra, zanimiva in težko primerljiva z drugimi. Kako je mogoče, da mladega inženirja strojništva v petdesetih letih prejšnjega stoletja iz lepe in umirjene Slovenije požene v kruti kapitalistični (kot so nas takrat učili) svet in da tam uspe, se preseli v drugo industrijsko razvito državo in tudi tam uspe, se vrne v Slovenijo, sodeluje z znanstveniki in profesorji s celega sveta in tu v Sloveniji svoje znanje nesebično prenaša na študente, sodelavce in industrijo. Predaval je mnogim generacijam, bil mentor številnim diplomantom, magistrandom in doktorandom. Bil je dekan Fakultete za strojništvo, rektor Univerze v Ljubljani, njen zaslužni profesor in še veliko več. Prav to je bil razlog, da smo se v uredništvu revije Ventil odločili, da spoštovanemu akademiku ob njegovem visokem življenjskem jubileju, ob njegovem 85. rojstnem dnevu, postavimo nekaj vprašanj, da ga bolje spoznamo, ker smo prepričani, da je med našimi bralci mnogo njegovih bivših študentov, diplomantov, sodelavcev in drugih znancev iz akademskih in industrijskih krogov.



Prof. Dr. Ing. habil., Dr. h. c. mult., Janez Peklenik

Ventil: *Gospod akademik, prosim, da na kratko opišete vaš začetek poklicne poti. Zakaj ste se odločili za strojniško poklicno kariero, kakšno srednjo šolo ste zaključili in kako ste prišli do poklica diplomirani inženir strojništva?*

Prof. Peklenik: V marcu 1941 nas je zasedla agresivna Hitlerjeva Nemčija. Šolanje na gimnaziji v Ljubljani sem zato moral po četrtem letniku prekiniti in se preseliti domov v

Kranj. Nemška oblast je prepovedala nadaljnje gimnazijsko izobraževanje. V septembru 1941 je ugledno mehansko podjetje iz Berlina prevzelo eno od tovarn v Kranju in odprlo vajeniška delovna mesta za Slovence. V oktobru smo se pričeli usposabljanje za delo na obdelovalnih strojih. Tako sem postal orodjarski vajenec. Delal in učil sem se z veseljem in po dveh letih me je vodstvo nemške tovarne, kot nagrado za prizadevno delo, skupaj s še tremi najboljšimi vajenci v juniju 1943 poslalo v Berlin. Tam sem se v mesecu dni, kolikor je trajal naš obisk, lahko seznanil z mnogimi pomembnimi pristopi na področju proizvodnje v strojništvu. Leta 1944 sem se pridružil partizanom Prešernove brigade. V začetku leta 1945 sem bil kot mitraljezec poslan v Jeseniško-Bohinjski odred. Vse tja do 11. maja 1945 sem tako sodeloval v bojih proti nemškemu okupatorju in slovenskim enotam, ki so z njim sodelovale. Imel sem veliko srečo, da



Prof. Peklenik je veliko časa posvetil tudi praktičnemu delu v laboratoriju

sem kljub mnogim tveganim in zelo nevarnim podvigom ostal živ.

V septembru 1945 sem se vrnil k prekinjenemu šolanju in v Kranju uspešno opravil vse izpite za manjkajoče štiri razrede gimnazije. Maturiral sem v maju 1946. Jeseni tega leta sem se vpisal na Fakulteto za strojništvo v Ljubljani. V drugem letniku me je kot mladega raziskovalca in izučenega vajenca vzel pod svoje okrilje znameniti profesor Feliks Lobe in me zaposlil v svoji raziskovalni skupini na različnih inovativnih raziskavah, ki sem se jih zavzeto in navdušeno loteval. V letu 1954 sem z odličnim uspehom zaključil študij na FS in postal diplomirani inženir strojništva.

Ventil: *Kakšni so vaši današnji spomini na študentska leta?*

Prof. Peklenik: Bil sem uspešen študent, ker sem se vedno z veseljem in zavzetostjo loteval zahtevnih nalog, bodisi s področja fizike, strojnih elementov, tehnologij in sistemov ali pa elektrotehnike in kemije. Kot izučeni vajenec sem obvladal tudi ročne spretnosti, kar mi je pri opravljanju mnogih del na strokovnem področju zelo koristilo.

Ventil: *Kmalu po zaključku študija vas je pot vodila v tujino. Kaj so bili razlogi za takšno odločitev, kako ste se vživeli v tuje okolje, kje ste pridobili*

naziv doktor znanosti in kje prve nazive za pedagoško delo?

Prof. Peklenik: Po zaključku študija sem želel svoje znanje poglobljati na univerzi ali v kakšnem dobro razvitem podjetju, vendar pri tem nisem uspel. S posredovanjem prof. Lobeta pa se mi je ponudila priložnost, da odidem v Nemčijo, na RWTH Aachen, visoko šolo, ki je delovala že vse od leta 1907 in beležila zavidljive uspehe tako na področju izobraževanja kot pri raziskovalnem delu.

Aprila 1955 sem dobil mesto na Inštitutu za obdelovalne stroje in proizvodno inženirstvo (WZL) v okviru te univerze in začel z raziskavami brušenja ob aplikaciji novih teoretičnih metod in iskanju praktičnih rešitev, ki naj bi pripomogle k naprednejši tovarniški proizvodnji. Ena takšnih rešitev je bila tudi nova metoda za kontrolo trdote vseh vrst brusov. Ta je bila v naslednjih letih kot moj patent uvedena v mnoge proizvodne sisteme v svetu.

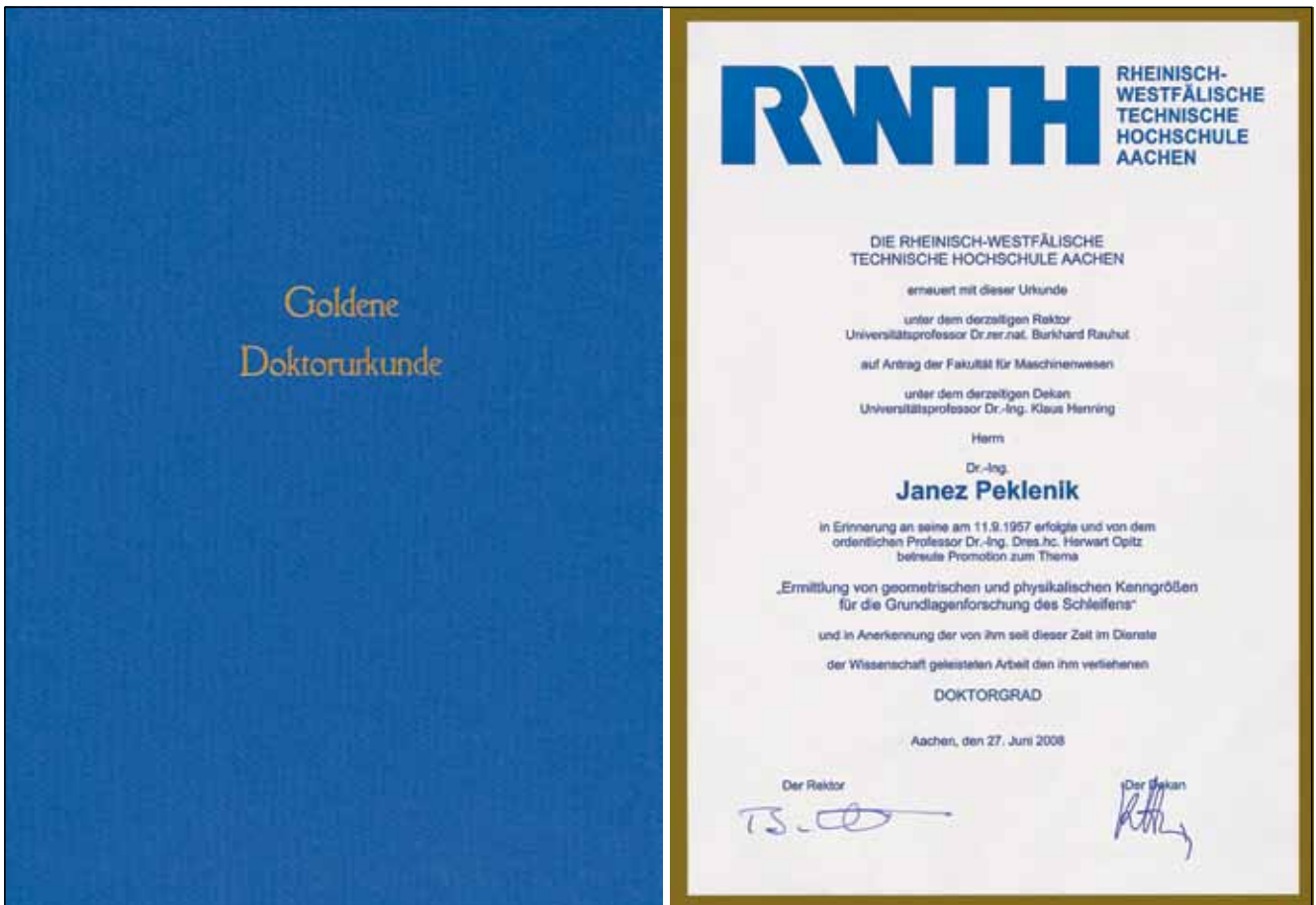
V juliju 1957 sem z odliko doktoriral z disertacijo »*Ermittlung von geometrischen und physikalischen Kenngrößen für die Grundlagenforschung des Schleifens*«. Po nadaljnjih štirih letih sem leta 1961 na Univerzi v Aachnu še habilitiral. Raziskoval sem probleme natančnosti v avtomatizirani proizvodnji, Genauigkeitsfragen in

der automatisierten Fertigung, in bil izvoljen za docenta te univerze. Razvijal sem povsem novo proizvodno področje, Manufacturing Systems, in ga začel uvajati v proizvodne sisteme. Danes se ta zahtevna in univerzalna tehnologija zelo uspešno uporablja po vsem svetu. V letu 1964 sem bil izvoljen za rednega profesorja na University of Birmingham (Velika Britanija), kjer sem ustanovil prvo stolec za obdelovalne sisteme v svetu. Tam sem deloval do leta 1972. Za isto področje sem bil leta 1964 izvoljen tudi na University of Illinois, Urbana (ZDA), ter tam prav tako predaval in raziskoval tehnično kibernetično do leta 1974. V obdobju od 1961 do 1974 sem na teh dveh univerzah med drugim raziskoval zelo zapleten mehanizem brušenja, fizikalni trdotni sistem za brusilne naprave, teorijo karakterizacije površin, korelacijsko teorijo brusilnih procesov, novi razvoj pri karakterizaciji površin in meritve z analizo randomskega procesa, običajno brušenje in brušenje z visokimi hitrostmi s pomočjo stohastičnih energijskih modelov, razvoj in integracijo koncepta obdelovalnega sistema, njegovo adaptivno krmiljenje in kompleksnost itd. Izsledke teh raziskav sem posredoval tako študentom na predavanjih kot na mednarodnih strokovnih srečanjih.

Ventil: *Čeprav ste bili v tujini zelo uspešni, ste se konec šestdesetih let vrnili v Slovenijo. Tudi to verjetno ni bila lahka odločitev. Kaj so bili najpomembnejši razlogi za takšno odločitev?*

Prof. Peklenik: Vedno sem poudarjal, da bi kot Slovenec želel delovati v domovini. Nekaterih pomembnih funkcionarjev to ni prav nič zanimalo, spet druge zelo. Zato so mi omogočili, da sem pričel z delom na Univerzi v Ljubljani že v začetku sedemdesetih let, sicer z majhnimi obremenitvami, pa vendar. V letu 1972 sem se vrnil v Ljubljano na Fakulteto za strojništvo. Ljubo mi je bilo, ker je bil eminentni profesor Lobe tega zelo vesel.

Omenim naj tudi, da mi je v Birminghamu leta 1966 umrla žena in ostal sem sam s tremi otroki. To je bil še



Zlata doktorska disertacija TU Aachen za odlične dosežke na področju znanstvenih raziskav

dodaten razlog, da sem se dokončno odločil za vrnitev v Slovenijo.

Ventil: *Ko ste se vrnili in pričeli z delom na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, ste močno vplivali na spremembo študijskega programa in način študija. Vpeljali ste kar nekaj novih študijskih programov in predmetov za študente. Kako danes po štiridesetih letih, ko se je v minulih letih program študija že večkrat zamenjal, gledate na takratni modulni študij?*

Prof. Peklenik: Na univerzah v Birminghamu in Urbani sem razvil nove študijske in raziskovalne programe, v okviru katerih sem predaval Krmilne sisteme, Tehnično in proizvodno kibernetiko, Konstruiranje obdelovalnih sistemov s kibernetiko in avtomatizacijo, Natančnost avtomatiziranih obdelovalnih sistemov v povezavi z energetskimi kvanti in entropijo, Geometrično adaptivno krmiljenje obdelovalnih sistemov ter Statistično kontrolo kvalitete obdelovalnih sistemov v proizvodnji. S temi predavanji sem nadaljeval na FS pri t. i.

modulnem študiju, ki je študentom in podiplomcem posredoval inovativno znanje, temelječe na zahtevni računalniški tehnologiji in informatiki ter poznavanju splošnega strojništva, fizike, elektrotehnike, kemije in še nekaterih drugih pomembnih področij. Ob takšnem konceptu študija so imeli študenti odlične možnosti, da skupaj s predavatelji in njihovimi asistenti razvijajo inovativne primere konstrukcij, krmiljenja, natančnosti itd. ter aktivno sodelujejo s proizvodnimi sistemi, kar je nedvomno prispevalo k nekaterim bolj učinkovitim pristopom v naši industriji.

Ventil: *Ste akademik in redni član Slovenske akademije znanosti in umetnosti, kar je pri nas in v tujini najvišji možen naziv. Nekateri strokovne, znanstvene, pedagoške in častne nazive ste dobili doma v Sloveniji in bivši Jugoslaviji, nekatere v tujini. Prepričan sem, da vsi bralci revije Ventil ne poznajo vseh nazivov, ki ste jih v karieri pridobili, zato vas lepo prosim, da jih naštejete, kratko*

opišete in poveste, kje ste jih pridobili.

Prof. Peklenik: Leta 1966 sem bil sprejet v članstvo CIRP (International Academy for Production Engineering), v letu 1979/80 sem bil izvoljen za predsednika te institucije, leta 1997 pa sem postal njen častni član (Honorary Fellow). Raziskovanje strukture in proizvodnega delovanja inovativnih obdelovalnih sistemov sem prenesel tudi v CIRP in leta 1968 ustanovil letne mednarodne seminarje, v okviru katerih smo industriji prikazali pomembne novosti. Ti seminarji se še vedno organizirajo vsako leto in so zelo odmevni.

Ko sem januarja 1961 na TH Aachen habilitiral, mi je bila takoj podeljena docentura in začel sem predavati o avtomatizaciji obdelovalnih sistemov.

Leta 1964 sem bil izvoljen kot redni profesor na University of Birmingham (Anglija) in University of Illinois (ZDA). V letu 1965 sem bil imenovan

za rednega profesorja na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, s kontinuiranim delom pa sem pričel v letu 1972/73. Ustanovil sem Katedro za tehnično kibernetiko, obdelovalne sisteme in računalniško tehnologijo s pripadajočimi laboratoriji.

V letih 1973–1976 sem opravljal funkcijo dekana FS, v letih 1987–1990 pa sem bil rektor Univerze v Ljubljani.

V študijskem letu 1962/63 sem bil gostujoči profesor na Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh (ZDA), kjer sem deloval na zahtevnem raziskovalnem področju proizvodnih površin. Rezultate teh raziskav so uspešno aplicirala proizvodna podjetja v ZDA in drugih industrijskih državah.

Leta 1970 sem bil izvoljen za dopisnega, leta 1979 pa za rednega člana SAZU. Kot vabljeni profesor sem deloval na več kot 50 univerzah in visokih šolah po svetu.

Med najpomembnejše spada Nanjing Aeronautical and Astronautical University na Kitajskem, kjer sem v letih 1979 in 1982 okoli 130 kitajskim profesorjem predaval o novih rešitvah na področju obdelovalnih sistemov, vlogi računalniških in tridimenzionalnih tehnologij površin v zahtevnih proizvodnjah itd.

Podobna predavanja sem imel tudi na univerzah Berlin, Stuttgart, München, Aachen, London, Cambridge, Manchester, Grenoble, Paris, Madison, Chicago, Cincinnati, Ann Arbor, San Francisco, Los Angeles, Haifa, Milano, Torino, Pisa, Liège, Stockholm, Trondheim, Amsterdam, Zürich, Freiburg, Nanjing, Tokio, Osaka, Sydney, Petersburg, Moskva itd. Tu sem navedel samo najpomembnejše univerze, na katerih sem predaval. Vseh skupaj jih je 56, v različnih delih sveta.

Za svoje raziskovalno in pedagoško delo sem bil nagrajen tako doma kot v tujini. Še kot študentu mi je bila leta 1949 in ponovno leta 1952 podeljena Prešernova nagrada Univerze v Ljubljani, za raziskovalne rezultate v strojništvu. Leta 1959 sem prejel znanstveno nagrado F. W. Taylor Medal CIRP-a, leta 1974 mi je Jugoslavija podelila Kidričevo nagrado za delo »Karakteristike ovojnice tehničnih površin in njen pomen za funkcijsko obnašanje«, tega leta sem prejel tudi japonsko medaljo Okoshi. V letu 1981 mi je bila podeljena ameriška medalja F. W. Taylor za znanstvene dosežke na področjih teorije odrezavanja, brušenja in obdelovalnih sistemov. V tem času sem bil edini v svetu, ki je prejel dve F. W. Taylorjevi medalji. Kitajska znanost me je leta 1982 nagradila za znanstvena dela in predavanja kitajskim univerzitetnim

profesorjem z nazivom častni profesor in častni doktor znanosti. Leta 1988 je sledilo visoko nemško odlikovanje Georg Schlesinger za dosežke na področju proizvodnih sistemov. Slovenija me je leta 1991 počastila z imenovanjem za ambasadorja znanosti in v letu 1996 z državnim odlikovanjem za življenjsko delo na področju znanosti. Leta 1986 sem bil v ZDA izvoljen v njihovo Inženirsko akademijo in postal Fellow of SME, leta 1988 pa za rednega člana Academie Europaeae s sedežem v Londonu. Sledila je izvolitev v članstvo Ruske inženirske akademije leta 2001. Leta 1995 sem ustanovil Inženirsko akademijo Slovenije in bil njen predsednik do 2001, ko sem bil izvoljen za častnega člana. V letu 2009 mi je nemška Tehniška univerza, Aachen, podelila zlato doktorsko disertacijo (Golden Ph.D. h. c.) za odlične dosežke na področju znanstvenih raziskav.

Ventil: *Večkrat ste bili vabljeni v tujino kot profesor oziroma predavatelj na določeno temo. Kako je, ko nekdo iz majhne Slovenije predava, na primer na Kitajskem, kamor ste bili tudi vabljeni kot profesor?*

Prof. Peklenik: Na Kitajsko sem bil povabljen leta 1979, nekaj mesecev naj bi predaval univerzitetnim profesorjem z znanih univerz, ki jim z neprimernimi in premalo razvitimi znanji ni uspevalo v zaželeni meri povečati kvalitete in učinkovitosti študija in pospešiti prenosa novih znanj na industrijsko področje. Tako sem na Aeronautical and Astronautical University v Nankingu približno tri mesece predaval 135 profesorjem z odličnih kitajskih univerz. Ti so si resnično prizadevali, da bi osvojili povsem inovativno znanje s področja proizvodne optimizacije, krmiljenja s pomočjo računalnikov, obdelovalne kvalitete z ocenjevanjem kvalitete površin, fleksibilnih obdelovalnih sistemov itd. Ker so kasneje želeli pridobiti še več novega proizvodnega znanja, sem bil leta 1982 ponovno povabljen na to letalsko univerzo in spet skoraj tri mesece predaval preko 130 profesorjem. Uspehi niso izostali, saj je ta univerza nova znanja začela zelo učinkovito in velikopotezno uvajati v industrijsko



Prof. Peklenik z asistenti in študenti

proizvodnjo letal. Meni pa so istega leta podelili naslov častnega profesorja Univerze v Nankingu in častni doktorat znanosti.

Ventil: *Na slovenskih univerzah je zelo veliko profesorjev, ki so na isti fakulteti študirali, diplomirali, dobili prvo službo, pridobili vse znanstvene in pedagoške nazive ter opravljajo pedagoško in znanstveno delo do svoje upokojitve. To prav gotovo ni pravilo v tujini, na tujih univerzah in fakultetah. Kako bi po vašem mnenju lahko to prakso pri nas spremenili?*

Prof. Peklenik: To, kar se pogosto dogaja pri nas, ko ljudje, ki so si pridobili pedagoške in znanstvene nazive, ostajajo na matični fakulteti do upokojitve, je seveda nesprejemljivo. V državah z dobro razvitimi proizvodnimi sistemi kaj takega ni mogoče. Pri nas bi s takšno prakso morali prenehati, po mojem takole:

Kandidat, ki je bil dober študent in želi postati univerzitetni učitelj, mora po opravljenem doktoratu nujno poiskati primerno delo v kvalitetni industriji. Nekaj let naj se aktivno posveča proizvodnim problemom, njegove raziskave pa naj vodijo do novih, boljših rezultatov. Tako si bo pridobil pomembno znanje in izkušnje, ki jih bo potreboval pri pedagoškem in raziskovalnem delu s študenti in sodelavci na univerzi ali visoki šoli. Študenti, ki si želijo pridobiti kvalitetno in uporabno znanje, bodo takšnim učiteljem zelo naklonjeni in hvaležni. Tudi vodje proizvodnih sistemov bodo prav gotovo cenili takšen pristop k izobraževanju svojih sodelavcev.

Da bi se tak način kadrovanja bodočih profesorjev lahko realiziral, mora vodstvo univerze določiti obvezne postopke in pravilnike, ki jim bodo kandidati za nazive lahko zadostili le z večletnim aktivnim udejstvovanjem v industriji.

Ventil: *Kljub vsemu je vaš najpomembnejši poklic pedagog. Kako si vi zamišljate idealnega profesorja na tehnični univerzi v splošnem in v Sloveniji, ki je precej specifična, ker ne obstaja možnost izmenjave profesor-*

jev med več sorodnimi ali podobnimi fakultetami?

Prof. Peklenik: Moje mnenje je, da mora vsaka tehnična fakulteta, ki želi kvalitetno izobraževati, posvečati veliko skrb izbiri pedagoških kadrov. Vsak kandidat, ki naj bi bil izvoljen za predavatelja, docenta ali profesorja, mora biti selekcioniran iz proizvodnje, kjer je nekaj let dosegal zelo dobre proizvodne rezultate. To mora biti tudi dokazljivo! Tako bo na novem delovnem mestu resnično lahko prispeval k razvoju in rezultatom študija. Vodstvo univerze ali/in fakultete ima tu pomembno nalogo, naložena mu je velika odgovornost.

Ventil: *Veliko profesorjev na Fakulteti za strojništvo je vrhunskih, svetovno priznanih strokovnjakov, ki veliko objavljajo v eminentnih tujih znanstvenih revijah, mnogi med njimi zelo veliko delajo za industrijo, so praktično usmerjeni in nekoliko manj objavljajo v tujih revijah. Veliko profesorjev je odličnih pedagogov, ki manj delajo z industrijo in manj objavljajo, a so zelo priljubljeni med študenti. Vemo, da vsak pedagog na vseh treh prej omenjenih področjih ne more biti v sami svetovni špici. Kakšen tip profesorja je po vašem mnenju najbolj primeren za Fakulteto za strojništvo v Ljubljani?*

Prof. Peklenik: Zdi se mi ključnega pomena, da vsak predavatelj, docent in profesor svojim študentom posreduje znanje, oceno razvoja, rezultate pomembnih raziskav itd. v strojništvu. Predavanja morajo biti razumljiva, nakažejo naj dejansko sliko in možnosti uporabe novih spoznanj pri praktičnih rešitvah. Takšen pristop mora povsem jasno definirati vodstvo fakultete, vsak učitelj naj bi si prizadeval ustvarjati pogoje za najboljšo proizvodno situacijo.

Ventil: *Za pravega pedagoga na tehničnem področju je izjemno pomembna njegova znanstvena in strokovna usposobljenost. Ali je za vas bolj pomembno, da ima profesor na strojni fakulteti strokovne izkušnje iz neposredne proizvodnje ali pa le znanstvene iz laboratorija, s pomočjo računalnika in teoretičnih raziskav?*

Prof. Peklenik: Vsak profesor na tehnični fakulteti, ki teoretično obvlada delovanje računalnika, korelacijske teorije itd., mora imeti tudi izkušnje iz prakse. Obvladati mora teorijo in jo znati uporabiti v praksi.

Ventil: *Študij strojništva je bil pred tridesetimi in štiridesetimi leti eliten. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja je zaradi poznanih razlogov izgubil ves svoj ugled. Zadnja leta ponovno pridobiva na pomenu. Kako bi po vašem mnenju ugled študija strojništva ponovno dvignili na nekdanji nivo? Tu mislim predvsem pri mladih, pri dijakih, ki po maturi izbirajo smer študija.*

Prof. Peklenik: Pred približno štiridesetimi leti sem na FS ustanovil Katedro za tehnično kibernetiko, obdelovalne sisteme in računalniško tehnologijo s pripadajočimi laboratorijskimi enotami. Na tej katedri je diplomiralo preko 250 študentov, magistriralo kakih 90 in doktoriralo okoli 30 kandidatov. Ko sem leta 1996 zapustil vodstveno mesto na tej katedri, sta moje delo prevzela dva sodelavca in nadaljevala s predavanji, ki so temeljila na originalnih strokovnih izsledkih mojega raziskovalnega dela na univerzah v Nemčiji, Angliji in ZDA, pa tudi na FS. Nekaj let so se ti študijski koncepti tudi realizirali. Vendar moram povedati, da so nekateri profesorji na FS svojevoljno posegali v strukturo študija, kot sem jo zastavil, prenašali nekatere predmete na svoja imena in podobno. Tako se je v zadnjih desetih letih moj sistem študija na Katedri za tehnično kibernetiko seveda sesul.

Ko sem deloval na TH Aachen, sem bil sodelavec prof. Herberta Opitza. Ta odlični profesor je začel s predavanji in raziskovalnim delom leta 1936. Ko je leta 1975 odšel v pokoj, je bilo ob njem 387 sodelavcev, od katerih je bilo 121 asistentov in nekaj predavateljev. Njegov »Werkzeugmaschinenlabor« so po profesorjevi upokojitvi začeli voditi štirje univerzitetni profesorji, kot prvovrstna učna in raziskovalna enota. Tako ta za nemško gospodarstvo izredno pomembna delovna univerzitetna smer ostaja še danes organizirana

kot pred petdesetimi leti.

Če pogledamo razvoj dogodkov pri nas, lahko ugotovimo, da je bil koncept Katedre za tehnično kibernetiko zaradi posegov nekaterih profesorjev FS spremenjen, v negativnem smislu. Razveseljujoči so glasovi, da se situacija na tej, pa tudi drugih katedrah sedaj izboljšuje.

Ventil: V zadnjih letih je Fakulteta za strojništvo v Ljubljani v slovenskem prostoru dobila kar nekaj konkurence z ustanovitvijo novih fakultet, na primer Fakultete za energetiko v Krškem ali z ustanovitvijo podiplomske šole na Institutu Jožef Stefan v Ljubljani in z ustanovitvijo višjih strokovnih šol v Novem mestu, Celju, Škofji Loki in drugje. Kako bi se morali soočiti s to konkurenco in kaj sporočate mladim, ki se odločajo pri izbiri študija in pri izbiri višje šole oziroma fakultete? V čem ima Fakulteta za strojništvo v Ljubljani prednost pred drugimi podobnimi novimi ustanovami po Sloveniji?

Prof. Peklenik: Kot sem že omenil, se učni in raziskovalni sistem na FS bistveno izboljšuje. Mladi in zavzeti študentje bodo poleg inženirskih naslovov, magisterijev in doktoratov imeli tudi kompetentno znanje, kar bo odločilnega pomena za vsestransko uspešen gospodarski razvoj naše države. Ugotavljam pa, da so strokovni in razvojni napor naših strokovnjakov včasih vprašljivi, ker na razvojno politiko proizvodne industrije vpliva po eni strani del državnega vodstva, po drugi strani pa omejene možnosti strokovnjakov, ki so dejansko odvisni od finančnih odločitev lastnikov podjetij. Tuji lastniki proizvodnih podjetij imajo močan vpliv na naše proizvodne sisteme in pridobivanje finančnih sredstev, kar je za celotno gospodarstvo povsem nesprejemljivo stanje.

Iz navedenih razlogov je zelo važno, da tehniške fakultete na univerzah v Ljubljani in Mariboru začnejo iskati rešitve, ki bodo zagotovile uspešno strukturiran gospodarski sistem Slovenije. Nekateri dokaj nerazsodno ustanovljene fakultete in višje strokovne šole, ki si danes lastijo pravico

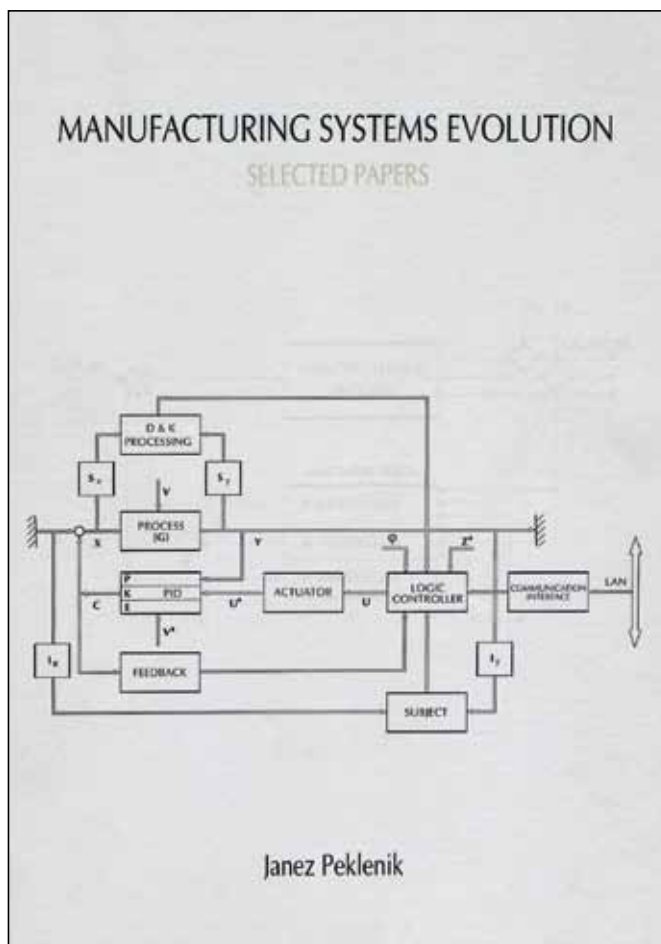
do izobraževanja vodilnih strokovnjakov in niso članice ene od kvalitetnih slovenskih univerz, je po mojem mnenju potrebno ukiniti, ker ne morejo ali/in ne znajo izobraževati res kvalitetnih mladih strokovnjakov.

Ventil: Živimo v izjemnih kriznih časih. V slovenski strojni industriji imamo zelo malo produktov, ki so plod domačega znanja in se prodajajo na svetovnem trgu. Ko vi danes gledate na to slovensko strojno industrijo, ali menite, da so bile na naši strojni fakulteti

v zadnjih štiridesetih letih narejene kakšne bistvene napake? Kaj bi naredili na naši fakulteti za strojništvo z vašim današnjim znanjem in izkušnjami, če bi lahko kolo časa zavrteli za štirideset let nazaj in bi imeli popolno svobodo pri odločanju?

Prof. Peklenik: Z ozirom na izjemno krizno situacijo v naši družbi bi bilo nujno, da se čim prej posvetimo resničnemu izboljšanju našega razvojnega in proizvodnega sistema. Ta mora razvijati originalne produkte in postopke tako za našo državo kot za široki svet. Zato bo prav gotovo potrebno tudi strojno fakulteto reorganizirati. Pridobiti je treba bistveno večja finančna sredstva za razvoj in postopke ključnega pomena, ki bodo omogočali inovativne produkte in procese v posameznih industrijah. Vodstvo FS lahko pomembno vpliva na proizvodnjo v naši industriji.

Politično vodstvo države mora poskrbeti, da bodo prvovredni stro-



Janez Peklenik

Zbornik del prof. Peklenika, izdan na FS Ljubljana ob njegovi 70-letnici

kovnjaki v strojništvo, elektrotehniko in na drugih vitalnih področjih imeli vso možnost usmerjati proizvodnjo in imeti na razpolago primerna denarna sredstva. Svoboda pri odločanju bi nedvomno pripeljala do dobrih gospodarskih rezultatov, ki smo jim že bili priča pred štiridesetimi leti, pa tudi kasneje.

Ventil: Pogosto slišimo, da sta pri nas znanstvena sfera in industrija vsaka na svojem bregu in da praktično ni povezovanja in sodelovanja. Seveda to popolnoma ne drži, toda s stanjem prav gotovo ne moremo biti zadovoljni. Kaj bi bilo treba spremeniti, da bi se situacija izboljšala?

Prof. Peklenik: Industrije v Sloveniji so v zadnjih dvajsetih letih prišle pod odločujoč vpliv inozemskih proizvajalcev in njihovih gospodarskih odločitev, pa tudi v njihovo lastništvo. Naša podjetja postajajo vse bolj pogosto le izvajalci del in uslug tujcem, kar pri tem pridobijo, so zgolj

dokaj revni zaslužki delavcev. Le medžerji so deležni razmeroma dobrih dohodkov, ki pa glede na obseg dejanske proizvodnje še vedno niso ustrezni. Ves dobiček odhaja v tujino.

Naša znanstvena sfera se na žalost ne posveča integriranemu sodelovanju z industrijo, kar bi morala biti ena od prioritet. Po mojem mnenju je nujno potrebno v čim krajšem času sodelovanje med znanstveno sfero in proizvajalci reorganizirati na način, ki bo omogočil takšno stanje, kot že dolgo časa vlada npr. v nemški, švicarski, angleški industriji.

Ventil: *V zadnjih letih naša država nameni kar nekaj sredstev za raziskave in razvoj, nekaj sredstev lahko naše raziskovalne institucije pridobijo tudi iz evropskih skladov. Ministrstva, ki podeljujejo denar za raziskave in razvoj, imajo pač svoja merila. Kaj bi bilo po vašem mnenju najboljše merilo za razdeljevanje državnega denarja za raziskave in razvoj pri nas? Ali ta denar nameniti inštitutom, fakultetam ali industriji?*

Prof. Peklenik: Imamo vrsto ministrstev, ki financirajo tako fakultete in raziskovalne inštitute kot industrijska podjetja. Sredstva se razdeljujejo upoštevajoč osebne želje, predstave in predloge, ob tem pa se ne preverja, ali raziskovalci in proizvajalci dejansko izvedejo dela, za katera so prejeli sredstva. Takšna filozofija sicer vodi k razgibani dejavnosti v raziskovalnih in razvojnih sistemih, rezultati pa so v mnogih primerih neuporabni ali pa jih sploh ni.

Zakaj se takšno negativno financiranje realizira? Zdi se mi, da je odgovor preprost. V ministrstvih in drugih vladnih enotah, odgovornih za napredovanje in razvoj naših proizvodnih sistemov, ki naj bi imeli jasne razvojne cilje in zagotovljena denarna sredstva, zahtevane enotnosti delovanja in usklajenosti odnosov z izvajalci še vedno ni. To ključno problematiko bi bilo treba čim prej rešiti ob sodelovanju odličnih strokovnjakov in večjih politikov. Menim, da bi bilo denarna sredstva smiselno potrebno namenjati fakultetam in inštitutom, ne pa tudi industriji.

Ventil: *Nekateri pri nas bi radi ukinili predvsem javne raziskovalne inštitute in temeljne raziskave prenesli na fakultete, aplikativne pa v industrijo in v privatne organizacije. Kakšno je vaše stališče glede javnih raziskovalnih inštitutov, ki so od države »vnaprej« financirani, kot radi rečemo?*

Prof. Peklenik: Naj odgovorim s predlogom, ki ga bom poskušal tudi pojasniti. Javni raziskovalni inštituti morajo po mojem mnenju ostati, vendar je njihovo delovanje potrebno organizirati tako, da bo vsak inštitut obvladoval določeno razvojno področje, v okviru katerega se bo prizadevalo za razvoj vrste naših proizvodnih sistemov, ki ustvarjajo prvorazredne in originalne produkte za domača in svetovna tržišča.

Raziskovalno in razvojno delo bo prispevalo k ustvarjanju originalnih proizvodov in sistemov. Zato je izredno pomembno, da javni raziskovalni inštituti v Sloveniji delujejo tudi v bodoče. Njihova dejavnost mora biti usmerjena v originalnost in inovativnost proizvodov in sistemov in prodaja na svetovnih tržiščih.

Strokovnjaki, ki bodo takšne inovativne proizvode in sisteme ustvarjali, morajo prihajati z univerz (Ljubljana, Maribor ...) in biti zelo dobro financirani. Kontrolo njihovega dela in dosežkov morajo opravljati odgovarjajoča vladna telesa.

Fakultete pa naj bi omogočale, da se bodo bodoči mladi strokovnjaki med študijem ali ob pripravi magistrerja in doktorata lahko posvečali teoretičnim in aplikativnim raziskavam, kakršne morajo obvladovati strokovnjaki v javnih raziskovalnih inštitutih.

Ventil: *Gospod akademik, kljub vašim visokim letom ste še vedno izjemno čili, zdravi in aktivni. Kako vzdržujete fizično in kako duševno kondicijo? Ali lahko na kratko opišete vaše sedanje aktivnosti v privatnem in, verjetno še vedno, tudi v »službenem« času?*

Prof. Peklenik: Ti dve vprašanji, čeprav zahtevni, sta me prijetno prese-netili. Naj na kratko pojasnim, kako je z mojo fizično in duševno kondi-

cijo. V moji glavi se nenehno porajajo ideje in oblikujejo odločitve, ki botrujejo dokaj pogostim poskusom reševanja takšnih in drugačnih problemov. Naj navedem en tak primer. Na SAZU delujem kot predsednik Sveta za energetiko. To delovno skupino sestavlja 12 odličnih strokovnjakov, ki se posvečajo raziskavam energetskih problemov in proizvodnim ter uporabnostnim sistemom energetike. Odlično sodelujemo pri reševanju te vladne problematike, angažiranost pri tem pomembnem delu mi prinaša zadovoljstvo, predstavlja eno od mojih aktivnosti v »službenem času«. Še vedno sem prisoten tudi pri vodenju predavanj Mehatronika in mikromehanski sistemi, Tehnična kibernetika in Avtomatizacija proizvodnje. Ta predavanja, vključno z Obdelovalnimi sistemi, sem razvil že na univerzi v Birminghamu, sedaj pa predvidevam, da bodo študentje odlično podkovani na odgovarjajočih področjih, sposobni usmerjati industrijo in odločilno prispevati k izboljšanju slovenskega gospodarstva.

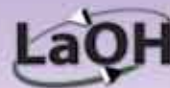
Moje delo v »privatnem času« predstavljajo različne fizične aktivnosti na mojem domu v Ljubljani. Še kot vajenec in kasneje kot študent sem v štiridesetih in petdesetih letih izdelal nekaj delovnih naprav (stružnice, vrtalne in brusilne stroje itd.) in orodij, ki jih človek potrebuje pri vsakodnevni opravih. Povedati želim, da še vedno uporabljam te naprave, z njimi ustvarjam vsemogoče stvari, ki izboljšujejo moj prijazni dom. V družini imamo dva prijetna psa, ki jih moja čudovita soproga Mija vodi na sprehode, s seboj pa vzame tudi mene. Zelo rad pa si polnim akumulator v Bohinju kjer imava počitniško hišico.

Ventil: *Spoštovani gospod akademik, ob vašem visokem jubileju vam v imenu uredništva revije Ventil iskreno čestitamo. Želimo vam veliko zdravja in dobrega počutja, veliko zadovoljstva in miru ter še veliko uspeha na področjih, na katerih ste še vedno aktivni. Za vaše odgovore na naša vprašanja pa iskrena hvala.*

*Prof. dr. Janez Tušek
UL, Fakulteta za strojništvo*



Univerza v Mariboru
Fakulteta za Strojništvo
Laboratorij za Oljno Hidravliko



član
FTS – Fluidna Tehnika Slovenije
CETOP – Evropski Komite Fluidne Tehnike

MARIBOR, 15. – 16. SEPTEMBER 2011

mednarodna konferenca

Fluidna Tehnika 2011

Ne spreglejte osrednjega dogodka branže!

Pred vrati je konferenca **FLUIDNA TEHNIKA 2011**, ki je že od leta 1995 brez dvoma pravi barometer dogajanja na področju hidravlike in pnevmatike v Sloveniji. Tako bosta tudi letos **15. in 16. september, v Kongresnem centru Habakuk v Mariboru**, ponovno povsem v znamenju hidravlike in pnevmatike.

Temeljni namen konference FLUIDNA TEHNIKA 2011 je pospešiti prenos najnovejših dosežkov stroke in spoznanj v vsakodnevno prakso, kot tudi predstaviti nove proizvode in storitve z vseh področij tehnike kjer sta prisotni hidravlika in pnevmatika. Imeti pravočasne in prave informacije s strokovnega področja je danes velika strateška prednost.

Na FLUIDNI TEHNIKI 2011 bomo osrednjo pozornost namenili novim usmeritvam na področju razvoja komponent in sistemov fluidne tehnike. Dotaknili se bomo vseh segmentov fluidne tehnike: novostih na področju razvoja komponent, novih in običajnih hidravličnih tekočin, njihove nege in nadzora stanj, ..., ter inovativnih primerov uporabe na tem področju.

Okvirni program konference si lahko ogledate na spletni strani konference:

http://ft.fs.uni-mb.si/html/podrobni_program.html

Več ostalih informacij o konferenci najdete na domači spletni strani:

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

Generalni pokrovitelj

FESTO

Pokrovitelji in razstavljalci

HYDAC

internormen
technology

PH
POCLAIN HYDRAULICS

HAWE
HYDRAULIK

DIMAS
DINAMIČNI MAZALNI SISTEMI

VENTIL

OLMA
www.olma.si
SINCE 1947

LABORATORIJ
ZA
LOTRIČ
MERO SLOVJE

la&co
Srečje premikanja!
Hidravlika, Pnevmatika, Linarna tehnika.

FUCHS

BECKHOFF

MARPO
HYDRAULIC MOVEMENT

ULBRICH
HIDROAVTOMATIKA

KONGRESNI CENTER HABAKUK

Industrijski forum IRT 2011

3. industrijski forum IRT 2011 v znamenju inovativnosti – Dobri pri pisanju strateških dokumentov, pri implementaciji se zatika

Slovenski inženirji, raziskovalci v industriji, pa tudi študenti tehniških fakultet iz Slovenije in sosednje Hrvaške so se na začetku junija zbrali v Portorožu na 3. industrijskem forumu IRT 2011. Osrednja pozornost letošnjega foruma je bila namenjena inoviranju oziroma kako zamisli pretopiti v dodano vrednost. V več kot 40 strokovnih prispevkih so predavatelji predstavili stanje v industriji na področju inoviranja in izpostavili svoje pomembnejše izzive. O inoviranju je spregovorila okrogla miza, ki je predstavljala enega od vrhuncev dogodka, inovativnost pa je tudi eden ključnih elementov projekta Inteligentni sistem laboratorijev v zdravstvu – ILAB, ki si je prislužil priznanje TARAS.

»Programski in organizacijski odbor foruma sta pri oblikovanju programa vodila dva jasna cilja. Prvi je bil oblikovati program iz industrije in za industrijo, ki bo seznanil strokovno javnost z novostmi, inovacijami, rezultati raziskav in razvoja, s sodobnimi tehnologijami in njihovo uporabo ter resničnim stanjem in izkušnjami na vseh osrednjih področjih foruma. Drugi cilj pa je bil s programom podpreti forum kot mesto za učinkovito izmenjavo mnenj in izkušenj ter navezovanje strokovnih in poslovnih stikov,« pojasnjuje predsednik programskega odbora foruma **dr. Tomaž Perme**, ki je po zaključku dvodnevnega druženja v Portorožu z zadovoljstvom ugotavljal, da sta programski in organizacijski odbor uspešno opravila svoje delo.

Med strokovnimi prispevki so imeli udeleženci – v dveh dneh jih je bilo

na dogodku 279 – priložnost prisluhniti **mag. Primožu Miheliču iz TPV, d. d.**, ki je predstavil svetovno inovacijo v avtomobilski industriji, s katero so se podjetju odprle številne nove poslovne priložnosti. Avtomobilski sedež s po višini samodejno nastavljivim vzglavnikom so strokovni javnosti prvič predstavili februarja letos in takoj doživeli odličen odziv avtomobilske industrije, ki je izrazila zanimanje za izum. »Ko smo predstavnikom različnih avtomobilskih koncernov podrobneje predstavljali to rešitev, smo izkoristili priložnost in jim predstavili še druge dele naše proizvodnje ter sklenili čisto konkretne posle, ki jih že izvajamo,« je udeležencem foruma razložil Primož Mihelič, član uprave in direktor za trženje in razvoj v TPV, d. d. Povedal je tudi, da so se v podjetju odločili za fokusiran razvoj, tako da so se osredotočili samo na avtomobilske

sedeže. Pri tem je zelo pomembno imeti zdrave temelje v proizvodnji, je zbranim še namignil Primož Mihelič.

Da v Sloveniji zelo veliko govorimo o inovativnosti, dejansko pa o njej premalo vemo, je menil **Miloš Ebner, MBA**, direktor strateškega inoviranja, Trimo, d. d. Ebner je prepričan, da je bolj kot čudežni recept, ki ga dejansko ni, pomembna jasna odločitev o vzpostavitvi inovacijskega procesa, za katerega pa je treba tudi locirati sredstva in energijo ter pritegniti najvišje vodstvo podjetja. »V gospodarstvu po moji oceni manjka zavedanja, da je treba vlagati v razvoj, kar je posledica predvsem trenutne lastniške strukture. Na ravni države pa še vedno iz razmeroma dobrih strateških dokumentov ne preidemo na konkretno apliciranje.«

O obvladovanju inovacijskih procesov in inovacijski platformi Goldfire je udeležencem foruma spregovoril **Dušan Bevc**, Invention Machine Corporation, ki že približno dve leti v jugovzhodni Evropi predstavlja inovacijsko platformo Goldfire. Tudi Bevc opaža, da v Sloveniji zadnje čase zelo veliko govorimo o inovacijah, družbi znanja. Ko pa želiš to aplicirati na konkretno poslovno okolje, vse prepogosto spoznaš, da vlada veliko nerazumevanje in delovanje po načelu, »saj se bo nekemu že posvetilo in bomo že kako«. »V resnici to čakanje na prebliske ni več dovolj,« poudarja Dušan Bevc. Še posebno to velja za ključne inovacije, ki se danes dogajajo na presečišču različnih tehnologij. Za to pa posameznik ni več



Uvodno predavanje mag. Primoža Miheliča



Udeleženci okrogle mize

dovolj, vseh relevantnih znanj, ki so potrebna, si tudi velika podjetja ne morejo privoščiti. Skušajo pa z zagotavljanjem ustreznih orodij zaposlenim omogočiti, da čim prej pridejo do kreativnih procesov, ki vodijo do inovacij.

Okrogla miza o inoviranju: Odstraniti je treba ovire pred ustvarjalnimi ljudmi

Eden od vrhuncev prvega dne foruma je bila okrogla miza o inoviranju oziroma kako zamisli pretopiti v dodano vrednost. Na njej so ugledni gosti iz industrije in podpornega

okolja predstavili svoja mnenja o tem, kako pospešiti inoviranje in razvoj v podjetjih ter kako spodbuditi sodelovanje med gospodarstvom in znanstvenoraziskovalnim okoljem kot temeljema za povečanje inovativnosti in konkurenčnosti slovenskega gospodarstva.

Na okrogli mizi so sodelovali **prof. dr. Miha Boltežar**, vodja Laboratorija za dinamiko strojev na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani, ki je med drugim na vprašanje, kako v raziskovalnih institucijah vedo, kaj potrebuje industrija, odgovoril, da tako, da to neposredno preveriš na

terenu. **Tanja Mohorič**, direktorica za inovacijsko kulturo in evropske projekte v družbi Hidria, d. d., meni, da imamo v Sloveniji dobro napisane strateške dokumente, manjkajo pa nam izvedbeni načrti. Inovacijska kultura v podjetjih je odvisna predvsem od vodstva podjetja, ki mora biti glavni motivator inovacijske dejavnosti. **Miloš Ebner** poudarja, da je treba intelektualno lastnino zaščititi, tako da ne zaviramo razvoja. **Mag. Primož Mihelič** pa je zbranim med drugim razložil, da kadar koli neko slovensko podjetje dobi posel za komponento v avtomobilski industriji, »smo zmagali na svetovnem prvenstvu, saj je šlo povpraševanje po vsem svetu«.

Drugi TARAS Inteligentnemu sistemu ILAB

Prestična kipca, priznanje za najuspešnejše sodelovanje znanstvenoraziskovalnega okolja in gospodarstva TARAS, sta letos prejela družba **LOTRIČ laboratorij za meroslovje, d. o. o.**, in **raziskovalna skupina Instituta Jožef Stefan, Odsek za inteligentne sisteme**. Priznanje sta si družba in raziskovalni oddelek prislužila za projekt **Inteligentni sistem laboratorijev v zdravstvu – ILAB**, v katerem so izdelali prototip inteligentnega informacijskega sistema, ki omogoča inteligenen nadzor okoljskih parametrov laboratorija.

Strokovna komisija je v obrazložitve zapisala, da je projekt ILAB spodbuden dosežek sodelovanja gospodarstva in znanstvenoraziskovalnega okolja, ki s celovitostjo in inventivnostjo rešuje konkretne izzive varnosti in kakovosti industrijskih laboratorijev, hkrati pa ima potencial prenosa znanja in izkušenj iz industrije in znanosti v zdravstvo.

Kipec TARAS, ki je delo oblikovalke **Nine Mihovec**, Wilsonic, d. o. o., iz titana pa ga je po najsodobnejšem postopku ulivanja izdelalo podjetje **Akrapovič, d. d.**, sta iz rok predsednika interesnega združenja Razvojnica iniciativa Slovenije (RIS) **dr. Tomaža Savška** prejela direktor podjetja Lotrič **Marko Lotrič** in **dr. Matjaž Gams**, vodja raziskovalne skupine in projekta z Instituta Jožef Stefan, Od-



Utrinek iz podelitve priznanja TARAS



Predstavitve glavnega pokrovitelja, podjetja BASF



Pogled na razstavne prostore tretjega industrijskega foruma IRT

sek za inteligentne sisteme. Marko Lotrič je ob tem povedal, da je prejem nagrade priznanje za opravljeno delo in predvsem velika spodbuda za naprej. Matjaž Gams pa je izpostavil, da se prav na takih dogodkih ustvarja prihodnost Slovenije.

Celotno dogajanje na forumu, katerega glavni pokrovitelj je bilo vodilno svetovno kemijsko podjetje BASF, je dopolnila strokovna razstava. Svojo ponudbo je predstavilo več kot 40 razstavljalcev, med njimi kot pokrovitelji dogodka tudi podjetja **ABB**, **BTS Company**, **Lotrič** in **Motoman Robotec**. V predzvečer glavne dvorane se je predstavil pokrovitelj strokovnih predstavitev o inoviranju **Innovation 2020**, projekt Evropskega teritorialnega sodelovanja med Slovenijo in Avstrijo, katerega partner je Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije.

Rezultati in odziv udeležencev in razstavljalcev tretjega foruma navdajajo organizatorja z optimizmom. Vodja organizacijskega odbora **Dariko Svetak** poudarja, da bo organizacijski odbor skupaj s programskim natančno preučil vse pobude in konstruktivne predloge letošnjih udeležencev ter si prizadeval pripraviti še odmevnejši in strokovno bogatejši 4. industrijski forum IRT 2012. Ta bo v Portorožu drugi teden v juniju, in sicer 11. in 12. junija 2012.

www.forum-irt.si
foto: Nataša Müller



4. industrijski forum 2012

Inovacije, razvoj, tehnologije

industrijski
forum IRT
www.forum-irt.si

Portorož,
11. in 12. junij 2012

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

Dodatne informacije in prijava na dogodek:
Industrijski forum IRT 2012, Motnica 7 A, 1236 Trzin
tel.: 01/5800 884 | faks: 01/5800 803
e-pošta: info@forum-irt.si www.forum-irt.si

www.forum-irt.si

7. Poletna šola mehatronike

Na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani smo med 4. 7. in 22. 7. pripravili že 7. Poletno šolo mehatronike, ki se je letos udeležilo 13 študentov in študentk 3. letnika razvojnoraziskovalnega programa. Namen šole je, da se študenti na praktičen način, z delom na konkretnem projektu, seznanijo z mehatroniko.

Rdeča nit letošnje Poletne šole je bil razvoj dveh SumoBotov, avtonomnih mobilnih robotov, ki poskušata drug drugega izriniti iz tekmovalnega ringa okrogle oblike. Tekmovanja SumoBot izvirajo iz 80. let prejšnjega stoletja. Uvedel jih je Hiroshi Nozawa, predsednik Fuji Software Inc. [1]. Danes se uradnih tekmovanj redno udeležuje po več kot 1000 robotov [2]. Kategorij tekmovanj je več in obsegajo vse od standardnih robotov, katerih masa je omejena na 3 kg in imajo tlorisne dimenzije do 20 cm x 20 cm, pa do najmanjše kategorije femto-sumo, kjer so roboti dimenzijsko omejeni na kocko s stranico 1 cm.

Za Poletno šolo je bila izbrana kategorija minisumo, pri kateri je masa robota omejena na 500 g, dimenzije pa na 10 cm x 10 cm. Višina robota ni omejena, kar pušča možnosti za inovativne konstrukcijske prijeme.



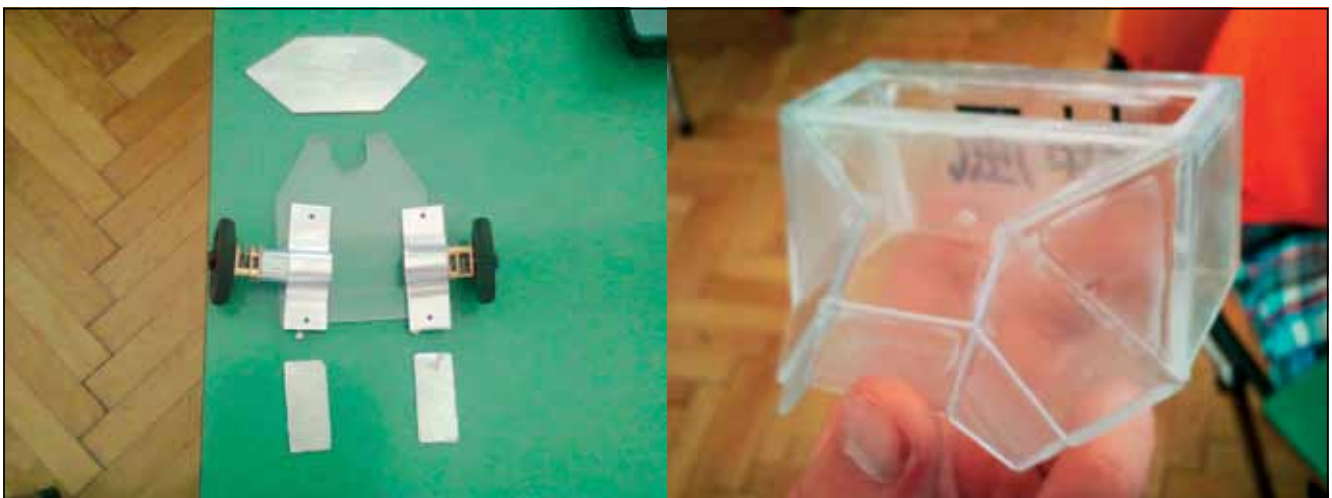
Slika 1. Zaključno tekmovanje je privabilo številne obiskovalce

Robota tekmujeta v ringu premera 77 cm, pri čemer morata upoštevati pravila »ferpleja«, torej ne smeta namensko poškodovati nasprotnika ali npr. uporabiti lepilnih sredstev za boljši oprijem s tlemi.

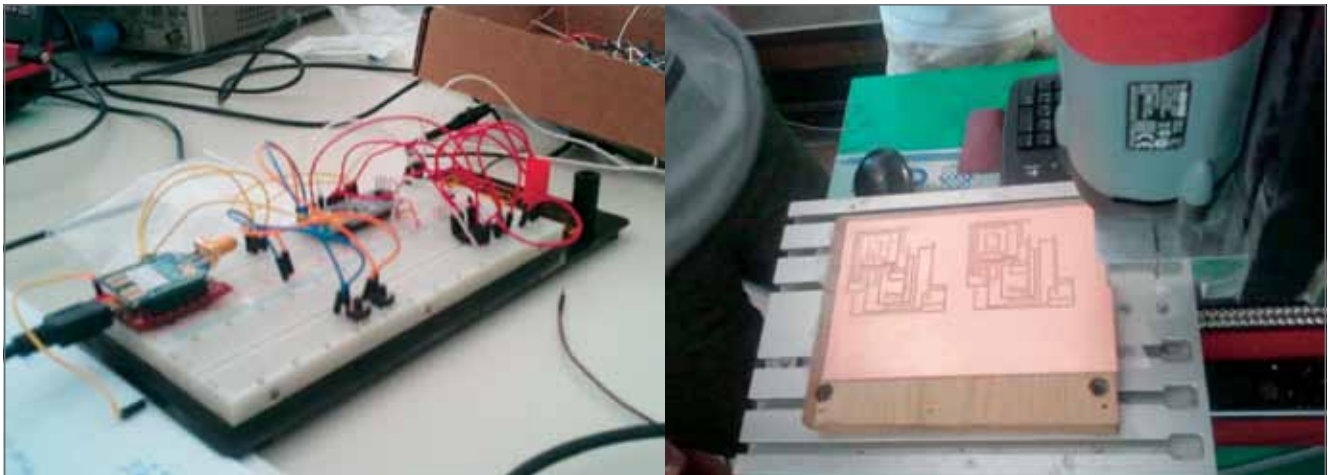
Zaradi izvedbenih omejitev in želje po poštenosti tekmovanja smo na Poletni šoli postavili še dodatna pravila. Nosilna konstrukcija je morala biti izdelana iz pleksistekla. Napajanje robotov so zagotovile polnilne baterije 4 AA. Na robotu je bil uporabljen mikrokrmilnik Arduino Nano, do katerega so bili ukazi pošiljani

brezžično, preko povezave ZigBee. Zaznavanje lastnega in nasprotnikovega položaja je bilo realizirano s spletno kamero. Glavnino procesorske moči, potrebne za avtonomno delovanje robota, je zagotavljal prenosni računalnik.

Sodelujoči so bili razdeljeni v dve ekipi, vsaka je bila zadolžena za razvoj svojega robota. Ekipi sta izbrali svoji imeni: Kamikaze in Sumoraii. Vsaki ekipi je bil dodeljen demonstrator, študent 4. letnika, čigar naloga je bila podpreti ekipo s praktičnimi izkušnjami dela v laboratoriju.



Slika 2. Podvozje in šasija ekipe Kamikaze. Komponente so v celoti izdelali študenti sami, pri čemer so uporabili namizni CNC-stroj Lakos 150.



Slika 3. Razvoj elektronskih vezij na razvojni plošči (levo) in graviranje vezja na podlagi modela, narejenega v programu Eagle [3] (desno)

Ekipi sta delali v ločenih prostorih, kar je dodatno vzpodbujalo tekmovalnost in motivacijo.

Vsaka ekipa je dobila nekaj osnovnih gradnikov: motorja s kolesi, mikrokrmilnik, module ZigBee za brezžično komunikacijo, baterije ter kose pleksistekla in pločevine. Te komponente so bile enake za obe ekipi, medtem ko so bili konstrukcijske rešitve, močnostna elektronika za pogon motorjev ter programje v celoti prepuščeni ekipama.

Študentsko delo smo podprli z vsakodnevnimi predavanji, ki so bila usmerjena v konkretna znanja, potrebna za izdelavo sistema. Tako so bila v prvem tednu na vrsti predavanja o programiranju v jeziku C, o uporabi programa CamBam za izdelavo NC-kode, uporabi programa Eagle za razvoj elektronskih vezij, izdelavi vezij, osnovah močnostne elektronike za pogon DC- motorjev ter o uporabi simulacijskega okolja Simulink.

Konec prvega tedna je bil postavljen prvi mejnik, do katerega sta morali ekipi predstaviti mehanski del svoje rešitve, to je zasnovati nosilno konstrukcijo robota, izdelati njene sestavne dele na namiznem CNC-stroju Lakos 150 in jo sestaviti.

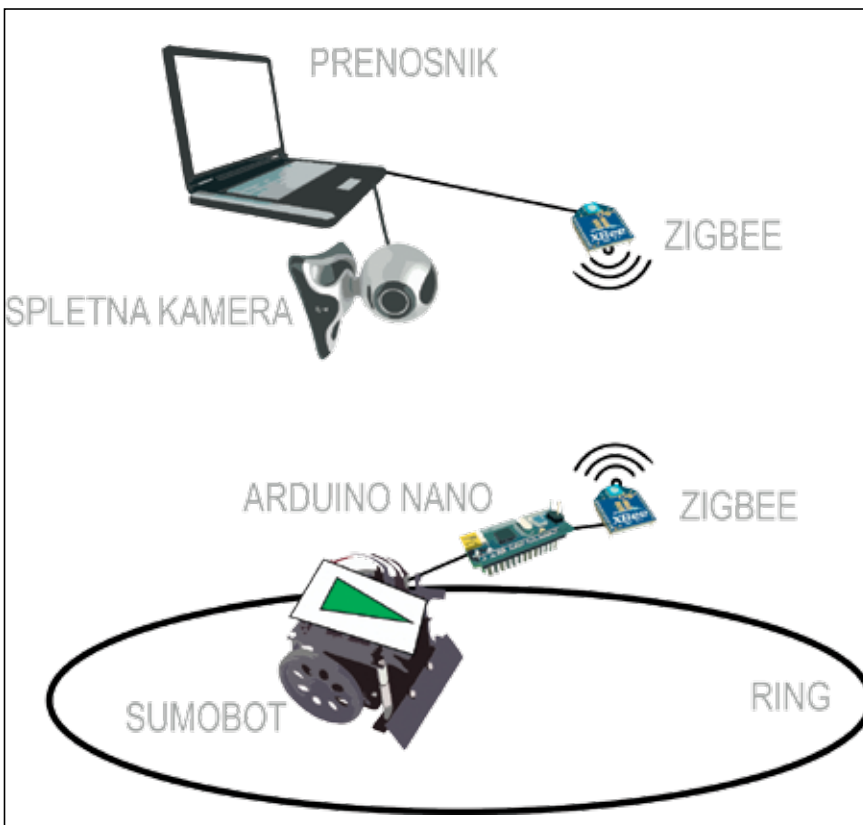
V drugem tednu smo pripravili predavanja na teme naprednega programiranja v jeziku C, procesiranja slike in uporabe programa RoboRealm ter povezovanja sistemov prek serijske komunikacije in vtičnikov.

Drugi mejnik je predstavljal razvoj elektronskih vezij. Ekipi sta vezja razvili v programskem paketu Eagle, ki omogoča izvoz NC-kode za izdelavo vezja.

V tretjem tednu so študenti v okviru predavanj spoznali krmiljenje modelarskih servomehanizmov in programski paket LabView. Ostali čas so porabili za dokončno sestavljanje in testiranje robota in predvsem za programski del, ki je vključeval procesiranje slike in algoritme odločanja.

Princip krmiljenja razvitih robotov povzema *slika 4*. Razdeljen je v štiri korake.

V prvem koraku je zajeta in obdelana slika s spletne kamere, ki zajema celotno območje tekmovalnega ringa. Pri tem sta na sliki poiskana barvna trikotna zaznamka na robotih in izračunani težišči ter orientaciji zaznam-



Slika 4. Semioperacijska shema krmiljenja razvitih SumoBotov



Slika 5. Robota v sumo prijemu med tekmo

kov. Uporabljen je program RoboRealm [4], ki uporabniku poenostavi in olajša izvedbo procesiranja slike.

V drugem koraku programje, ki sta ga ekipi napisali v programskem jeziku C z razvojnim okoljem Code::Blocks [5], podatke o položajih in orientacijah robotov pretvori v zelene ukaze robotu.

V tretjem koraku so ukazi iz PC-ja preneseni do mikrokrmilnika na robotu prek brezžične povezave Zig-Bee.

V četrtem koraku mikrokrmilnik interpretira prejeti ukaz in nastavi zelene hitrosti motorjev. Koraki se nato ponavljajo, od prvega naprej. Poletno šolo smo zaključili s tekmovanjem, na katerem sta se ekipi pomerili v 9-ih tekmah. Končni rezultat tekmovanja je bil 6 : 3 za ekipo Kamikaze.

Letošnja izvedba Poletne šole je v vseh pogledih izjemno uspela. Delo na konkretni nalogi in predvsem tekmovalni naboj sta prispevala k veliki motivaciji udeležencev. Študenti so sami sebi dokazali, da so sposobni v treh tednih osvojiti vsa znanja, potrebna za izdelavo avtonomnega robota, in ta znanja tudi uporabiti v praksi.

Več o Poletni šoli si lahko preberete v novicah na spletni strani www.lakos.fs.uni-lj.si/poletnasola.

Viri

- [1] P. Miles, 2002, »Robot Sumo: The Official Guide«, McGraw-Hill Osborne Media.
- [2] Internet, »All Japan Robot Sumo Tournament History«, www.fsi.co.jp/sumo/history.html, dostopano 26. 7. 2011.
- [3] Internet, »Eagle«, www.cadsoft.de, dostopano 26. 7. 2011.

[4] Internet, »Roboreal«, www.roboreal.com, dostopano 26. 7. 2011.

[5] Internet, »Code::Blocks«, www.codeblocks.org, dostopano 26. 7. 2011.

Rok Vrabič, Lovro Kuščer, Peter Butala, Janez Diaci, vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Merimo za prihodnost
We Measure the Future
www.lotric.si

LABORATORIJ ZA
LOTRIČ[®]
 MERO SLOVJE

OVERITVE

KALIBRACIJE

KONTROLE

PRODAJA

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

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

DOBRA VAGA V NEBESA POMAGA

Državna tekmovanja **RoboT**, **ROBObum** in **RoboCupJunior** 2011

V torek, 17. maja, je bila na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI) Univerze Maribor tradicionalna celodnevna prireditev Mariborski robotski izziv, ki združuje državna tekmovanja v robotiki za osnovnošolce, srednješolce in študente. Državno tekmovanje **ROBObum** za osnovnošolce se tradicionalno izvaja skupaj z državnim tekmovanjem za študente in dijake **RoboT**. Že drugič smo organizirali državno tekmovanje **RoboCupJunior** v razredu **Reševanje** za osnovnošolce in za dijake srednjih šol. Tekmovanje **RoboCupJunior** se izvaja po pravilih svetovnega robotskega tekmovanja za osnovnošolce in srednješolce. Najboljše ekipe z državnega tekmovanja **RoboCupJunior** se bodo lahko udeležile svetovnega robotskega tekmovanja **RoboCupJunior**.

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



Predstojnik Inštituta za robotiko pozdravlja tekmovalce in njihove mentorje

Najstarejše slovensko robotsko tekmovanje za študente in dijake v vožnji po labirintu poteka že 12. leto. Zato se je organizator odločil, da podeli zaslužnim mentorjem na srednjih strokovnih šolah posebna priznanja za dolgoletno delo z mladimi robotiki.

Predstojnik Inštituta za robotiko **prof. dr. Miro Milanovič** in vodja tekmovanja **RoboT 2011 mag. Janez Pogorelec** sta podelila posebno priznanje za organizacijo državnih tekmovanj Slovenske robotske lige **Boristu Preglju** iz Tehniškega šolskega centra Nova Gorica in **g. Petru Vrčkovniku** iz Šolskega centra Velenje.

Zatem sta podelila priznanje za večletno mentorstvo in pripravo dijakov

na državna robotska tekmovanja mentorjem: **Branku Šešerku**, Šolski center Ptuj, **Darku Šeruga**, Šolski center Ptuj, **Tomislavu Prisanlu**, Tehniški šolski center Kranj, **Ivanu Pavliču**, Srednja tehniška in poklicna šola Trbovlje, **Francu Lipušu**, Srednja poklicna in tehniška šola Murska Sobotna, **Danilu Germu**, Srednja elektro in računalniška šola Maribor in **Matju Vebru**, Šolski center Celje.

Otvoritev državnega tekmovanja **RoboCupJunior Slovenija 2011** sta s svojim nastopom zaključili obetajoči ekipo z OŠ Franceta Prešerna v Kranju, ki sta v okviru tekmovanja **RoboCupJunior** v razredu ples pod mentorstvom **Suzane Zadražnik** in **Andreja Koložvarija** pripravili svoj plesni nastop z roboti. Nastopili sta ekipa **Tinče** in ekipa **Urške**.

Tekmovanje v vožnji po labirintu **RoboT 2011**

Na državnem tekmovanju z mobilnimi roboti **RoboT 2011** so se v vožnji lastno konstruiranih avtonomnih mobilnih robotov po labirintu (velikosti 2,5 x 2 m z več kot 15 m poti, slepimi hodniki in okrog 36 zavoji) pomerile 3 študentske in 24 dijaških ekip iz osmih srednjih tehniških strojnih, računalniških in elektrošol. V zadnjih enajstih letih se je tovrstnih tekmovanj udeležilo že okrog 100 študentov ter nad 400 dijakov in mentorjev iz celotne Slovenije in sosednje Hrvaške ter Avstrije. Tradi-



Tomislav Prisanl prejema priznanje



Plesni nastop z roboti ekipe Tinče z OŠ Franceta Prešerna, Kranj



Avla G2 – prizorišče tekmovanja z roboti po labirintu

cionalno so se najbolj vztrajni dijaki srednjih šol že sedmič pomerili tudi za lovoriko **RoboLiga 2011** (finalno tekmovanje v seriji Slovenske robotske lige), kajti pred tem so bila izvedena že tekmovanja: **RoboERŠ**, 9. aprila v ŠC Velenje, in **RoboMiš**, 21. aprila v TŠC Nova Gorica.

Za lovorike tekmovanja **RoboT 2011** je štela boljša izmed dveh voženj in najuspešnejšim trem tekmovalcem so bile podeljene denarne in praktične nagrade sponzorjev. Najhitrejši so bili:

1. mesto: **Gregor Šifrer, dijak TŠC Kranj, 18,92 s,**
2. mesto: **Jernej Drnovšček, dijak TŠC Nova Gorica, 20,63 s,**
3. mesto: **Aleš Stojak, študent UM FERi, 22,13 s.**

Zaradi majhnega števila prijavljenih študentskih ekip so ti sodelovali na skupni startni listi z dijaki.

Za lovoriko Slovenske robotske lige **RoboLiga 2011** sta štela oba teka skupaj, kar smo točkovali v skladu s pravili in temu prišteli točke prvih dveh tekem. Zmagovalci v seštevku vseh treh tekem (6 voženj) so bili:

1. mesto: **Dean Šeruga, ŠC Ptuj, 230 točk,**
2. mesto: **Sašo Stojak, ŠC Ptuj, 197 točk,**
3. mesto: **Gregor Šifrer, TŠC Kranj, 185 točk.**

V nagradni sklad (375 €) so prispevali finančna sredstva podjetja **Motoman Robotec, Roboti c. s.** in **Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije**. Praktične nagrade sta prispevali

podjetje **AX Elektronika** in **Elektrotehniško društvo Maribor**.

Vsi rezultati, fotografije videoposnetki in medijski odzivi na zadnjo tekmo kot tudi na prejšnje so na voljo na www.ro.feri.uni-mb.si/tekma/.

ROBObum – robotsko tekmovanje za osnovnošolce

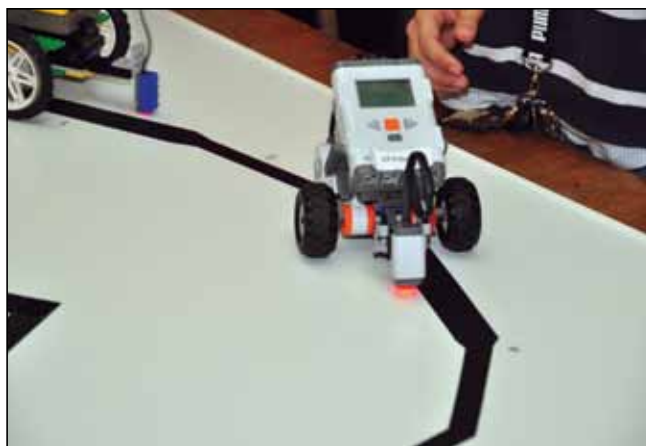
Robotsko tekmovanje **ROBObum** tvori tekmovanji **LEGObum** in **ROBOSled**, ki se medsebojno dopolnjujeta. Pri tekmovanju **LEGObum** je potrebno zgraditi mobilnega robota iz sestavljanke LEGOMINDSTORMS, ki omogoča raznolike mehanske konstrukcije in programiranje robota. Žal je elektronski del pri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

V letu 2011 je izvedbo regijskih predtekmovanj **ROBObum** podprlo 14 tehniških srednjih šol po vsej Sloveniji. Seznam vseh sodelujočih šol je objavljen na spletni strani <http://www.robobum.uni-mb.si>. Vsem se za izvedbo robotskih predtekmovanj najlepše zahvaljujemo, vodjem tekmovanj pa smo podelili priznanja.

Na zaključnem državnem tekmovanju **ROBOSled**, ki je potekalo 17. 5.



Peter Vrčkovnik iz ŠC Velenje Elektro-računalniška šola prejema priznanje za izvedbo predtekmovanj **ROBOSled** in **RoboCupJunior**



Med pripravami na tekmovanje – **LEGObum-8**



RoboCupJunior arena za reševanje A – prizorišče nesreče, kjer roboti rešujejo žrtve

na FERi v Mariboru, je sodelovalo 40 ekip OŠ (60 tekmovalcev), medtem ko je na tekmovanju **LEGObum** sodelovalo 39 ekip OŠ (100 tekmovalcev). Število ekip, ki so v letu 2011 sodelovale na zaključnem državnem tekmovanju, je približno enako kot v letu 2010, saj zaradi časovnih in prostorskih omejitev pri izvedbi državnega tekmovanja tega števila ne moremo povečati. V okviru državnega tekmovanja se je regijskih tekmovanj **ROBosled** udeležilo okoli 80 ekip iz vse Slovenije. Regijskih tekmovanj **LEGObum** pa okoli 75 ekip. Število vseh ekip, ki so sodelovale na državnem robotskem tekmovanju **ROBObum**, se ni bistveno spremenilo in je približno enako kot v letu 2010. Tekmovanje **LEGObum** se deli na tekmovanji **LEGObum-8** in **LEGObum-9**. Pri tekmovanju **LEGObum-8** mora robot, zgrajen iz sestavljanke **LEGOMINDSTORMS**, v čim krajšem času prepeljati progo, označeno s črno črto na beli podlagi od starta do cilja.

Na tekmovanju **LEGObum-8** so v letu 2011 progo najhitreje prevozile ekipe:

1. mesto OŠ Mladika Ptuj,
2. mesto OŠ Cerkno 1,
3. mesto OŠ Neznanih talcev Dravograd,
4. mesto OŠ Poljane Ljubljana.

Na tekmovanju **LEGObum-9** je nalo-

ga robota, zgrajenega iz sestavljanke **LEGOMINDSTORMS**, da reši pet žrtve na varno. Med reševanjem ga ovirajo ovire, ki so neprehodna območja (črna polja). Varni območji, kamor je bilo možno rešiti žrtve, sta bili dve. Najpomembnejše in najbolj varno območje, imenovano evakuacijska točka, je bilo v enem od vogalov kvadratnega tekmovalnega območja. Drugo manj varno območje pa je bilo kjerkoli na zunanji strani tekmovalnega območja za črno črto. Rešitev žrtve na evakuacijsko točko je prinesla ekipi 2 točki, rešitev žrtve na manj varno območje pa 1 točko.

Na tekmovanju **LEGObum-9** so žrtve najuspešneje reševale naslednje ekipe:

1. mesto OŠ Bistrica 1, Bistrica pri Trziču,
2. mesto OŠ Bistrica 2, Bistrica pri Trziču,
3. mesto OŠ Mladika Ptuj,
4. mesto OŠ Narodnega Heroja Rajka 3, Hrastnik.

Državno tekmovanje **ROBosled** se deli na tri razrede: **DIRKAČ**, **POZNAVALEC** in **INOVATOR**. V razredu **DIRKAČ** zmaga robot, ki tekmovalno progo, označeno s črno črto na beli podlagi, prevozi v najkrajšem času. V razredu **POZNAVALEC** se učenci OŠ pomerijo v poznavanju delovanja mobilnega robota, ki so ga zgradili. V razredu **INOVATOR** pa zmaga tisti,

ki je najboljši v samostojni in izvorni nadgradnji svojega mobilnega robota.

Na tekmovanju **ROBosled** so bile v razredu **DIRKAČ** v letu 2011 najuspešnejše ekipe:

1. mesto prva ekipa OŠ Pesnica pri Mariboru,
2. mesto druga ekipa OŠ Martin Konšak, Maribor,
3. mesto druga ekipa OŠ narodnega heroja Rajka, Hrastnik, in
4. mesto ekipa OŠ Brežice.

V razredu **ROBosled POZNAVALEC** so se leta 2011 odlikovale ekipe:

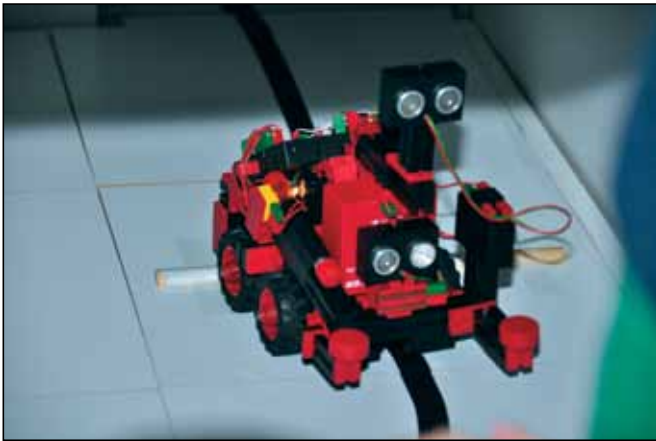
1. mesto prva ekipa OŠ Ludvik Pliberšek, Maribor,
2. mesto tretja ekipa OŠ Brežice,
3. mesto druga ekipa OŠ Ludvik Pliberšek, Maribor,
3. mesto ekipa OŠ Antona Ingoliča, Spodnja Polskava.

V razredu **ROBosled INOVATOR** pa so prva mesta v letu 2011 osvojile ekipe:

1. mesto ekipa OŠ Pesnica pri Mariboru,
2. mesto OŠ Starše,
3. mesto druga ekipa OŠ Ludvik Pliberšek, Maribor,
4. mesto prva ekipa OŠ Ludvik Pliberšek, Maribor.

Vsi rezultati tekmovanja so objavljeni na spletni strani tekmovanja **ROBObum**: <http://www.robobum.uni-mb.si>. Za uspešno izvedbo tekmovanj **ROBObum** gre posebna zahvala **prof. dr. Miru Milanoviču**, vodji Inštituta za robotiko, in vsem sodelavcem Inštituta za robotiko, vsem sodelavcem po srednješolskih tehniških centrih, ki so pomagali pri izvedbi tekmovanj, in vsem sponzorjem. Med sponzorji velja posebej omeniti Mladinsko knjigo Trgovina, d. o. o., ki prispeva nagrade za tekmovanje **LEGObum**, trgovino ČIP, d. o. o., iz Maribora, ki je prispevala nagrade za tekmovanji **ROBosled DIRKAČ** in **POZNAVALEC**, ter revijo Svet elektronike, ki je prispevala nagrade za tekmovanje **ROBosled INOVATOR**.





Robot za reševanje iz sestavljanke Fischertechnik



Robot za reševanje za premagano oviro, ki jo je zaobšel

Državno tekmovanje RoboCupJunior Slovenija 2011

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

Tekmovanje **RoboCupJunior** ima tri razrede: **nogomet, reševanje in ples**. V letu 2010 smo na FERi v Mariboru prvič izvedli slovensko državno tekmovanje **RoboCupJunior** Slovenija v razredu **Reševanje**. Temu tekmovanju se vsako leto pridruži vsaj ena ekipa v razredu Ples. Letos se lahko pohvalimo že z dvema osnovnošolskima ekipama.

Tekmovanje **RoboCupJunior** v ra-



RoboCupJunior Ples – nastop ekipe OŠ Franceta Prešerna z ustvarjalno zgrajenim robotom iz sestavljanke LEGOMIN-DSTORMS

zredu **Reševanje** poteka na prizorišču nesreče (areni). Naloga robota je reševanje žrtev. Prizorišče nesreče (arena) je dvonadstropno in ga tvori pet sob. Pravila tekmovanja **RoboCupJunior** v razredu **Reševanje** se vsako leto malo spremenijo in na novo določijo konec decembra za prihodnje leto. V letu 2011 se pravila v primerjavi z letom 2010 niso bistveno spremenila.

V letu 2011 je pot, po kateri mora peljati robot na prizorišču nesreče, označena s črno črto na beli podlagi. Med vožnjo mora robot uspešno premagati občasne prekinitve črte, nizke ovire, ki jih mora prevoziti, in visoke, težke ovire (npr. opeka), ki jih mora zaobiti. Da pripelje v drugo nadstropje, mora uspešno prevoziti naklon, v drugem nadstropju prizorišča pa mora žrtev rešiti na evakuacijsko točko. V letu 2011 je žrtev ena sama, predstavlja jo pločevinka za pijače, ovita s kovinsko srebrnim samolepilnim trakom in teže 150 g.

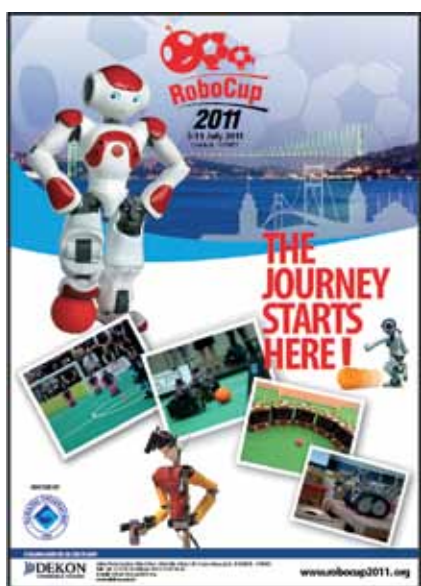
Poleg žrtve je lahko v drugem nadstropju tudi ovira. Evakuacijska točka je za osnovnošolske ekipe označena s črnim trikotnikom v enem od vogalov drugega nadstropja prizorišča nesreče. Za srednje šole pa je evakuacijska točka na črni trikotni ploskvi, ki

je od nivoja vožnje robota v drugem nadstropju dvignjena za 6 cm. Vsak robot ima za izvedbo naloge na voljo 8 minut. Vožnja robota mora biti povsem avtonomna. Tudi gradnja robota in program za robota morata biti izvirna in delo ekipe. Premagane ovire se točkujejo. Sestavni del tekmovanja je intervju (predstavitev), ki ga mora opraviti vsaka ekipa in vsak njen član pred komisijo. Namen intervjuja je preverjanje, da je ekipa sama zgradila robota in napisala program zanj in da so vsi člani ekipe prispevali k gradnji in programiranju robota. Na tekmovanju samem morajo ekipe **RoboCupJunior** delovati samostojno, zato mentorjem ekip vstop v prostor, namenjen za ekipe, ni dovoljen. Na svetovnih tekmovanjih se ekipe predstavijo obiskovalcem tudi s posterji.

Tekmovanja **RoboCupJunior Slovenija 2011** v razredu **Reševanje** so je udeležilo 17 ekip osnovnih šol iz Slovenije in 3 ekipe OŠ iz Hrvaške. Žal so se tekmovanja v razredu **Reševanje A** udeležile le 3 ekipe srednjih šol iz Slovenije, ena srednješolska ekipa pa je sodelovala v razredu **Reševanje B**. Zaradi prostorskih in časovnih danosti je imela vsaka ekipa na voljo le eno vožnjo po areni.

Na tekmovanju so najuspešnejše reševale žrtve naslednje osnovnošolske ekipe:

1. mesto ekipa OŠ Gustava Šilaha 2, Velenje,
2. mesto ekipa I. OŠ Varaždin,
3. mesto ekipa OŠ Šoštanj 1,
4. mesto ekipa OŠ Šoštanj 3.



Zaželimo našim srednješolskim ekipam veliko uspeha na svetovnem robotskem tekmovanju

Srednješolskim ekipam sreča na dan tekmovanja ni bila naklonjena, zato zanje nismo izvedli uvrstitev. Namesto tega bomo 22. junija ponovili državno tekmovanje za srednje šole.

Vsi rezultati tekmovanja so objavljeni na spletni strani tekmovanja **ROBO-bum**: <http://www.robobum.uni-mb.si>. Letošnji pokrovitelj tekmovanja RoboCupJunior v razredu Reševalec je bila Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje.

RoboCupJunior v razredu Ples je tekmovanje, kjer mora ekipa sama zgraditi robota, sebi in robotu izdelati kostum za nastop, izbrati glasbo in pripraviti koreografijo ter izvesti nastop z robotom. V primerjavi z lanskim letom lahko zabeležimo napredek, saj je ena od tekmovalnih ekip z veliko ustvarjalnosti zgradila izvirnega robota za svoj plesni nastop.

Bodite pozorni na velikost robota, ki enakovredno s člani ekipe tekmuje za pozornost gledalca.

Svetovno robotsko tekmovanje RoboCupJunior Istanbul 2011

Svetovno robotsko tekmovanje **RoboCupJunior** bo letos potekalo v Istanbulu v Turčiji. Od 5. do 11. julija se bodo svetovnega robotskega tekmovanja **RoboCupJunior** udeležile tri slovenske ekipe. To so ekipa OŠ Miška Kranjca iz Ljubljane in ekipa II. gimnazije v Mariboru, ki bosta tekmovali v razredu Reševanje A, ter ekipa Srednje elektro-računalniške šole, ki bo tekmovala v razredu Reševanje B.

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

JAKŠA

MAGNETNI VENTILI

od 1965

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



www.jaksa.si



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



Sejem vseh sejmov

44. MOS

EVROPA, SLOVENIJA, CELJE

7.-14. SEPTEMBER 2011

SEJEM NAJBOLJ PODJETNIH, INOVATIVNIH IN POGUMNIH
NAJVEČJA SEJEMSKA IN POSLOVNA PRIREDITEV REGIJE

Zakaj MOS?

- več kot 1000 neposrednih razstavljalcev – z zastopanimi skoraj 1700
- vedno nove države – rekordnih 34 v 2010
- skoraj 150.000 obiskovalcev – delež poslovnih obiskovalcev presega 30 %
- delež tujcev presega desetino vseh obiskovalcev - največ tujih obiskovalcev je iz Hrvaške, Srbije, Italije, Romunije, BiH ter ostalih držav EU



Najuspešnejša meroslovna konferenca M & Q je za nami

Podjetje LOTRIČ laboratorij za meroslovje, d. o. o., s sedežem v Selcih je v četrtek, 16., in v petek, 17. junija, v Hotelu Golf na Bledu skupaj s soorganizatorjem Uradom Republike Slovenije za meroslovje pripravilo 3. konferenco M & Q, konferenco o meroslovju in kakovosti. Prvi dan konference se je imenoval Industrija in meroslovje, drugi dan pa Avto in meroslovje. V sklopu dvodnevnega dogodka je bilo ustanovljeno novo združenje Meroslovne iniciative Slovenije, poleg tega pa so podelili tudi dve nagradi zlati list za najbolj inovativno idejo na področju meritev v industriji in varnosti v cestnem prometu.



Odlično obiskana 3. M&Q konferenca

Namen konference je bil predstaviti meroslovje v industriji in na avtomobilskem področju skozi oči strokovnjakov, ki se dnevno srečujejo s problematiko kakovosti meritev. Velik poudarek je bil namenjen spoznavanju dobrih meroslovnih praks, novosti na področju zakonodaje in spodbujanju inovativnih pristopov pri reševanju problematike, s katero se vsakodnevno srečujejo.

Prvi dan je konferenco odprl direktor podjetja LOTRIČ, d. o. o., Marko Lotrič. Poleg njega sta udeležence pozdravila še generalni direktor direktorata za notranji trg na Ministrstvu za gospodarstvo Drago Napotnik in direktor Urada RS za meroslovje dr. Samo Kopač. Nato so sledili prispevki strokovnjakov s področja industrije:

- Obvladovanje kakovosti meritev v proizvodnem procesu,
- Sledljivost tlaka in vakuuma od

mednarodnih etalonov do industrije,

- Kaj prinaša akreditacija,
- Primer testnih sistemov motorjev v preskusnih laboratorijih Domel, d. o. o.,
- On-line monitoring kvalitete olja v energetskih postrojenjih,
- Strategija meroslovja,
- Sistemi vodenja,
- Tehnična čistost v avtomobilski industriji.

V okviru konference je bilo ustanovljeno tudi združenje Meroslovna iniciativa Slovenije (kratko MIS). Gre za neformalno združenje slovenskih laboratorijev s področja meroslovja, kot so industrijski in kalibracijski laboratoriji ter kontrolni organi, skratka vsi, ki se ukvarjajo z merjenjem. Z glasovanjem so potrdili:

- za predsednika Marka Lotriča, direktorja podjetja LOTRIČ, d. o. o.,
- za podpredsednika dr. Vitoslava Bratuša, direktorja Hidria inštituta za materiale in tehnologije, d. o. o.,
- za sekretarja pa dr. Tomaža Permeta, direktorja podjetja DRP raziskave in razvoj tehnologije Perme Tomaž, s. p..

Namen združenja MIS je dvigniti ugled meroslovja v Sloveniji in tujini, sooblikovati zakonske predpise



Okrogla miza s temo nizko ogljične tehnologije je razdvojila mnenja udeležencev

kot strokovna javnost, izobraževati, s pomočjo internetne strani informirati splošno in strokovno javnost, si izmenjevati znanja in nastopati v skupnih razvojnoraziskovalnih projektih.

Prvi dan konference se je zaključil z okroglo mizo na temo nizkoogljicnih tehnologij, na kateri so sodelovali:

- prof. dr. Jože Duhovnik, dekan Fakultete za strojništvo v Ljubljani,
- dr. Samo Kopač, direktor Urada RS za meroslovje,
- Janez Renko, direktor Zbornice elektronske in elektroindustrije pri Gospodarski zbornici Slovenije,
- Tanja Mohorič, direktorica sektorja za inovativno okolje in evropske projekte Hidria, d. d.,
- Jernej Stritih, direktor službe Vlade RS za podnebne spremembe,
- Bojan Leben, ZAG Ljubljana.

Okroglo mizo je povezovala Vida Petrovčič. Vsi so se strinjali, da je ogljični odtis nekaj, s čimer se bomo ukvarjali v prihodnosti in da se je treba na to pripraviti. Nesoglasja pa so bila o oblikah njegovega merjenja in časovni uskladitvi.

Osrednja tema drugega dne konference je bila AVTO IN MEROSLOVJE. Začela se je s pozdravnim nagovorom direktorja podjetja LOTRIČ, d. o. o., Marka Lotriča. Med govorniki pa sta bila še v. d. generalnega direktorja direktorata za promet na Ministrstvu za promet mag. Bojan Žlender in direktor Urada RS za meroslovje



Prejemniki nagrade Zlati list za najbolj inovativno idejo meritev v industriji, prihajajo iz Šolskega centra Škofja Loka

dr. Samo Kopač. V nadaljevanju so strokovnjaki predstavili merilno negotovost za tahografske delavnice, pomen amortizerjev za zavorno pot, nadzor, novosti in prihodnost na področju zakonodaje, hrupnost avtomobilov na slovenskih cestah, merjenje emisij plinov hibridnih vozil in vozil na plin, predstavljen je bil primer dobre meroslovne prakse, ki mu je sledilo še predavanje z naslovom Avto in akreditacija.

Tudi drugi dan se je zaključil z okroglo mizo, tokrat na temo varnosti v cestnem prometu. Na njej so sodelovali:

- Ivan Šel, predsednik sekcije avto-serviserjev pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije,

- mag. Borut Mišica, predsednik sekcije izvajalcev tehničnih pregledov motornih in priklopnih vozil,
- Ivan Voh, Slovensko zavarovalno združenje,
- dr. Robert Jerončič, sekretar na Ministrstvu za promet,
- mag. Mojca Požar, vodja sektorja za meroslovni nadzor z Urada RS za meroslovje,
- Edi Glavič, Zavarovalnica Adriatic Slovenica.

Okroglo mizo je vodil mag. Aleš Lisac, direktor podjetja Lisac & Lisac. Kdaj in na koliko časa bi bilo potrebno opraviti pregled vozila, v kateri instituciji, kakšne so spodbude zavarovalnic in kakšna je vizija pregledov vozil v prihodnosti, so bile glavne teme pogovora.

Oba dneva je bila v sklopu konference podeljena tudi nagrada ZLATI LIST za najbolj inovativno idejo na področju meritev v industriji in varnosti v cestnem prometu. Prvi dan jo je prejel Jan Frelih za izdelek sestavljeni lok, drugi dan pa Peter Caserman za inovativno idejo o sistemu celovitega vodenja vozil v njihovi življenjski dobi.

Več o sami konferenci vključno s fotogalerijo najdete na spletni strani www.mqkonferenca.si.



V predverju dvorane so bile predstavljene vse inovacije, ki so se potegovala za nagrado Zlati list

www.lotric.si

Venčetu v spomin

V četrtek, 2. junija, je po skoraj enoletnem trpljenju umrl Venceslav Ambrožič.

Rodil se je 26. 09. 1937 v Dražgošah. V dražgoški bitki je izgubil očeta in starega očeta, mati s tremi majhnimi otroki pa je bila preseljena v Železnike in se borila za preživetje. Ko še ni imel 14 let, je šel na Srednjo strojno tehnično šolo v Ljubljani. Leta 1955 je končal srednjo šolo in se zaposlil v Niku v Železnikih.

V Niku je bil zelo zadovoljen. Vsako leto so razvijali veliko novih izdelkov, tako da je bilo delo za mladega fanta res pestro in zanimivo. Leta 1960 se je odločil, da se vpiše na Fakulteto za strojništvo kot štipendist Iskre, ki je bila naslednica Nika. Po študiju se je vrnil nazaj v Železnike, kjer je kmalu prišel nov izziv.

V Kladivarju v Žireh je l. 1967 zaradi vzhodnega uvoza začel pešati program šestil, ki ga je podjetje kupilo od Nika. Intenzivno so iskali nekoga, ki bi vodil prisilno upravo. Tako je pozimi 1968 prišel v Žiri za »prisilnega« upravitelja in kasneje postal direktor podjetja. V času njegovega vodenja se je Kladivar izvlekel iz skorajšnjega propada. Organizirala se je industrijska proizvodnja elementov za avtomatizacijo – elektromagnetov in vibracijskih dodajalnikov, obnovila »štala« in zgradila prva hala, kupil

prvi CNC-obdelovalni stroj, vpeljal program oljne hidravlike, ustanovil razvojni oddelek in pričela razvoj in trženje lastnih proizvodov pod blagovno znamko Kladivar. Postavljeni so bili temelji današnjega Kladivarja.

Nemirni duh ga je nato vodil na Združena podjetja strojegradnje (ZPS). Pozneje se je vrnil v Niko Železniki, prebolel nekaj infarktov in se leta 1990 upokojil.

Venče je večino svojega dela opravljal na področju fluidne tehnike. Tako je bil na Gospodarski zbornici v okviru Združenja za kovinsko industrijo med ustanovnimi člani in prvi predsednik Odbora za fluidno tehniko. Bil je tudi iniciator prvega srečanja fluidnih tehnikov na Vodiški planini, ki je z leti preraslo v Forum FT. Na letošnjem srečanju našega Forumu 27 je njegov stol ostal prazen. Upali smo, da se nam bo naslednje



leto ponovno pridružil. Na žalost zaman! Njegovi domači so mu ob zadnjem slovesu zapisali:

»Bil si skrben, vztrajen v življenju, junaški v zadnjem trpljenju.«

Na sliki iz njegovega ustvarjalnega obdobja se vidita optimizem in veselje ob napredku fluidne tehnike v Sloveniji. Takega smo poznali in ga bomo ohranili v lepem spominu!

Anton Beovič

Znanstvene in strokovne prireditve

6. Seminar des DVF: Simulation in der Fluidtechnik – 6. Seminar Dresdenskega združenja za napredek fluidne tehnike

5. 11. 2011
Dresden, Nemčija

Organizator:
– Delovna skupina za izobraževanje pri DVF (Dresdner Verein zur Förderung der Fluidtechnik)

Vodilna tema seminarja:
– Povezovalna tehnika v hidravliki (Verbindungstechnik in der Hydraulik)

Kraj zasedanja seminarja:
– Internationale Hydraulik Akademie Dresden

Informacije:
dr. Reinhard Malek, e-pošta: drf@ifd.mw.tu-dresden.de

nadaljevanje na str. 364

Najavljamo posvet

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2011 – ASM `11

24. novembra 2011

na GZS v Ljubljani

www.posvet-asm.si

Tematski sklopi na posvetu

Avtomatizacija strege in montaže 2011 bodo:

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

Pokrovitelji in sponzorji



Glavni organizator posveta

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



LASIM
LABORATORIJ ZA STREGO, MONTAŽO
IN PNEVMATIKO



Dodatne informacije:

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



NETEHOLOŠKE INOVACIJE

Vabimo vas na delavnico o *Netehnoloških inovacijah*, ki bo 21. septembra 2011, v prostorih podjetja Emona Efekta, Stegne 21/c v Ljubljani.



Cilj delavnice je predstaviti pomen tovrstnih inovacij za trajnostni razvoj podjetja, pokazati številne neizkoriščene priložnosti in že uveljavljene uspešne rešitve v praksi.

H konkurenčni prednosti podjetij pripomorejo prav netehnološke inovacije, ki so v Sloveniji še premalo izkoriščene. Na delavnico smo prav zato povabili nekaj izjemnih slovenskih strokovnjakov in izbranih podjetnikov, ki bodo z vami delili svoje dragocene izkušnje in znanja.

Strokovne vsebine bodo oplemenitene z diskusijami in plodnimi izmenjavami izkušenj, mnenj in konkretnih primerov iz prakse. Priložnosti za osebne pogovore pa bodo odprle pot za iskanje inovativnih rešitev za številne izzive, s katerimi se srečujemo v teh negotovih časih.

MERITVE EMC

Elektromagnetna združljivost, zanesljivost in trajnostna doba elektronskih sklopov in komponent

Vabimo vas na posvet o *elektromagnetni združljivosti*, ki bo v torek, 13. septembra 2011, v prostorih podjetja Emona Efekta, Stegne 21/c v Ljubljani.



Program posveta:

- predavanja vrhunskih strokovnjakov iz industrijskih in inštitutskih laboratorijev,
- pregled laboratorijev in opreme na področju meritev in testiranj elektromagnetne združljivosti,
- srečanja strokovnjakov, izmenjava izkušenj, navezave stikov, predstavitev nove opreme,
- vprašanja, razprave in druženje.

Cilj konference je podati pregled vodilnih laboratorijev v Sloveniji, ki izvajajo teste in meritve na področju elektromagnetne združljivosti, in predstaviti primere reševanja problematike EMC v praksi in s sodelovanjem strokovnjakov iz industrije in raziskovalnih organizacij.

Posamezni strokovnjaki bodo s kratkimi prispevki predstavili merilno opremo, postopke meritev, usposobljenost osebja ter skladnost meritev s standardi. Predstavljeni bodo nekateri konkretni primeri in rešitve izboljševanja odpornosti sklopov in izdelkov na elektromagnetne motnje.



Konferenca **NAPREDNI MATERIALI** s tehnologijami prihodnosti

Vabimo vas na tradicionalno konferenco o *naprednih materialih* s tehnologijami prihodnosti, ki bo 7. in 8. septembra 2011 v veliki predavalnici Instituta »Jožef Stefan« v Ljubljani.

Konferenca je organizirana kot povezovalni dogodek med partnerji centrov odličnosti in razvojnih centrov ter strokovno javnostjo na obravnavanih področjih. Cilj konference je poleg predstavitve znanstvenih dosežkov tudi promocija znanosti in seznanitev z dosežki in cilji projektov s področja naprednih materialov in tehnologij prihodnosti.



Konferenca je organizirana kot niz kratkih predavanj uglednih raziskovalcev iz akademskih institucij in industrije. V program konference so v veliki meri vključeni izsledki raziskav, ki potekajo na področju materialov v CENTRIH ODLIČNOSTI in RAZVOJNIH CENTRIH slovenskega gospodarstva in jih sofinancirajo evropski strukturni skladi, MVZT in MG. Poleg materialov s področja elektrotehnike so vključeni tudi materiali z ostalih področij: polimeri, tekstilstvo, ...

Konferenci dajeta posebno težo prav široka odzivnost znanstvenikov in strokovnjakov, ki se ukvarjajo z novimi materiali, pa najsi gre za nove aplikacije (npr. uporaba plastike v gradbeništvu) ali materiale novih tehnologij in lastnosti (npr. nanomateriali), in prenos znanja med obravnavanimi področji.

Organizator vseh treh prireditvev je **Tehnološki center SEMTO**.

Vse tri prireditve delno sofinancira **Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo** v sodelovanju z **Javno agencijo za tehnološki razvoj**.



Že danes si rezervirajte čas za udeležbo na dogodkih! Prijave že zbiramo na naslovu semto@semto.si.

Več informacij na spletni strani TC SEMTO: <http://www.semto.si>.



TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA
01

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

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

Ali je tekstilstvo pred novimi izzivi z razvojem biomimetičnih tekstilij?

O pametnih tekstilijah je v zadnjem času veliko govora. Povsem univerzalne definicije za pametne tekstilije sicer ni, ker gre za zelo kompleksno področje. Vsekakor pa govorimo o pametnih tekstilijah takrat, ko govorimo o precej posebnih materialih, uporabljenih za izdelavo, in o zelo specifičnih lastnostih tekstilij, te pa so v zadnjem času največkrat povezane z biomimetiko in tudi nanotehnologijo ter na nek način tudi z elektroniko in drugimi tehničnimi področji.



Prikaz lotosovega efekta v biomimetičnih tekstilijah

Danes poznamo tako imenovane pasivne in aktivne pametne tekstilije. Pri pasivnih je poudarek predvsem na zaščiti proti sevanjem, na primer elektromagnetnim, takrat so v tekstilu všita posebna kovinska vlakna. Pri aktivnih tekstilijah pa se srečamo z izjemno širokim in kompleksnim področjem. Omejil se bom na področje, ki je povezano z biomimetiko, nanotehnologijo.

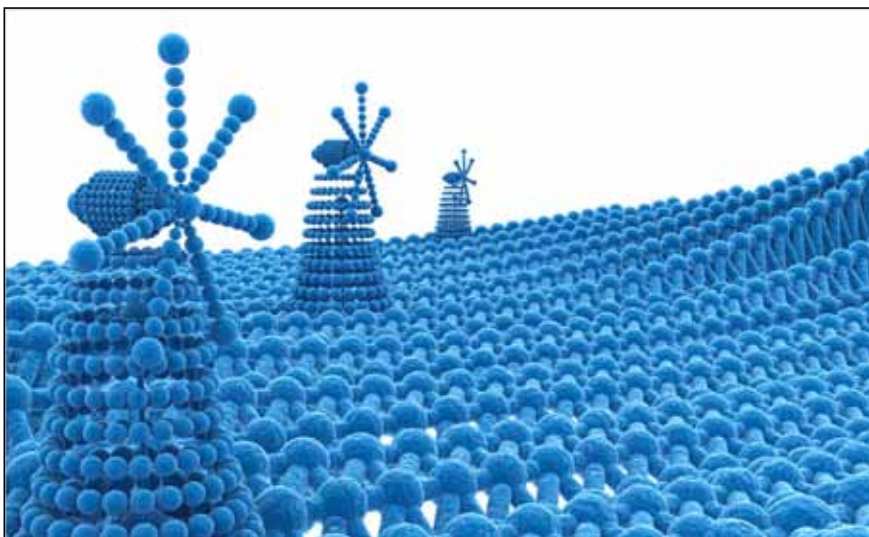
Vsi se zavedamo, da je tekstil zelo pomemben tudi za slovensko gospodarstvo, saj znaša delež zaposlenih v tekstilni in oblačilni industriji preko 10 %. Veliko težo je tekstilu pripisala tudi Evropa, saj je v evropski tekstilni tehnološki platformi navedeno, da je evropska tekstilna in oblačilna industrija vodilna v svetu, kar zadeva uporabo tehnologij, inovacij na področju procesov in proizvodov. Izdelava tehničnih tekstilij in njihova umeščenost v porabo pa zahteva visoko vlaganje v razvoj in raziskave tako materialov kot procesov. Poraba tekstilij narašča, narašča število različnih tekstilij, pojavljajo se nove potrebe in povpraševanja, kar zadeva funkcionalnost, natančnost, zanesljivost, raznovrstnost ter okoljsko prijaznost. Evropska in slovenska tekstilna tehnološka platforma sta že pred časom opredelili pomemb-

na področja razvoja s poudarkom na novih materialih in proizvodnji ter uporabi visoko specializiranih multifunkcionalnih vlaken. Tu so pomembne tehnologije, kot so površinska zaščita, mikroinkapsulacija, encimske in plazemske tehnologije, premazne tehnologije, laserske in ultrazvočne obdelave, pršenje in nanotehnologije. Nadalje narašča uporaba tekstilij v prometu, gradbeništvu, kmetijstvu, energiji, zdravju in varnosti ter drugje.

Danes je področje uporabe pametnih tekstilij zelo široko in hkrati tudi specializirano. Največje zahteve so tam, kjer je prišlo do razvoja, torej v vojski, vesoljski tehniki, medicini in drugje. Razvoj pa se širi tudi v splošno uporabo, npr. zaščitna oblačila, delovna in gasilska ter seveda izdelki za šport in prosti čas. Pametne tekstilije so predvsem tiste, ki reagirajo na določene vplive, so sposobne različnih zaznav in reakcij tudi v procesih ogrevanja in ohlajevanja ter oblikovne deformacije. Takšne tekstilije so lahko opremljene s senzorji, v določenih aplikacijah tudi z aktuatorji in integrirano elektroniko. Pri pametnih tekstilijah je poudarek na vlaknih, še zlasti takšnih, ki so izdelana iz neobičajnih surovin. O pametnih tekstilijah

pa govorimo še zlasti takrat, ko jih povezujemo z biomimetiko, vedo, ki se ukvarja s posnemanjem narave, njenih modelov, sistemov in procesov. Da bi lahko razumeli razvoj biomimetičnih tekstilij, se moramo nekoliko poglobljeje spoznati s samo biomimetiko kot vedo. Ljudje so navdih za rešitve svojih problemov vedno iskali v naravi, vendar vse premalokrat.

Danes se biomimetika uveljavlja domala na vseh področjih in seveda tudi v tekstilstvu. Biološki vzori so lahko model za imitacijo, kopiranje in učenje ali inspiracija za povsem nove tehnologije. V času pospešenega razvoja nanotehnologije v zadnjih letih je prišlo tudi do ponovnega razcveta biomimetike in danes na splošno razlikujemo dva pristopa, ki se že uporabljata in kjer so biološki zgledi model za imitacijo, kopiranje in učenje ter inspiracija za nove tehnologije. Osnova biomimetičnih gradiv so biološki zgledi (živi organizmi), saj so izjemno učinkoviti, z minimalno porabo surovin in izpolnjujejo kompleksne zahteve živih bitij. Prenesti morajo statične in dinamične obremenitve, upogib, lom, prestopi poškodbe in fleksibilnost. Biomimetična gradiva so umetno ustvarjena gradiva, ki posnemajo naravna gra-



Prikaz prihajajočih tekstilij, kjer se bo uporabljala nanotehnologija

diva in njihove lastnosti in se danes razvijajo v naslednjih skupinah gradiv: biomimetična nanogradiva, biomimetične tehnične tekstilije in biomimetična samozdravilna gradiva. Biomimetična nanogradiva so produkti nanotehnologije, ki omogoča obdelavo atomov in molekul. Gre za nov koncept kreiranja gradiv, ki se zgleduje po naravi. Na področju kreiranja nekaterih nanogradiv se trenutno izhaja iz biomimetičnega pristopa, kjer je biologija model za imitacijo, kopiranje in učenje. Danes so izjemno zanimive tudi biomimetične tehnične tekstilije iz visokokvalitetnih vlaken, ki pri spremembah okoliških pogojev dalj časa ohranijo fizikalne lastnosti. Ta vlakna z zelo dobrimi trdnostnimi in odpornostnimi lastnostmi so steklena, keramična, karbonska, razvijajo pa se tudi t. i. pametna vlakna z izrednimi fizikalnimi in kemičnimi lastnostmi, ki bodo uporabi tehničnih tekstilij v prihodnosti dale povsem novo dimenzijo (npr. ogljikove nanocevice). Danes potekajo biomimetične raziskave v zelo različne smeri.

Velik izziv in vir biomimetičnih raziskav je tudi pajkova mreža. Krožno zasnovana mreža je sestavljena iz izredno lahkih, vendar trdnih, skoraj nevidnih kontinuiranih niti, ki so med seboj povezane s tisočermi stiki. Mreža je odporna na vodo, veter in sončno svetlobo. Svilena nit, ki jo producira pajek, prekaša trdnost visokotehnološko razvitih gradiv, kot npr. kevlar, ki se uporablja v ne-

prebojnih jopičih, letalski industriji oziroma povsod, kjer so potrebna lahka in trdna vlakna. Čeprav se svilena pajkova nit proizvaja v vodi, pri sobni temperaturi in pod pritiskom, je velikokrat močnejša od jekla, kar si seveda v praksi težko predstavljamo.

V zadnjem času napredki na področju nanotehnologije obljublja jo proizvodnjo izjemnih vlaken, ki bodo trdna, lahka in vsestransko uporabna, kar pomeni, da se za tekstilstvo odpira povsem novo tehnološko obdobje oziroma nova razvojna paradigma. Biomimetika bo tu brez dvoma uvedla nove pristope pri raziskovanju novodobnih oblik, tehnologij in gradiv, tudi na področju tekstilstva naslednje generacije. Dejstvo namreč je, da redkokatero umetno ustvarjeno gradivo s svojimi lastnostmi presega žive tvorbe, ki jih je v procesu evolucije izoblikovala narava. V zadnjih letih se tako proučujejo živi organizmi, ki so kot biološki zgledi osnova za razvoj gradiv, ki bodo soustvarjala naše grajeno okolje v prihodnosti, in to bodo nedvomno: biomimetična nanogradiva, biomimetične tehnične tekstilije in biomimetična samozdravilna gradiva. Vse tri skupine posnemajo procese v naravi in jih na svoj način aplicirajo tudi v umetne tvorbe.

Nanotehnologija pa bo kmalu prispevala gradiva, ki bodo imela samočistilne lastnosti, optične lastnosti, izjemne statične lastnosti ob majhni porabi surovin in energije

za proizvodnjo, po koncu uporabe pa ne bodo obremenjevala okolja. V tem kontekstu govorimo tudi o superhidrofobnih, oleofobnih in protimikrobnih tekstilijah in tekstilijah z lotosovim učinkom.

Tehnične tekstilije, ki si že nekaj časa utirajo pot v arhitekturo, bodo po bioloških zgledih postale fleksibilne v vseh vremenskih razmerah, ob tem pa bodo imele tudi izjemne natezne in tlačne trdnosti. V kratkem pa se bodo pojavila tudi gradiva, ki bodo sposobna popravljanja poškodb, ki nastajajo v fazi njihove uporabe. Ob razvoju naštetih tehnologij se seveda oblikujejo prioriteta tehnološka razvojna področja in pri tekstilijah je to funkcionalizacija tekstilnih vlaken, razvoj tehnologij predelave in obdelave novih materialov, ekologija, napredni tekstilni izdelki s posebnimi funkcijami, napredne, na tekstilnih vlaknih temelječe tekstilne strukture in vedno večja uporaba biomimetičnih tekstilij za vse vrste aplikacij.

*Janez Škrlec, inženir mehatronike
predsednik odbora za znanost in
tehnologijo pri OZS*



Prihaja 44. mednarodni obrtni sejem **MOS 2011**, ki bo v Celju od 7. do 14. septembra. Letos se bodo med drugimi v okviru Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije ponovno predstavili Strokovna sekcija elektronikov in mehatronikov, Odbor za znanost in tehnologijo in Sekcija elektrodejavnosti. V okviru te predstavitve bodo na sejmu prikazali svoje delo: Institut Jožef Stefan, Kemijski inštitut v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, številna napredna mala in mikropodjetja ter revija Ventil. Letošnji sejem bo zajemal številna tehnološka področja elektronike, mehatronike, avtomatike, robotike, IKT in druga.

Vljudno vabljeni, da nas obiščete v hali L1. Več o sejmu MOS na naslovu: <http://www.ce-sejem.si/>.

Interreg IV projekt I3E – Pospješevanje inovacij na področjih industrijske informatike in vgrajenih sistemov z medsebojnim povezovanjem

Odsek za sisteme in vodenje z Instituta Jožef Stefan sodeluje v triletnem projektu Interreg IV »I3E – Promoting Innovation in the Industrial Informatics and Embedded Systems Sectors through Networking« (Pospješevanje inovacij na področjih industrijske informatike in vgrajenih sistemov z medsebojnim povezovanjem), ki je sofinanciran v okviru evropskega programa meddržavnega sodelovanja v jugovzhodni Evropi.

V projektu sodeluje 11 partnerjev iz osmih držav območja jugovzhodne Evrope (*Industrial Systems Institute* iz Grčije – koordinator projekta, *Austrian Academy of Sciences in EcoPlus – the Business Agency of Lower Austria* iz Avstrije, *Foundation – Cluster of Information and Communication Technologies in Foundation for New Bulgarian University* iz Bolgarije, *Technical University of Cluj-Napoca* iz Romunije, *Univerza v Mariboru* in *Institut Jožef Stefan* iz Slovenije, *Italian Executives Alliance* iz Italije, *University of Kragujevac* iz Srbije in *Odesa National Polytechnic University* iz Ukrajine). Osnovni cilj projekta je pospeševanje inovacij in podjetništva na območju jugovzhodne Evrope s poudarkom na naprednih izdelkih in storitvah na področjih industrijske



Geografsko območje jugovzhodne Evrope in partnerji projekta I3E

informatike in vgrajenih sistemov. Na tem geografskem območju imamo namreč danes pomembno kritično maso znanja in izkušenj, tako v akademski sferi kot v industriji, prav tako pa potrebe industrijskih podjetij po storitvah s področij industrijske informatike in zasnovi najrazličnejših vgrajenih sistemov.

Prvi izziv je zato povezava teh raziskovalnih potencialov v skupne strateške raziskovalne usmeritve, prav tako pa mora-

mo vzpostaviti manjkajoči člen med inovacijami in podjetništvom, ki je danes ovira za bolj učinkovit prenos raziskovalnih rezultatov v inovativne izdelke ali storitve.

V okviru projekta smo partnerji izdelali dokument za skupne strateške raziskovalne usmeritve (*SRA – Strategic Research Agenda*) za prej omenjeni raziskovalni področji v jugovzhodni Evropi. Dokument SRA opredeljuje strateške usmeritve in perspektivna raziskovalna področja znotraj industrijske informatike in vgrajenih sistemov ter podaja usmeritve za razvoj tehnologij z omenjenih področij, ki kažejo potencial in pomembnost za razvoj regije v bližnji prihodnosti. Izbrane usmeritve



Predavanje na prvi I3E delavnici 7. oktobra 2010 v Ljubljani



Predavatelji na IV. I3E delavnici 23. maja 2011 na Dunaju

so usklajene s številnimi zainteresiranimi deležniki iz regije, to so akterji iz raziskovalne in izobraževalne sfere, industrije, državna uprava ipd. Poleg tega je dokument SRA usklajen z vsemi sorodnimi evropskimi iniciativami. Opredelili smo prednostna področja za jugovzhodno Evropo, ki so: fleksibilna proizvodnja, obnovljivi viri energije, učinkovita raba energije, podpora v zdravstvu / starejšim, pametne hiše, nomadska okolja, jav-

na infrastruktura, upravljanje z odpadki, vgrajeni sistemi v kmetijstvu.

Raziskave so učinkovite in dosežejo svoj namen le, če so pretvorjene v inovacije. V ta namen v okviru projekta podskupina partnerjev izdeluje tudi metodološka navodila za učinkovit prenos raziskav v inovacije (MGI – *Methodology Guideline for Innovation*). V prvem delu smo skupaj s partnerji zbrali 120 dobrih praks, ki se nanašajo na prenos raziskav v inovacijo in na finančne mehanizme za pospeševanje inovacij na področjih industrijske informatike in vgrajenih sistemov na območju jugovzhodne Evrope. Izmed teh je bilo kasneje izbranih 30 najboljših praks (tri od teh iz Slovenije), ki po-

dajajo koristne izkušnje pri prenosu raziskav v inovacije. Na osnovi izvedene SWOT analize teh projektov pa se trenutno izdelujejo metodološka navodila za prenos raziskav v inovacijo (MGI).

Skupne strateške raziskovalne usmeritve na območju jugovzhodne Evrope in metodološka navodila za učinkovit prenos raziskav v inovacije (SRA in MGI) se aktivno predstavljajo zainteresirani strokovni javnosti na različnih nacionalnih in mednarodnih delavnicah in konferencah, ki so tudi predvidene v vsebini del projekta I3E. Prva delavnica je bila organizirana lani v Ljubljani, skupaj pa je bilo do sedaj organiziranih že pet od skupno osmih predvidenih delavnic. Poleg tega je na voljo tudi spletni portal (www.i3e.eu), preko katerega se lahko spremljajo tematski forumi in aktualne novice o projektu.

Dr. Dejan Gradišar
Institut Jožef Stefan, Ljubljana

SERVO VENTILI, PROPORCIONALNI VENTILI IN RADIALNO-BATNE ČRPALKE

MOOG

Zakaj radialno-batne visokotlačne črpalke MOOG?

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

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

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

ZASTOPA IN PRODAJA
DDT commerce s.o.o.
 Pavšičeva 4
 1000 Ljubljana
 Slovenija
 tel.: +386 1 514-23-54
 faks: +386 1 514-23-55
 e-pošta: ppt_commerce@siol.net

Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili

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

M+S HYDRAULIC

Predstavitev prireditve FLUIDTRANS COMPOMAC 2012

Predstavniki Milanskega sejma in Italijanskega združenja za fluidno tehniko so nedavno na tiskovni konferenci v Milanu predstavili že tradicionalno sejmsko-razstavno prireditev Fluidtrans Compomac 2012. Ob tem so poudarili zelo živahno okrevanje tovrstne italijanske industrije v preteklem letu.

ASSOFLUID (Italijansko združenje industrije hidravlike in pnevmatike), soustanovitelj in promotor razstave *Fluidtrans Compomac*, organizira skupaj z *Milanskim sejmom* od 8. do 11. maja 2012 v Milanu že uveljavljeno bienalno razstavo fluidne tehnike in mehatronike. V nadaljevanju so predstavniki obeh organizacij predstavili dosežke področja v letu 2010 in prvi polovici leta 2011. Generalna skupščina združenja Assofluid, ki je bila v juniju, je potrdila odlične dosežke Italije na obravnavanem področju, na kar kaže peto mesto v svetu in drugo v Evropi.



Amadio Bolzani, predsednik združenja in predsedujoči zasedanja, je poudaril, da se je ponovna rast področja pričela leta 2010, njegova konsolidacija je bila sklenjena v prvi polovici leta 2011, ko je bilo doseženo stanje iz leta 2008. Ob tako pomembni konjunkturi je naloga Assofluida, da podpira podjetja pri njihovi širitvi doma in po svetu. Zato so zadovoljni, da sodelujejo pri organizaciji prireditve Fluidtrans Compomac 2012, ki je neprecenljiva za italijanska

podjetja pri njihovih inovacijah in investicijah ter doseganju konkurenčnosti na svetovnem trgu.

Marco Seriola, direktor razstav na Milanskem sejmu (*Fiera Milano*), je poudaril, da se hitreje in uspešneje razvijajo tista industrijska podjetja, ki so inovativna in usmerjena na svetovne trge. Zato Milanski sejem predstavlja praktična orodja industrijske strategije za prodor na trge razvijajočih se dežel, kot so države področja BRIC – Brazilija, Rusija, Indija in Kitajska.

Brez dvoma bo zato tudi leto 2012 s sejmoma *Fluidtrans Compomac in Mechanical Power Transmission and Motion Control* (Mehanski pogoni in krmiljenje gibanja) dalo nove poslovne vzpodbude tistim vejam industrije, ki predstavljajo vrhunec italijanskega gospodarstva zaradi njihove sposobnosti inovativne rasti in najvišjih standardov odličnosti.

Podatki za področje fluidne tehnike, ki jih je v juniju predstavil ASSOFLUID, kažejo, da so izgube kriznih let premagane in je ponovno doseženo stanje iz leta 2008. V letu 2010 je področje hidravlike beležilo promet v višini 2,145 milijard evrov (kar je 39,4 % več kot leta 2009), področje pnevmatike pa 838 milijonov evrov (ali 44,2 % več kot leto prej). V prvem četrtletju leta 2011 se rast nadaljuje, domači trg hidravlike za 34,1 % in pnevmatike za 31,3 %. Ponovna rast je v veliki meri posledica večjega izvoza zlasti v Brazilijo in Indijo, izboljšujejo pa se tudi posli s Kitajsko.

Prihajajoči Fluidtrans Compomac 2012 bo predstavljen v tednu tehnoloških razstav (*Technology Exhibition Week – TEW*), ko so v okviru Milanskega sejma organizirane najpomembnejše tehnološke prireditve leta. V tem času ne bodo potekali samo sejmi, kot so Fluidtrans Compomac, Mechanical Power Transmission & Motion Control, ampak tudi dva pomembna referenčna sejma: *Plast* – mednarodna razstava plasti-

ke in gume ter *Xylexpo* – mednarodni bienalni sejem lesarstva.

Razstave v okviru TEW omogočajo obiskovalcem spoznavanje popolne pahljače tehnologij za učinkovito, varno in ceneno proizvodnjo. Ob sodelovanju organizatorjev razstav bodo na voljo tudi druge prireditve, konference in kongresi.



Biennial International Fluid Power and Mechatronics Exhibition

Dodatne informacije na naslovu:
Fiera Milano,
tel.: + 39 499 762 45 / 6215,
internet: www.fluidtranscompomac.it

Vir: Press release: Press Office Fluidtrans Compomac and Mechanical Power Transmission & Motion Control – Sergio Pravettoni, e-naslov: sergio.pravettoni@fieramilano.it; Mariagrazia Scoppio, e-naslov: mariagrazia.scoppio@fieramilano.it

Pripravil: Anton Stušek

VENTIL

REVIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

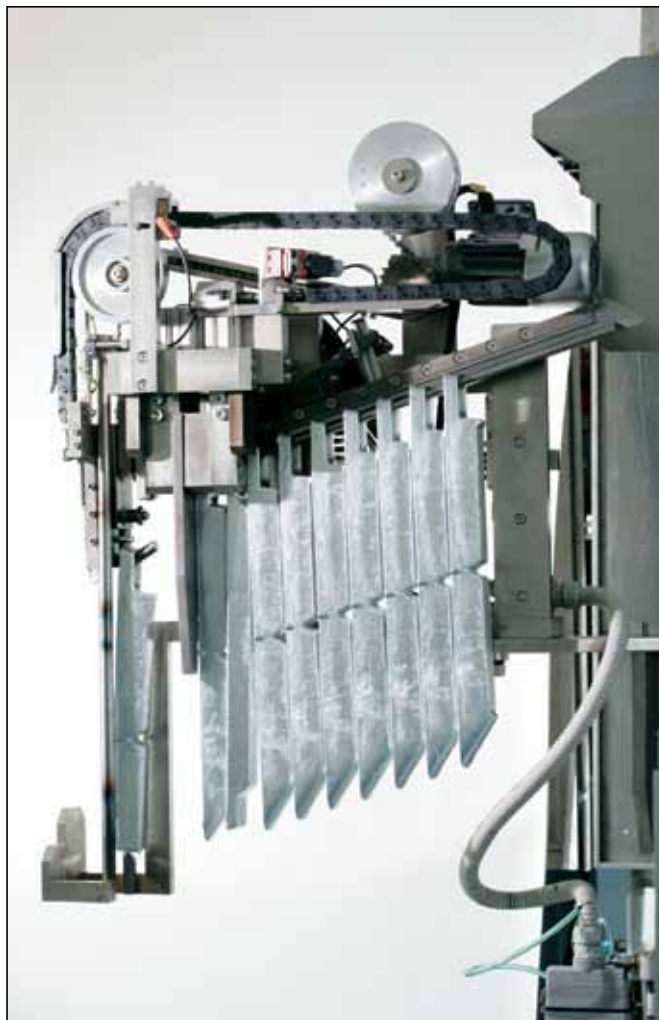
telefon: + (0) 1 4771-704
telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
e-mail: ventil@fs.uni-lj.si

Lama Avtomatizacija iz Skupine Titus je predstavila inteligentno tehnologijo tlačnega litja na sejmu GIFA v nemškem Düsseldorfu

Skupina *Titus*, katere del sta slovenski *Lama d.d. Dekani* in *Lama Avtomatizacija d. o. o.*, je na letošnjem največjem livarskem dogodku na svetu, GIFA 2011, predstavila svojo inovativno tehnologijo tlačnega litja s štirimi zapiralnimi agregati. Rešitev Skupine Titus zajema livarske stroje, orodja in litje preciznih komponent po meri naročnika. Nova tehnologija predstavlja visoko učinkovito rešitev za podjetja z velikoserijsko proizvodnjo majhnih izdelkov iz cinkovih zlitin ali za podjetja, ki želijo začeti z lastno proizvodnjo.

Skupina Titus je na osnovi svojega strokovnega znanja in dolgoletnih izkušenj s področja velikoserijske proizvodnje pohištvenega okovja ter na osnovi tradicije razvoja in izdelave orodij za livarske stroje razvila livarsko tehnologijo s štirimi zapiralnimi agregati za precizno litje izdelkov iz cinkovih zlitin LamaCaster, Lama CombiCaster za izdelavo kombiniranih izdelkov iz jekla in cinka ter LamaCaster Wheel Balance Weight za proizvodnjo uteži za avtomobilska kolesa.

Titus je svoje inovativne rešitve predstavil na letošnjem največjem livarskem dogodku na svetu, na sejmu GIFA 2011, kjer se vsaka štiri leta predstavljajo najbolj napredne rešitve za optimizacijo tehnologij in procesov na področju livarske teh-



vost samih odlitkov. Izboljšana kontrola obeh ključnih spremenljivk v procesu litja prinaša velike koristi na področju produktivnosti in konsistentnosti samega procesa ter kakovosti produkta. Naprava ima kapaciteto za 90 kg ingotov, kar omogoča daljši čas obratovanja stroja brez dodatnega polnjenja ali preverjanja materiala. Avtomatski dopolnjevalec ingotov za izdelke iz cinkovih zlitin je kompatibilen z vsemi stroji LamaCaster, možna pa je tudi uporaba na standardnih livarskih strojih.

nologije. Veliko zanimanje javnosti je vzbudila naprava za avtomatsko dopolnjevanje ingotov, ki zagotavlja natančno kontrolo temperature in nivoja zlitine. Velika nihanja v temperaturi talilnika in nivoju zlitine imajo velik vpliv na učinkovitost procesa litja preciznih komponent ter kako-

Skupina Titus, ki proizvaja okovje za pohištvo in druge komponente, želi z tehnologijo LamaCaster zagotoviti rast prodaje livarskih strojev, orodij in velikoserijskih preciznih komponent.

www.titusplus.com

Titus

Lama, last angleškega Titus International Ltd., je največje podjetje v Skupini Titus, katere poslanstvo je kupcem zagotavljati rešitve za manjše komponente, ki izboljšujejo njihovo konkurenčnost. Podjetje tako razvija, proizvaja in trži okovje za pohištvo, blažilce, sisteme za avtomatsko sestavo, livarsko tehnologijo, orodja in komponente. Izdelke prodaja v šestdesetih državah na vseh celinah.

Terminal Dolphin 99EX in čitalnik Hyperion 1300 g

Honeywell Hyperion 1300 g je čitalnik, ki je še posebno primeren tam, kjer je skeniranje zelo pogosto, kot na primer v trgovinah in logističnih sistemih kakor tudi v manj zahtevnem industrijskem okolju. Vgrajena napredna tehnologija skeniranja Adaptus™ omogoča nemoten zajem podatkov tudi v črtnih kodah višje gostote in z razdalje do 46 cm. Je zelo trpežen in deluje brezhibno tudi več let (IP41). Je robusten in prenese tudi do 50 padcev z višine 1,5 m.



Honeywell Hyperion 1300 g

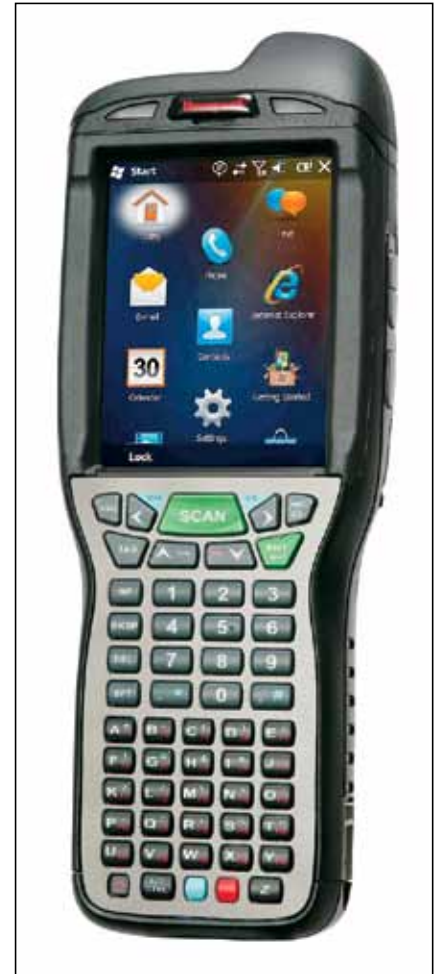
Terminal Honeywell Dolphin 99EX je bil razvit na željo globalnega logističnega servisa UPS in je z nekaterimi dopolnitvami zdaj na voljo širšemu tržišču.

Njegove značilnosti so:

- številne sodobne možnosti komunikacije (GSM, CDMA, 802.11abgn, Bluetooth),
- majhna masa (520 g),
- 1 GHz procesor,
- izredno visoka stopnja zaščite, ki ustreza standardu IP67 (prah, voda, sneg in mraz ter padci z višine 1,83 m),
- velik barvni zaslon (diagonala 9,4 cm), ki je lepo viden v vseh pogojih (sonce, tema, UV).

Dolphin 99EX je v določenih kategorijah sposobnejši v primerjavi s konkurenčnimi terminali, kot so: Motorola 9500, Intermec CK70, Intermec CN70, Psion Workabout Pro 3 in Datalogic Falcon X3.

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



Honeywell Dolphin 99EX

Od kita do ventilatorja

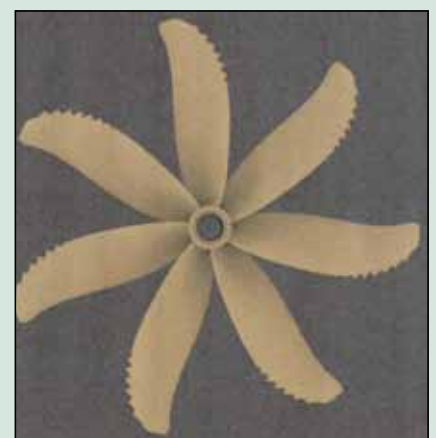
Revija *Mechanical Engineering* v letošnji majski številki objavlja zanimivost o obetavni tehnologiji izrabe naravne oblike kitovih plavuti. Avtor ideje *Frank Fish* po tridesetih letih proučevanja predlaga oblikovanje profilov turbinskih lopatic in kril pri plovilih, podobnih profilom kitovih plavuti.

S partnerjem *Stephenom Dewarom* sta za tržno uveljavljanje nove ideje ustanovila podjetje *Whale Power* (Kitova moč). Za začetek sta razvila ventilator s premerom 7,3 m (24 čevljev) z lopaticami novega profila. Dosežki so nadvse obetavni. Ob primerjavi s

podobnim konvencionalnim ventilatorjem sta uporabila le polovično število lopatic in pri enaki vrtilni hitrosti dosegla 25 % večji imenski tok ob 25 % manjši potrebni pogonski moči.

S kitovimi plavutmi navdihnjen ventilator je torej že na voljo. Nadvse obetavni razvojni dosežki pa se lahko pričakujejo tudi na drugih področjih, kot so vetrne turbine, krila pri bibavičnih elektrarnah ipd.

Vir: Brown, A. S.: From Whales to Fans – Mechanical Engineering 133(2011)5, str. 24



Pripravil: Anton Stušek

Zaščitne cevi za povečanje varnosti gibkih cevodov

Ni dvoma, če se ukvarjate s hidravličnimi napravami, potem pač morate vedeti, kaj delate. Napake namreč lahko povzročajo resne poškodbe in okvare. Vsem pa ni jasno, da je lahko vzrok navidez nedolžno hidravlično puščanje.

To se mnogokrat primerja z analognim električnim puščanjem – s slabo izolacijo. Če pride pri električnem vodniku do tega, se rado pojavi iskrenje zaradi kratkega stika in operaterji bodo brez razmišljanja napravo, stroj takoj izključili in raziskali vzroke. Pri hidravličnem puščanju pa se to mnogokrat podcenjuje in naprava, stroj še naprej deluje – vse do obiska vzdrževalca.

Problematično pa je, da hidravlična puščanja lahko pred tem povzročijo resne poškodbe. Že nevidna luknjica s premerom igle v gibki cevi lahko sprosti curek strupenega fluida s hitrostjo več kot 200 m/s, ki je podobna hitrosti izstrelka na ustju cevi strelnega orožja. Takšen curek lahko deluje podobno kot injekcijska igla skozi zaščitno oblogo ali človeško kožo. Obstaja torej nevarnost mehanskih poškodb opreme, še posebno pa resnih poškodb osebe v obliki injekcijskih ran, požarov, eksplozij, električnih udarov in mehaničnih okvar.

Posebne zunanje zaščitne cevi *LifeGuard 4000* firme *Gates* lahko zdržijo razpočne tlake do 55 MPa ali tlake curkov puščanja do 28 MPa pri temperaturi do 100 °C, v trajanju do 5 minut, za gibke cevi z imenskim premerom ¼" do 1". Zaščitna cev se navleče na gibki cevovod in s posebnimi spojkami pritrdi na vsakem koncu cevovoda. Posebne spojke omogočajo drenažo eventualnega fluida iz medprostora med gibko in zaščitno cevjo, tako da ne more priti do njene porušitve. Iztekanje drenažnega fluida sočasno opozori operaterja na netesnost gibkega cevovoda.



Notranja stran zaščitne cevi je izdelana iz tesno tkanih najlonskih vlaken z razteznostjo najmanj 20 %. Pri raztezanju lahko absorbira razpočno energijo ali energijo curka skozi odprtino puščanja. Najlonska tekstura pri tem omogoča zadrževanje toka puščanja in ga vodi ob pritrdilnih spojkah na koncih cevovoda v drenažo.

V preteklosti so se zaščitne cevi uporabljale za zaščito cevovoda pred abrazivno obrabo, ekstremnim lokalnim pregrevanjem in drugimi mehanskimi poškodbami. *LifeGuard 4000* pa ta koncept razširja še na splošno zaščito gibkih cevodov pred delovanjem okolice in za zagotavljanje varnosti osebe pred nevarnostjo poškodb zaradi visokotlačnih netesnosti. To je še posebej pomembno pri sodobni uporabi visokotlačnih sistemov in kompaktni gradnji strojev.

Uporaba zaščitnih cevi *LifeGuard* je varna, učinkovita in ekonomsko konkurenčna alternativa kovinskemu in plastičnemu zaščitnim oklepim opletom. Kompatibilne so z večino hidravličnih tekočin, vključno z biorazgradljivimi olji, pa tudi z bio-

dieselskimi gorivi. Uporabne so za delovne temperature do 100 °C in ustrezajo standardom SAE za večino industrijskih in mobilnih strojev.

Dodatne informacije in katalog dobite na naslovu: bit.ly/HP511-Gates.

Vir: Hitchcox: Line-of-sight hose sleeves improve safety – Hydraulics & Pneumatics 64(2011) 5 – str.8

IRT³⁰⁰⁰
inovacijarazvojt tehnologije
www.irt3000.si

SFT

strojnistvo.com
križišče strojnikov

Force and position control of a hydraulic press

Željko ŠITUM

Abstract: The article reports on the design and control of a 50-kN hydraulic press that was made for educational purposes as well as for an experimental verification of control algorithms. The press contains a servo-solenoid pressure-control valve for regulating the pressure in the cylinder chamber and thus the force of the hydraulic press. The press is equipped with a pressure sensor installed in the cylinder chamber for indirectly measuring the pressing force. On the press it is also possible to measure the position of the upper plate by using a micro-pulse linear transducer, which creates a precondition for the realization of a hybrid force/position-control algorithm. The control algorithms and monitoring process are implemented on a real-time hardware board. They are programmed in the Matlab/Simulink program using the Real-Time Workshop tool for generating the C code and building an executive program. The article also shows an industrial solution for hydraulic press control using a programmable logic controller (PLC) as a control device. Based on the experimental results, it can be concluded that electrically actuated control components supported by the appropriate computer programs make it possible to improve the characteristics of the hydraulic systems required in modern industrial plants.

Keywords: hydraulic press, force and position control, servo valve

1 Introduction

Modern industry is looking for flexible solutions that will be able to provide some new characteristics of hydraulic systems, such as the ability of controlled motion, the possibility for continuous control of the required values, simple data transfer and signal processing, the possibility of monitoring and process visualization, etc. The rapid developments in microelectronics in recent years have reduced the cost of computer equipment to a level acceptable for industrial applications, which has enabled the implementation of sophisticated control strategies in practice. Therefore, modern hydraulic systems have evolved towards electronics and microprocessor-controlled electrohydraulic components in order to achieve new control possibilities

[1]. Normally, due to its complexity, almost every advanced controller must be implemented on a digital computer. Such control systems that have electrically actuated valves can respond to the complex demands posed by today's technology.

Presses are one of the most commonly used machine tools in industry for the forming of different materials. In the past, for the pressing tasks in industry, mechanical presses were more frequently used, but nowadays hydraulic presses take precedence due to their numerous advantages, such as:

- full force through the stroke,
- moving parts that operate with good lubrication,
- force that can be programmed,
- stroke that can be fully adjustable, which contributes to the flexibility of application,
- safety features that can be programmed and incorporated into the control algorithms,
- can be made for very large force capacities.

On the other hand, hydraulic presses are generally slower than mechanical presses [2]; however, this disadvantage is being overcome with the development of new valves with higher flow capacities, smaller response times and improved control capabilities. In these kinds of applications, the ability of force-control systems to follow-up varying reference signals is often required for the proper operation of the technological process. In addition, the task of the position control of the hydraulic actuator is also very important. Therefore, a new quality and significant improvement in the functioning of the press can be obtained with a simultaneous realization of position feedback, which is actually a hybrid control algorithm [3-5]. The hybrid force/position controller structure allows independent gains to be used for both the position and the force-control task, allowing the different dynamics of each to be adjusted. This paper describes the construction of a hydraulic press and the implementation of a control algorithm

Associate Professor, Ph.D Željko Šitum, University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture

for its force and position control. The article also provides an example of hydraulic press control using a programmable logic controller (PLC) as a control device, which could be applied in practice.

■ 2 Modelling and control

The mathematical model of the hydraulic system is obtained, first, from the model of the hydraulic valve dynamics, then by applying the flow continuity through the orifice, then by analyzing the pressure behaviour in the cylinder chambers, and, finally, by applying Newton's second law to the actuator motion. In this application a pressure-control valve was chosen because the emphasis is on the regulation of pressure, which is actually equivalent to the pressing force.

The transfer function between the spool-valve position $y_v(s)$ and the input voltage $u(s)$ is typically a second-order term:

$$\frac{y_v(s)}{u(s)} = \frac{k_v}{(1/\omega_v^2)s^2 + (2\zeta_v/\omega_v)s + 1} \quad (1)$$

where k_v is the proportional valve gain, ω_v is the natural frequency and ζ_v is the damping ratio.

The relationship between the spool-valve displacement, y_v , and the load flow, Q_L , assuming turbulent flow through an orifice can be given as:

$$Q_L = K_q y_v \sqrt{p_s - \text{sgn}(p_L)} \approx K_q y_v - K_c p_L \quad (2)$$

where p_s is the supply pressure, $p_L = p_1 - p_2$ is the load pressure and

the coefficients K_q and K_c represent the flow gain and the flow-pressure coefficient, respectively.

There are three effects that contribute to the required flow rate Q_L , which are contributions due to the volume change, Q_V , due to the compression of the oil in the piston chamber, Q_C , and due to the leakage around the piston Q_1 . It is assumed that these effects are additive, so we may use this consideration to write the following expression:

$$Q_L = Q_V + Q_C + Q_1 = A_p \frac{dx_p}{dt} + \frac{V_t}{4\beta} \frac{dp_L}{dt} + K_{tc} p_L \quad (3)$$

where x_p is the position of the actuator, A_p is the average cross-sectional area of the piston, V_t is the total volume of fluid under compression in both chambers, β is the bulk modulus of the operating oil and K_{tc} is the total leakage coefficient of the piston, which includes the internal and external leakage coefficient.

The force balance equation for the cylinder is given by:

$$A_p p_L = m \ddot{x}_p + b \dot{x}_p + k_s x_p \quad (4)$$

where m is the effective system mass, b is the coefficient of viscous friction and k_s is the elastic load stiffness.

Using equations (1)-(4) a block-diagram of the process can be constructed. The control strategy, referred to as hybrid force/position control, is shown in Figure 1. With this control technique the errors in the force and position control loops are controlled by two independent

controllers. The outputs from the force and position controllers are summed, giving a control signal that is sent to the servo valve to satisfy both the force and position reference commands.

Using block-diagram rules, the overall transfer functions of the process are obtained as follows [6]:

$$\frac{x_p(s)}{u(s)} = \frac{k_v}{\frac{1}{\omega_v^2}s^2 + \frac{2\zeta_v}{\omega_v}s + 1} \cdot \frac{m V_t}{4\beta A_p^2} s^3 + \left(\frac{b V_t}{4\beta A_p^2} + \frac{K_q/A_p}{\left(1 + \frac{b K_{cc}}{A_p^2} + \frac{V_t k_s}{A_p^2}\right)s + \frac{K_{cc} k_s}{A_p^2}} \right) \quad (5)$$

$$\frac{F(s)}{u(s)} = \frac{k_v}{\frac{1}{\omega_v^2}s^2 + \frac{2\zeta_v}{\omega_v}s + 1} \cdot \frac{m V_t}{4\beta A_p^2} s^3 + \left(\frac{b V_t}{4\beta A_p^2} + \frac{(K_q/A_p)(m s^2 + b s + k_s)}{\left(1 + \frac{b K_{cc}}{A_p^2} + \frac{V_t k_s}{A_p^2}\right)s + \frac{K_{cc} k_s}{A_p^2}} \right) \quad (6)$$

where $K_{cc} = K_c + K_{tc}$ is the total flow-pressure coefficient.

The control concept using a PID controller with an anti-windup algorithm for the press force control and a fixed-gain PD controller for the press-position control is implemented. Eventual conflicts between the two controllers are managed by means of two gains, C_f and C_p , that can be used to determine the priority of the regulation and the contribution of each signal in the total control signal on the valve.

■ 3 Experimental test setup

A schematic diagram and a photo

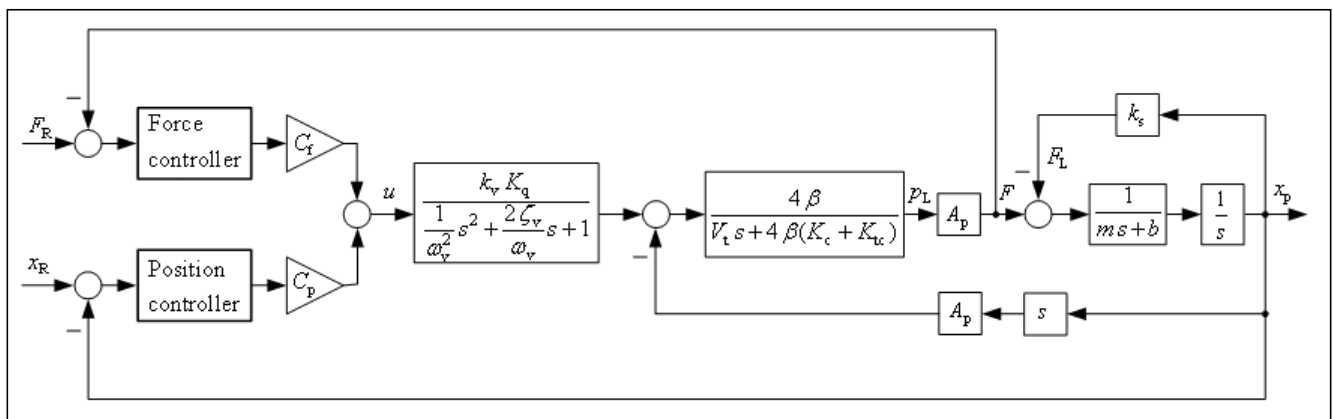


Figure 1. Hybrid force/position control system

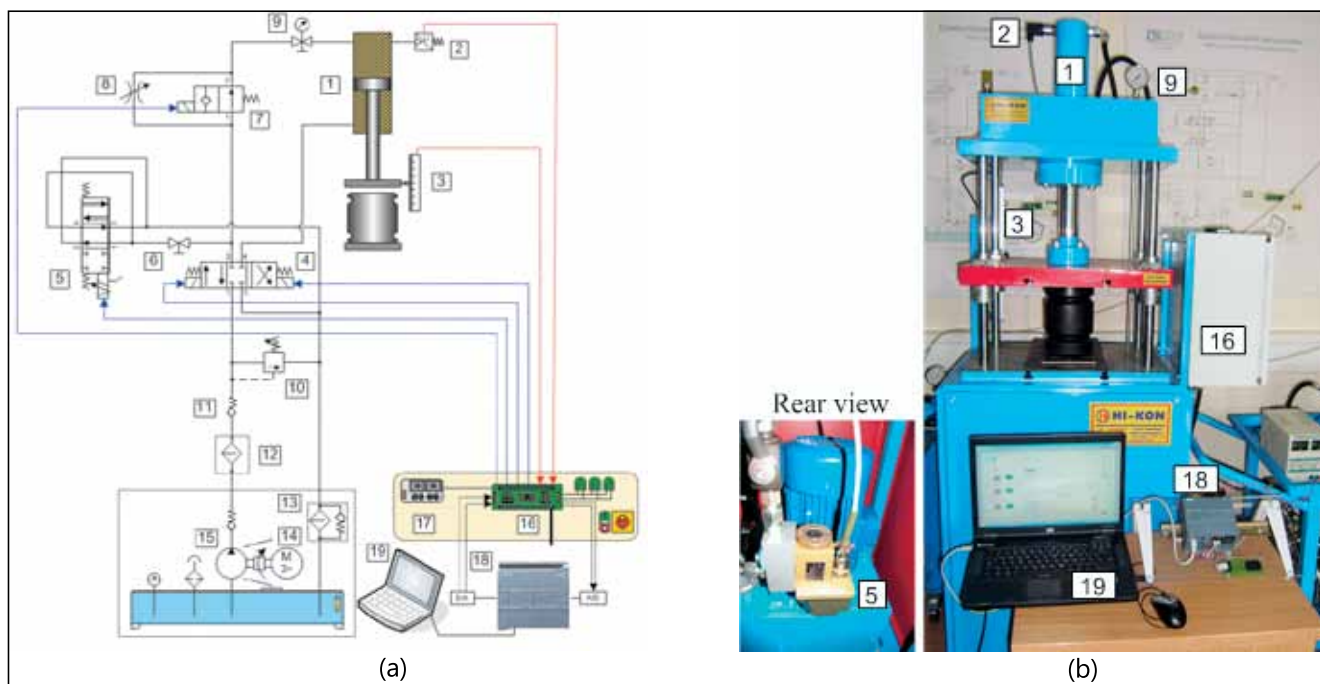


Figure 2. Hydraulic press, a) schematic diagram, b) photo; 1–Cylinder, 2–Pressure sensor, 3–Micropulse linear transducer, 4–Solenoid 4/3 valve, 5–Servo valve, 6–Shut-off valve, 7–Solenoid 2/2 valve, 8–Throttling valve, 9–Manometer, 10–System pressure relief valve, 11–Ball check valve, 12–Pressure filter, 13–Return flow filter, 14–Three-phase electric motor, 15–Hydraulic pump, 16–Electronic interface, 17–Electric rectifier, 18–PLC SIMATIC S7-1200, 19–Control computer

of the hydraulic press for control of the force and position are shown in Figure 2. The hydraulic cylinder (1) that is used to actuate the press is a double-acting 300-mm-stroke cylinder with an 80-mm bore and a 60-mm diameter rod. The control of the press force is accomplished using an electro-hydraulic servo valve (5) designed for bypass operation, manufactured by Schneider, model HVM 025-005-1200-0, with a box-chopper amplifier and ± 10 -V analogue input signal. The maximum pressure in the system is limited by a pressure relief valve (10) and the servo valve actually reduces the pressure in the system pressure line and the cylinder chamber. The servo valve is installed in a bypass line, and with respect to the control signal enables the oil flow to the tank, maintaining the pressure in the cylinder chamber at a desired value. The hydraulic force applied to a rubber bumper is indirectly measured by a pressure transducer (2), (Siemens type 7MF1564), with a measuring range of 0 to 250 bar and an output signal of 0 to 10 V, which is installed in the cylinder chamber. In this system it is also possible to measure the displacement of the press by using

a micro-pulse linear transducer (3), manufactured by Balluff, type BTL5-A11-M0300-P-S32, with an output voltage of 0 to 10 V and a resolution of $\pm 2\mu\text{m}$. With the installation of the displacement sensor in the system, the preconditions for the realization of hybrid force/position-control algorithms are obtained. If the shut-off valve (6) is closed then the servo valve is turned off, and then it can be shown the action of a press whose motion is controlled using a classical solenoid 4/3 valve (4). Also, if the solenoid 2/2 valve (7) is closed, the oil flow is directed to a throttling valve (8) and this changes the cylinder speed. Since the servo valve is installed in the system, particular attention should be given to ensure the cleanliness of the oil, so a high-pressure filter (12) and a return flow filter (13) are set in the hydraulic circuit. The hydraulic power is provided by a hydraulic gear pump (15), model KV-1P from ViVoil, with a volumetric displacement of the pump of 2.6 cm^3/rev and a maximum nominal pressure of 25 MPa. The oil pump is driven by a three-phase electrical motor (14), 2.2 kW at 980 rpm.

The data acquisition in the system is handled by a National Instruments DAQCard-6024E (for PCMCIA), which offers both a 12-bit analogue input and an analogue output. The control algorithms were developed in the Matlab/Simulink environment, supported by Real-Time Workshop (RTW) program for generating the C code and building a real-time application. This control technique allows for continuous monitoring of the process variables, data acquisition and software solution for real-time control. The command voltage to the servo valve is sent via an analogue output and to the solenoid valves it is sent via digital outputs on the data-acquisition board.

An industrial solution of the hydraulic press control is realized by using a programmable logic controller SIMATIC S7-1200, manufactured by Siemens (18). The control program was built using SIMATIC WinCC flexible software for programming the controller and configuring the HMI panel.

The considered system is actually one of three experimental electro-hydraulic systems that have been

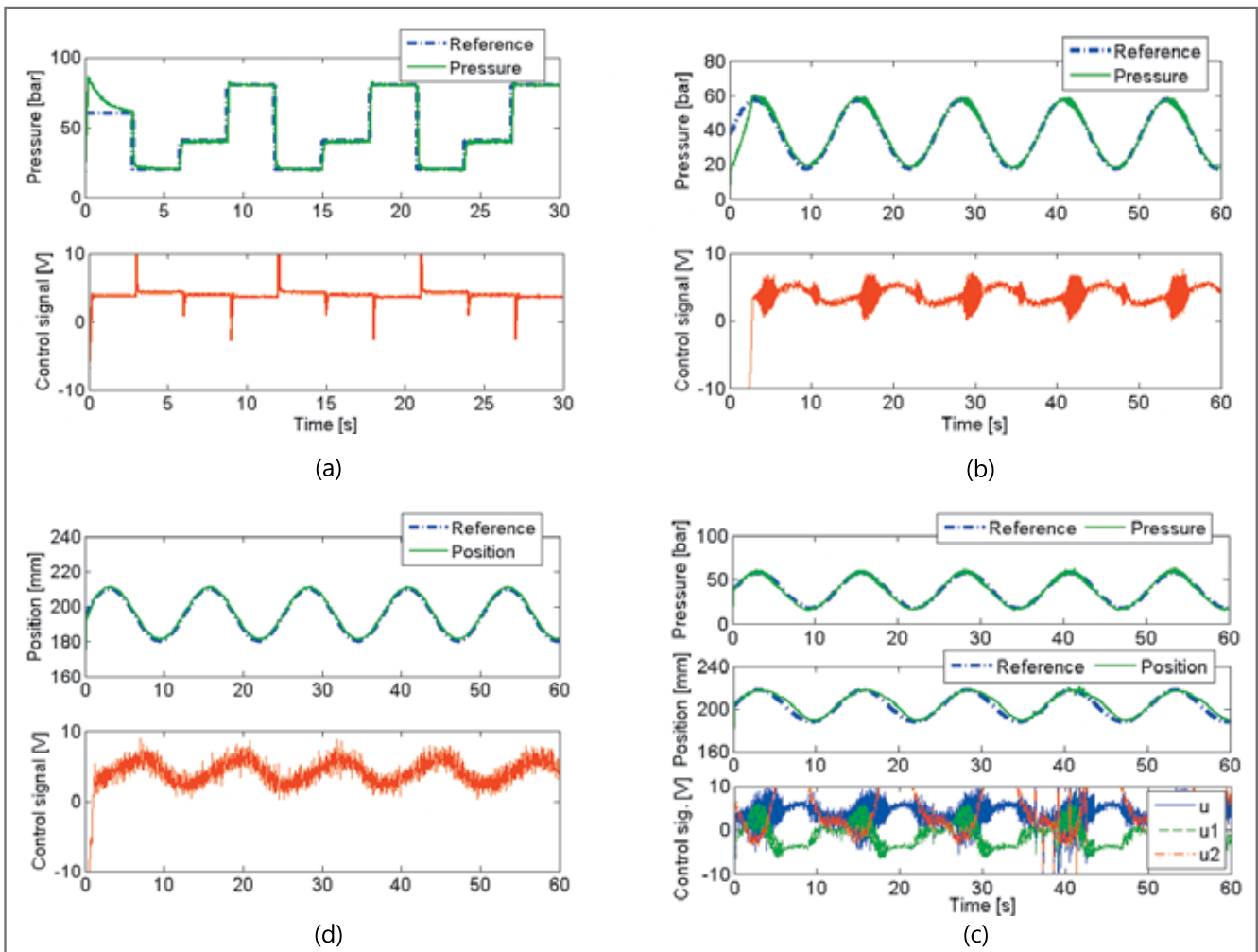


Figure 3. Experimental results for hydraulic press control: a) pressure response for the step-reference signal, b) pressure response for the sinusoidal reference signal, c) position response for the sinusoidal reference signal, d) hybrid force/position control for the sinusoidal reference signal

made in the Laboratory for Automation and Robotics at the University of Zagreb's Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture. The modules are used for research purposes in the field of hydraulic systems control, as well as for training students [7-10]. The other two test systems are: the module for translational motion control and the module for rotational motion control. These modules have the characteristics of general electro-hydraulic systems, which are commonly used in industrial plants.

■ 4 Experimental results

Experiments were first made for the regulation of the force achieved with the control of the cylinder pressure. To realize the control loop a pressure transducer installed in the cylinder

chamber is used. The major drawback of this measuring method is that the friction force of the hydraulic actuator remains outside the control loop. Using pressure feedback in the control algorithm allows us to control the actuator force output. Figure 3a) shows the pressure response for a square-wave reference signal and the servo-valve control signal. It can be seen that the control system follows the reference trajectory with a small error and shows a good dynamic behaviour. The experiment was also made for a sinusoidal reference signal and the results are shown in Figure 3b). Thereafter, the following experiment was made for the position control of the hydraulic press, and the results are shown in Figure 3c). Once these two control schemes had been proven separately, it was then merged together

into a comprehensive structure in order to form a hybrid force/position-control strategy. This control structure allows independent force and position controllers to be used for the implementation of both control loops. In the force control loop a PID controller with an anti-windup algorithm is implemented, while the position control loop uses a PD controller. The controllers were tuned manually in order to achieve fast and smooth responses to the sinusoidal inputs in both the force and position control loop. The controller gains are set to the values: $K_{pf} = 20$, $K_{if} = 2$ and $K_{df} = 0.5$ for the force control loop and $K_{px} = 120$ and $K_{dx} = 0.1$ for the position control loop. The force gain is set to the value of $C_f = 1.7$ and the position gain is set to the value of $C_p = 1.2$, and they determine the contribution of the control signal

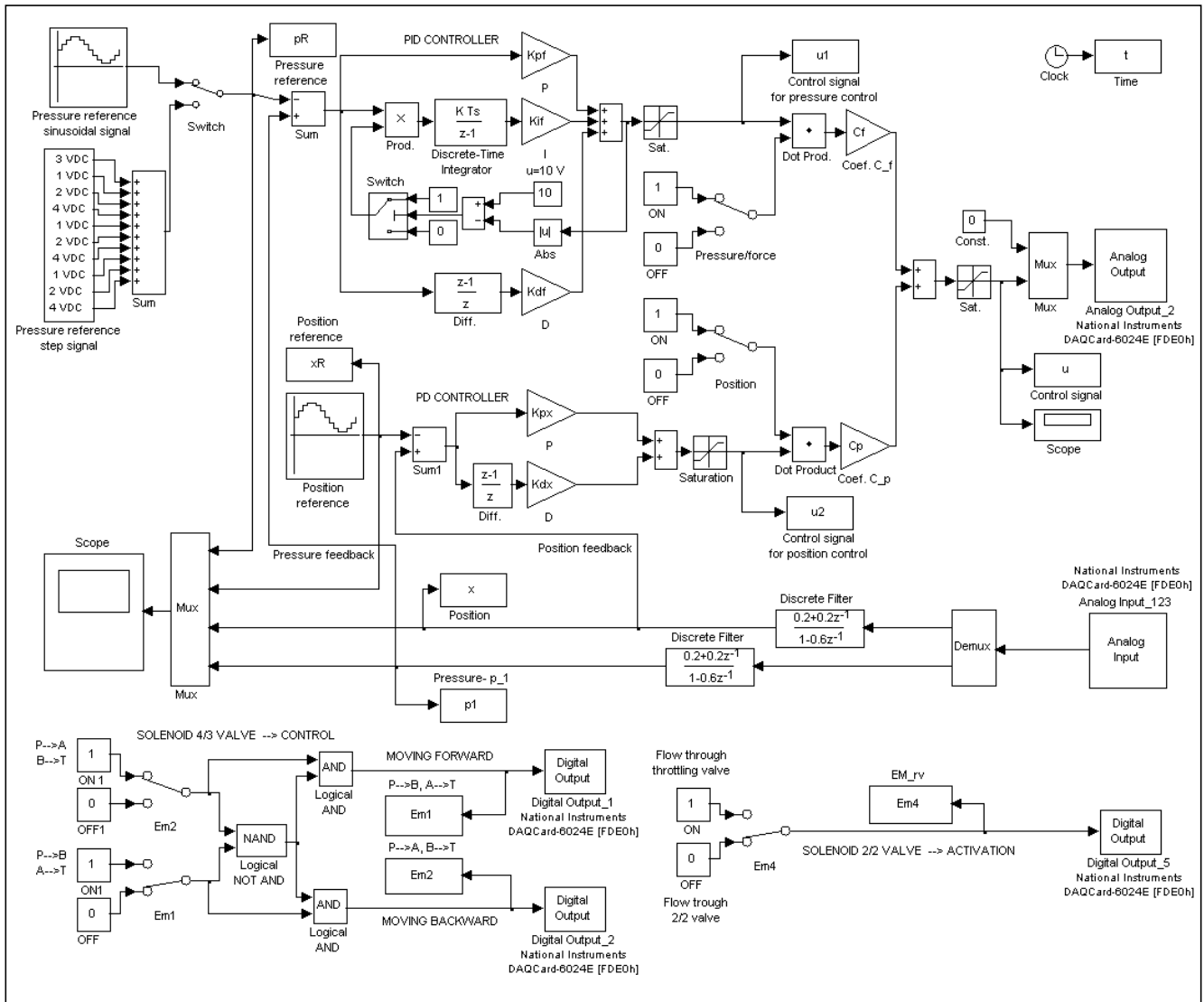


Figure 4. Simulink model for hybrid force/position control

applied to the servo valve. In Figure 3d) the experimental results of the hybrid force/position control for a sinusoidal reference signal are shown.

The Simulink/Real Time Workshop (RTW) model used to perform the process control is shown in Figure 4. The host PC with the RTW tool generates an ANSI C code automatically and enables a 'hardware in the loop feature' that has an ability to execute the Simulink model in real-time using an interface data-acquisition (DAQ) card. In this way it is possible to use the DAQ inputs and outputs as sources and sinks in the Simulink model. By activating various switches in the developed program, it is possible to choose the appropriate operating mode, type of reference signal and form of data storage.

Experiments were also performed using a PLC SIMATIC S7-1200 as a control device. Most hydraulic presses used in industry working in an open-loop and are usually operated manually or by using a control device such as a PLC. Figure 5 shows the HMI (human machine interface) that was built using the WinCC flexible software tool for the hydraulic press control. Using the HMI is intuitive, with a graphic and textual display, trends and alarms and it can perform real-time control and monitoring of the process. The HMI has the ability to display the amount of achieved cylinder position and pressure. The reference pressure can be directly changed, and there is a graphical representation of the pressure changes over time. Below the graphical display of the pressure condition

there is also an alarm table, which gives the operator some important states in the process.

5 Conclusion

The hydraulic circuit and instrumentation of the hydraulic press, the simplified modelling of the system for computer control, the design and implementation of the computer program for hybrid position/force control have been presented. The control program was made in Matlab/Simulink, while C code was generated using the Real-Time Workshop program, making possible the realization of digital control algorithms. The tuned controllers derived for the independent force and position schemes gave satisfactory results in terms of trajectory

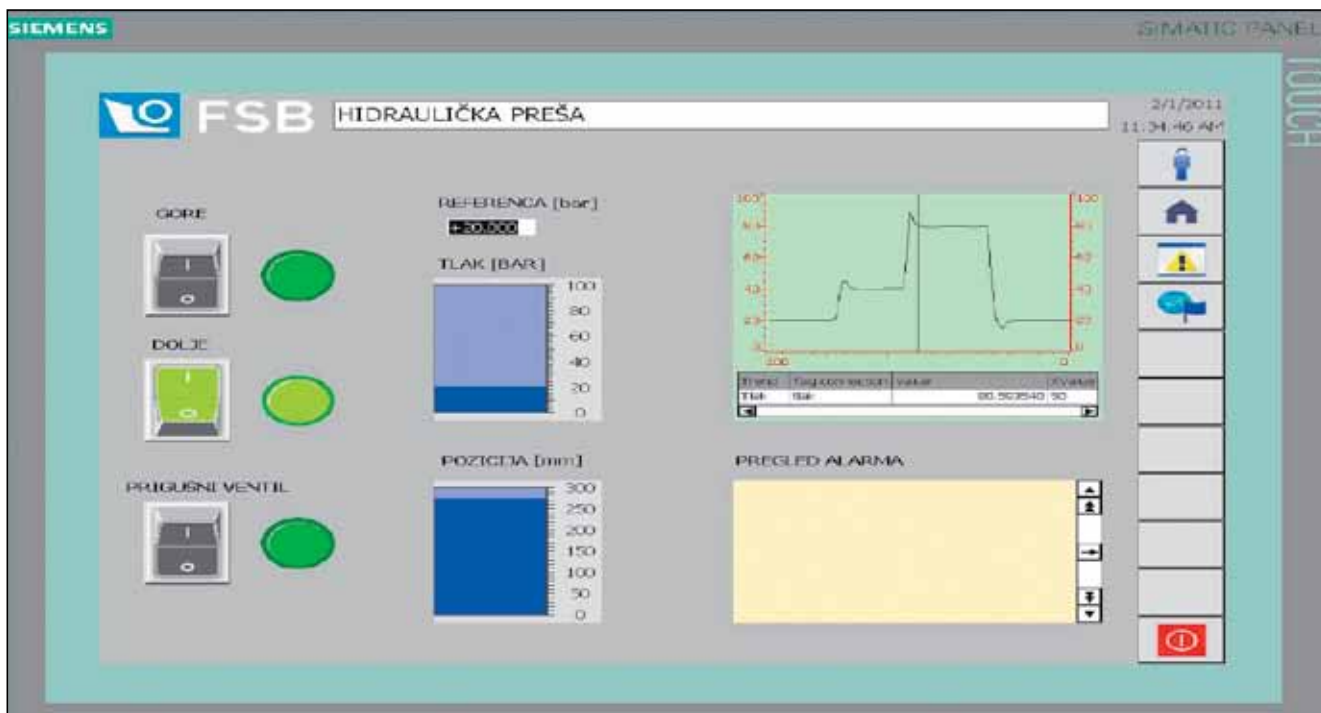


Figure 5. HMI interface for the hydraulic press control

tracking with an acceptable level of control error. Experiments were also performed using a PLC as a typical control device used in an industrial environment. Based on the experimental results it can be concluded that modern hydraulic presses offer good performance, efficiency and reliability; they are well adapted to different requirements of pressing, which is enabled by using modern microprocessor technology, new fast-acting valves and digital control theory.

References

- [1] Murrenhoff, H.: Trends in Valve Development, O+P Ölhydraulik und Pneumatik, Vol. 46, Nr. 4., pp. 1-36, (2003).
- [2] Smith, D.: Hydraulic Presses, Smith & Associates, www.smithassoc.com/copyrighted-white-papers/papers/C07.pdf, Monroe, Michigan, pp.1-20, (1993).
- [3] Nguyen, Q.H., Ha, Q.P., Rye, D.C., Durrant-Whytel, H.F.: Force/Position Tracking for Electrohydraulic Systems of a Robotic Excavator, Proc. of the 39th IEEE Conf. on Decision and Control, Dec. 12-15, Sydney, Australia, pp. 5224-5229, (2000).
- [4] Dunnigan, M.W., Lane, D.M., Clegg, A.C., Edwards, I.: Hybrid position/ force control of a hydraulic underwater manipulator, IEE Proc. of Control Theory Application, Vol. 143, No. 2., pp. 145-151, (1996).
- [5] Sun, P., Gracio, J.J., Ferreira, J.A.: Control System of a mini hydraulic press for evaluating springback in sheet metal forming, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 176, pp. 55-61, (2006).
- [6] Choux, M., Hovland, G.: Design of a Hydraulic Servo System for Robotic Manipulation, Proc. of the 5th FPNI Ph.D Symposium, Krakow, 1-5 July, pp. 391-400, (2008).
- [7] Šitum, Ž., Bačanek, M.: Hydraulic System Control Using Proportional Valve, Transactions of FAMENA, Vol. 29, No. 2; pp. 23-34, (2005).
- [8] Šitum, Ž., Essert, M., Žilić, T., Milić, V.: Design and Construction of Hydraulic Servomechanisms for Position, Velocity and Force Control, CD-ROM Proc. of the 8th ASEE Global Colloquium on Engineering Education, Budapest, Hungary, 12-15 October, GC-2009-62, (2009).
- [9] Šitum, Ž., Milić, V., Essert, M.: Throttling and Volumetric Control Principle to an Electrohydraulic Velocity Servomechanism, 7th Int. Fluid Power Conf. (7th IFK), Aachen, Germany, 22-24 March, Vol. 2 - Workshop, pp. 379-390, (2010).
- [10] Šitum, Ž., Milić, V., Žilić, T., Essert, M.: Design, Construction and Computer Control of a Hydraulic Press, The 12th Scandinavian Conference on Fluid Power, May 18-20, Tampere, Finland, Vol. 3, pp. 93-103, (2011).

Gospodarska
zbornica
Slovenije

Združenje kovinske industrije
Fluidna tehnika Slovenije

VENTIL
REVIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

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

Regulacija sile in položaja na hidravlični stiskalnici

Razširjeni povzetek

V prispevku je prikazan postopek projektiranja in regulacije hidravlične stiskalnice (50 kN), izdelane tako za izobraževanje kot tudi za eksperimentalno verifikacijo krmilnih algoritmov. Za regulacijo delovnega tlaka v hidravličnem valju in posledično pritiskne sile hidravlične stiskalnice služi tlačni servoventil. Stiskalnica za posredno merjenje pritiskne sile je opremljena s tlačnim senzorjem, nameščenim direktno v komori hidravličnega valja. Stiskalnica omogoča tudi merjenje položaja batnice hidravličnega valja in posledično zgornje potisne plošče z uporabo mikropulznega merilnika pomika, kar je tudi pogoj za realizacijo hibridnega krmilnega algoritma (sila/položaj). Prispevek najprej prikazuje matematični model za hidravlično stiskalnico, upošteva dinamiko servoventila, kontinuiteto hidravličnih tokov skozi zožitve, tlačne spremembe v komorah hidravličnega valja ter drugi Newtonov zakon za gibajoče se dele stiskalnice. Na podlagi matematičnega modela je bil izdelan blokovni diagram krmilnega sistema (slika 1). Nato sta bili določeni še prenosni funkciji za hibridni (sila/pomik) krmilni sistem. Slika 2a prikazuje funkcijsko shemo, slika 2b pa fotografijo hidravlične stiskalnice. Glavni sestavni deli stiskalnice (sliki 2a in 2b) so: 1 – hidravlični valj, 2 – tlačni senzor, 3 – mikropulzni linearni merilnik pomika, 4 – elektromagnetni 4/3-potni ventil, 5 – servoventil, 6 – krogelni zapirni ventil, 7 – elektromagnetni 2/2-potni ventil, 8 – dušilni ventil, 9 – manometer, 10 – varnostni ventil, 11 – protipovratni ventil, 12 – tlačni filter, 13 – povratni filter, 14 – trifazni elektromotor, 15 – hidravlična črpalka, 16 – električna krmilna omarica, 17 – električni usmernik, 18 – programabilni logični krmilnik (PLC) SIMATIC S7-1200, uporabljen pri industrijski rešitvi krmiljenja in nadzora delovanja hidravlične stiskalnice, 19 – krmilno-nadzorni računalnik.

Krmilni algoritmi in nadzorni procesi se izvajajo istočasno, izvršeni so s pomočjo realnočasovne (ang. "real-time") računalniške opreme. Krmilni in nadzorni algoritmi so izdelani v programskem paketu Matlab/Simulink z uporabo orodij za istočasno (ang. "real-time") generiranje C-kode in izdelavo strojnega programa, ki krmili in nadzira delovanje hidravlične stiskalnice. Prispevek prikazuje tudi industrijsko rešitev krmiljenja hidravlične stiskalnice z uporabo programabilnega logičnega krmilnika (PLC) kot krmilne naprave.

V prispevku so najprej prikazani eksperimentalni rezultati regulacije sile preko krmiljenja in nadzora tlaka v hidravličnem valju. Največji problem teh meritev je, da sila trenja znotraj hidravličnega valja ostaja zunaj krmilne zanke. Uporaba povratne zanke za tlak v krmilno-nadzornem algoritmu nam omogoča krmiljenje izhodne sile stiskalnice. V prispevku predstavljeni rezultati meritev prikazujejo tlačne odzive na pravokotni (slika 3a) in sinusni (slika 3b) vhodni krmilni signal servoventila. Naslednji rezultati meritev (slika 3c) se nanašajo na odzive pomika batnice hidravličnega valja na sinusni vhodni krmilni signal servoventila. Zadnji predstavljeni rezultati meritev prikazujejo odzive hidravlične stiskalnice pri hibridnem krmiljenju (sila/pomik). Vsi predstavljeni rezultati kažejo na dobro dinamično odzivnost hidravlične stiskalnice in potrjujejo možnost uporabe v sodobnih industrijskih napravah. Slika 4 prikazuje blokovni diagram krmilno-nadzornega programa, izdelanega v programskem paketu Simulink za hibridno krmiljenje sile in položaja batnice hidravličnega valja stiskalnice. Preizkusi so bili najprej izvedeni s pomočjo krmilno-zajemne kartice DAQCard-6024E proizvajalca National Instruments. Nato so se vsi preizkusi izvedli še na krmilniku PLC SIMATIC S7-1200, izdelanem za industrijske namene. Slika 5 prikazuje vmesnik HMI (ang. human machine interface), ki je bil izdelan s pomočjo fleksibilnega programskega orodja WinCC in je namenjen za sodobno industrijsko krmiljenje in nadzor hidravlične stiskalnice.

Na osnovi eksperimentalnih rezultatov lahko zaključimo, da električno gnane sestavine, podprte z ustreznimi računalniškimi programi, omogočajo izboljšave delovnih karakteristik, izkoristkov in zanesljivosti hidravličnih sistemov, uporabljenih v sodobnih industrijskih proizvodnjah.

Ključne besede: hidravlična stiskalnica, regulacija sile in položaja, servoventil

Acknowledgements

The author acknowledges the financial support of the research project "Energy optimal control of fluid power and electromechanical systems" funded by the Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia.

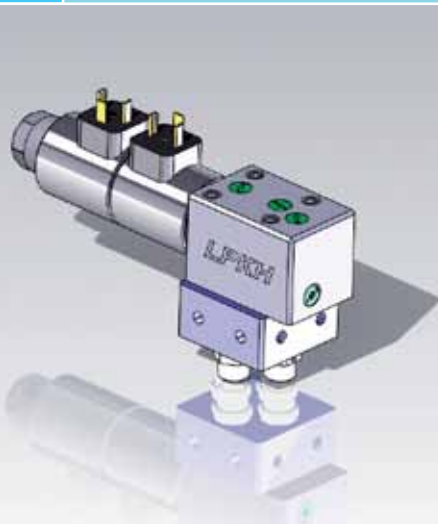
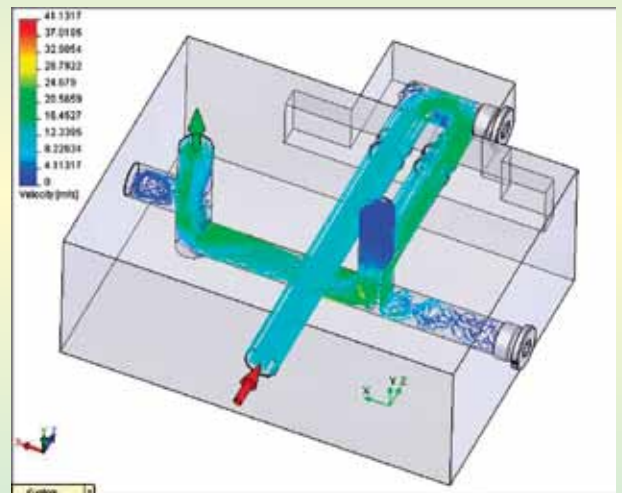
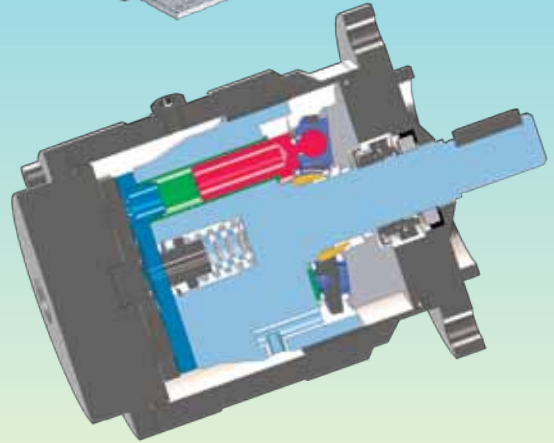
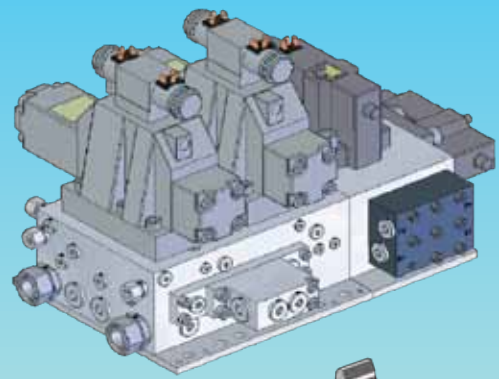
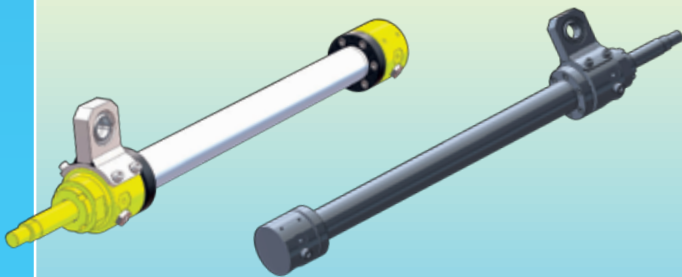
The author would like to thank Mr. Ž. Ban and Mr. S. Ban from HI-KON for the design and construction of the experimental setup.

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



LABORATORIJ ZA POGONSKO-KRMILNO HIDRAVLIKO

- *Potrebujete novo, namensko hidravlično napravo, hidravlični stroj ali pa samo posebno hidravlično sestavino?*
- *Želite izdelati novo hidravlično napravo ali stroj, pa vam manjka projektantskih izkušenj in znanja?*
- *Želite dopolniti, spremeniti oz. izboljšati obstoječo hidravlično napravo ali stroj?*
- *Želite izdelati sodobno, avtonomno elektro-hidravlično krmilje?*
- *Želite biti med prvimi, ki bi vgradili in uporabili ekološko prijazno hidravlično napravo na čisto, pitno vodo?*
- *Imate mogoče težave z diagnosticiranjem oziroma odpravljanjem okvar na obstoječi hidravlični napravi ali stroju?*
- *Želite v vašem podjetju izvesti izobraževanje na področju pogonsko-krmilne hidravlike?*



Če ste na kakšno od zgoraj zapisanih vprašanj odgovorili pritrdilno, smo mi pravi naslov za vas!

Smo ekipa strokovnjakov ki se že vrsto let ukvarja z raziskavami, razvojem, projektiranjem, konstruiranjem in vzdrževanjem **HIDRAVLIČNIH STROJEV IN NAPRAV ter NJIHOVIH SESTAVIN.**

Pri svojem delu uporabljamo sodobna projektantska, konstruktorska in diagnostična orodja. Ukvarjamo se tako z **OLJNO** kot z novo **VODNO** pogonsko krmilno hidravliko.

POKLIČITE oz. PIŠITE NAM IN Z VESELJEM SE BOMO ODZVALI VAŠEMU KLICU!



LABORATORIJ ZA POGONSKO-KRMILNO HIDRAVLIKO (LPKH)

Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana

Telefon: 01/4771 115

E-pošta: lpkh@fs.uni-lj.si

Spletni naslov: <http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>

Improvement of Heat-Regenerative Hydraulic accumulators

Aleksander STROGANOV, Leonid SHESHIN

Abstract: The paper presents an improvement of heat-regenerative accumulators with piston and elastic separators aimed at expansion of the operational conditions range as well as long service life and durability.

A metal compressible regenerator embedded into a piston accumulator provides nearly isothermal character of gas compression and expansion. This increases accumulator efficiency at various operational modes including long storage.

For accumulators with elastic separators (membrane, bladder) there is a known method of efficiency increase by filling the gas reservoir of the accumulator with elastomeric foam. The paper presents a solution for foamed filler protection providing long service life and foam resistance to fast irregular separator movements.

An alternative method of approaching isothermality of gas compression/expansion is also presented. The new method is based on forced turbulent gas heat exchange and can be applied to any type of accumulator.

Presented experimental data demonstrate a noticeable increase of the energy recuperation efficiency in all tested regimes when using the improved accumulators.

Keywords: Energy recuperation efficiency, hydropneumatic accumulator, thermal losses, heat regeneration

1 Introduction

For fluid power recuperation applications the major losses in accumulator are caused by the very nature of the processes in the gas reservoir of accumulator [1]. Since gas compression/expansion processes are polytrophic and therefore irreversible, gas always returns back less energy at expansion than it was stored at compression.

Thermal losses strongly depend on compression/expansion rate and ratio and can reach one-third of the stored energy at commonly used compression ratio of 2 to 3.

They also increase when required energy storage period is long, for example for hydraulic hybrid delivery or utility trucks with long load/unload stops and for hybrid vehicles driving in traffic jams with short start/stop impulses and long idle intervals.

For reduction of thermal losses it was suggested [2] to place elastomeric foam into the gas reservoir of the accumulator, so that the foam is to perform the function of heat regenerator and insulator. When the gas is being compressed, the compressed elastomeric foam takes away some heat from the gas and reduces its heating, and, when the gas is being expanded, the expanded due to its intrinsic elasticity foam returns back heat to the gas and reduces its cooling. The small size of the foam cells (about 1 mm) provides decreased (compare to

the ones without foam) temperature gradients in the gas reservoir during heat exchange between the gas and foam. Thus heat exchange reversibility during gas compression and expansion considerably increases. The porous structure of the elastomeric foam reduces convective gas flows and thus heat transfer from the gas to the gas reservoir walls decreasing respective thermal losses. Therefore, at short storage intervals, the major part of the heat transferred from the gas to the foam during compression is returned to the gas during expansion, while the recuperation efficiency increases considerably [2].

Major disadvantage of the described solution is low durability of elastomeric foam. At continuous operation, fatigue degradation of the elastomeric foam leads to deterioration of its elastic properties

D.Sc. Aleksander Stroganov,
M.Sc. Leonid Sheshin, Lumex
Ltd., Fluid Power Department,
Saint Petersburg, Russia

and development of residual deformation of the foam. As a result, the foam loses its ability to reshape and to fill the entire volume of the gas reservoir, while the recuperation efficiency decreases. In the experiments [3], the accumulated residual deformation reaches one quarter of the initial volume of the foam. Growing losses of the fluid power in the piston accumulator already within 36000 cycles (400 hours) of slow (0,025 Hz) compression and expansion was observed. Foam degradation strengthens considerably in real hydraulic systems, in which the piston moves non-uniformly with jerks. Exploitation at increased or low temperatures, typical for mobile applications, also accelerates the processes of foam degradation. An improved solution for bladder accumulators is presented in [8]. There the porous elastic body of foamed synthetic resinous material is intimately joined to the wall of the bladder.

In both described solutions the boundary layers of the foam body adjacent to the separator (piston or bladder) are not protected from fast separator movements, vibrations and jerks. With vibrating impact of the jerking separator, the boundary layer of the elastomeric foam adjacent to the separator is exposed to the highest load and destruction. Its springiness is not sufficient to transmit acceleration from the separator to the entire mass of the foam. If the amplitude of the separator vibration is commensurate with the cell size, the boundary layer is crushed and destroyed. This is followed by the destruction of the next layer and so on. In addition, no reliability is ensured during working gas charging and discharging. The cleavage stress of the existing elastomeric foams is low, about 0.1 – 1.0 MPa. During fast processes of gas charging and discharging, considerably larger local pressure drops in the foam may arise, especially near the gas port, where the gas flow density is the highest. This may cause foam destruction. The danger of the foam being entrained into the gas port of the accumula-

tor during fast gas exchange processes also restricts the use of gas receivers in combination with the described accumulators.

The paper presents: a solution for elastomeric foam protection, a regenerative solution for thermal losses reduction in piston accumulators and a solution for all types of accumulator based on alternative approach to heat regeneration.

■ 2 Foam solution for membrane and bladder accumulators

Cheap and easy to implement solution with elastomeric foam [2] is well suitable for the use in membrane and bladder accumulators. To make the foamed accumulator durable the foam degradation problem described in [3] must be solved.

2.1 Foam protection means

Foam degradation can be substantially reduced by attaching the foam (porous material) to the separator (membrane or bladder) and the walls of the gas reservoir as described in [8] in combination with special means for protecting the boundary layer of the porous material. The protection means prevent development of local deformations exceeding the limit of reversible deformations of the porous material at maximum jerks of the separator. This limit can be specified as relative elongation at which the initial size of the pores of the undeformed porous material is restored. Thus the protection means reduce local deformations of the foam boundary layer in case of fast irregular movements of the separator reducing residual deformations which contribute to fatigue degradation and rupture of the foam boundary layer adjacent to the separator.

2.2 Protection means embodiments for different types of accumulator

Pneumatic and elastic protection means can be implemented alone

or in combination with each other. *Figure 1* presents different embodiments of the protection means. (Some elements numbered in the figures are not referred to for the sake of brevity). Sketch in *Figure 1.a* shows the pneumatic protection means for piston accumulator made as a set of membranes 11 inserted into the porous material 7 near the piston 6 transversally to its movement direction. The gas permeability of these membranes along the piston movement is smaller than the average gas permeability of the porous material. As the piston movement become faster, the growing pressure drop at the membrane 11 provides higher acceleration of the membrane and the adjacent foam layers, thus reducing the load on them and decreasing their local deformations. The membranes 11 are made with holes 12.

Sketches in *Figure 1.b* and *1.c* present the elastic protection means made as a set of elastic elements 9 connecting the separator 6 (membrane and bladder correspondingly) with remote from the separator layers of the porous material 7. These elastic elements can be made as elastically extensible polymeric bands or metal springs. Possible is also distributed embodiment of elastic elements in the form of reinforced webs between the pores in the foam boundary layer wherein the springiness of the reinforced webs is as higher as they are closer to the separator. The bladder accumulator shown in *Figure 1* also contains membranes 11 to protect the porous material located in area of maximal speed of the bladder 6 movements.

For preventing porous material losses during gas discharging the gas port 5 is separated from the porous material 7 by filter 18 transmitting gas and entrapping the porous material. The filter can be made in the form of a membrane with the holes of the average size not exceeding the average thickness of the webs between the foam pores and the average distance between the holes being less than the average cross

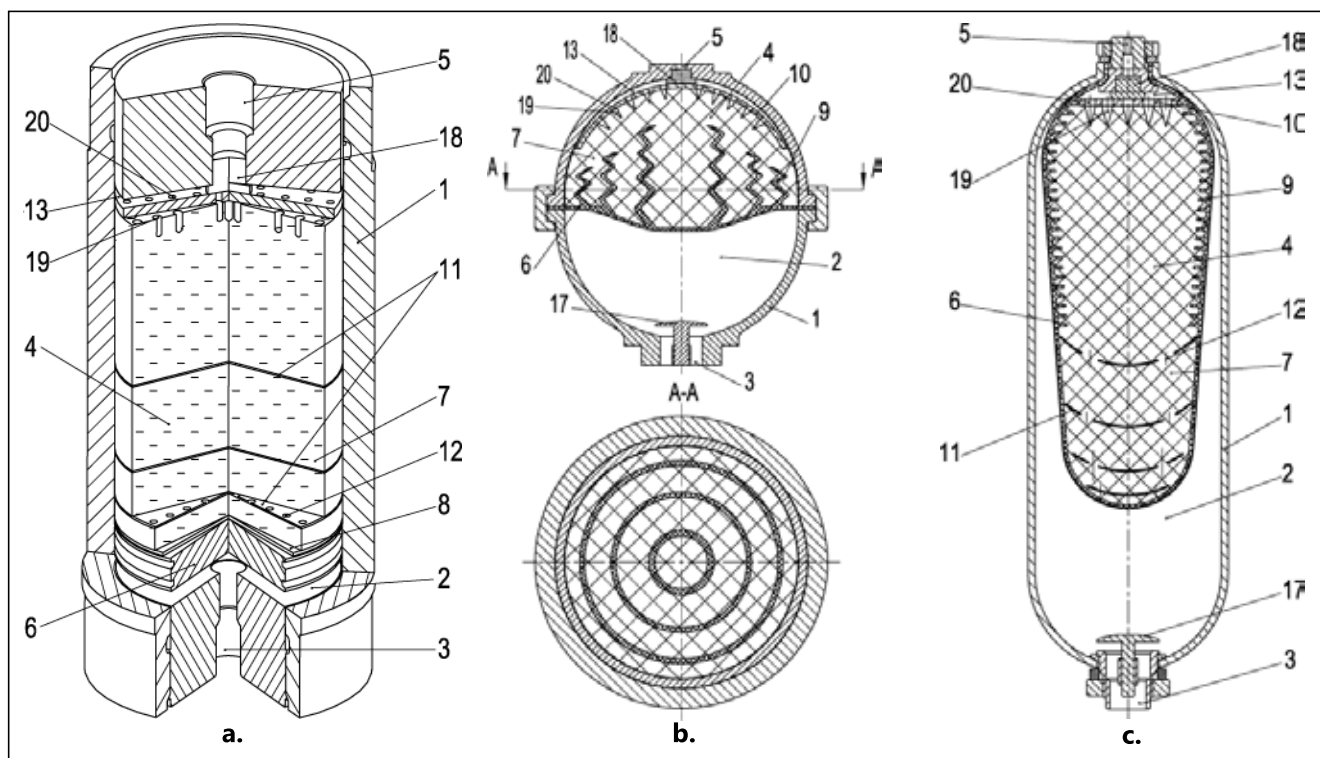


Figure 1. a) Piston accumulator with pneumatic protection means, b) membrane accumulator with elastic protection means and c) bladder accumulator with elastic and pneumatic protection means

dimension of the canals between the foam pores. For preventing porous material from damage during gas charging and discharging the filter reduces the gas flow through the gas port so as the pressure drop in case of open gas port exceeds (preferably more than 10 times) the maximum pressure difference bet-

ween different areas of the porous material. A separate flow restrictor in the form of a throttle separated by a filter from the foam can be used as well as an integral embodiment where the filter itself restricts the gas flow as described above. The filter can be made for example, in the form of a three-dimensional solid porous structure with increased gas-dynamic resistance.

accumulator with porous material in its gas reservoir. In this design the plates 14 integrate two functions: heat regenerator and pneumatic protection means for the porous material which serves as additional heat regenerator between plates 14 and as a heat insulator preventing gas convection along the walls of the gas reservoir.

3 Metal compressible regenerator for piston accumulators

Substantial reduction of thermal losses in piston accumulators can be achieved by inserting a compressible metal regenerator (Heat Spring) into the gas reservoir of the accumulator.

3.1 Operating principle

Heat Spring is made of round metal plates located transversally to the piston motion direction with gaps between each other. The plates split the accumulator gas reservoir into intercommunicating gas layers. Figure 3 presents a version of HS with spacers 2 providing gaps between the plates 1. The splitting of the gas

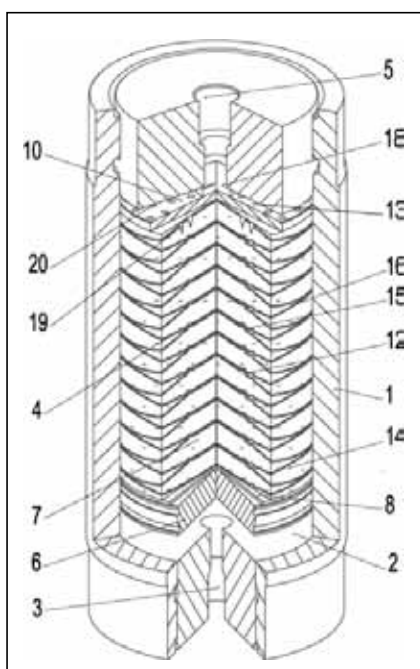


Figure 2. Piston accumulator with pneumatic protection means

When fast gas charging/discharging is operation condition (for example in accumulator + gas bottle systems) the porous material close to the gas port must be made with increased gas permeability exceeding the average permeability of the rest of the porous material.

In this case the porous material can either have separate drainage canals or be made from the material with increased sections of canals between the pores near the gas port. Another solution is to make the porous material with increased springiness close to the gas port, for example, from a denser porous material but with increased pore size and sections of canals between them. Figure 2 presents a piston

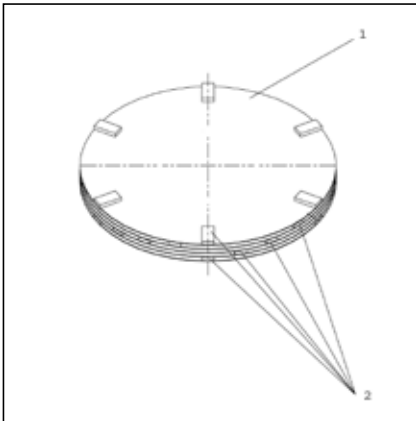


Figure 3. Fragment of Heat Spring with spacers

reservoir into thin gas layers reduces the average distances to the metal heat-exchange surfaces which facilitates heat transfer between the gas and metal and reduces the gas temperature gradients. This increases the reversibility of the gas compression and expansion processes and, hence, the efficiency of the accumulator. The calculations of Heat Spring parameters, material considerations and more detailed principle of operation were presented in [4] and [5].

3.2 Review of HS design and storage system packaging

There are various possible versions of HS design and packaging of the piston accumulator with HS. Depending on application HS can have compressible or stretchable design [7]. Compressible design of HS with spacers might be easier to implement and scale to the size of accumulator. Its disadvantage is compression ratio limitation due to the spacers. This type of HS can not

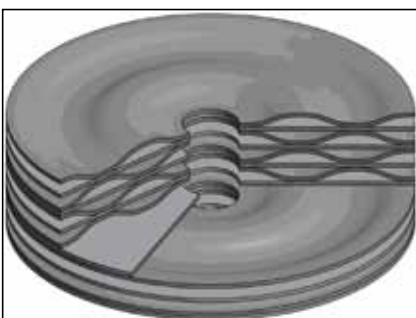


Figure 4. Fragment of Heat Spring without spacers, sectional view

be compressed to zero gap between the plates, thus this design has limited application field. Stretchable design does not suffer from this limitation but is less reliable in joints

between the plates. Compressible design without spacers (Figure 4) seems to be optimal solution for wide range of applications. With appropriate measures taken against scratching the walls of accumulator by the plates this design combines simplicity of manufacturing and assembling with wide range of operating parameters.

One of the most promising solutions of the HS accumulator especially for mobile applications is based on piston-in-sleeve design of the accumulator [6]. Figure 5 shows schematic view of possible embodiment based on this design. The accumulator shell is made of lightweight composite material. The piston moves inside of a thin metal sleeve balanced relative to the pressure forces acting on its surfaces. The gas reservoir contains HS of any appropriate design. For prolonged service life the piston is made hollow with metal leaf bellows installed inside its cavity. The bellows functions both as an additional heat regenerator and as a pressure ripple damper. The lightweight bellows takes the high-frequency ripples of the flow and pressure while the more massive piston moves uniformly or does not move. This ensures integrity of the seals of the piston and high degree of ripple smoothing.

For storage systems aggregated with gas bottles the same regenerative approach can be implemented both to the accumulator and gas bottle. The latter is easier since gas bottle doesn't have movable parts inside and can contain a fixed regenerating heat exchanger in the form of some metal porous struc-

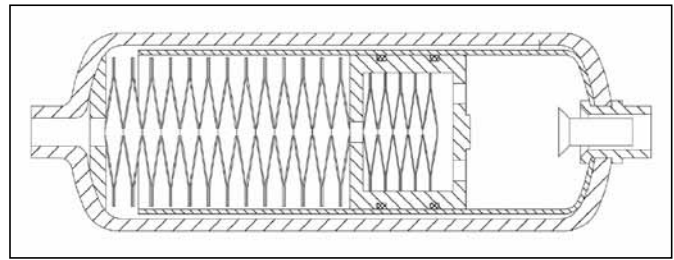


Figure 5. Lightweight piston-in-sleeve accumulator with HS and pressure ripple damper

ture. The aggregate volume of this heat exchanger material must be in the range from 10 to 50% of the internal gas bottle volume and the aggregate area of the heat exchange surfaces of the heat exchanger reduced to the aggregate internal gas bottle volume must exceed (preferably) 10 000 cm²/liter. Thus, at gas compression or expansion in the gas bottle the heat exchange between the gas and the regenerating heat exchanger occurs at small average distances between the gas and the heat exchange surfaces and on a large heat exchange area and, therefore, with smaller temperature gradients, which increases reversibility of the heat exchange processes in the gas bottle its and recuperation efficiency. For effective heat exchange the heat exchanger must be made with the average pore size below 5 mm. On the other hand to reduce gas-dynamic resistance of the porous structure the average pore size must be no less than 0.05 mm. With 10 to 50% share of the gas bottle volume occupied by the metal of the heat exchanger the thermal capacity of the latter exceeds the thermal capacity of the gas in the bottle. For example, the specific thermal capacity of the heat exchanger made from steel will be from 400 to 2000 kJ/K/m³ while the thermal capacity of nitrogen at working pressures of 100 - 300 bar (and ambient temperature) is from 120 to 360 kJ/K/m³. The higher the gas working pressure, the higher the thermal capacity of the heat exchanger must be, i.e. the larger the share of the gas bottle volume occupied by the material of the heat exchanger. The steel or aluminum porous structure can be made from ready metal items to be disposed or from

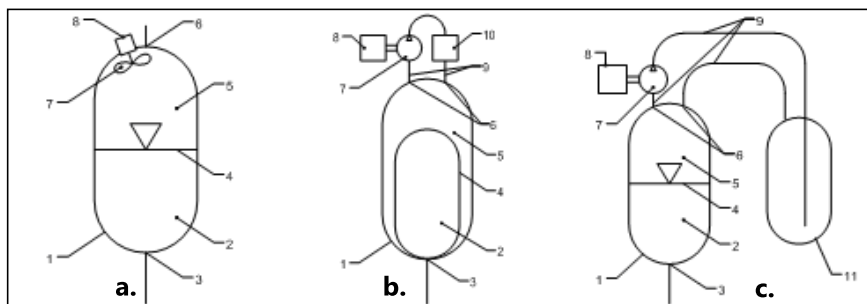


Figure 6. a) Accumulator with internal gas blower, b) bladder accumulator with external gas blower and heat exchanger and c) system with gas bottle and external gas blower

metal-working production wastes. It can also be formed from turnings or metal cuttings resulting from another process of metal machine work (drilling, milling cut operation, etc.). To increase thermal capacity and vibration resistance these metal turnings or other cuttings inside the bottle can be additionally compacted. To prevent penetration of particles of the heat exchanger from the gas bottle through its gas port the latter must be equipped with some blocking element. To reduce the gas-dynamic resistance the axial length of this blocking element must exceed 20% of the axial length of the gas bottle.

3.3 Tested prototype of a piston accumulator with Heat Spring

Figure 3 shows a fragment of the tested Heat Spring. The prototype was made of a regular piston accumulator (2 liters Hydac SK350-2/2212A6) with HS introduced into its gas reservoir. The HS was made of stainless steel flat round plates 1 fastened together by steel spacers 2 glued to the plates 1 with the angular offset of 60 degrees. On the other side of each plate there were also 6 spacers 2 with the same offset relative one another. In this case the whole configuration of the spacers 2 on one side of the plate was shifted relative to the configuration of the spacers on the other side of the same plate by 15 degrees. Thus, the configuration of the spacers in every successive gas layer between the plates was turned by 15 degrees relative to the previous one while the configurations with the simi-

lar angular position repeated with the period 4 and was separated by 3 gaps between the plates. The angular size of the spacers 2 was considerably less than 15 degrees, which allowed of HS compression with relatively small bending strains of the plates. At full compression the average depth of one gas layer was one-fourth of the spacer thickness. So this HS design provided for volumetric compression ratio of 4. HS itself occupied 28% of the gas reservoir volume. Its total mass was 4,45 kg and total heat capacity was 2,25 kJ/K that was about 12 times higher than total heat capacity of the gas (0,19 kJ/K) in the gas reservoir at initial pressure of 1,05 MPa. The same non-modified Hydac accumulator was taken as the reference for testing.

4 Alternative solution for all types of accumulator

Heat Spring solution based on gas heat regeneration has shown the best thermal losses reduction (see below). But it can be implemented into piston accumulators only. Since it's not possible to introduce movable regenerator in accumulators with elastic separator, the idea is to circulate gas through a regenerator during compression and expansion. Below is described a solution for all storage system configurations based on any type of accumulator.

4.1 Principle of operation

So the alternative approach is to maximize convection flows in the gas reservoir and to use the walls of the reservoir as heat regenera-

ting means with or without a special fixed regenerator. This forced convection can be created in the accumulator or gas bottle as alternative to the honeycomb structure of receiver described in [5].

The forced convection is provided by a gas blower and intensifies multiply heat exchange between the gas and the surfaces blown by the gas including the walls of the gas reservoirs (accumulator and/or gas bottle). Thus heat is transferred to these surfaces more intensively from the gas at compression and returns back to the gas more intensively at expansion. This in turn reduces temperature gradients in the gas and it's heating and cooling in recuperation cycle. At slow and medium rate recuperation cycles the gas blower provides near isothermal gas compression/expansion processes at relatively low power being consumed by the gas blower. At fast cycles the gas blower can be switched off thus allowing for adiabatic processes which are more efficient at fast gas cycles.

The gas blower can be driven electrically or hydraulically. In latter case the hydromotor driving the gas blower is convenient to supply with the same liquid flow circulating through the liquid reservoir of the accumulator.

4.2 Various installations of the forced convection unit

Figures 6, 7 present few variants of the convection unit location in a recuperation system (in schematic representation). Figure 6.a presents the simplest embodiment with one electrically driven gas blower 7 introduced into gas reservoir 5 of accumulator 1. The system does not include a gas bottle.

Sketch in Figure 6.b presents the embodiment with external electrically driven gas blower 7 installed outside of gas reservoir 5 of bladder accumulator 1. External heat exchanger 10 and gas blower 7 are connected to the gas reservoir 5 by gas lines 9. The system in the sketch

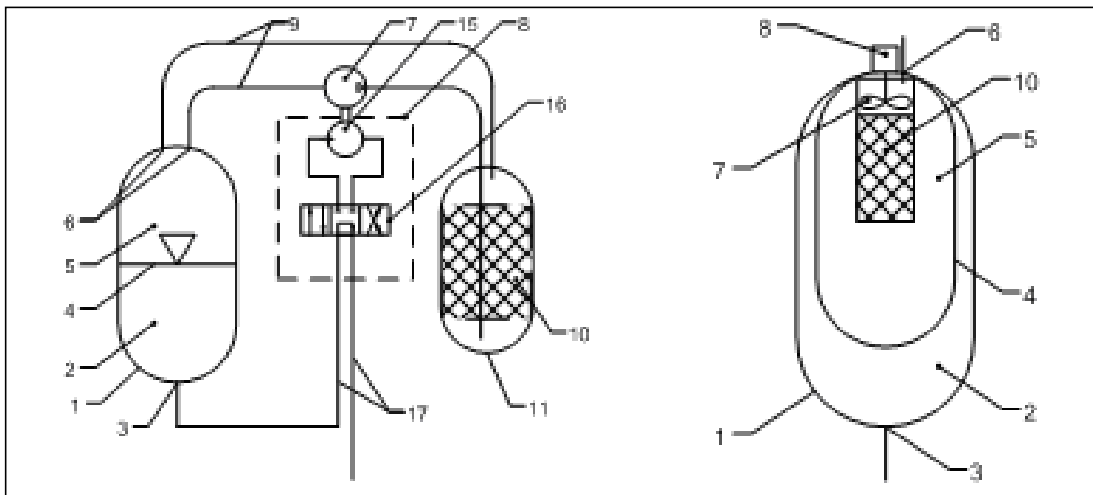


Figure 7. a) System with gas bottle, hydraulically driven external gas blower and heat exchanger inside the gas bottle and b) bladder accumulator with internal gas blower and regenerative heat exchanger

of Figure 6.c includes accumulator 1, gas bottle 11, external electrically driven gas blower 7 and gas lines 9. Here convection flows are created both in gas reservoir 5 of the accumulator and in the gas bottle. One of gas lines 9 is inserted deeper into the gas bottle than the other one thus providing fanning of its walls. The system presented in the sketch of Figure 7.a includes accumulator 1, gas bottle 11 with internal regenerative heat exchanger 10 and external hydraulically driven gas blower 7. Hydromotor 15 is supplied with the liquid charging the liquid reservoir 2 of the accumulator. Switching valve 16 provides unidirectional rotation of the gas blower both at charging and discharging of the accumulator.

Sketch in Figure 7.b demonstrates bladder accumulator 1 with internal regenerative heat exchanger 10 and internal electrically driven gas blower 7 installed inside gas reservoir 5.

4.3 Tested prototype of a membrane accumulator with forced convection unit

Figure 8 presents the prototype of a membrane accumulator with internal gas blower and internal regenerative heat exchanger. The oil part 1 of a regular membrane accumulator (2 liters Hydac SBO250-2A6/112A6-250AK) has been used as it is. The gas part 2 was redesigned so that to contain the gas blower 3 and the regenerative heat exchanger 4. Its volume was 3 liters. A miniature high speed radial gas blower (Micronel U51DL-012KK-5) was used for creating forced convection. The blower was installed inside the aluminum heat exchanger 4 of parabolic-like form which in its turn was installed into the gas reservoir 5. Electric wires for the blower drive motor and a

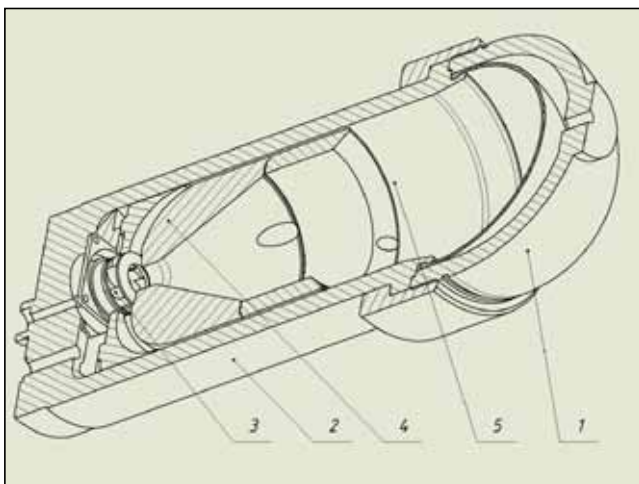


Figure 8. Prototype of membrane accumulator with internal gas blower and regenerative heat exchanger

thermocouple were inserted into the gas reservoir through the high pressure seals. The mass of the heat exchanger was 3 kg which provided 2,79 kJ/K of heat capacity for regeneration heat of the gas. The gas blower provided 400 l/min at atmospheric pressure. When tested as a reference the prototype

operated with the gas blower switched off.

5 Simple solution for gas bottles

When the system equipped with a gas bottle there is an additional option of gas bottle improvement. Since there are no moving parts in the gas bottle a simple regenerator in the form of metal porous structure can be installed inside it. This structure has to have enough heat exchange surface and thermal capacity. The cheapest solution for gas bottles would be the use of metal turnings or cuttings resulting from a process of metal machine work (like drilling, turning, shaping, and so on). This might be for example the turnings coming from rotary machining used for manufacturing accumulators.

5.1 Tested prototype of a gas bottle with regenerative heat exchanger

This solution was tested. The prototype (Figure 9) was made out of 2,5 liter piston accumulator filled with steel cutting. The mass of the steel cutting was 2 kg which provided 0,92 kJ/K of heat capacity for regeneration heat of the gas. The steel cutting occupied 10% of the gas bottle volume. Another 2 liter piston accumulator was used to build complete storage system.



Figure 9. Prototype of gas bottle with regenerative heat exchanger made out of steel cutting

■ 6 Power efficiency test setup

6.1 Test rig for efficiency measurement

Figure 10 presents the test rig scheme for power efficiency measurements. This circuit was used for testing the HS prototype at the Institute of Fluid Technology in Dresden

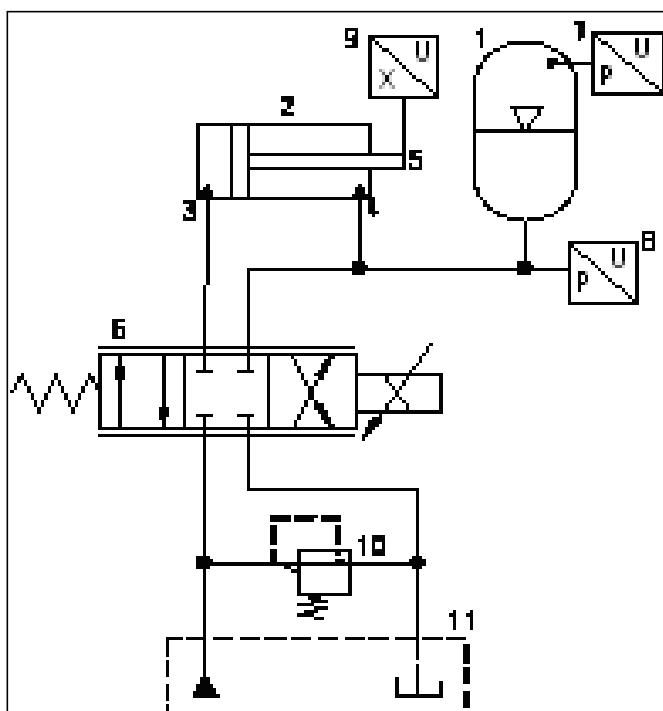


Figure 10. Simplified test rig scheme

(IFD) Dresden. Tested accumulator 1 is charged by pumping station 11. The fluid flow from the pumping station goes through proportional valve 6 to first port 3 of double acting cylinder 2 while its second port 4 is connected to the accumulator. The position of piston 5 of cylinder 2 is measured to obtain the oil (and consequently gas) volume variation in the accumulator. Proportional valve 6 is used as a discharge load. It switches the first port 3 of the cylinder 2 between the pressure line of pumping station 11 and its return line thus providing three modes of the accumulator operation: charge, hold and discharge. The oil and gas pressures in the accumulator, the gas temperature and piston 5 position of cylinder 2 are recorded against the time by pressure transducers 7, 8 and position transducer 9. (Some auxiliary elements of the test rig are not shown). Pressure relief valve 10 protects the tested accumulator from out-of-range pressure.

The test rig for testing the membrane prototype with forced convection unit was equipped with an adjustable throttle used as a load. Instead of proportional valve one switching valve was used to direct oil flow. Since the schemes of both rigs are almost the same there is no need to give a picture of the second one.

6.2 Test procedure

For both tested piston accumulators (with and without HS) the initial gas pressure was $105 \pm 2\%$ bar with compression ratio in the cycle of $2.1 \pm 2\%$. The six cycles were chosen close to real charge-

hold-discharge cycles of the accumulator as if it were installed on a hydraulic hybrid vehicle and tested at different driving regimes. Parts of the urban drive cycle (ECE-15) were taken as representative cycles for mobile applications. Four different cycle shapes were taken as representatives of industrial cycles according to Rupperecht classification: triangle, impulse, sawtooth, and rectangle [9]. Their shapes timing and measured efficiencies are given in Table 2.

For the tested membrane accumulator the initial pressure was $100 \pm 1\%$ bar with compression ratio in the cycle of $2.03 \pm 2\%$. Feasibility of the forced convection solution was demonstrated in one cycle chosen from the six used for testing HS solution. The temperature in the gas reservoir and the gas blower power consumption were measured together in addition to hydraulic parameters. The gas blower was powered during charge and discharge of the accumulator and switched off during holding period. The cycle with the gas blower switched off was taken as a reference.

For the tested system with a gas bottle the initial pressure was $70 \pm 4\%$ bar with compression ratio in the cycle of $2.1 \pm 7\%$. The same cycle as for the forced convection solution was chosen for testing. The same system without cutting in the gas bottle was taken as a reference.

■ 7 Power efficiency test results

7.1 Piston accumulator with the embedded compressible regenerator (HS)

The prototype was tested for two types of applications: mobile and industrial.

The data presented in [5] for mobile applications demonstrate significant difference between the reference accumulator and accumulator with Heat Spring, with at least a ten-fold reduction of thermal losses

Table 1. Recuperation efficiency of the piston accumulator for different driving cycles

Cycle shape			Efficiency of accumulator, %	
charge time, sec	hold time, sec	discharge time, sec	regular, gas / oil	with HS, gas / oil
Fragments of the urban drive cycle (ECE-15)				
17	24	4	80.7 / 80.5	97.3 / 96.6
5	22	11	81.6 / 81.4	97.8 / 96.9
11	22	24	82.8 / 82.7	98.6 / 97.8
Delivery truck cycles with load/unload				
5	60	11	79.1 / 78.7	97.5 / 96.9
5	180	11	78.3 / 78.2	97.1 / 96.5
5	900	11	78.1 / 78.0	96.7 / 95.8

in the HS prototype. Table 1 (taken from [5]) gives the comparative test results for 3 parts of the ECE-15 cycle and 3 cycles with long holding time (up to 15 minutes), which correspond to hydraulic hybrid delivery truck operation. The efficiency values are given for the gas side and oil sides. The latter corresponds to the total efficiency of the accumulator. As expected the better result compare to the reference accumulator was obtained for long

holding time where irreversibility of gas compression/expansion processes gives maximal contribution to the thermal losses.

Table 2 presents the results of the test for industrial applications repeated for two cycle frequencies differing by one order of magnitude. The HS prototype has shown high efficiency for all shapes and frequencies. At the same time, the reference accumulator showed hi-

gher efficiency at fast steep slopes and short holding time. The dependence of the efficiency of the cycle on its frequency was examined using the reference accumulator and HS accumulator. The results of this comparative testing are presented in Figure 11 which indicates that better efficiency of the Heat Spring as compared to the reference accumulator was obtained for slower pulse fronts or longer storage time.

7.2 Membrane accumulator with forced convection unit

The P-V diagrams given in Figure 12 were recorded at the gas side of the membrane prototype for the chosen cycle (a part of ECE-15). The thin curve corresponds to the cycle for reference accumulator (with the gas blower switched off). The thick curve – to the cycle with forced convection.

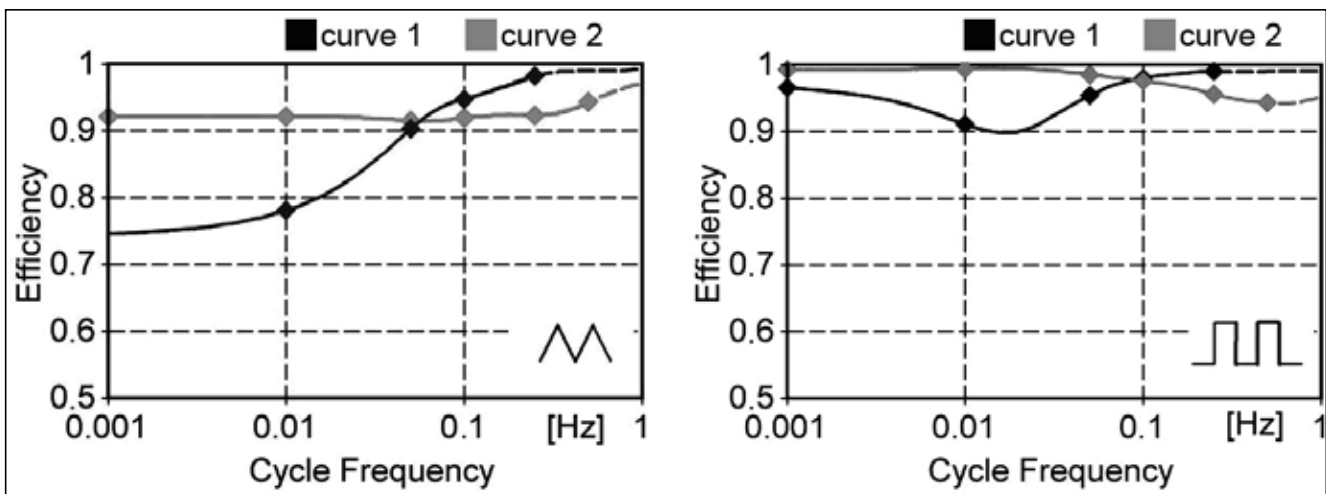


Figure 11. Frequency dependence of recuperation efficiency for triangle a) and rectangle b) cycles for the reference (dark curve 1) and HS accumulator (gray curve 2)

Table 2. Recuperation efficiency for different industrial cycles

	Cycle shape			
Freq [Hz]	Cycle in progress with time [sec]			
0.1	5-0-5-0	1-8-1-0	7-2-1-0	1-4-1-4
0.01	50-0-50-0	1-98-1-0	70-29-1-0	1-49-1-49
	Power efficiency (gas) Reference / HS [%]			
0.1	97.8 / 97.6	98.0 / 92.3	97.3 / 95.2	94.7 / 92.2
0.01	91.0 / 99.4	97.2 / 91.8	84.8 / 95.0	78.0 / 92.1

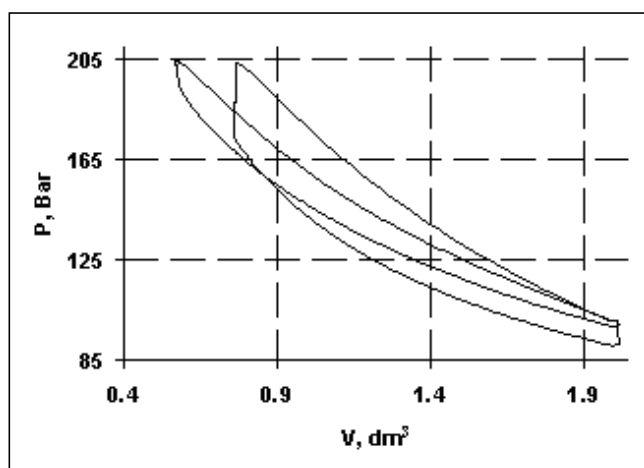


Figure 12. *P-V diagrams for the accumulator with the gas blower on and off for the cycle: 11 s - charge, 22 s - hold, 24 s - discharge*

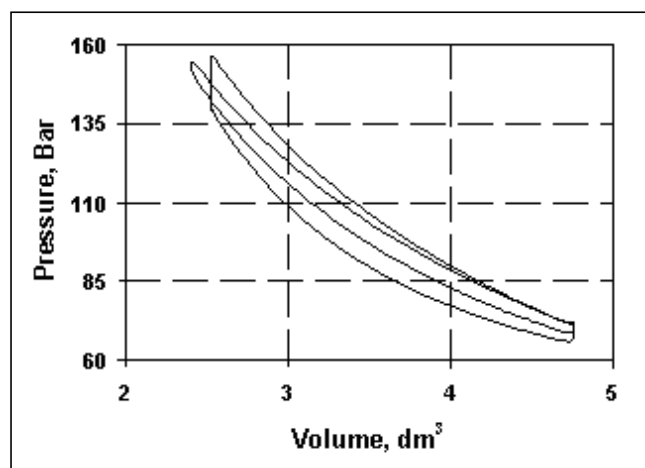


Figure 13. *Gas P-V diagram for the accumulator + gas bottle with and without cutting*

The loop area of the thin curve corresponds to 82.2 % of fluid power recuperation efficiency for the reference accumulator while the loop of the thick curve represents 92.8 % of fluid power recuperation efficiency for the cycle with forced convection. To evaluate total efficiency of the prototype the power consumed by the gas blower during the forced convection cycle was considered. These data are given in *Table 3* for several values of gas blower power consumption.

Table 3 indicates that the more power is spent on the gas blower the more intensive convection is and thus the higher is recuperation efficiency. However there is a range of the gas blower power consumption where the total efficiency of the accumulator is maximal. This optimal range is 20 ÷ 40 % of the maximal power applied to the gas blower during this series of testing.

The used gas blower was designed for air at atmospheric pressure and

obviously its efficiency was not optimized for the gas at 100 ÷ 200 Bar. Even though the total efficiency of the membrane prototype with forced convection could reach 90 % which is close to the results for the foamed accumulator tested at the same cycle with the same initial pressure [4].

7.3 System with a gas bottle

The P-V diagrams given in Figure 13 were recorded for the reference and prototype storage systems at the chosen cycle (the same part of ECE-15). The thin curve corresponds to the cycle for the reference system (without cutting in the gas bottle). The thick curve – to the cycle for the prototype.

The loop area of the thin curve corresponds to 84.7 % of fluid power recuperation efficiency for the reference system while the loop of the thick curve represents 94.2 % of fluid power recuperation efficiency for the

system with cuttings in the gas bottle. Thus the loops show about 10% of efficiency increase in the prototype compare to the same gas volume reference system without cutting in the gas bottle.

8 Conclusion

Experimental results for the prototype of a piston accumulator with HS presented in [4] and [5] show that the use of HS substantially improves accumulator efficiency in recuperation cycles of relatively low frequency or with long hold time (efficiency $\varepsilon > 0.95$ compared to $\varepsilon \approx 0.8$ for the regular accumulator of the same volume). This can be beneficial in applications, which require prolonged hold period (like hydraulic hybrid vehicles). As compared to the reference accumulator, the efficiency increase reaches almost 17%. In high frequency cycles with fast charge/discharge and short hold (industrial applications); the HS accumulator has also shown increase in efficiency of more than 90%. The reference accumulator in high frequency cycles showed equal or even better performance as compared to the HS prototype. This observation agrees with the modeling of the HS and findings on relationship between the gap, pulse frequency, and storage time [5]. Since 1 mm gap between the plates was used in the tested prototype, better results for slower pulse fronts or longer storage time were expected.

Table 3. *Total efficiency of the membrane accumulator with and without forced convection for the cycle: 11 s - charge, 22 s - hold, 24 s - discharge*

Power consumed by gas blower, J	Recuperation efficiency of accumulator, %	Total efficiency of accumulator, %
0	82.2	82.2
89	89.0	88.6
303	91.5	90.0
665	92.0	88.7
938	92.8	88.3

ted. This means that for fast industrial applications the HS must have thinner plates and smaller gaps between them. It was found that the gap value is proportional to the square root of the compression/expansion time. For faster cycles of 0.1 - 1 Hz, the gap must be 3 times smaller than that chosen for the tested prototype. The completed calculations and modeling of the Heat Spring created the basis for its design. Incorporation of the HS leads to unavoidable gas volume reduction (about 28% in the tested prototype) and thus the amount of energy that can be stored. However, the fact that the HS accumulator returns back more energy than the regular accumulator can store, this gas volume reduction can be disregarded.

In applications where the use of a piston accumulator is inappropriate due to its relatively bigger mass and cost the foam solution might be applicable provided with the foam protection means. A durability test (not described here) has shown foam resistance to fast (1.2 sec) cycles of compression/expansion at ambient and 1000C temperatures. After about 1 000 000 cycles (50% at 1000C) the tested foam did not show any signs of rupture or fatigue degradation. The gas port protection measures enable creating foamed accumulators for fluid power recuperation systems with reasonable service life at regular operation conditions. Accordingly to [4] the efficiency increase for the prototype of a piston accumulator filled with foam ranges between that for the accumulator without foam and the same accumulator with described above Heat Spring.

For wide range of applications the forced convection solution seems to be a good alternative. It is capable of providing recuperation efficiency close to the foam solution at any recuperation cycle parameters. This solution requires competent gas-dynamic calculations of the embedded regenerator and appropriate gas blower in order to maximize total power efficiency of

a storage system. The forced convection solution is applicable to any type of accumulator and any type of a storage system assembly (with or without gas bottles). For slower cycles the gas blower should be on to achieve close to isothermal regime of gas compression/expansion. For fast cycles the blower should be off to leave the gas compression/expansion processes close to adiabatic regime. The storage system becomes versatile. Obvious disadvantages of this solution are cost (compare to the foam solution) and relative structural complexity. In case of electrically powered gas blower it requires special high pressure seals to deliver electricity inside the gas reservoir.

For storage systems with gas bottles metal turnings or cuttings in the gas bottle provides up to 11% of power efficiency increase. This solution is cheap and easy-to-implement. It's capable of working for systems based on any type of accumulator. Due to its configurability lower weight and price it's rather attractive for mobile applications including hydraulic hybrid vehicles.

References

- [1] Otis, D. R., "Thermal Losses in Gas-Charged Hydraulic Accumulators," Proceedings of the Eighth Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Aug. 1973, pp. 198-201.
- [2] Pourmovahed, A., Baum, S. A., Fronczak, F. J., Beachley, N. H., "Experimental Evaluation of Hydraulic Accumulator Efficiency With and Without Elastomeric Foam," Proceedings of the Twenty-second Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Aug. 10-14, 1987, Philadelphia, PA, paper 87-9090
- [3] Pourmovahed A., "Durability Testing of an Elastomeric Foam for Use in Hydraulic Accumulators," Proceedings of the Twenty-third Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, July 31-Aug. 5, 1988, Denver, CO, Volume 2 (A89-15176 04-44)
- [4] Stroganov A., Sheshin L., "Accu-

mulator efficiency improvement: heat insulation or heat regeneration?," Proceedings of the 11th Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'09, June 2-4, 2009, Linköping, Sweden.

- [5] Stroganov A., Sheshin L., "Efficient, Safe and Reliable Recuperation: Regenerative Accumulator in Honeycomb Receiver," Proceedings of the 7th International Fluid Power Conference, 7th IFK, March 22-24, 2010, Aachen, Germany, Vol. 3, pp. 177-187.
- [6] Moskalik, A. J.; Gray, Jr. C. L., "Lightweight low permeation piston-in-sleeve accumulator", Patent US 7108016, 2006
- [7] Stroganov A., Sheshin L., "Hydropneumatic accumulator with a compressible regenerator", Patent application PCT/RU2008/000741, 2008
- [8] Hafner et al., "Hydrostatic Bladder-Type Storage Means", Patent US 4367786, November 24, 1980
- [9] Rupperecht, K.R. "Hydrospeicher, Experimentelle und analytische Untersuchungen zur Energiespeicherung", Dissertation, RWTH Aachen, 1988



strojnistvo.com
križišče strojnikov



IRT 3000
inovacijerazvojtehnologije
www.irt3000.si

Izboljšava toplotne regeneracije hidravličnih akumulatorjev

Razširjeni povzetek

Prispevek predstavlja izboljšave toplotne regeneracije hidravličnih akumulatorjev (HA) z batom in elastičnimi ločevalniki, namenjenimi razširitvi delovnega področja kot tudi podaljšanju uporabne dobe.

Pri vsakem HA se pojavljajo izgube zaradi hitrih sprememb stanja plina (kompresija/ekspanzija), ki povzročajo segrevanje/ohlajanje plina. Zaradi tega HA vrne manj hidravlične energije, kot jo je prejel. Razlika med vstopno in izstopno hidravlično energijo se pretvori v toploto. Izkoristki običajnih HA so zato boljši pri počasnejših spremembah plina. Za HA z elastičnimi ločilnimi elementi (membrana, meh) je poznana metoda izboljšanja izkoristkov s polnjenjem prostora, kjer je plin, z elastomerno peno. Nalogi pene sta torej izolacija in regeneracija toplote. Ko se plin v HA stiska (kompresija), se generira toplota, ki jo prevzame penasto polnilo. Pri ekspanziji plina znotraj HA se plin ohlaja, pena pa mu odda pri kompresiji generirano toploto in s tem zmanjšuje učinek hlajenja plina. Tako vstavljena elastična pena izboljša izkoristek HA. Glavni problem pri uporabi pene kot polnila znotraj plinske komore HA je kratka uporabna doba. Pena začne običajno že po 400 delovnih urah najprej razpadati na stičnih ploskvah z ločevalnikom (meh, membrana). Razpadanje je pospešeno tudi pri nižjih delovnih temperaturah. Prispevek predstavlja rešitev za zaščito penastega polnila zaradi podaljšanja uporabne dobe in povečanja odpornosti pene na nenadne hitre pomike (stisnitve/sprostitve) polnila.

Dodane ojačitvene elastične membrane (slika 1a, poz. 11), oblite z elastično peno (sl. 1a, poz. 7), vstavljene v batni HA, preprečujejo hiter razpad pene in obenem omogočajo skoraj izotermne preobrazbe plina pri kompresiji in ekspanziji. S tem se vidno izboljšuje izkoristek HA pri različnih delovnih operacijah, vključno z daljšim časom shranjevanja hidravlične energije. HA z membrano (slika 1b) in HA z mehkom (slika 1c) imata na elastični ločevalnik (membrana, meh) pritrjene vzmetne polimerne ali kovinske obroče (slika 1b in slika 1c, poz. 9), ki boljše in trajneje povezujejo elastični ločilni element z občutljivo elastično peno, ki obliva vzmetne polimerne ali kovinske obroče. Zaradi nevarnosti izločanja poroznega materiala elastične pene iz HA pri spuščanju plina je na plinskem priključku nameščen filter (slika 1b in slika 1c, poz. 18). Na sliki 2 je prikazan batni HA s porozno elastično peno in vzmetnimi kovinskimi ploščami na plinski strani HA.

Občutno znižanje temperaturnih izgub lahko dosežemo tudi z vstavitvijo kovinskih kompresijskih regeneratorjev ("toplotnih vzmeti") v plinsko komoro HA. "Toplotne vzmeti" so izdelane iz okroglih kovinskih plošč, ločenih z distančniki (slika 3), ki vzdržujejo režo med ploščami. Tako sestavljena "toplotna vzmet" razdeli plinsko komoro HA na manjše volumne, kar pripomore k hitrejšemu prenosu toplote in posledično k boljšemu izkoristku HA. Boljša konstrukcijska rešitev za "toplotno vzmet" so oblikovane upognjene vzmetne plošče brez dodatnih distančnikov (slika 4).

Prispevek prikazuje tudi različne izvedbe HA s prisilno konvekcijsko enoto (slika 6 in slika 7). Predstavljena je nova alternativna metoda približevanja izotermičnim spremembam plina (kompresija/ekspanzija), ki sloni na prisilni turbulentni toplotni izmenjavi in se lahko uporabi pri vsakem tipu HA. Prikazana je enostavna rešitev za boljšo izmenjavo in shranjevanje toplote v tlačni plinski posodi. Ker tlačne posode nimajo gibajočih se delov, lahko vanje vstavimo kovinske ostružke oz. kovinske odpadke od mehanske obdelave. Ti omogočajo dober prenos in "shranjevanje" toplote.

Predstavljeni rezultati meritev (preglednica 1, 2 in 3, slika 11 in slika 12 ter slika 13) prikazujejo znatno povečanje izkoristka izboljšanega HA pri vseh testiranih režimih. Rezultati meritev prototipa batnega HA s "toplotno vzmetjo" prikazujejo visok izkoristek izboljšanega HA tako pri srednje hitrih kot tudi pri počasnih spremembah stanja plina, in sicer so izkoristki izboljšanega HA večji od 95 %, izkoristki običajnega HA pa so okoli 80 % pri podobnih pogojih. Celotno pri visokofrekvenčnih ciklih obratovanja oz. spremembah stanja plina znotraj HA je izkoristek izboljšanega HA večji od 90 %. Pri uporabi sistema HA z dodatno tlačno posodo, napolnjeno s kovinskimi ostružki, se izkoristek izboljša za 11 %. Ta rešitev je poceni in enostavna za izvedbo in jo lahko uporabimo s katerikoli HA.

Ključne besede: izkoristek pri pretvarjanju energije, hidravlično-pnevmatični akumulator, toplotne izgube, regeneracija toplote

IFAM

international trade fair of
automation & mechatronics

SREBRNI SPONZOR

SICK
Sensor Intelligence.

Mednarodni sejem za avtomatiko, robotiko, mehatroniko ...
International Trade Fair for Automation, robotics, mechatronics, ...

25.-27.01.2012

www.ifam.si

Analysis and optimization of compressed air networks with model-based approaches

Susanne V. KRICHEL, Oliver SAWODNY

Abstract: Compressed air is one of the basic energy sources in several industrial areas. It is used during manufacturing processes, commonly as driving force for actuating pneumatic cylinders and in power tools such as pneumatic screwdrivers. The widespread use of compressed air justifies efforts to reduce losses within its infrastructure. The two main loss sources are the consumption of electrical energy for the production of compressed air and the distribution through piping networks with non-negligible leakage effects and pressure drops. In order to reduce losses and optimize the generation and transport of compressed air, model-based approaches are used. The paper presents dynamic models for highlighted network components. Two applications of those models on an abstract level are under research for (1) leakage detection and (2) topological network optimization. The work presents our progress as part of project EnEffAH.

Keywords: compressed-air networks, component modeling, leakage detection, topology optimization, simulation, pressure measurements

1 Introduction

The efficient usage of energy resources in production processes is nowadays one of the primary business goals in modern companies. Reference [1] states that a considerable percentage of the total European electrical energy consumption goes to the production of compressed air. Therefore, novel engineering concepts are required to enhance the efficiency of the compressed air infrastructure consisting of generation, distribution and application. In order to study the potential of efficiency improvements in that area, the Institute for System Dynamics, University of Stuttgart, joined efforts with industrial partners, and takes part in the project EnEffAH. The pro-

ject is aimed at reducing energy losses in both pneumatic and electrical systems using simulations and system theory techniques. Model-based simulations of the pneumatic infrastructure support a better understanding and help both identifying and quantifying saving potentials. The project focuses not only on minimizing the consumption by optimizing drive applications or reducing leakage losses and pressure drops (bottom-up approach) but also to

enhance the efficiency by studying the generation part (top-down approach). Design and dimensioning of drive applications is currently done with simulation programs, aiding choice of components in size and type, computation of controller parameters and allowing more accurate prediction of energy costs [2]. Simulation programs require dynamic models for physical components that represent both their steady-state and transient behaviour. A lot of

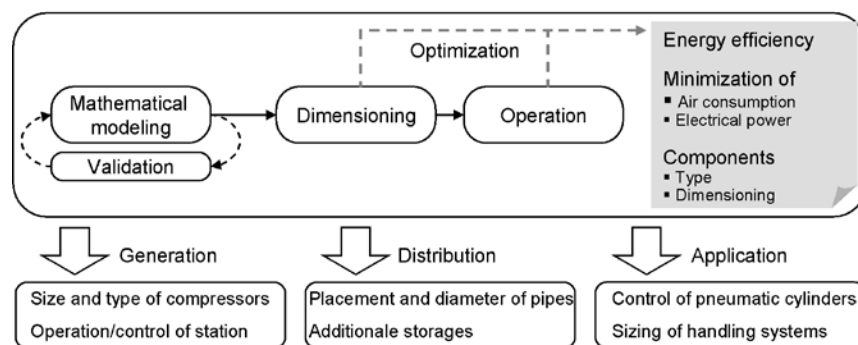


Figure 1. Research areas of project EnEffAH: generation, distribution and application with generalized model-based optimization tool chain applied to each sub-group.

Dipl.-Ing. Susanne V. Krichel,
Prof. Dr.-Ing. Oliver Sawodny,
University of Stuttgart, Institute
for System Dynamics

research has been done on efficient design and operation of water or pipeline networks using mathematical procedures. Even if the generation and distribution are stated to offer the highest and easy achievable saving potential, theoretical analysis of compressed air networks has not been a priority so far. Aspects such as leakage losses, dimensioning of pipes and low-energy generation of compressed air are currently under active research [3]. The detailed mathematical description of pneumatic drive components might be a reasonable approach for machine design and small networks, but it is inadequate for large industrial-grade networks. By implementing different model-based analysis approaches, the challenges and prospects of system theory within the framework of efficiency improvements are studied in this paper. The focus is here in the detection/reduction of leakage losses, the optimization of the generation unit and the development of monitoring concepts for compressed air networks. The model-based approach is schematically presented in *Figure 1*.

The paper is structured as follows: Section 2 lists selected modeling approaches for compressed air network components under different levels of abstraction. Novel modeling approaches for oil-injected screw compressors and long pneumatic tubes are referenced. In Section 3.1, an abstract network model is shown based on electrical analogies. It is studied in Section 3 under system theory aspects such as parameter sensitivity, operating point accuracy and dynamic behaviour of its states. First, a leakage detection algorithm is implemented based on an extended Kalman filter and evaluated in Section 3.2. Second, the abstract network model is presented as basis for our current research on model-based topology optimization of compressed air networks in Section 4. A detailed conclusion is given in Section 5 with an outlook into future research.

2 Modeling of compressed-air network components

For the implementation of system theory concepts such as model-based fault diagnosis and isolation (FDI) techniques [4], the use of the signal-flow oriented simulation program Matlab/Simulink is chosen here. Further details on this kind of simulation software compared to object-oriented ones are given in [5], [6]. Two main variables for describing pneumatic systems are pressure p and mass flow rate \dot{m} . In the following, selected network components are listed and described by simplified models. Different levels of abstraction are chosen for changing simulation requirements.

2.1 Generation units

Generation models include the modeling of one or several compressors, the air treatment unit and the central storage. The goal of the generation in a compressed air network is a) to deliver the consumed air instantly and b) to keep the pressure level everywhere constant within a defined pressure band, but as small as possible. To study the efficiency of each compressor and the station itself, dynamic models are developed. Previous work within the EnEffAH project dealt with the derivation of a dynamic model for oil-flooded screw compressors [2]. The model represents in detail the thermodynamic, electrical and mechanical parts. This model is currently used for detailed study of loss sources within one compressor block and an optimization of the operational strategy

in general. Simpler models consider the fact that most compressors are running in on/off strategy [6]. Nowadays, compressor stations consists of a mix of several compressor types that are able to deliver as much mass flow as needed within a reasonable time delay dependent on the overall control. This can then be either represented simply by an unlimited mass flow model or by a PI-controller for the pressure within the storage. The input is the pressure in the storage and its output is a limited mass flow. The air treatment unit is not considered in the following but can be split into two models: filters cause a pressure drop in the system; dryers mainly cause a loss of air flow. They are modeled as resistance and consumer, respectively. Storage is placed after the compressors and air treatment unit to a) buffer high-dynamic pressure changes in the network and b) to keep some reservoir in case of failure of the production system. The air temperature T_S within the volume is normally assumed to be constant (isothermal behaviour). The complete dynamic equations for pressure p_S and temperature T_S look as follows

$$\begin{aligned} \dot{p}_S(t) &= \frac{nR}{V_S} (T_{prod} \dot{m}_{prod} - T_{cons} \dot{m}_{cons}), \quad \dot{T}_S(t) = \\ &= \frac{nRT_S}{p_S} \left(\left(T_{prod} - \frac{T_S}{n} \right) \dot{m}_{prod} - \left(T_{cons} - \frac{T_S}{n} \right) \dot{m}_{cons} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

with R as general gas constant, \dot{m}_{cons} as consumed mass flow, \dot{m}_{prod} as produced mass flow, n as polytropic coefficient and $T_{cons/prod}$ as temperature of mass flow rates (with $T_{cons} = T_S$ for most applications).

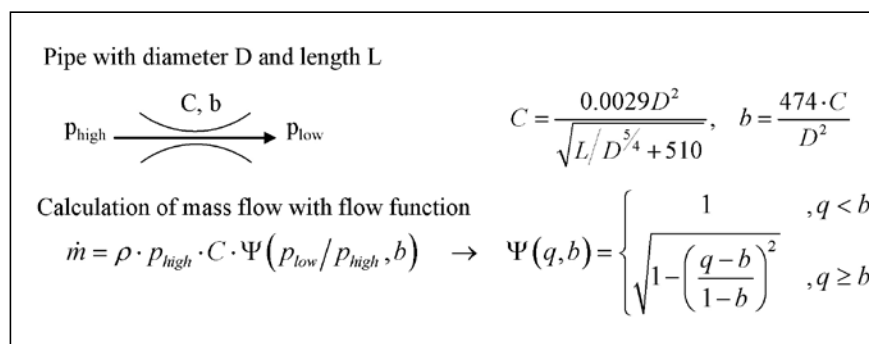


Figure 2. Simplified model for pneumatic transmission lines based on C, b -values and throttle-like flow characteristic.

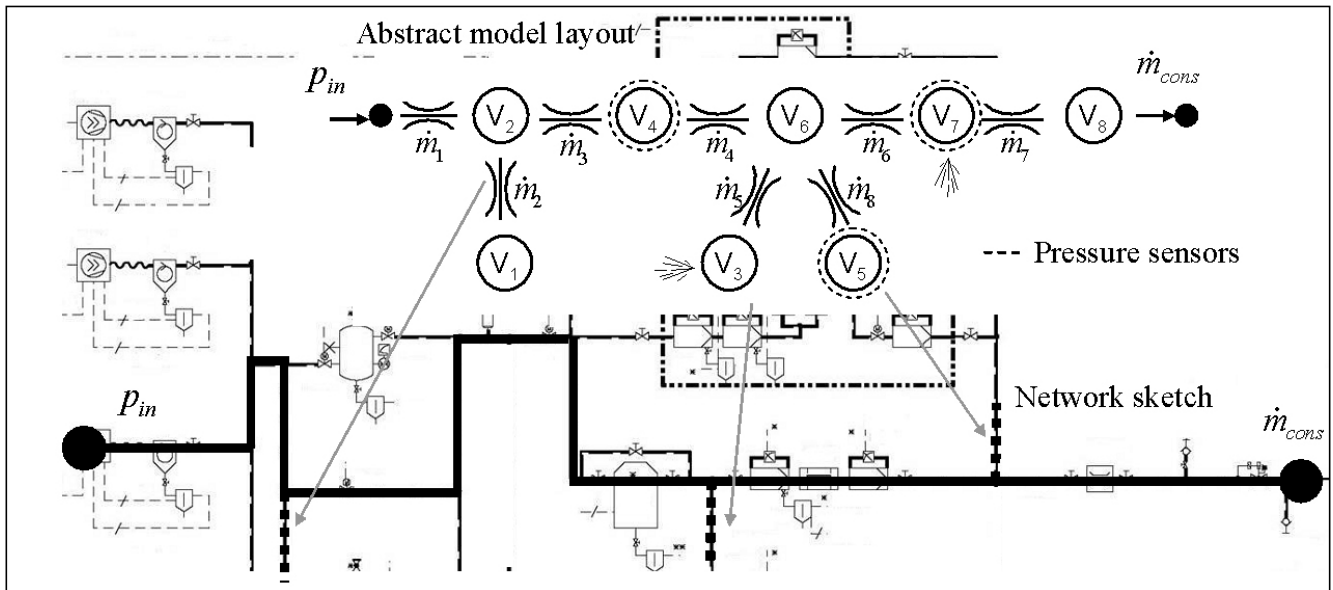


Figure 3. Network plan of the real pneumatic test network and a graphical sketch of the abstract model chosen for a certain path through the network (8 volumes and 8 throttles).

2.2 Distribution elements

Distribution models include modeling of fluidic transmission pipes of varying sizes (from small tubes within drive application with a diameter of down to 4mm to big pipes of a diameter up to 120mm) and lengths. Additionally, pipes are connected by armatures (represented by their equivalent length L_{eq}) [15]. Pipes are typically modeled as simple pneumatic resistances (similar to valves) with sonic conductance C and critical pressure ratio b according to [7]. There exist several formulas that compute the C, b -values dependent on the length L and the diameter D of a pipe [8] (see Figure 2).

That simple model covers one of the four characteristics of a transmission line, namely the pressure drop dependent on the flow rate. Further characteristics as dead volume of the pipe, limited speed of the pressure waves and reflection of the pressure waves inside the pipe are neglected. A numerically stable model for signal-flow oriented simulation programs based on the exact partial differential equations from fluid dynamics has been implemented in previous works [9]. It uses a combined semi-discretization and control-volume method to solve the equations and is applied for the detailed simulation of pneumatic ap-

plications. The model is of low order but not applicable to high-dimensional network models. The usage of the C, b -values makes it easy to connect several elements of a network together by either series or parallel connections.

3 Abstract network models for leakage detection

With the presented components from Section 2, large network models (considering all pipes, armatures, consumers and the generation unit) are set up. The easiest way to do that is in an object-orientated simulation software such as Dymola. An example network has been chosen and modeled in Dymola.

The network consists of pipes with diameters between 28-54mm and lengths between 0.6 and 6m. There are additionally several armatures such as bends 90°, 120° and dead volume branches that are not listed here explicitly. The network plan is shown in Figure 3 accordingly with the chosen measurement path in thick black lines. The implementation in Dymola leads to approximately 2000 equations that are automatically simplified by DASSL solver. The pure dynamic equations are not accessible. A nonlinear model of order 2000 cannot be used for model-based approaches due to complexity. As the states should be

still related to physical values such as pressure and mass flow, model reduction algorithm are hard to apply. The idea is to represent the dynamics of the system by only volume and throttle elements. Therefore, 8 volumes and 8 throttles are connect to each other. For a validation of the model, measurements are captured. Pressure is measured at three positions marked in the model graphics by dashed circles.

3.1 Abstract network model

The above shown network model is represented by differential equations for the pressure in the volume elements dependent on mass flow through the connecting throttles (according to Eq. (1) and Fig. 2). The dynamic representation is given by 8 states, each for one volume element. Input variables are measured values for the pressure p_{in} and the consumed mass flow \dot{m}_{cons} . The output variables are the measured values for $p_{4,5,7}$. The model is thus represented by the following equations $\dot{\vec{p}} = f(\vec{p}, p_{in}, \dot{m}_{cons})$ with initial conditions $\vec{p}(t_0) = \vec{p}_0$. The first 3 differential equations are given in Eq. (2). The missing 5 differential equations are derived analogously.

$$\begin{aligned}
 \dot{p}_1 &= RTV_1^{-1} \dot{m}_2(p_2, p_1) \\
 \dot{p}_2 &= RTV_2^{-1} (\dot{m}_1(p_{in}, p_2) - \dot{m}_2(p_2, p_1) - \dot{m}_3(p_2, p_4)) \\
 \dot{p}_3 &= RTV_3^{-1} \dot{m}_5(p_6, p_3) \\
 \dot{p}_4 &= RTV_4^{-1} (\dots)
 \end{aligned} \tag{2}$$

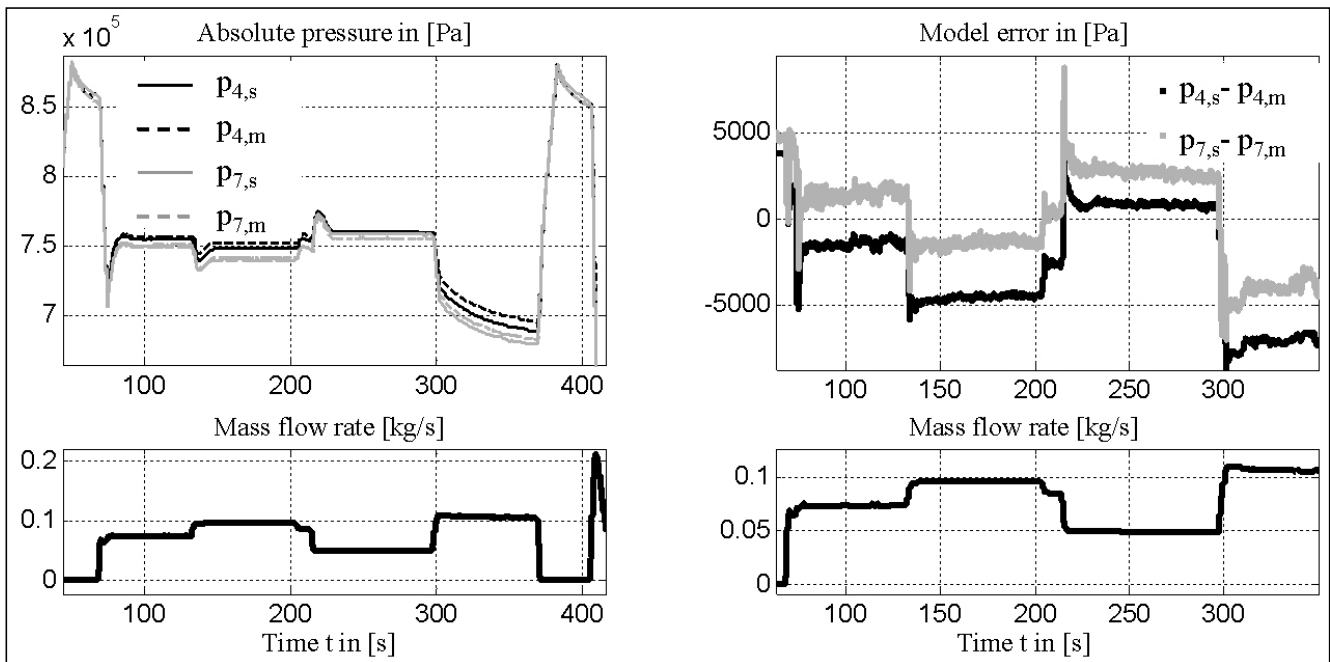


Figure 4. Validation of model applying several operating points by changing the value of the consumed mass flow. The left graph shows the measured (index *m*) and simulated (index *s*) pressure 4 and 7. The right plot shows the deviation.

The system's equations (2) are now simulated in Matlab/Simulink. Simulation results can be seen in the next section.

3.2 Validation of network equations

For a validation of the abstract model, real measurements are captured in an industrial installation. The consumer is represented by a throttle valve whose opening area is changeable to re-enact varying consumers. Both pressure p_{oil} and consumed mass flow are taken as input to the system. Missing parameters that have to be determined for the model are the volumes and the conductance for each throttle. The critical pressure ratio b for each throttle is set constant with a value of 0.3. The volumes are determined by adding the inner volumes of all pipes and bends that are represented by one volume. The throttle values are chosen such that the steady-state behaviour of the model fits to the measurements.

There are two questions that have to be answered first: a) Are the chosen conductance values valid for several operating points of the system? and b) How sensitive is the system to

wrongly estimated parameter values? The answer to the validity of the model for several operating points is given by the plot in Figure 4. It is apparent that one set of conductance values is not valid for several set-points. That implies for further studies that either the given (non-) accuracy is acceptable for the planned analysis or the model cannot be used. By aggregating several pipes and armatures together, one throttle C, b -value model cannot model all nonlinear effects.

Under the assumption of an adequate set of parameters, equation (3) is studied for its sensitivity: how much do the states change if one parameter is wrongly estimated? A full sensitivity analysis $d\bar{p}/d\bar{\theta}$ for the parameters $\bar{\theta} = (C_{1..8}, V_{1..8})$ is not given here. Instead, the steady-state (called *ss*) of the system is determined given fixed input values. The change in the parameters is then approximated by

$$\Delta\bar{p} = \bar{p}_{ss}(\bar{\theta}, p_{in}, \dot{m}_{cons}) - \bar{p}_{ss}(\bar{\theta} + e_i \theta_i, p_{in}, \dot{m}_{cons}) \quad (3)$$

where e_i is the i -th unit vector. The parameter C_4 is changed by 5% of its original value. The states change immediately by 0.04 bar. This means

that the system is highly sensitive to parameter changes. A short summary so far concerning the derived model: Pneumatic systems are highly nonlinear due to the characteristics of pneumatic resistances. The dynamics of the system is called stiff as it covers both high dynamic and slow dynamic parts. The aggregation of several components to one throttle model leads to operating point dependent deviations from measurements.

Now, an observer-based analysis is implemented to test the prospects of model-based approaches for pneumatic networks based on the simplified model. The observer is implemented within the framework of fault detection and isolation strategies. For that, a nominal model is needed, where no error occurs. By comparing simulation results to measurements, deviations are interpreted as errors, e.g. parameter offsets or leakage effects. The idea is to implement a leakage detection algorithm for the network. There are two possible places where leakage could be enforced in the industrial network (see Fig. 3, volume 3 and 7). The ansatz is to detect the leakage based on a nominal model. The implementation is shown in the next section.

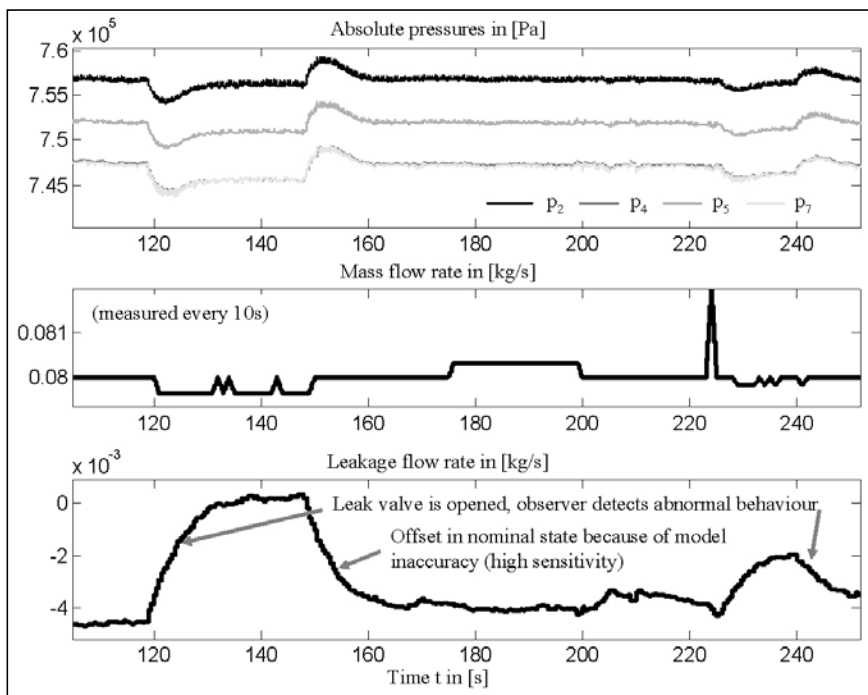


Figure 5. Results of extended Kalman filter used to detect leakage (estimated leakage is shown in plot at the bottom).

3.3 Implementation and results of observer-based analysis

With the mathematical formulation of an observer for the Eqs. (2), leakage detection is implemented. Reference [10] shows the derivation of an extended Kalman Filter approach for nonlinear systems. The idea of an observer is the reconstruction of the states by knowing the inputs and measuring some or a combination of system's states. If the right combination of states for the measurements is chosen, the system will be called observable. The possible leakage is added to the system as an additional state whose value has to be estimated changing over time. The dynamic equations are updated as follows (not shown state equations stay unchanged):

$$\dot{p}_3 = RTV_3^{-1}(\dot{m}_s(p_6, p_3) - \dot{m}_L), \quad \frac{dm_L}{dt} = 0. \tag{4}$$

The new state m_L represents a leakage at V_3 that is constant in each time step dt . The system is observable with the measured pressures. Figure 5 shows the results of the implemented Kalman filter. The system starts in a nominal operating point

with a good choice of parameters. At two time steps leakage is applied by opening an exhaust valve. The observer estimates the deviations from the simulated states into the leakage state. Fig. 5 shows that a leakage is detected but that there is also an offset in the nominal state. The reasons are a) the chosen parameter set is valid but not 100% accurate such that all model errors are estimated into the additional state and b) in the real network there were small leakages that couldn't be erased totally before the testing. The strategy still works if there are two leaks in the systems as the system is still observable.

3.4 Challenges with sensor accuracy

There are several challenges when applying system theory approaches in practice to compressed air networks: a) Pressure sensors have a limited accuracy. The network examined above had pipes of small diameters. Pipes within huge industrial networks are up to 120mm in outer diameter. Thus, the pressure drops decrease. Standard industrial sensors are not too expensive but

suffer from a lack of accuracy. In simple experiments, the real accuracy of pressure sensors was tested: with standard flow sensors, pressure drops around 1000 Pa can be captured. b) Access points for pressure sensors are normally equally distributed over an existing network. To apply above shown strategies, mass flow sensors measuring the consumption are obligatory. The system has to be split into smaller network parts; otherwise the system's accuracy is too low. Mass flow sensors are either very expensive or difficult to install. Without knowing the mass flow of the consumers, leakage detection strategies are infeasible due to the lack of good and simple nominal models. The sensor placement is also important for model-based analysis. The implementation of a model-based observer requires a good choice of measurements spread over the network. There exist rating numbers that help determining the rate of observability to determine where the pressure sensor should be placed. c) During audits, pressures are monitored automatically every 10 seconds to 1 minute. As the dynamics of the pneumatic systems is very stiff, model-based approaches require a sampling rate of at least less than 100 Hz. The resolution of the data capturing system has to be high as well to not lose detail. d) Furthermore, pressure sensors are widespread within the network. Thus, a special measurement system based on Phoenix Contact hardware (Axioline components) and Bluetooth wireless transmission was installed for the leakage detection. The data is sampled with 30ms and a data conversion of 12bit, which is sufficient to capture the data rapidly and accurately.

4 Application: Topology optimization for efficiency improvements

One of the current research topics within the EnEffAH project deals with the development of a novel algorithm for optimizing the structure of compressed air networks. The information about how network installations in real life are done is rare. But

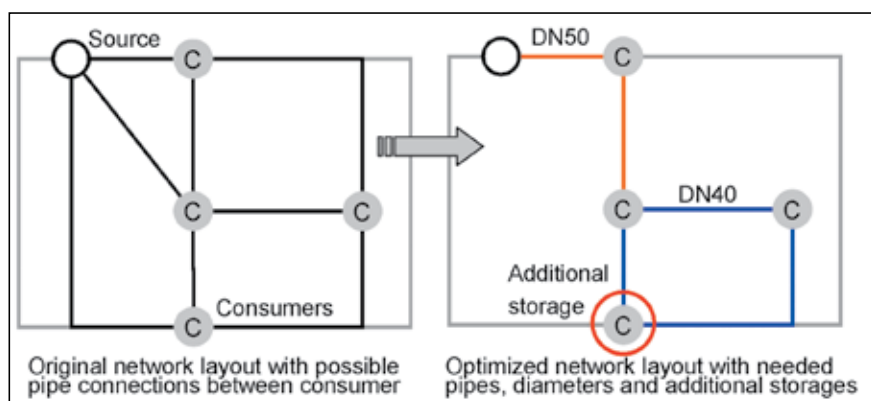


Figure 6. Schematic sketch of network optimization tool: based on a network structure with all possible pipes between consumers C, the optimization determines which pipes are needed and which diameters has to be used. Additionally, storages are placed within the network for robustness.

often, application engineers define the network parameters by experience. Previous research in determining an optimal design of networks based on mathematical algorithms was mostly done for water networks or huge nationwide gas networks [11]. Project EnEffAH aims at adapting those methods to topology design of compressed air networks. Three main aspects are covered: a) where do pipes have to be installed to guarantee an optimal supply of air to all consumers, b) what is the optimal diameter for each pipe with regard to low pressure drops over the network and c) where do additional storages have to be placed to handle consumption variations and make the network more robust. The focus of the new algorithms is the simultaneous topology and size optimization of the network, i.e. placement and diameter of each pipe. In Fig. 6 the schematic sketch of a small industrial network with 4 consumers "C" and 8 possible pipe connections is shown. The right side of the figures presents the optimized network configuration and the location of the additional storage. Abstract network models similar to the ones from Section 3 are used to represent the overall network structure and behaviour. The optimization problems arising from goal definitions a)-c) is a highly nonlinear, combinatorial optimization problem with discrete decision variables for diameters and storages (called Mixed-Integer nonlinear optimization problem). Hence, it is solved based on the theory of genetic

algorithms [12, 13]. The network is considered to be represented both by static and dynamic equations [14]. The placement of additional storages requires dynamic models whereas topology design is based on static models. The algorithms solve the problem by accounting for the following constraints: minimum supply pressure requirements for each consumer based on consumption profiles, installation costs based on real cost calculations (pipe material, labour costs, installation environment), reliability of the network (in case of failure), and robustness in pressure changes against sudden consumption variations. The developed algorithms are validated against already planned networks.

■ 5 Conclusions

The reduction of energy losses within the pneumatic infrastructure is a highly-motivated research area. This work focuses on the application of model-based approaches such as the implementation of an extended Kalman filter or the topology optimization. The goal is to develop novel engineering concepts which lead to a better understanding of the loss sources and possible improvement strategies. After giving an introduction into modeling techniques for compressed air components, an abstract network model based on volumes and pneumatic resistance elements was developed. By using this approach it was possible to derive a model of low order with which

further analysis strategies could be implemented. Pneumatic models are shown to be highly sensitive to parameter changes. The stiffness of the system enforces tightened requirements to the usage of simulation programs and ODE solvers. The results based on the implemented observer showed that FDI strategies could be implemented successfully. But, the amount of information coming from the results was mainly dependent on the sensor accuracy and the fluctuation of operating points during the diagnosis process as both complicate the interpretability. The modeling of pneumatic networks leads always to a trade-off between accuracy (modeling of each component, high complexity) and coverage (modeling the overall dynamic behaviour, low accuracy). The abstract network models are used for a further application, namely the optimized topology design of compressed air networks. The main assumptions and goals of this current research work are shown. In this paper we have demonstrated a practical way to simulate compressed air network behaviour. Using these results for the design of realistic system analysis strategies is non trivial, as shown in the paper, but it was demonstrated that model-based analysis strategies such as observers can be designed and abstract models used for further optimization. They were evaluated through simulation and validated with measurements, enabling in future new theory-based analysis techniques to be implemented economically and helping save energy in large scales.

Sources

- [1] P. Radgen & E. Blaustein 2001. Compressed Air Systems in the European Union: Energy Emission, Saving Potential and Policy Actions. March, L. V. GmbH.
- [2] Cai, M. & Kagawa, T., Koyamada, K.; Tamura, S. & Ono, O. (ed.), Simulation for Energy Savings in Pneumatic System, *Systems Modeling and Simulation*, Springer Japan, 2007, 258-261.
- [3] Krichel, S. V. & Sawodny, O., Dynamic modeling of compressed

- sors illustrated by an oil-flooded twin helical screw compressor, *Mechatronics*, 2011, 21, 77 – 84.
- [4] S. X. Ding 2010. Model-based Fault Diagnosis Techniques: Design Schemes, Algorithms, and Tool. Springer Berlin Heidelberg, 1st edition.
- [5] Krichel, S. V. & Sawodny, O., Model-based Analysis of Pneumatic Networks - Prospects and Challenges, *Proceedings of the Twelfth Scandinavian International Conference of Fluid Power*, May 18-20, 2011, 3, 471-483.
- [6] Richert, F.; Rückert, J. & Schloßer, A., Comparison of Modelica and Matlab by means of the Model of a Diesel Engine, at - *Automatisierungstechnik*, 2003, 51, 247-254.
- [7] ISO 6358, Pneumatic fluid power - Components using compressible fluids -Determination of flow-rate characteristics, 1989.
- [8] Bala, H.-P., Durchflussmessungen und strömungstechnische Kenngrößen, *o+p Ölhydraulik und Pneumatik*, 1985, 29, 541-544.
- [9] S. V. Krichel, O. Sawodny: Modellierung von Druckluftleitungen - Ansätze und Ergebnisse. In: Tagungsband GMA-Fachaus-schuss 1.30 - Modellbildung, Identifikation und Simulation in der Automatisierungstechnik, Anif/Österreich, 22.-24.09.2010, S. 184-194.
- [10] Welch, G. & Bishop, G., An Introduction to the Kalman Filter, *Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill*, 2006.
- [11] Morley, M. S.; Atkinson, R. M.; Savic, D. A. & Walters, G. A., GAnet: genetic algorithm platform for pipe network optimisation, *Advances in Engineering Software*, 2001, 32, 467-475.
- [12] Bragalli, C.; D'Ambrosio, C.; Lee, J.; Lodi, A. & Toth, P., Water Network Design by MINLP, *IBM Research Report RC24495*, 02/2008, 2008.
- [13] Dengiz, B.; Altiparmak, F. & Smith, A. E., Local Search Genetic Algorithm for Optimal Design of reliable networks, *IEEE Transactions on evolutionary computation*, 1997, 1, 179-187.
- [14] Afshar, M. H. & Afshar, A., An element by element algorithm for pipe networks *Computer methods in water resources IV, Ecology and the Environment*, 1999, 38, 173-182.
- [15] Idelchik, I. E., Steinberg, M. O. (ed.), *Handbook of Hydraulic Resistance* Jaico Publishing House, 2005.

Modelni pristop pri analizi in optimizaciji pnevmatičnih vezij

Razširjeni povzetek

Stisnjeni zrak je eden izmed osnovnih virov energije na mnogih industrijskih področjih. Uporablja se v proizvodnih procesih kot gonilna sila za pnevmatične valje in v pogonskih orodjih, kot npr. pri pnevmatičnih izvijačih. Široka uporaba stisnjenega zraka vzpodbuja k zmanjšanju izgub znotraj pnevmatične infrastrukture. Glavna izvora izgub sta poraba električne energije pri proizvodnji stisnjenega zraka in izgube pri distribuciji stisnjenega zraka po pnevmatičnem omrežju z neizogibnim puščanjem in padci tlakov. Da bi zmanjšali izgube in optimirali proizvodnjo in transport stisnjenega zraka, je bil v okviru predstavljenega projekta uporabljen modelni pristop. Prispevek prikazuje dinamične modele za pomembnejše sestavine pnevmatičnega vezja. Trenutno se raziskujeta dva praktična primera uporabe teh dinamičnih modelov, in sicer: zaznavanje puščanja in optimizacija topologije pnevmatičnega vezja.

Modelno zasnovane simulacije delovanja pnevmatične infrastrukture omogočajo boljše razumevanje ter pomagajo določiti in ovrednotiti prihranjene potenciale. *Slika 1* prikazuje raziskovalna področja, ki so se izvajala v okviru projekta EnEffAH. Nekateri rezultati so predstavljeni v tem prispevku. Med raziskovalna področja spadajo: generiranje, distribucija in uporaba generaliziranega modelno zasnovanega optimizacijskega orodja.

Oblikovanje in dimenzioniranje posameznih pogonskih primerov je bilo izvedeno s pomočjo simulacijskih programov s podporo možnosti izbire velikosti in tipa sestavine, izračunom parametrov krmilnika in dopuščanjem natančnejše napovedi stroškov porabe energije. Simulacijski programi potrebujejo dinamične modele za dejanske sestavine, ki predstavljajo statično in dinamično obnašanje. Izvedenih je bilo veliko raziskav na področju konstruiranja oz. projektiranja vodnih oz. cevni vezij z uporabo matematičnih postopkov.

Prispevek prikazuje postopek modeliranja sestavin vezja s stisnjenim zrakom, kot so kompresorji in tokovodniki. Nato podaja abstraktne modele sestavin pnevmatične mreže za detekcijo puščanja ter topološko optimizacijo za izboljšanje izkoristkov. S pomočjo simulacijskega programskega paketa Matlab/Simulink je bil uporabljen koncept modelne določitve napak in izolacijskih tehnik (FDI). Uporabljeni sta bili dve glavni pnevmatični spre-

menljivki, to sta tlak in masni tok.

Model pnevmatičnega generatorja vsebuje enega ali več kompresorjev, enoto za vzdrževanje stanja zraka in centralno tlačno posodo. Glavni namen generatorja v omrežju stisnjenega zraka je neprekinjena dobava stisnjenega zraka in vzdrževanje konstantnega nivoja tlaka znotraj definirane območja, ki naj bo čim ožje. Za raziskavo in določitev izkoristka posameznega kompresorja in celotnega generatorja stisnjenega zraka je potrebno razviti dinamične simulacijske modele. Posamezen računsko-simulacijski model kompresorja vsebuje termodinamične, električne in mehanske dele. Enačbi pod št. 1 podajata dinamična modela za izračun tlaka in temperature.

Matematično-simulacijski model tokovodnikov vključuje cevi različnih premerov in dolžin. Cevi se v simulacijskem modelu upoštevajo kot običajni pnevmatični upori (podobno kot ventili). *Slika 2* prikazuje poenostavljen model za pnevmatični prenosnik na osnovi C,b-vrednosti in dušene pretočne karakteristike. Predstavljeni enostavni simulacijski model prikazuje le eno od štirih karakteristik tokovodnikov, in sicer padec tlaka v odvisnosti od pretoka. Ostale tri karakteristike tokovodnikov: "mrtvi" volumen cevi, omejena hitrost tlačnih valov in refleksija tlačnih valov znotraj cevi so bile v tem simulacijskem modelu zanemarjene. Najenostavnejši način za postavitev kompleksnejših pnevmatičnih simulacijskih modelov je uporaba objektno orientiranih simulacijskih programov, kot npr. Dymola. *Slika 3* prikazuje pnevmatično funkcijsko shemo realnega preizkusnega pnevmatičnega vezja in njen abstraktni računski model (8 volumnov in 8 dušilk). Preizkuševališče vsebuje cevi s premeri ob 28 do 54 mm in dolžinami med 0,6 in 6 m. Implementacija progama Dymola je privedla do približno 2000 enačb, ki so bile samodejno poenostavljene. Zaradi poenostavitve dinamičnega modela so bili upoštevani le volumski in dušilni elementi.

Za kontrolo predstavljenih pnevmatičnih simulacijskih modelov so bile izvedene meritve na konkretnem industrijskem pnevmatičnem vezju. *Slika 4* prikazuje rezultate simulacij in meritev tlaka ter masnega pretoka med izvajanjem posameznih operacij s testirano industrijsko pnevmatično napravo. Levi graf zgoraj prikazuje rezultat simulacije (indeks s) in meritev (indeks m) za tlaka na mestu 4 in 7, desni graf pa prikazuje deviacijo med meritvami in simulacijo.

Metoda Kalmanovega filtra je uporabna za ugotavljanje puščanja pri pnevmatičnih vezjih z nelinearnim značajem. Metoda je zasnovana na dejstvu, da poznamo vhodne vrednosti in merimo nekatere oz. kombinacijo posameznih sistemskih vrednosti. *Slika 5* prikazuje rezultat postopka Kalmanovega filtra, namenjenega zaznavanju puščanja. Preostalo puščanje je prikazano na grafu spodaj. Za zaznavanje puščanja se uporabljajo tlačni senzorji. Za kvalitetno zaznavanje puščanja so poleg uporabljenih natančnih tlačnih senzorjev pomembna tudi mesta merjenja. Uporaba senzorjev za masni pretok je problematična z vidika visoke cene in težavnosti namestitve na ustrezno mesto v pnevmatičnem vezju.

Eden izmed pomembnejših ciljev projekta je bil tudi razvoj novega algoritma za optimizacijo topologije pnevmatičnega vezja z namenom, da se izboljša izkoristek. V tem delu so bili odkriti glavni vidiki: a) kje je potrebno namestiti cevi, da zagotovimo optimalno dobavo zraka do vseh porabnikov, b) kakšen je optimalni premer za vsako posamezno cev z vidika nizkih padcev tlaka pri pretakanju, c) kje namestiti dodatne tlačne posode, da premostimo problem različnih pretokov po ceveh in s tem naredimo pnevmatični sistem bolj robusten. Na sliki 6 je shematsko prikazana skica manjšega industrijskega pnevmatičnega vezja s 4 porabniki "C" in 8 možnimi cevni povezavami. Leva slika prikazuje originalno pnevmatično vezje, desna pa optimizirano vezje z lokacijo za dodatno tlačno posodo.

Ključne besede: vezje s stisnjenim zrakom, modeliranje sestavin, zaznavanje puščanja, optimizacija topologije, simulacije, merjenje tlakov

Acknowledgements

The work was financially supported by the Bundesministerium für Wirtschaft und Umwelt, Germany accounting the project "EnEffAH". We would like to thank all project partners for a valuable and efficient collaboration.

Robotski krmilnik z odprto arhitekturo vodenja za industrijski manipulator Motoman MH5

Peter ČEPON, Matjaž MIHELJ, Marko MUNIH

Izvleček: V današnjem času so industrijski roboti dosegli stopnjo, ko so njihove mehanske karakteristike zelo dobro optimizirane, na drugi strani pa so njihovi proizvajalci ves čas ohranjali zaprto arhitekturo krmilnikov in s tem skoraj enake funkcionalnosti kot pri prvih industrijskih robotih. Če hočemo industrijske robote uporabljati v raziskovalne namene, nam tako ne preostane drugega, kot da pričnemo z načrtovanjem strojnih modulov in razvojem programske opreme po meri. V tem članku sta opisana razvoj in izbira strojne opreme za gradnjo krmilnika xPC Target z odprto arhitekturo in princip delovanja varnostnega mehanizma. Vsa strojna oprema je bila zgrajena tako, da je delovala na operacijskem sistemu xPC Target.

Ključne besede: industrijski robot Motoman MH5, krmilnik xPC Target, integracija senzorjev, servokrmilnik Yaskawa

■ 1 Uvod

V današnjem času so industrijski roboti dosegli stopnjo, ko so njihove mehanske karakteristike zelo dobro optimizirane. Medtem ko so proizvajalci dobro optimizirali mehanske karakteristike, pa so na drugi strani ves čas ohranjali zaprto arhitekturo krmilnikov. Arhitektura krmilnikov industrijskih robotov zato kljub neprestanemu napredku ponuja skoraj enake funkcionalnosti kot pri prvih industrijskih robotih. Te so tako še vedno omejene predvsem na operacije, kot so sledenje trajektorijam, pozicijska kontrola itd. Zaradi različnih vzrokov ohranjajo proizvajalci arhitekturo zaprto in jo zelo redko odprejo za integracijo dodat-

nih senzorjev [1]. To pa pomeni, da sta razvoj in implementacija različnih načinov vodenja z uporabo dodanih senzorjev zelo omejena in v nekaterih primerih skoraj neizvedljiva.

Večina večjih proizvajalcev industrijskih krmilnikov se običajno odloča za zaprto arhitekturo krmilnikov. To pomeni, da uporabniki nimajo zunanega dostopa do krmilnih signalov, s katerimi bi lahko nastavljali parametre manipulatorja. Vendar pa se med proizvajalci najdejo tudi takšni, ki imajo v svoji ponudbi robotske krmilnike z odprto arhitekturo. Na žalost se izkaže, da so pri odprtih krmilnikih frekvence osveževanja majhne in omejene samo na izvrševanje zahtevnejših nalog.

Industrijske robotske krmilnike z odprto arhitekturo izdelujeta proizvajalca Stäubli (Stäubli Faverges SCA) in Yaskawa (Yaskawa Electric Corporation). Prvi ponuja družino krmilnikov CS8, ki imajo odprti dostop in so namenjeni predvsem

razvoju in raziskovalni sferi. Ti imajo implementiran nivo za vodenje robota v realnem času (*ang. Real-time robot control abstraction layer*) in nižjenivojski vmesnik (*ang. Low-level interface – LLI*), ki omogoča zunanje nastavljanje referenc pozicij in hitrosti sklepov robota [2]. Pri tem je frekvenca osveževanja takšnega krmilnika omejena na približno 1 kHz. Pri Yaskawi je uporabniku na voljo podoben visokohitrostni modul za sinhroni nadzor programske opreme (*ang. High-speed robot synchronous control software*) [3], ki je sestavljen iz deljenega spominskega vmesnika med robotskim krmilnikom in glavnim računalnikom. Ta shranjuje vse informacije sinhronega vodenja procesne enote Yaskawa. Glavni računalnik si izmenjuje vse informacije z robotskim krmilnikom Yaskawa preko visokohitrostnega sinhronega računalnika Yaskawa (*ang. High-speed synchronous computer – HSC*). Na računalniku lahko teče operacijski sistem v realnem ali nerealnem času,

Mag. Peter Čepon, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. Matjaž Mihelj, univ. dipl. inž., prof. dr. Marko Munih, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko



Slika 1. Roboti, za katere so bili razviti krmilniki z odprto arhitekturo

vendar pa je potrebno povedati, da je 2 ms sinhronizacija s HSC absolutno zagotovljena le v primeru, ko teče operacijski sistem v realnem času. Glavno omejitev HSC krmilnika predstavlja tako povezava med njim in glavnim računalnikom, saj je njena frekvenca osveževanja le 500 Hz.

Zaradi nenehnega razvoja in omejenosti uporabe industrijskih robotskih krmilnikov se velikokrat izkaže, da tudi rešitve, ki jih ponudijo proizvajalci robotskih krmilnikov, niso zadostne. Raziskovalci se za potrebe raziskav odločijo za zamenjavo ali nadgradnjo robotskih krmilnikov z obstoječo arhitekturo. Običajno si razvijalci načrtajo celotno strojno

opremo z vsemi potrebnimi vmesniki, prilagojenimi razvojnemu okolju s programsko opremo, ki so si jo predhodno izbrali za razvoj aplikacij. Takšen princip gradnje krmilnikov z odprto arhitekturo omogoči razvijalcu dostop in nastavljanje večine uporabnih funkcij manipulatorja ter mu dovoljuje direktno vodenje aktuatorjev v sklepih robota s hitrostmi ali navori. Pri gradnji krmilnikov po meri je običajno omogočen direkten dostop do servojačevalnikov manipulatorja, kar omogoča razvoj kompleksnejših metod vodenja, integracijo različnih senzorjev (sila/navor, razdalja, vid, zvok) in njihovo ovrednotenje. Takšni robotski krmilniki, ki jih naredimo po meri,

pridejo še posebej v poštev, ko razvijamo aplikacije, ki dovoljujejo interakcijo med človekom in robotom na podlagi fizičnih kontaktov med njima.

Robotski krmilniki z odprto arhitekturo ponujajo uporabniku nove možnosti razvijanja kompleksnih razvojnih in izobraževalnih aplikacij. Pri vsem tem je potrebno poudariti, da postanejo s povečevanjem kompleksnosti industrijskih aplikacij omejitve industrijskih robotskih krmilnikov vedno bolj očitne. Takšen problem je predstavljen v članku [4], v katerem avtor opisuje aplikacijo merjenja z robotom. Pri tej aplikaciji se izkaže, da kljub zadovoljivi natančnosti robota zvezno merjenje sivih rešetk z zeleno hitrostjo ni mogoče, saj je osveževanje branja pozicij robota prepočasno. Za pravilno delovanje aplikacije je bila zato potrebna modifikacija programske opreme robotskega krmilnika (modifikacija brez podpore proizvajalca), ki je omogočila povečanje vzorčne frekvenca pozicije na 500 Hz.

Z neprestanim razvojem postajajo tudi roboti vse inteligentnejši, zato se pojavljajo zahteve po novih kompleksnejših aplikacijah. V bodočnosti lahko zato pričakujemo, da bosta človek in robot sodelovala in delovala v istem okolju. Za izvrševanje uspešnih interakcij med robotom in človekom je zato potreben razvoj novih metod vodenja manipulatorjev.

V Laboratoriju za robotiko na Fakulteti za elektrotehniko se z razvojem robotskih krmilnikov z odprto arhitekturo ukvarjamo že vrsto let. Prvi namenski robotski krmilnik je bil v laboratoriju razvit že v začetku osemdesetih let [5], prvi robotski krmilnik z odprto arhitekturo pa v začetku devetdesetih [6]. V zadnjih 10 letih so bili za različne raziskave na različnih manipulatorjih razviti robotski krmilniki z odprto arhitekturo. Na začetku so bili krmilniki z odprto arhitekturo osnovani na platformi RT Linux, na kateri je bilo narejenih veliko raziskav in razvojnih nalog [7, 8, 9, 10]. Zaradi uporabniku neprijetnega programskega okolja za hitro razvijanje, preizkušanje in ovrednotenje



Slika 2. Servokrmilnik proizvajalca Yaskawa

sistemov je bila večina sistemov iz platforme RT Linux predstavljena na platformo xPC Target. S tem se je razvijanje sistemov premaknilo iz programskega okolja C v programsko okolje Matlab, ki je uporabniku prijaznejše za razvijanje in ovrednotenje sistemov.

V nadaljevanju članka sta opisana razvoj in izbira strojne opreme za gradnjo krmilnika xPC Target z odprto arhitekturo in princip delovanja varnostnega mehanizma. S tem krmilnikom je možno dostopati in nastavljati parametre servokrmilnikov, ki krmilijo dva Motomanova robotska manipulatorja MH5. Vse

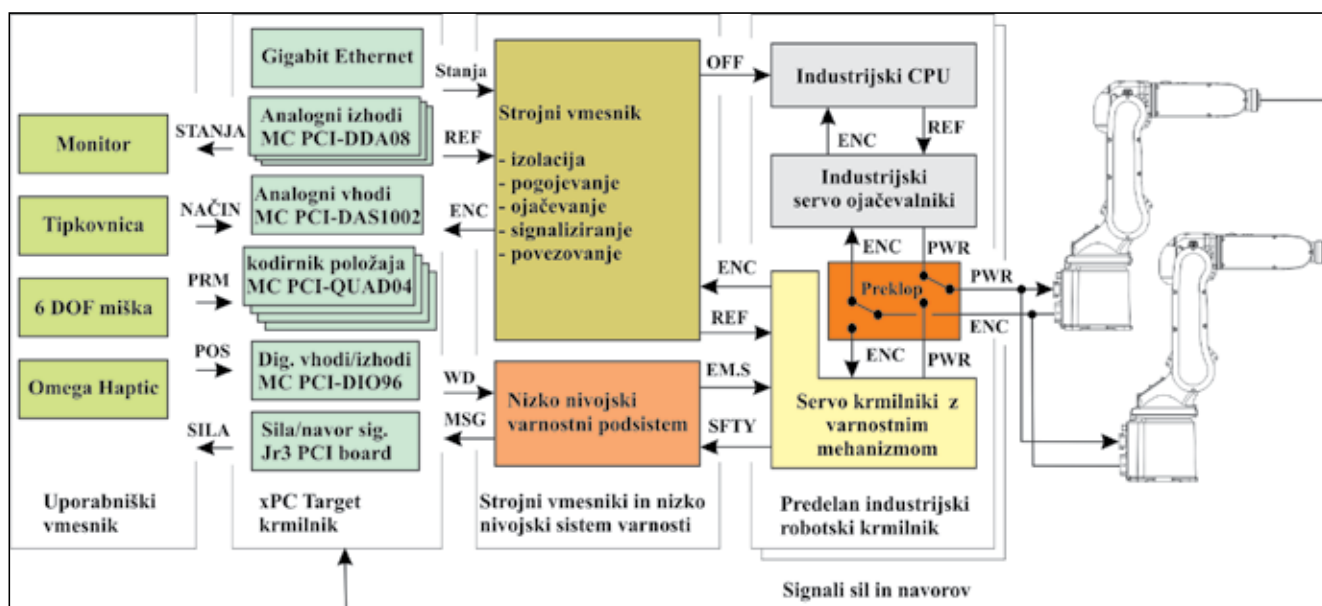
komponente za gradnjo krmilnika xPC Target po meri in varnostnega modula, ki so bile implementirane pri gradnji krmilnika, so bile izbrane in razvite za delovanje na platformi xPC Target.

■ 2 Arhitektura strojne opreme

Pri mnogih proizvajalcih je v navadi, da neradi posredujejo tehnične podrobnosti o povezovanju njihovih industrijskih krmilnikov in možnosti uporabe zunanjih vhodnih signalov. Tako je v večini primerov od proizvajalca težko pridobiti uporabne infor-

macije, ki bi dovoljevale spremembe ali posredovanje v njihovo strojno opremo, in bi na takšen način uporabniku olajšali delo pri gradnji robotskega krmilnika po meri. Problem proizvajalčevega neposredovanja informacij postane še posebej velik pri novejših industrijskih krmilnikih, ki uporabljajo za komuniciranje z manipulatorji namesto dosedanjih analognih signalov različna digitalna vodila. Ta so v večini primerov patentirana in prirejena za posameznega proizvajalca. Pri tem se je potrebno zavedati, da imajo takšna digitalna vodila velikokrat omejeno osveževanje, tako da je priklop dodatnih naprav na vodilo lahko problematičen in omejuje njihovo delovanje. S stališča razvijalca to pomeni, da je ta omejen pri razvijanju zahtevnejših aplikacij, kot je vodenje manipulatorjev z integracijo senzorjev, ki delujejo v realnem času. Vse te pomanjkljivosti imajo velikokrat negativen vpliv pri gradnji robotskih krmilnikov po meri.

V primeru gradnje krmilnika xPC Target za krmiljenje dveh Motomanovih manipulatorjev MH5 je bilo sodelovanje s proizvajalcem uspešno v tej smeri, da je bil pripravljen za nas predelati industrijski robotski krmilnik. Proizvajalec je obstoječemu industrijskemu krmilniku paralelno namestil 12 servokrmilnikov s hitrimi odzivnimi časi in vgrajenim varnostnim mehanizmom (glej sliko 2). Izbiro med industrijskim krmilnikom in dodanimi servokrmilniki je izvedeno s preklapljanjem, s čimer je omogočeno le delovanje enega od njiju. Takšen namenski servokrmilnik (glej sliko 2) omogoča nastavljanje parametrov, branje signalov, krmiljenje aktuatorjev posamezne osi manipulatorja in skrbi, da med njegovim delovanjem ne prihaja do napak, ki bi lahko poškodovale aktuator. Za nas je pomembno dejstvo, da ima servokrmilnik veliko vhodno-izhodnih digitalnih in analognih linij, preko katerih lahko nastavljamo in beremo različne parametre ter signale kodirnikov položaja. Poleg tega ima servokrmilnik možnost izbire krmiljenja navorov ali hitrosti z analognimi signali.



Slika 3. Generalna arhitektura strojne opreme. Pomen okrajšav je: REF – krmilni signal za manipulator, PWR – napajalna linija za napajanje servokrmilnikov, ENC – signali kodirnikov položaja, EM.S – izklop v sili, MSG – sporočila varnostnega podsistema za xPC Target, WD – signal watchdog, STANJE – trenutno stanje krmilnika, NAČIN – uporabniška komanda, PRM – parametri, ki jih definira uporabnik.

V nadaljevanju članka je predstavljena generalna arhitektura strojne opreme (glej sliko 3), ki omogoča povezavo med krmilnikom xPC Target in servokrmilniki obeh manipulatorjev. Ta je specifična in je razvita posebej za komuniciranje z Motomanovima robotoma MH5, zato bi morali pri gradnji odprtega krmilnika kakega drugega robota te komponente odvzeti, dodati ali zamenjati. Generalna shema arhitekture je v celoti prikazana na sliki 3 in je sestavljena iz petih sklopov komponent: dveh robotskih manipulatorjev MH5, predelanega industrijskega robotskega krmilnika (predelava je bila predhodno opisana), strojnih vmesnikov in nizkonivojskega sistema varnosti (tu so bile vse elektronske komponente izdelane po meri in so namenjene preklapljanju med industrijskim krmilnikom in krmilnikom xPC Target), krmilnika xPC Target, na katerem teče operacijski sistem xPC Target v realnem času, ter glavnega računalnika, ki služi kot uporabniški vmesnik.

2.1 Gradnja krmilnika z odprto arhitekturo

Na sliki 3 je prikazana celotna arhitektura strojne opreme, narejene po meri za predelan robotski

krmilnik robotov, pri katerem so za krmiljenje manipulatorjev uporabljeni servokrmilniki z analognimi vhodi. Pri razvoju in izbiri strojnih vmesnikov je potrebno paziti na to, da so signali industrijskega krmilnika in krmilnika xPC Target med seboj galvansko ločeni, da je omogočeno hkratno preklapljanje vseh signalov med industrijskim krmilnikom in krmilnikom xPC Target ter da je branje signalov kodirnikov položaja iz absolutnih senzorjev pravilno. Poleg omenjenih situacij je potrebno ves čas delovanja skrbeti tudi za varnost in ob najmanjši napaki prekiniti delovanje krmilnika xPC Target. Za vse omenjene težave smo razvili strojne vmesnike po meri in jih združili v sklop strojnih vmesnikov in nizkonivojskega varnostnega sistema (glej sliko 3).

Pri branju signalov kodirnikov položaja je potrebno paziti, da so ti pri vseh dvanajstih servokrmilnikih pravilno preusmerjeni h krmilniku xPC Target, v katerem so nameščene kartice za zajemanje signalov kodirnikov položaja MC PCI-QUAD04 (Measurement Computing Corporation, MC), ki omogočajo branje pozicij iz senzorjev. Za pravilno pošiljanje absolutnih vrednosti kotov v sklepih je med oba krmilnika

postavljena serijska komunikacija, ki med procesom inicializacije skrbi za pridobivanje začetnih vrednosti kotov iz absolutnih kodirnikov položaja, nameščenih v sklepih obeh manipulatorjev. Za pretvarjanje izračunanih krmilnih signalov hitrosti ali navora je uporabljenih več osemkanalnih 12-bitnih kartic MC PCI-DAS08 z analognimi vhodi. Pravilno krmiljenje in preklapljanje med kontrolnimi signali krmilnika xPC Target in signali industrijskega krmilnika je izvedeno s predhodno omenjenimi strojnimi vmesniki. Za vse digitalne linije, namenjene branju in nastavljanju operacijskih in varnostnih parametrov, so v krmilniku xPC Target uporabljene kartice MC PCI-DAS08 z 48 I/O digitalnimi linijami in MC PCI-DIO96H z 96 I/O digitalnimi linijami. Za zajemanje analognih signalov je uporabljena kartica MC PCI-DAS1002, ki ima 16 vhodnih kanalov. V krmilniku xPC Target se nahaja tudi vmesniška kartica JR3, ki jo uporabljamo za zajemanje podatkov sile/navora in pospeškov, izmerjenih s senzorjem, pritrjenim v prijemalu robota.

Programiranje in razvoj krmilnika v celoti potekata na razvojnem računalniku z uporabniškim grafičnim vmesnikom. Ko je program na razvojnem računalniku razvit, ga

prevedemo in preko mreže pošljemo krmilniku xPC Target. Razvojni računalnik in krmilnik xPC Target ves čas delovanja komunicirata preko mrežne povezave, kar omogoča, da uporabnik nastavlja vse krmilne signale preko uporabniškega grafičnega vmesnika (glej sliko 3). Preko njega je mogoče tudi branje vseh sporočil, ki so povezana s kontrolo in varnostjo krmilnika. Na glavni računalnik je možno poleg običajne tipkovnice priklopiti še miško s šestimi stopnjami prostosti ali haptična robota Omega Haptic.

2.2 Varnostni mehanizmi

Zaradi sodelovanja manipulatorjev in človeka predstavlja varnostni mehanizem krmilnega sistema najpomembnejšo komponento pri gradnji krmilnikov po meri. Še posebej pride varnostni mehanizem do izraza, ko sta človek in manipulator v fizičnem kontaktu in med seboj ves čas sodelujeta. V takšnih primerih mora biti zaradi zaščite človeka in opreme v vsakem trenutku zagotovljena varnost operacije. Nizkonivjsko varnost je treba zagotoviti mehansko in ne programsko.

Med razvijanjem krmilnikov po meri moramo ves čas razvoja testirati in vrednotiti strojno in programsko opremo, pri čemer smo običajno omejeni s sredstvi in časom. Zaradi tega si je potrebno pri izvedbi varnostnih mehanizmov pomagati na najboljši možni način glede na dana sredstva in čas. V našem primeru je varnost razdeljena na tri varnostne nivoje. Prvi je implementiran na krmilniku xPC Target in bi v normalnih okoliščinah moral zaznati vse nepravilne situacije, ki se dogodijo med delovanjem krmilnika xPC Target. Vendar pa je resnici na ljubo ta nivo najbolj podvržen napakam in se nanj ne moremo vedno zanašati. Drugi varnostni nivo je implementiran v servokrmilniku in skrbi, da med krmiljenjem aktuatorjev v sklepih manipulatorjev ne prihaja do napak. Servokrmilnik ob napaki nemudoma ustavi krmiljenje aktuatorjev in pošlje sporočilo v obliki alarma. Tretji varnostni nivo je implementiran med krmilnikom xPC Target in

servokrmilniki in je razvit po meri iz elektronskih komponent. Varnostni mehanizem ves čas delovanja primerja varnostne signale, ki signalizirajo pravilno delovanje servokrmilnikov in krmilnika xPC Target. Ob napaki enega od teh signalov mehanizem v hipu prekine z izvajanjem operacij in vklopi proceduro izklopa v sili.

Poleg vseh treh opisanih varnostnih mehanizmov je uporabniku na voljo tudi tipka za izklop v sili ali tipka za omogočanje delovanja. Ob pritisku na prvo krmilnik v hipu preneha delovati, medtem ko je potrebno imeti drugo za nemoteno delovanje krmilnika ves čas pritisnjeno.

3 Zaključek

Vsekakor je veliko vzrokov, ki govorijo v prid razvoja po meri narjenih krmilnikov, saj so standardni industrijski krmilniki običajno zaprti in uporabniku nedostopni. Ne glede na nekatere omejitve, ki jih kljub optimizaciji še imajo mehanske konstrukcije robotov, pa so prav krmilniki tisti, ki omejujejo razvoj in gradnjo zahtevnejših robotskih aplikacij. Rešitev se pokaže v razvoju krmilnikov po meri, ki jih je možno optimizirati sebi v prid. S krmilniki po meri sta možna hitrejši razvoj zahtevnejših nalog robota in aplikacij z integracijo senzorjev, ki delujejo v realnem času. Z možnostjo razvijanja zahtevnejših naprednih aplikacij dobivajo roboti dodano vrednost, zato je možno takšne robote s pridom uporabiti tudi v izobraževalne namene. Po drugi strani pa se tudi v industrijskem okolju pojavlja vse več zahtevnih nalog, ki jih z obstoječimi industrijski krmilniki ni moč izvesti. Iz vsega tega lahko zaključimo, da je gradnja in izbira prave strojne in programske opreme ključna za hiter in uspešen razvoj kompleksnejših aplikacij.

Literatura

[1] T. Kröger, B. Finkemeyer, S. Winkelbach, S. Molkenstruck, L.-O. Eble, F. M. Wahl, "A Manipulator Plays Jenga", IEEE Robotics

and Automation Magazine, str. 79–84, 2008.

- [2] F. Pertin, J. B. D. Tuves, "Real time robot controller abstraction layer", Proceeding of the International Symposium on Robotics ISR 2004, Paris, France, 2004.
- [3] High-speed Robot Synchronous Control Software Specifications, Yaskawa Electric Corporation, Robotic Division, January 2009.
- [4] J. Rejc, J. Cinkelj, M. Munih, "Dimensional measurements of a gray-iron object using a robot and a laser displacement sensor", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 25, str. 155–167, 2009.
- [5] I. Verdenik, B. Šolar, Z. Balorda, B. Švab, "Robotski programski jezik LIRA", Elektrotehniški vestnik, 56, št. 1, str. 83–87, 1989.
- [6] R. Kamnik, D. Matko, T. Bajd, "Application of model reference adaptive control to industrial robot impedance control", J. intell. robot. syst, vol. 22, no. 2, str. 153–163, June 1998.
- [7] A. Bardorfer, M. Munih, A. Zupan, A. Primožic, "Upper limb motion analysis using haptic interface", IEEE/ASME Transactions On Mechatronics, vol. 6, str. 1–9, 2001.
- [8] R. Riener, J. Hoogen, M. Ponikvar, R. Burgkart, M. Frey, G. Schmidt, "Orthopädischer trainingssimulator mit haptischem feedback (orthopaedic training simulator with haptic feedback)", Automatisierungstechnik, vol. 50, str. 296–303, 2002.
- [9] M. Ponikvar, J. Hoogen, M. Munih, G. Schmidt, R. Riener, "Haptic environment for analysis of smooth arm movements", Proceedings of ICAR 2003, The 11th International Conference on Advanced Robotics, Coimbra, Portugal, str. 173–178, 2003.
- [10] J. Podobnik, M. Munih, "Haptic interaction stability with respect to grasp force", IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics-Part C: Applications And Reviews, vol. 37, str. 1214–1222, 2007.

Open Architecture xPC Target Based Robot Controllers for Industrial and Research Manipulators

Abstract: Industrial robot manipulators have reached a stage where their mechanical characteristics are well optimized. However, industrial hardware and software control architectures are rarely open for sensor integration. In order to overcome these constraints, custom-designed hardware interfaces and software algorithms need to be designed. The paper summarizes the implementation of open architecture xPC Target based robot controllers for industrial and research manipulators. Custom hardware solutions are presented.

Keywords: Motoman industrial robot MH5, xPC Target based robot controller, sensor integration, Yaskawa servo amplifiers



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

Dvostopenjska vetrna turbina

Vlado SCHWEIGER, Brane ŠIROK

Izveček: V prispevku je predstavljen pristop k povečanju izrabe energije vetra z uvedbo dvostopenjske nasproti se vrteče vetrne turbine. Teoretični aerodinamični izkoristek, poznan kot Betzova limita, se pri tem poveča z 0,593 na 0,64. V nadaljevanju so predstavljeni rezultati eksperimenta za enojno in dvostopenjsko nasproti se vrtečo izvedbo vetrne turbine. Rezultati kažejo na povečanje izkoristka energije iz razpoložljive energije vetra.

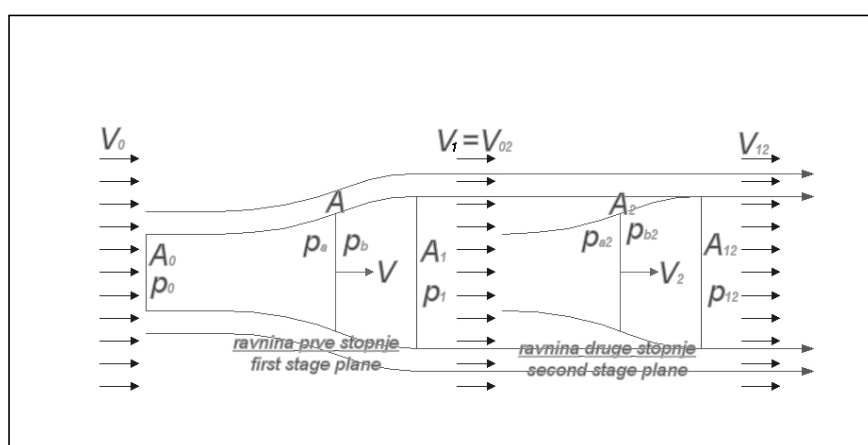
Ključne besede: energija vetra, dvostopenjska turbina, Betzova limita, integralne karakteristike

1 Uvod

Izkoriščanje vetrne energije sega približno 3000 let v zgodovino. Do začetka sodobne industrializacije je predstavljala kinetična energija vetra poleg potencialne energije vode pomemben vir mehanskega dela. S pričetkom izrabljanja fosilnih goriv, ki predstavljajo stalnejši vir energije, je začel veter izgubljati na pomenu. Ob izbruhu energetske krize v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja pa se je začel ponoven vzpon izkoriščanja energije vetra. Proizvodnja električne energije iz kinetične energije vetra se je v zadnjem desetletju podvojila vsaka leta.

Znano je, da lahko kinetično energijo vetra, ki prehaja skozi vetrno turbino, izkoristimo le z 59,3 -odstotnim izkoristkom. Ta izkoristek, imenovan tudi aerodinamični izkoristek vetrne turbine ali Betzova limita, je teoretična zgornja meja energijske pretvorbe. Z uvedbo druge stopnje vetrne turbine želimo izkoristiti preostalo kinetično energijo vetra, ki je prva stopnja turbine ne pretvori. Izračun dvostopenjske vetrne turbine je predstavljen v literaturi [2], pri tem se teoretični aerodinamični izkoristek poveča na 64%. Z nadaljnjim povečevanjem števila stopenj se

Vlado Schweiger, univ. dipl. inž., Hidria Inštitut Klima, Godovič;
Prof. dr. Brane Širok, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 1. Model dvostopenjske vetrne turbine

približujemo limitni vrednosti. Pri neskončnem številu stopenj znaša teoretični izkoristek 66% [3].

2 Enodimenzijski model dvostopenjske vetrne turbine

Model enostopenjske horizontalne vetrne turbine propellerskega tipa je bil izdelan na začetku 20. stoletja [5], dvostopenjska vetrna turbina pa je bila matematično opisana v delih [2] in [3].

Oba modela sta enodimenzijska in temeljita na naslednjih predpostavkah:

- tok je idealen in nestisljiv,
- hitrost vetra je stacionarna in homogena,
- hitrostno polje je v ravnini preseka vetrne turbine uniformno,
- ni tokovnih motenj pred vetrno turbino in za njo,
- ni rotacije toka zaradi vrtenja vetrne turbine,

- rotacija same vetrne turbine ni upoštevana,
- pri dvostopenjski vetrni turbini ni upoštevan vpliv medsebojne oddaljenosti obeh stopenj.

Pri enostopenjski vetrni turbini je optimalna hitrost za turbino enaka tretjini hitrosti pred njo. To pomeni, da je na razpolago še nekaj kinetične energije vetra, ki bi jo bilo mogoče izkoristiti v nadaljnji stopnji. Druga turbinska stopnja je postavljena v osi za prvo, vendar oddaljena toliko, da je tok zraka v drugo stopnjo nemoten, kot je prikazano na sliki 1. Velikost druge stopnje vetrne turbine je enaka prvi stopnji, kar v splošnem ni nujno.

Analizo dvostopenjske vetrne turbine lahko obravnavamo z metodo superpozicije. Model delimo na dva dela in ju obravnavamo ločeno, na koncu pa zopet združimo.

Namišljena tokovna cev se razširi od vstopa proti izstopu. Ta razširitev je posledica ohranjanja masnega toka skozi vetrno turbino:

$$\rho A_0 v_0 = \rho A v = \rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2 \quad (1)$$

Na lopaticah prve stopnje vetrne turbine se kinetična energija zraka pretvori v mehansko delo, hitrost zraka pa se pri tem zmanjša od v_0 na v . Sprememba hitrosti je podana s hitrostnim faktorjem a :

$$a = \frac{v_0 - v}{v_0} \quad (2)$$

Pri dovolj veliki oddaljenosti med stopnjama je izstopna hitrost zraka iz prve stopnje enaka vstopni hitrosti v drugo stopnjo:

$$v_1 = v_{02} = v_0(1 - 2a) \quad (3)$$

Hitrost v ravnini druge stopnje vetrne turbine se zmanjša za hitrostni faktor b , ki v splošnem ni enak hitrostnemu faktorju a prve stopnje:

$$b = \frac{v_{02} - v_2}{v_{02}} \quad (4)$$

ali v urejeni obliki:

$$v_2 = v_{02}(1 - b) \quad (5)$$

Hitrost za drugo stopnjo vetrne turbine je tako:

$$v_{12} = v_{02}(1 - 2b) \quad (6)$$

Skupni aerodinamični izkoristek dvostopenjske vetrne turbine je podan z enačbo [8]:

$$\eta_{Vtot}(a, b) = \frac{1}{(A, A_2)_{\max}} = \left[4Aa(1-a)^2 + 4A_2(1-2a)^3 b(1-b)^3 \right] \quad (7)$$

Enačba (7) je zvezna dvoparametrična funkcija. Za izračun optimuma funkcije je potrebno izračunati odvod funkcije po obeh spremenljivkah, tako po hitrostnem faktorju a kot hitrostnem faktorju b .

$$\frac{\partial \eta_{Vtot}(a, b)}{\partial a} = \frac{4A}{(A, A_2)_{\max}} \left[(1-a)^2 - 2a(1-a)^2 \right] - \frac{24A_2(1-b)^2}{(A, A_2)_{\max}} (1-2a)^3 \quad (8)$$

ter

$$\frac{\partial \eta_{Vtot}(a, b)}{\partial b} = \frac{4A_2}{(A, A_2)_{\max}} (1-2a)^3 \left[(1-b)^2 - 2b(1-b) \right] \quad (9)$$

Ob upoštevanju $A = A_2$ in izenačitvi odvodov z nič preideta enačbi (9) in (8) v obliko:

$$\frac{\partial \eta_{Vtot}(a, b)}{\partial a} = 4(1-a)^2 - 8a(1-a)^2 - 24(1-b)^2(1-2a)^3 = 0 \quad (10)$$

ter

$$\frac{\partial \eta_{Vtot}(a, b)}{\partial b} = 4(1-2a)^3 \left[(1-b)^2 - 2b(1-b) \right] = 0 \quad (11)$$

Rešitev enačb (10) in (11) nam da optimalni vrednosti hitrostnih faktorjev:

$$a_{opt} = \frac{1}{5} \text{ ter } b_{opt} = \frac{1}{3} \quad (12)$$

Pri optimalnih vrednostih obeh faktorjev doseže izkoristek dvostopenjske vetrne turbine po enačbi (7) največjo vrednost:

$$\eta_{Vopt}\left(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}\right) = \frac{16}{25} = 0,64 \quad (13)$$

Enodimenzijska modela za eno- in dvostopenjsko vetrno turbino dasta informacijo o hitrosti za posamezni vetrnici. V primeru enostopenjske turbine znaša hitrost za vetrno turbino po enačbi (7) v optimalni točki

$\frac{1}{3}$ vstopne hitrosti v_0 . V primeru dv-

ostopenjske vetrne turbine, kjer je dobljena večja teoretična moč vetrne turbine ter s tem večji aerodinamični izkoristek, pa mora biti hitrost v delu za drugo stopnjo še nekoliko manjša. S kombinacijo enačb (3), (5) ter (12) dobimo hitrost za drugo stopnjo dvostopenjske vetrne turbine v optimalni točki, ki znaša $\frac{1}{5}$ vstopne hitrosti v_0 .

3 Eksperimentalna analiza eno- in dvostopenjske vetrne turbine

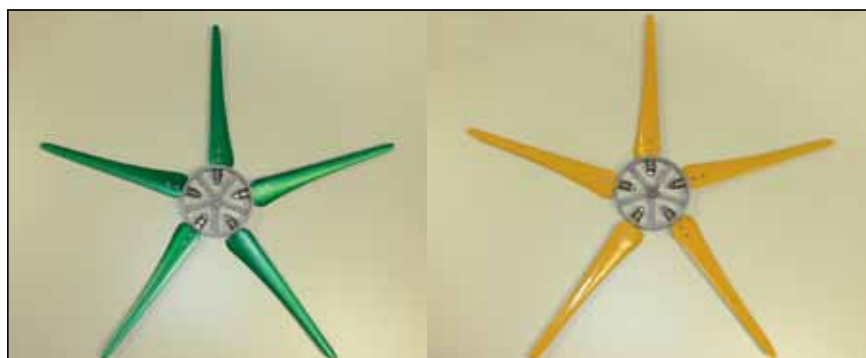
Eksperimentalna analiza je zajemala meritev integralnih karakteristik eno- in dvostopenjske vetrne turbine. Cilj eksperimenta je bil meritev vrtilnega momenta na gredi, ki ga ob dani hitrosti vetra generira vetrna turbina. Poleg momenta je bila izmerjena tudi vrtilna frekvenca vetrne turbine, kar je omogočalo oceno energijske pretvorbe.

Pri dvostopenjski vetrni turbini je bila v okviru meritev integralnih karakteristik izvedena še parametrična analiza razdalje med posameznima stopnjama in njen vpliv na karakteristiko turbine. Po navedbah [4] naj bi se v primeru dvostopenjske vetrne turbine povečala zagonski moment in vrtilna frekvenca.

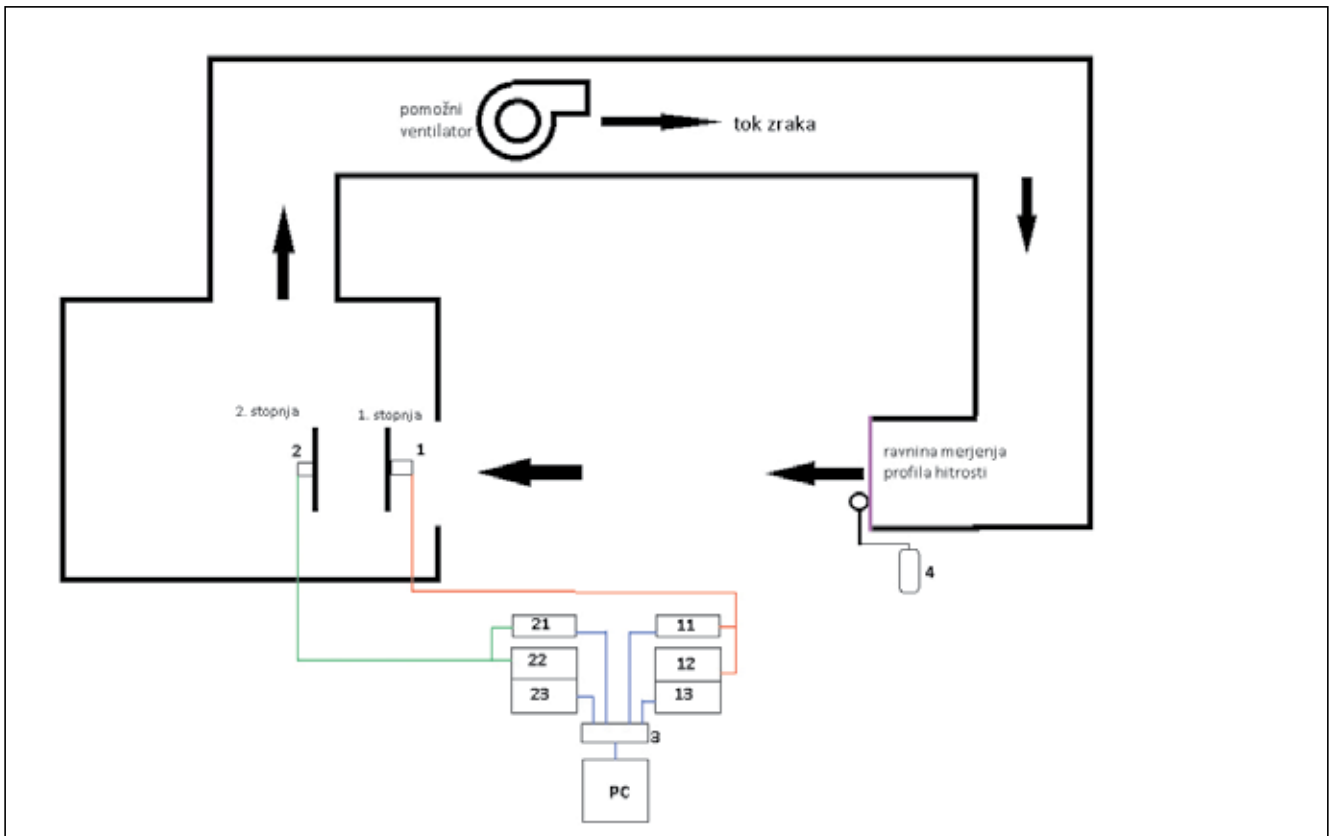
3.1 Opis merjene vetrne turbine

Analizirana je bila 5-kraka vetrna turbina, katere vetrnici premera $D = 800$ mm sta prikazani na sliki 2. V prvem približku so krila druge stopnje zrcalna krilom prve stopnje. Vetrna turbina je projektirana za razmernik hitrosti $\lambda = 6$, kjer je razmernik določen z izrazom $\lambda = \frac{\Omega r}{V_0}$, ki zajema vrtilno hitrost, premer vetrne turbine ter hitrost vetra.

Pri konstantnih integralnih aerodinamskih pogojih, ki so bili nastavljeni z vrtilno frekvenco pogonskega ventilatorja in merjeni z anemometrom, so bile izvedene meritve momentov in vrtilne frekvence



Slika 2. Sestavljena rotorja vetrne turbine, levo prva, desno druga stopnja



Slika 3. Shema predelane merilne proge, Hidria Inštitut Klima

na obeh vetrnicah dvostopenjske turbine. Momenta sta bila določena posredno preko umeritvenih karakteristik instaliranih električnih motorjev. Merilna negotovost pri merjenju momentov na posameznih vetrnicah znaša $\pm 1\%$.

Na sliki 3 je shematsko prikazana

merilna proga, na kateri so bile merjene aerodinamske karakteristike vetrne turbine. 1 in 2 sta zavori vetrnih turbin. 4 predstavlja krilni anemometer MiniAir20 - Schiltknecht, s katerim je bil pomeřen profil hitrosti na izstopni cevi merilne postaje v skladu s standardom ISO 5801.

Meritve aerodinamičnih karakteristik

vetrne turbine pa so bile izvedene na merilni progi za merjenje integralnih karakteristik ventilatorjev v Hidria Inštitutu Klima. Merilna proga je narejena po standardu ISO 5801:1997. Shema merilne proge je prikazana na sliki 3. Skupna merilna negotovost določanja integralne hitrosti v vstopni ravnini pred prvo vetrnico je bila ocenjena na osnovi predhodnih študij pogreškov posameznih zaznaval in elementov pretočnega trakta merilne proge in znaša $\pm 1,8\%$.

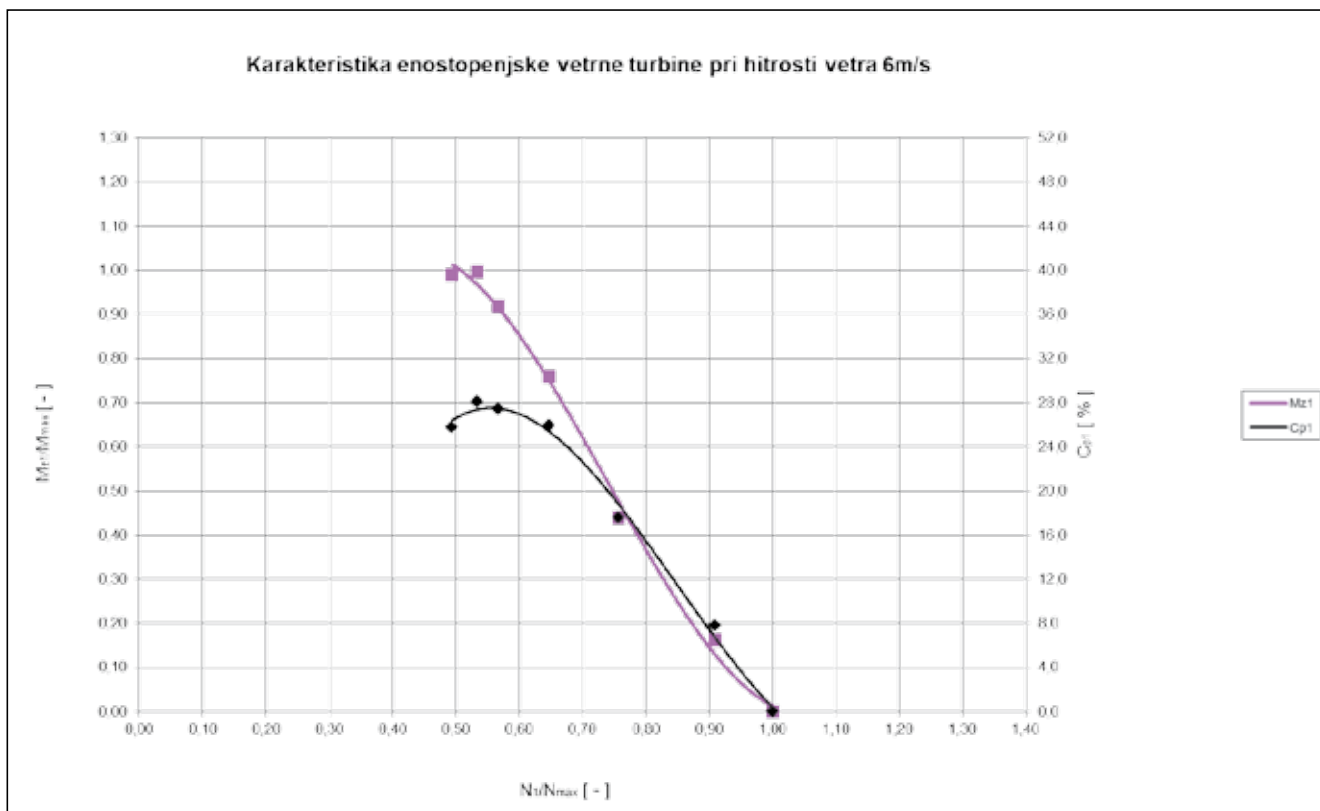
Na sliki 4 je prikazana dvostopenjska vetrna turbina v obratovanju. Oba med seboj ločena in soosno postavljena elektromotorja – zavori, na katerih sta vetrnici, sta pritrjena na fiksne konzole, ki omogočajo zvezno spreminjanje razdalje med nasproti vrtečima se rotorjema.

3.2 Opis eksperimenta

Za vsak λ ima vetrna turbina optimalno obratovalno točko, kar pomeni, da je maksimalen koeficient moči le pri določeni vrtilni frekvenci pri danem premeru vetrne turbine.



Slika 4. Vetrna turbina – postavitev



Slika 5. Karakteristika enostopenjske vetrne turbine

Ob povečanju hitrosti vetra se P_0 , ki predstavlja razpoložljivo energijo vetra, povečuje. Pri tem je zaželeno, da se vrtilna frekvenca vetrne turbine prav tako poveča. Na ta način se

ohranja maksimalen koeficient moči $C_p = \frac{P}{P_0}$, kjer P predstavlja moč na gredi elektromotorja – zavore. Pri izbrani konstantni hitrosti vetra lahko obremenitev vetrne turbine povečujemo do točke maksimalnega koeficienta moči. Če obremenitev še povečamo, se vrtilna frekvenca vetrnice zmanjša do ustavitve, saj generirani moment na vetrnici ne more premagati električnega bremena na elektromotorju – zavori.

Ob samem zagonu pri neki hitrosti vetra vetrna turbina preide čez točko maksimalnega koeficienta moči in se ustali v neki točki glede na obremenitev. Ta podatek je pomemben za samo izvedbo meritev, saj karakteristiko lahko pomerimo samo v področju desno od maksimalnega koeficienta moči.

Na osnovi teoretičnih izhodišč, dizajnirane geometrije ter možnosti

izvedbe meritev na merilni progi v Hidrii Inštitutu Klimi so bile meritve eno- in dvostopenjske vetrne turbine izvedene pri konstantni hitrosti vetra $V_0 = 6 \text{ m/s}$.

V drugem delu so bile izvedene meritve aerodinamske karakteristike enojne vetrne turbine, ki je predstavljala referenco za nadaljnjo študijo dvostopenjske vetrne turbine. Pri dani hitrosti vetra je bilo spreminjano električno breme na elektromotorju – zavori, na katero je bil pritrjen rotor vetrne turbine. Ob vsaki spremembi obremenitve je bil zabeležen podatek o obremenitvi ter vrtilni frekvenci vetrne turbine. Obremenitev je bila povečana do točke maksimalnega momenta, ki ga je uspela vetrna turbina generirati pri nastavljeni hitrosti vetra.

Zadnji del meritev zajema meritve dvostopenjske vetrne turbine, ravno tako pri konstantni hitrosti vetra. V tem primeru je raziskan vpliv medstopenjske razdalje.

Medstopenjska razdalja, l_s , je bil normirana glede na premer vetrne turbine: $0,125 < l_s/D < 0,75$. Ravno tako so

normirani rezultati meritev, in sicer je zaviralni moment normiran glede na maksimalni pomerjeni moment, $\frac{M_{z1}}{M_{zmax}}$, in vrtilna frekvenca vetrne turbine, $\frac{N_1}{N_{max}}$. Moč, ki jo vetrna tur-

bina generira, pa je izračunana po enačbi:

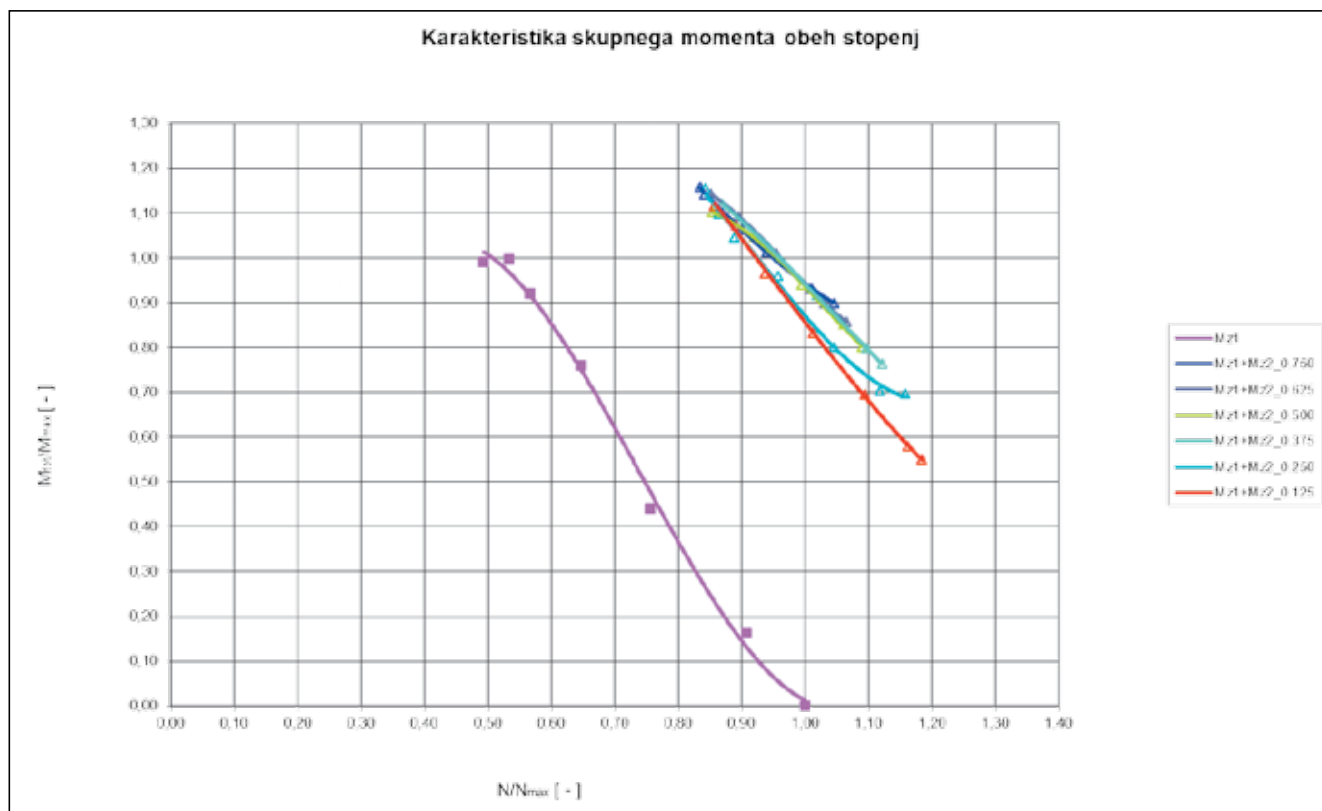
$$P_{z1} = M_{z1} \Omega = M_{z1} \pi \frac{N}{30} \quad (14)$$

Najprej je bila pomerjena enostopenjska izvedba vetrne turbine, sledila je meritev dvostopenjske izvedbe. Pri dvostopenjski izvedbi je bil za vsako medstopenjsko razdaljo poiskani lokalni maksimum momenta na gredi turbine.

4 Rezultati

Aerodinamska karakteristika enostopenjske vetrne turbine je prikazana na sliki 5.

Aerodinamska karakteristika enostopenjske vetrne turbine je služila kot osnova za nadaljnje analize dvostopenjske vetrne turbine. Prikazani sta normirana karakteristika momenta in karakteristika koeficienta moči.



Slika 6. Karakteristika skupnega momenta obeh stopenj

Maksimalni koeficient moči je dosežen nekoliko nižje od točke maksimalnega momenta, ki ga vetrna turbina lahko generira pri dani hitrosti vetra. Leve strani ni mogoče pomeriti, saj s povečanjem zaviralnega momenta zavore vetrno turbino ustavimo.

4.1 Dvostopenjska izvedba

Pri dvostopenjski vetrni turbini se druga stopnja vrti v nasprotno smer kot prva. Tako se momenta obeh stopenj seštevata, enako velja tudi za vrtilni frekvenci. Karakteristika momenta je prikazana na sliki 6, koeficienta moči na sliki 7.

Na sliki 6 je prikazana karakteristika dvostopenjske vetrne turbine, ko sta obremenjeni obe stopnji, ob različnih medstopenjskih razdaljah. Skupni moment je primerjan z momentom enostopenjske izvedbe. Iz diagrama sledi, da se maksimalni moment poveča za 15 %, pri čemer se relativna vrtilna frekvenca poveča za 66 % v točki maksimalnega momenta. Ne glede na medstopenjsko razdaljo so krivulje skupnega momenta dvostopenjske vetrne turbine

zelo skupaj. Lahko bi zaključili, da medstopenjska razdalja nima signifikantnega vpliva na skupni moment.

Na sliki 7 je prikazana karakteristika skupnega koeficienta moči dvostopenjske vetrne turbine v primerjavi z enostopenjsko izvedbo. Razvidno je, da ne pride do bistvenega povečanja koeficienta moči. V primeru, ko je medstopenjska razdalja manjša od $\frac{D}{4}$, je koeficient moči celo manjši, kot ga ima enostopenjska izvedba. Pozitiven učinek druge stopnje pa se pokaže pri medstopenjski razdalji, večji od $\frac{D}{4}$, kjer je zabeleženo povečanje koeficienta moči za 1,5 %.

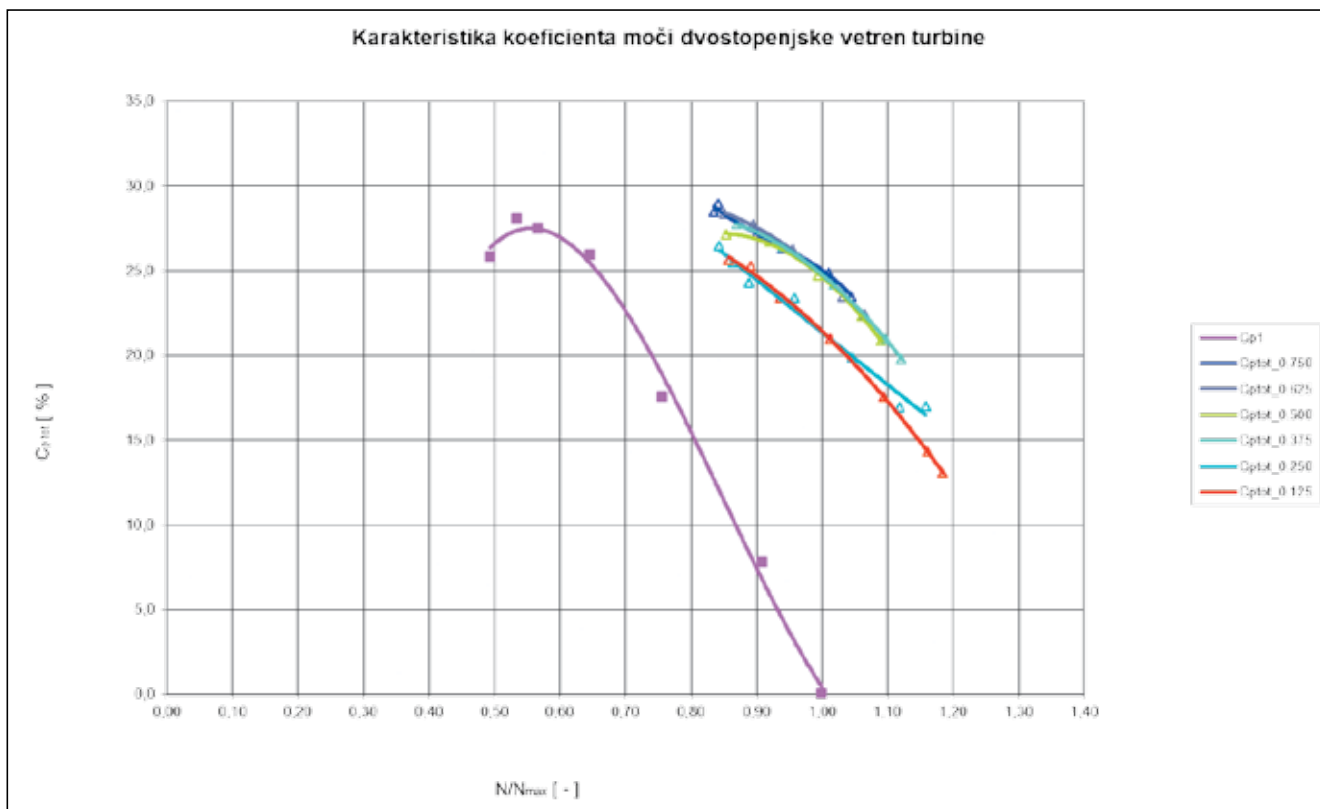
5 Zaključek

Obravnavani sta bili enostopenjska in dvostopenjska vetrna turbina. Prikazan je bil teoretični enodimenzijski model za dvostopenjsko vetrno turbino. Eksperimentalno je bila določena integralna karakteristika eno- in dvostopenjske vetrne turbine. Pri enostopenjski turbini je bil pomerjen maksimalni koeficient moči 28 %. Sledil je test dvosto-

penjske vetrne turbine, in sicer pri različnih medstopenjskih razdaljah. V [4] je predstavljen podoben eksperiment, kjer ne poročajo o višjem momentu in višjem koeficientu moči. Ugotovljeno je, da medstopenjska razdalja negativno vpliva na koeficient moči pri vrednostih $l_s < 0,25D$. Pri dvostopenjski izvedbi pride do relativnega povečanja momenta, in sicer za 15 %.

Viri

- [1] Thomas Ackerman, Lennart Soder, An Overview of Wind Energy Status 2002, Renewable & Sustainable Energy Reviews, p. 67–128, June 2002.
- [2] B. G. Neman, Actuator-Disc Theory For Vertical-Axis Wind Turbine, Journal of Wind Energy And Industrial Aerodynamics, Volume 15, Issue 1–3, p. 347–355, December 1983.
- [3] B. G. Neman, Multiple Actuator-Disc Theory For Wind Turbines, Journal of Wind Energy And Industrial Aerodynamics, Volume 24, Issue 3, p. 347–355, October 1986.



Slika 7. Karakteristika skupnega koeficienta moči obeh stopenj

- [4] Izumi Ushiyama, Toshihiko Shimota, Yukihiro Miura, An Experimental Study of The Two Staged Wind Turbines, Renewable Energy, Volume 9, Issue 1–4, p. 909–912, September–December 1996.
- [5] Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi, WIND ENERGY (handbook), John Wiley & Sons Ltd, England, reprinted 2001.
- [6] Leopold Škerget, Mehanika tekočin, Univerza v Mariboru in Univerza v Ljubljani, Tehniška fakulteta Maribor in Fakulteta za strojništvo Ljubljana, Ljubljana 1994.
- [7] Irving H. Shames, Mechanics of Fluids Third Edition, McGraw-Hill Inc., ZDA, International Edition 1992.
- [8] V. Schweiger, B. Širok, N. Mihelič, M. Tuma, Dvostopenjska vetrna turbina, Strojniški vestnik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2005, letnik 51, št. 3.

Two-Stage Wind Turbine

Abstract: Paper presents an approach to increasing utilization of wind energy by introducing a two-stage opposite rotating wind turbine. Theoretical aerodynamic efficiency, known as Betz limit, is increased from 0,593 to 0,64. The experimental results for a single and two-stage wind turbine are compared. The results suggest an increase in wind turbine energy from the available wind energy.

Keywords: wind energy, two-stage turbine, Betz limit, Integral characteristics



Mednarodni strokovni sejem za industrijsko in profesionalno elektroniko
International Trade Fair for industrial and professional electronic

Slovenija, Celje, 25. - 27. 01. 2012

www.intronika.si

SRFARNI SPONZOR





Avtomatizacija stroja za vezenje

Ivan VENĠUST

Izveček: V članku so opisane glavne značilnosti projekta avtomatizacije stroja za vezenje. Vezilni stroj med delovanjem sinhronizirano z gibanjem igle premika okvir s tkanino. Premik okvira je dovoljen le, ko je igla nad tkanino. Stroj za vezenje mora delovati hitro, da dosega ustrezno produktivnost. Vendar mora biti tudi pri visoki hitrosti delovanja kvaliteta vezenja zadovoljiva. Krmiljenje stroja je izvedeno z univerzalnim večosnim pozicijskim krmilnikom in PC-računalnikom.

Med realizacijo projekta so se pojavile težave zaradi neustrezne kvalitete izdelka pri višjih hitrostih delovanja. V članku je opisan način reševanja teh težav, kakšni so bili postopki diagnosticiranja, določanja vira problemov in metode odpravljanja kritičnih mest v konstrukciji stroja, v krmilnem sistemu in v programski opremi. Za dosego cilja je bilo potrebno optimiranje mehanskih, krmilnih in programskih rešitev.

Ključne besede: računalniško voden stroj za vezenje, pozicijsko krmiljenje, sinhronizirani pomiki osi, električni servopogoni, pozicijski krmilnik Trio Motion Technology

■ 1 Uvod

Strojno vezenje je proces, pri katerem s šivalnim strojem ustvarjamo vzorce v tekstilu. Ta proces karakterizira sinhronizirano gibanje igle in okvira s tkanino. Dvoosni okvir se lahko premika, ko je igla, ki vodi nit, izven tkanine. Uporablja se za izdelavo našitkov, napisov, logotipov, okraskov, pa tudi bolj zahtevnih dizajnov, kot so prapori in slike.

Industrija računalniško vodenih vezilnih strojev je dobro razvita, vendar je usmerjena predvsem v stroje za množično produkcijo vezenin. Ni težko najti proizvajalca stroja za vezenje z npr. 20 in več glavami, težave pa se pojavijo, če želimo specializiran stroj, ki ima delovno območje večje kot npr. 1000 mm.

Avtomatizacija strojev v tekstilni industriji ima zelo dolgo zgodovino. Že leta 1805 je Joseph M. Jacquart izdelal uporabne statve za tkanje blaga, pri katerih je bilo vzorce mogoče programirati z luknjanimi karticami [1]. Ta izum je mogoče šteti kot

Dr. Ivan Vengust, univ. dipl. inž.,
PS, d. o. o., Logatec



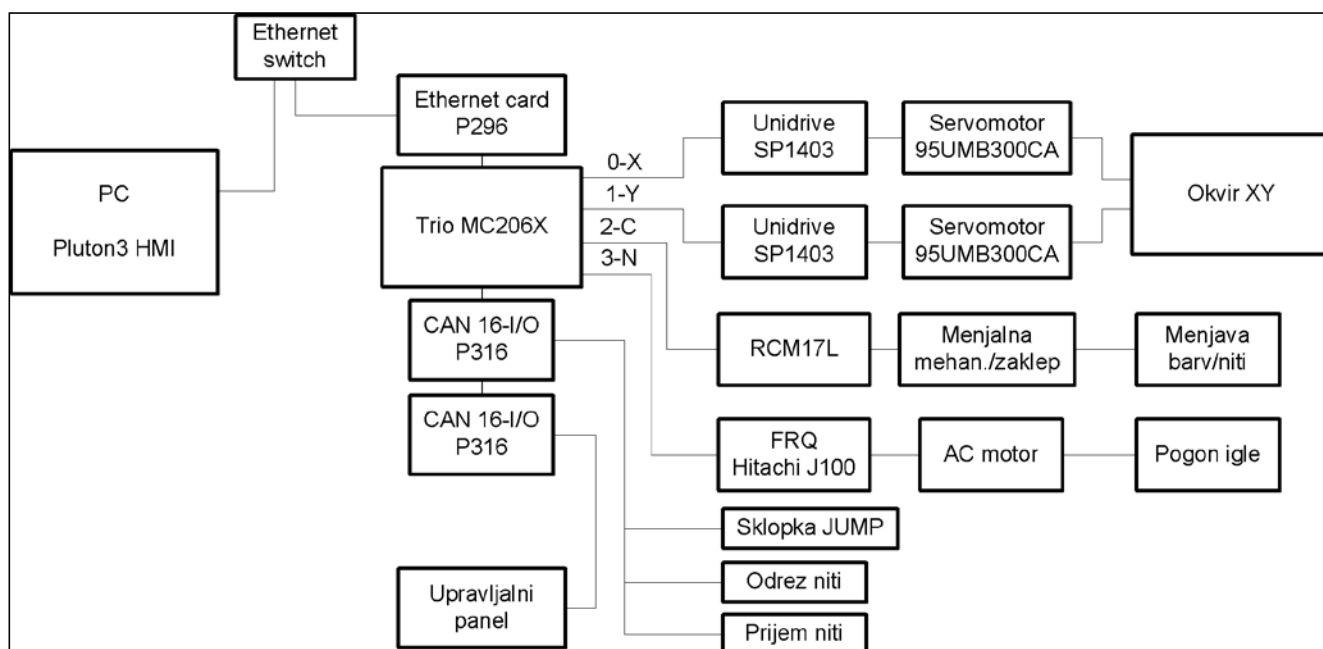
Slika 1. Avtomatični troglavi mehanski stroj za vezenje z luknjanim trakom iz leta 1928 (Würker GmbH, Dresden)

predhodnika današnjih numerično krmiljenih strojev.

Stroji za vezenje so se razvijali vzporedno z razvojem šivalnih strojev. Prvi ročni šivalni stroji so se začeli pojavljati po letu 1850. Leta 1929 je bil patentiran način prenosa podatkov iz luknjane traku na premike okvira s tkanino [2], kar je omogočilo razvoj avtomatičnih me-

hanskih vezilnih strojev (slika 1) [3]. Prvi računalniško vodeni vezilni stroji so se začeli pojavljati po letu 1976 (Melco, Barudan ...).

V podjetju Vezenje Ercigoj, ki se ukvarja z izdelavo vezenin za trg, so začeli z lastnim razvojem računalniško vodenih strojev za vezenje že leta 1987, najprej s predelavami mehanskih avtomatičnih



Slika 2. Krmilni sistem stroja za vezenje Pluton 2

strojev (stroj Marcus) [4], nato tudi z izdelavo celotnega stroja (mehanika in programska oprema Jupiter 1) [5].

V tem prispevku je opisana izkušnja izdelave krmiljenja za vezilni stroj. Podjetje Vezenje Ercigoj je izdelalo mehaniko stroja in specificiralo zahteve za krmilni sistem stroja. Krmiljenje in ustrezno programsko opremo je razvilo podjetje PS, d. o. o., Logatec.

2 Opis izvedbe

Projekt računalniško vodenega stroja za vezenje Pluton 2 izhaja iz razvoja vezilnega stroja, pri katerem so bili razviti in izdelani podajalni mehanizem za premike tkanine, krmilna elektronika in programska oprema ter uporabljena komercialna vezilna glava. V projektu so bili najprej uporabljeni koračni motorji, programska oprema pa je bila razvita za operacijski sistem DOS. Zara-

di želje po povečanju hitrosti in izboljšanju zanesljivosti delovanja je bil projekt začasno prekinjen in vrnjen stopnjo nazaj v ponovno načrtovanje. Koračna motorja sta bila nadomeščena s servomotorjema, krmilna elektronika je bila v celoti zamenjana, krmiljenje je prevzel univerzalni pozicijski krmilnik, za uporabniški vmesnik je bil uporabljen PC-računalnik z operacijskim sistemom MS Windows. Krmilni sistem tega stroja je prikazan na *sliki 2*.



Slika 3. Stroj za vezenje med predelavo: okvir s tkanino je v srednjem delu slike, odprta vezilna glava zgoraj desno.

Dva servopogona premikata okvir za tkanino preko zobatih jermenov. Delovno območje okvira je 1500 x 340 mm (*slika 3*). Vezilna glava Barudan (*slika 4*) ima devet igel, možnost izbire igle, kontrolo pretrganja niti ter aktuatorje za avtomatični odrez niti in podaljševanje vbodov z mehanizmom za preskoke. Hitrost vbadanja igle lahko zvezno spreminjamo s pomočjo frekvenčnega pretvornika do hitrosti 950 vbodov/minuto. Za izbiranje igle je bil razvit mehanizem, ki ga poganja motor CoolMuscle z integrirano krmilno elektroniko.

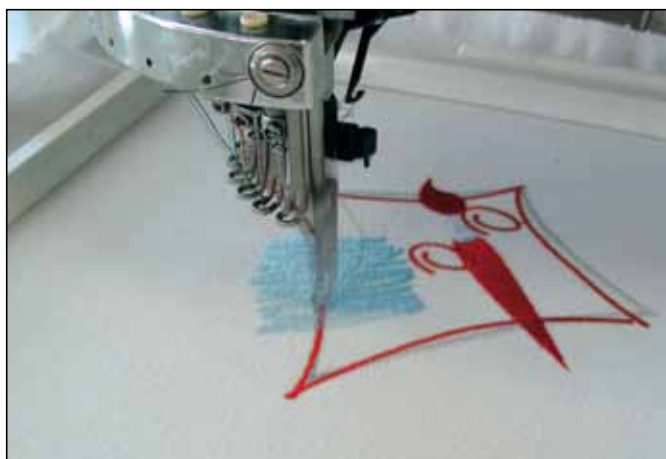
Pozicijski krmilnik Trio Motion [8] krmili štiri motorje. Za brezkrtačna izmenična servomotorja je uporabljena klasična zaprtzančna pozicijska zanka z analogno hitrostno referenco in pozicijsko povratno zvezo preko enkoderskih signalov iz



Slika 4. Vezilna glava z devetimi iglami in avtomatično menjavo. V zgornjem delu je sistem za napenjanje s kontrolo pretrganja niti, levo je upravljalni panel stroja.

servokrmilnika oz. motorja. Za motor RCM17L CoolMuscle je uporabljen odprtoznančni vmesnik 'step/dir'. Pozicijsko zanko zapira sam motor, ki že ima vgrajen merilni sistem. Motor za pogon igle je krmiljen z analognim hitrostnim signalom preko FRQ-regulatorja. Rotacijo igle meri dodatno prigrajeni inkrementalni dajalnik. Z njegovo pomočjo določamo referenčno lego, omogočeno je tudi enostavno, a grobo pozicioniranje igle.

Poleg pozicionirnih nalog izvaja krmilnik Trio Motion tudi PLC-funkcije.



Slika 5. Design med izdelavo. Vidimo lahko več igel z različnimi barvami niti, ki se med vezenjem zamenjujejo. V zgornjem delu slike se vidi kljuka, ki po odrezu odmakne konec niti od vezenja.

zato, ker pri njem sodeluje več aktuatorjev: nož za odrez, prijem spodnje in zgornje niti ter kljuka za premik odrezane niti v nosilec (slika 5). Premiki aktuatorjev morajo biti časovno usklajeni med seboj in sinhronizirani z lego igle.

HMI-aplikacija (program Pluton3) na PC-računalniku omogoča nadzor in kontrolo stroja (slika 6). Računalnik in pozicijski krmilnik sta povezana s povezavo Ethernet, ki se je izkazala za najbolj hitro in zanesljivo. Pomembna funkcija HMI-vmesnika je odpiranje vezilnih designov in prenašanje podatkov o vbodih v krmilnik. Vezilni design vsebuje informacije o koordinatah vbodov, o točkah odrezov, menjavah barv in drugih detajlih. To je vektorsko zapisana grafična podoba vezenine.

Program lahko bere designe, zapisane v formatu Tajima. Ta format datotek je eden od standardnih zapisov vezilnih programov. Definiral ga je japonski proizvajalec vezilnih strojev Tajima [6] še v času strojev z luknjanimi trakovi. Pozicije vbodov so zapisane v inkrementalni obliki s 24 biti, 10 bitov za vsako os in 4 funkcijski biti. Za zapis premikov je uporabljen neobičajen trojiški številski sistem. Z dvema bitoma (luknjama) so definirane tri možne pozicije. Deset bitov da tako $3^5 = 243$ možnih pozicij, kar se prevede v ± 121 relativnih premikov oz. $\pm 12,1$ mm, ker so vse pozicije zapisane v resoluciji 0,1 mm. Preostali 4 biti so uporabljeni za definicijo tipa vboda (vbod, preskok, menjava barve, konec programa). Vezilni programi so običajno precej dolgi. Že običajen našitek ima lahko do 20.000 vbodov, večje vezenine tudi preko 1.000.000 vbodov. HMI-program Pluton3 odpira te datoteke in prikaže vezilne programe na ekranu. Spomin pozicijskega krmilnika je premajhen za večje programe, zato PC prenaša podatke v krmilnik postopno. Izdelava večjih designov lahko na stroju poteka tudi dan in več. HMI program je napisan s prevajalnikom C++Builder, za grafični prikaz designov je uporabljena knjižnica OpenGL [7], za komunikacijo s krmilnikom pa komponenta Trio PC Motion ActiveX [8].

Posebno zahtevni sta dve operaciji: podaljševanje vbodov in odrez niti. Podaljševanje vbodov je tehnika za izdelavo dolgih, ravnih odsekov niti za doseganje posebnih efektov pri vezenju. Dolžina premika okvira med dvema vbodoma je omejena na 12,1 mm v vsaki smeri. Če želimo daljše vbode, moramo preprečiti vbod igle med dvema premikoma okvira. Gibanje se prenaša z motorja na iglo preko sklopke. Če z aktuatorjem premaknemo sklopko, se igla ustavi. Vklon in izklon tega aktuatorja morata biti natančno sinhronizirana z zasukom pogona igle. Celotna procedura se lahko izvaja le pri nižjih hitrostih vezenja.

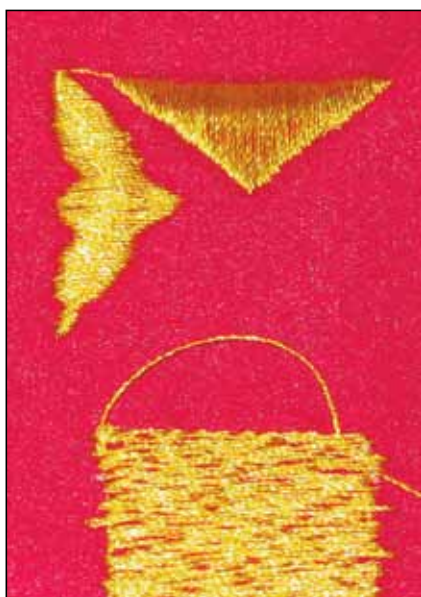
Pri odrezu niti je potrebno doseči, da je odrezana nit ravno prav dolga. Prekratka nit lahko uide iz igle ali onemogoči pravilno nadaljevanje vezenja, predolga pokvari videz vezenja. Odrez niti je zahteven



Slika 6. HMI-vmesnik stroja na PC-računalniku prikazuje vezilni design in trenutno stanje izdelave

■ 3 Problemi pri izvedbi

Pri izvedbi krmiljenja je bilo veliko pozornosti namenjene izpolnjevanju zahteve po visokih hitrostih delovanja stroja. To pri vezenju merimo v številu vbodov v minuti. Hitrost se spreminja v odvisnosti od dolžine premika. Postavljena je bila zahteva, da stroj dosega hitrosti delovanja do 950 vbodov/min pri kratkih vbodih. Pri tej hitrosti traja cikel igle 63 ms, od tega je 21 ms igla v tkanini, 42 ms



Slika 7. Testiranje stroja za vezenje; zgoraj: zvezno spreminjanje dolžin po oseh X in Y, spodaj: naključne dolžine v osi X

pa je zunaj in takrat se lahko okvir premakne. Z daljšanjem gibov se ta hitrost niža. Pri maksimalni dolžini pomika 12,1 mm je tako maksimalna hitrost omejena na 400 vbodov/min. Krmilnik samodejno prilagaja hitrost delovanja dolžini vboda. Operater lahko še dodatno omeji maksimalno hitrost delovanja in s tem izboljša kvaliteto izdelave.

Prvi testi delovanja so pokazali, da stroj predvsem pri višjih hitrostih ne dosega zahtevane točnosti vbodov $\pm 0,1$ mm. To se je pokazalo na neravnih robovih in tudi pri nepravilnih debelinah izvezenih izdelkov. Nekateri testi so še posebno lepo pokazali težavo in so že napeljevali na vir problemov. Na *sliki 7* sta prikazana dva takšna selektivna testa.



Slika 8. Snemanje nihanj zobatega jermena osi X s hitro kamero Casio EX-F1. Kamera lahko snema s hitrostjo do 1200 posnetkov v sek.

Zgornji test je izdelava dveh trikotnikov, ki sta orientirana vzporedno z osema X in Y. Pri izdelavi trikotnika se dolžine vbodov zvezno spreminjajo od kratkih na robovih do zelo dolgih na sredini. S spreminjanjem dolžin se med vezenjem spreminjajo tudi hitrosti in pospeški. Tako dobimo test z zveznim spreminjanjem vhodne velikosti, izhodna velikost je pa izvezen izdelek. Na *sliki 7* vidimo, da je v trikotniku za smer X namesto ravnega roba izvezen valoviti rob. Ta valovitost kaže na nihanje v osi, ki je posledica sunkovitega vzbujanja pri visokih pojemkih. Nihanje okvira se do vstopa igle v tkanino ne umiri, zato igla zgreši pravo pozicijo. V osi Y je rezultat veliko boljši. Spodnji del slike 7 kaže rezultate testa, v katerem se izmenjujejo naključne dolžine vbodov v osi X.

Izrazita nihanja zaradi višjih pospeškov povzročijo dolgi pomiki, pri kratkih pomikih so pospeški nižji. Pri kratkih pomikih so zato odstopanja majhna, dolgi pomiki pa povzročajo velika odstopanja, bodisi prelet ali pa prekratek vbod, kar se na *sliki* lepo vidi.

Razlogov za nestabilnosti v krmilni zanki z zaprto povratno zvezo je lahko več, vendar nas je analiza rezultatov hitro pripeljala do vira težav. To je bil 3 m dolg, ne dovolj tog pogonski jermen v osi X. Jermen je zaradi elastičnosti pri višjih pospeških zanihal z lastno frekvenco. Teh nihanj zaradi visoke frekvence in hitrega iznihanja s prostim očesom ni bilo mogoče opaziti. Domnevo



Slika 9. Pogon osi Y po vgradnji navojnega vretena

smo potrdili z uporabo hitre kamere [9], ki je pri hitrosti snemanja 600 slik/s jasno pokazala dejansko stanje (slika 8). V osi Y je bil za pogon tudi uporabljen zobati jermen, vendar je bil precej krajši, zato tukaj nihanja niso povzročala toliko odstopanj. Del netočnosti je dodal še okvir za tkanino, ki je prav tako nihal med obratovanjem stroja.

Za odpravo težave je bilo potrebno mehansko konstrukcijo pogona osi narediti bolj togo. Prva misel je bila zamenjava zobatega jermena s šir-

šim jermenom. Vendar se je pokazalo, da je zelo težko najti tak jermen, za katerega bi lahko vnaprej trdili, da se bo pri ekstremnih dinamičnih obremenitvah obnašal dovolj dobro. Na razpolago so bili podatki o statičnih obremenitvah jermenov, dinamičnega obnašanja pa ni bilo mogoče napovedati. Zato smo se odločili za nekoliko dražjo, a mnogo bolj predvidljivo rešitev: za zamenjavo pogona z jermeni za pogon z navojnimi vreteni (slika 9). Nekaj izboljšav je bilo narejenih tudi na konstrukciji nosilnega okvira za tkanino.



Slika 10. Pozicijski krmilnik Trio Motion Technology MC 206X z dvema razširitvenima I/O-moduloma izvaja večino časovno kritičnih funkcij vezilnega stroja.

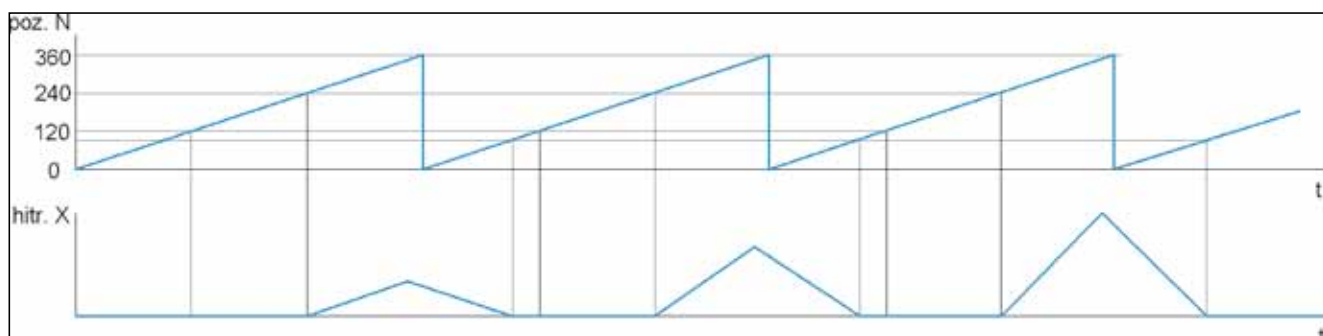
Testi po spremembah so pokazali bistveno izboljšanje kvalitete vezenja. Natančnosti so bile sedaj znotraj toleranc. Vendar pa se je v nekaterih primerih še vedno zgodilo, da je kakšen vbod dimenzijsko odstopal. Analiza teh dogodkov je bila bolj zahtevna. Hitra kamera je pokazala, da pri nekaterih vbodih okvir še ni končal gibanja, ko je igla že zabodla v tkanino. To se ne bi smelo zgoditi, saj je imel vsak premik izračunane takšne parametre giba, da bi se moral končati pravočasno. Izkazalo se je, da pri visokih hitrostih programska zanka v pozicijskem krmilniku Trio Motion ni bila dovolj hitra. Zato je včasih zamudila trenutek, ko je bilo potrebno startati premik okvira. Prepozen start okvira pa je pomenil slabo sinhronizacijo z iglo in napake v vezenju. Kritično je bilo prepoznavanje trenutka izstopa igle iz tkanine in zagotavljanje takojšnje reakcije na ta dogodek. Rešitev za to smo našli v zamenjavi načina sinhronizacije igle in premika okvira. Namesto čakanja na signal, da igla zapušča tkanino, smo uvedli sinhrono povezavo med gibom igle in premikom okvira. Krmilnik Trio Motion (slika 10) ima v svojem naboru ukazov številne specializirane gibalne ukaze. Ti omogočajo realizacijo mnogih funkcij, ki jih srečujemo pri različnih pozicijskih projektih. Za sinhronizacije gibov več osi je na razpolago ukaz 'movelink'. Ta ukaz omogoča zaklepanje ene ali več osi na premike vodilne ('master') osi. Pri tem lahko definiramo območja, v katerih podrejena os pospešuje, se giblje s hitrostjo vodilne osi oz. zavira. Naš problem rešijo štirje ukazi 'movelink', po dva za vsako os okvira. V nadaljevanju je princip prikazan za os X:

```

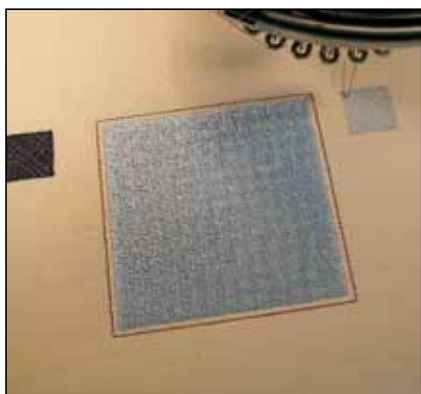
MOVELINK(xr0/2, n_angle/2,
n_angle/2, 0,N,2, npos_out)
MOVELINK(xr0/2, n_angle/2,
0, n_angle/2, N)

```

Prvi 'movelink' ukaz definira območje pospeševanja. Njegovo funkcijo opišemo takole: ukaz 'movelink' naj začne povezavo osi X z gibanjem osi vodilne osi N (igla), ko je dosežena absolutna pozicija 'pos N = npos_out'. To je trenutek, ko igla zapusti



Slika 11. Povezava gibanja osi X z gibanjem vodilne osi N (rotacija igle) z ukazom 'movelink'. Primer kaže ciklično spreminjanje kota osi N med 0 in 360 stopinjami in hitrostne profile treh različno dolgih premikov osi X.



Slika 12. Zaključno testiranje stroja; izdelek je sedaj tudi pri visokih hitrostih obratovanja brezhiben.

tkanino. Po tem poveže gibanje osi X z gibanjem osi N (4) tako, da se X premakne za razdaljo ' $xr0/2$ ', ko se os N premakne za kot ' $n_angle/2$ '. Pri tem os X ves čas pospešuje. Razdalja ' $xr0/2$ ' je polovica inkrementalne razdalje danega vboda, kot ' $n_angle/2$ '

je zasuk osi N, ko je igla zunaj tkanine, zmanjšan za varnostno rezervo. Drugi 'movelink' ukaz definira območje zaviranja. Nadaljuje se takoj za predhodnim ukazom. 'Movelink' nadaljuje povezano gibanje osi tako, da se os X premakne za razdaljo ' $xr0/2$ ', medtem ko se vodilna os N premakne za kot ' $n_angle/2$ '. Pri tem os X ves čas zavira. Procedura je v obliki časovnega diagrama prikazana na sliki 11.

Prednosti tega načina sinhronizacije sta dva. Ukaz za povezavo definiramo vnaprej: trenutek za start sedaj išče sistemska programska oprema na nivoju 1 ms intervalov vzorčenja. Druga prednost je, da se gib podrejene osi vedno prilagodi razpoložljivemu času. Če je premik kratek, bodo pospeški in pojemki nizki. Stroj bo deloval manj sunkovito.

Ta izboljšava programa pozicijskega krmilnika se je odrazila tudi v kvaliteti vezenja. Stroj sedaj dosega odlično kvaliteto tudi pri visokih hitrostih delovanja (sliki 12 in 13).

4 Zaključek

V prispevku je prikazana trnova pot, ki jo je običajno potrebno prehoditi med razvojem tehnološko zahtevnih produktov. Reševati je potrebno številne težave, ki se pojavijo, preden naprava ali stroj deluje, kot je bilo na začetku specificirano. Pri tem je potrebno optimirati mehanske, krmilne in programske rešitve. Le tako pridemo do res vrhunskega izdelka. Pri mehanski izvedbi je bilo ključno izdelati konstrukcijo, ki pri visokih pospeških in pojemkih minimalno niha. Pri izbiri servopogonov je bilo nujno izbrati dovolj hitre motorje ter optimirati ojačitvene parametre servozank. Temu je dodan še hiter pozicijski krmilnik, ki lahko optimalno izkoristi čas, ko je igla nad tkanino, ter skrbno načrtovana in izdelana programska oprema, osredotočena predvsem na časovno kritične operacije.

V prihodnosti je načrtovana izdelava stroja za izdelavo vezenin velikih dimenzij, kakršnega trenutno še ni na tržišču. Izkušnje iz opisanega projekta bodo pri realizaciji novega cilja v dragoceno pomoč.

Literatura

- [1] Josep Marie Jacquart 1805, http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Marie_Jacquard, feb. 2011.
- [2] Franc Joseph Gahlert, Max Bre-



Slika 12. Stroj za vezenje med redno produkcijo. Izdelek v izdelavi ima 35.000 vbodov, 9 barv, čas izdelave je okoli 50 min.

- schneider 1929, Automatic Embroidering Machine, US Patent 1707263, Sept. 22, 1926.
- [3] Deutsches Technikmuseum Berlin 2009, 10_09_02_sdtb_textiltechnik_engl.pdf, <http://www.sdtb.de/Textile-work.1127.0.html>, feb. 2011.
- [4] Vezenje Ercigoj 1992, Vdihnite življenje mehanskemu stroju, reklamna brošura.
- [5] Vezenje Ercigoj 1987, <http://www.ercigoj.com/wp-content/uploads/2010/02/stroj-nep-tun1.jpg>, feb. 2011.
- [6] Tajima corporation, <http://www.tajima.com/>.
- [7] OpenGL, <http://www.opengl.org/>.
- [8] Trio Motion Technology, http://www.triomotion.com/tmt2/sitfiles/software_tools/sw_tools_overview.asp feb 2011.
- [9] CASIO digital cameras, Casio Exilim EX-F1 (2008): http://www.exilim.com/intl/ex_f1/, feb. 2011.

Automation of the embroidery machine

Abstract: The contribution describes an embroidery-machine automation project. The embroidery-machining process is characterized by the synchronized movement of the frame carrying the textile and needle. The frame movement is allowed only when the needle is above the textile. The embroidery machine must operate quickly to reach sufficient productivity. However, despite a large number of stitches in the time interval the quality of the embroidery must be satisfactory.

During the project the problems with unsatisfactory embroidery quality during high-speed operation occurred. The article discusses the way that the problems were analyzed, how the source of the problems was located, and how the improvements to the machine's mechanical design, software and control system were performed.

To achieve the goal, an optimization of the mechanical, control and software solutions was necessary.

Keywords: computerized embroidery machine, motion control, synchronized axes movement, electrical servo drives, motion controller Trio Motion Technology



EMERSON
Industrial Automation
CONTROL TECHNIQUES
www.controltechniques.com



PS-LOG 20 let
www.ps-log.si



TRIO
MOTION TECHNOLOGY

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



**Servo regulator
Digitax ST**

- Vgrajen pozicioner
- Izredna prilagodljivost (možnost izbire različnih pozicionerjev)
- Vgrajena zaviralni modul in filter
- Dve različni mesti za opcijske kartice
- SmartCard za shranjevanje in kloniranje parametrov
- Brezplačen programski modul POZ-PRO za enostavnejše pozicioniranje
- funkcija varnostnega izklopa 3 kategorije (Secure Disable)
- Na zalogi

Izvajamo:

- konstrukcije in izvedbe specialnih strojev
- predelava strojev
- regulacija vrtenja motorjev
- krmiljenje strojev
- tehnična podpora in servis

Dobavljamo:

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

Zastopamo:

- EMERSON - Contol Techniques
- Trio Motion Technology
- ELGO Electronics
- ReeR
- Motor Power Company
- Ringfeder
- Tecnoingranaggi Riduttori
- Fairford Electronics
- Giordano Colombo



**Pozicijski krmilnik
MC 464**

- Krmiljenje do 64 osi
- 64bit 400MHz MIPS procesor
- Statusni prikazovalnik
- SD kartica za shranjevanje in kopiranje parametrov
- Različne možnosti komunikacije (EtherCAT, Profibus, Modbus,...)
- Možnosti razširitev z opcijskimi moduli (dodatni I/O,...)
- Motion Perfect program za programiranje
- Na zalogi



VABILO K SODELOVANJU NA 21. TEHNIŠKEM POSVETOVANJU VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

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

V Društvu vzdrževalcev Slovenije pripravljamo 21. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije na Rogli, ki bo v četrtek in petek, **13. in 14. oktobra 2011**. Na dvodnevem posvetovanju bomo v četrtek, 13. oktobra 2011, na dopoldanski otvoritveni slovesnosti podelili nagrade zmagovalcem Natečaja za najboljšo diplomsko nalogo s področja vzdrževanja, predstavili pa se bodo tudi glavni sponzorji srečanja. Udeležence bomo potem povabili k ogledu razstavnih mest ter k obisku zanimivih strokovnih predavanj s področja vzdrževalne dejavnosti. Prvi dan posvetovanja bomo zaključili s slovesno večerjo, kjer bomo razglasili zmagovalce celoletnega Natečaja za najboljšo idejo s področja vzdrževanja, nato pa nadaljevali s prijetnim druženjem ob večerji in glasbi. Drugi dan se bo nadaljevalo dogajanje na razstavišču, v predavalnicah pa se bodo zvrstile predstavitve nagrajenih diplomskih nalog ter okrogla miza z naslovom **Outsourcing v vzdrževanju**, kar je tudi vodilna tema letošnjega posvetovanja.

Možnosti sodelovanja na 21. Tehniškem posvetovanju vzdrževalcev Slovenije

RAZSTAVLJAVCI in SPONZORJI

K sodelovanju vabimo **razstavljalce in sponzorje** z različnih področij - od vzdrževalske opreme, orodij, strojev in naprav, pa tudi s področja storitev, vzdrževalskega outsourcinga, managementa in izobraževanja, ... Priporočamo, da razstavljalci, sponzorji in poslovni partnerji, ki želite sodelovati na razstavi, čimprej rezervirate razstavna mesta s pomočjo prijavnice, ki je objavljena na spletni strani www.tpvs.si in v reviji Vzdrževalec. Za informacije o sponzorjih in razstavljalcih so podjetjem na voljo g. Ivan Petek (ivan.petek5@siol.net), g. Feliks Dokl (feliks.dokl@gmail.com) in g. Zdravko Valentinčič (zdravko.v@siol.net).

INOVATORJI - SODELOVANJE V NATEČAJU ZA NAJBOLJŠO IDEJO S PODROČJA VZDRŽEVANJA

Eden od ciljev delovanja Društva vzdrževalcev Slovenije je spodbujanje inovativne dejavnosti v vzdrževanju. Zato tudi letos poteka **Natečaj za najboljšo idejo s področja vzdrževanja**. Pogoji za sodelovanje na natečaju so objavljeni na www.tpvs.si ter v vsaki reviji Vzdrževalec. Najboljše ideje bomo na večerni slovesnosti 21. TPVS nagradili s plaketami, k sodelovanju pa smo pritegnili tudi nekaj podjetij-sponzorjev, ki bodo prispevali lepe nagrade za zmagovalce natečaja. Za informacije o natečaju za najboljšo idejo s področja vzdrževanja je podjetjem na voljo g. Bojan Šinkovec (bojan.sin@gmail.com).

SODELOVANJE NA OKROGLI MIZI

Vodilna tema letošnjega 21. Tehniškega posvetovanja je **Outsourcing v vzdrževanju**. Prijazno vabimo vse zainteresirane, ki bi želeli deliti svoje poglede, izkušnje in razmišljanja, povezana z outsourcingom v vzdrževanju, da se odzovejo vabilu na okroglo mizo, ki bov petek, 14. oktobra 2011, dopoldan. Za informacije o okrogli mizi je podjetjem na voljo mag. Mihael Hameršak (mihael.hamersak@talam.si).

DIPLOMANTI - SODELOVANJE V NATEČAJU ZA NAJBOLJŠO DIPLOMSKO NALOGO S PODROČJA VZDRŽEVANJA

Tudi na 21. TPVS bo Društvo vzdrževalcev Slovenije izvedlo **Natečaj za najboljšo diplomsko nalogo s področja vzdrževanja**. Diplomanti se na natečaj lahko prijavijo preko spletne strani www.tpvs.si, kjer so na voljo vsa navodila. Za informacije o natečaju je diplomantom na voljo g. Miran Saksida (miran.saksida@drustvo-dvs.si).

ZBORNİK POSVETOVANJA, OGLAŠEVANJE

Podjetjem je na voljo možnost sodelovanja v reviji Vzdrževalec, ki kot **Zbornik posvetovanja** izide ob 21. TPVS (objava oglasov, prispevkov, opisa dejavnosti podjetja, ...). Podjetjem, ki na 21. TPVS ne bodo razstavljala, so na voljo različne **druge možnosti predstavitve** (postavitev panojev, delitev reklamnih gradiv, ...). Več informacij o možnostih oglaševanja najdete na www.tpvs.si. Za informacije o možnostih sodelovanja v Zborniku posvetovanja ali ostalem oglaševanju je podjetjem na voljo ga. Suzana Štefanič (tajnik@drustvo-dvs.si).

UDELEŽENCI

Tehniško posvetovanje je namenjeno vsem, ki se pri svojem delu neposredno ali posredno srečujete s področjem vzdrževanja. **Udeležence** vabimo, da svojo udeležbo prijavijo najkasneje do **30.9.2011** s pomočjo prijavnice na spletni strani www.tpvs.si, kjer si lahko uredijo tudi rezervacijo prenočišča. Za več informacij je obiskovalcem na voljo g. Tomaž Jelenko (tomaz.jelenko@gmail.com).



DRUŠTVO
VZDRŽEVALCEV
SLOVENIJE

DVS

DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

Stegne 21 c, 1000 Ljubljana

Telefon: 01 5113 006 Faks: 01 5113 007 GSM: 041 387 432

E-pošta: tajnik@drustvo-dvs.si

Internet: www.drustvo-dvs.si in www.tpvs.si

VABLJENI!

21. Tehniško
posvetovanje
vzdrževalcev
Slovenije

Rogla,
13. in 14. oktober 2011

Biomaterial za ležaje

Proizvajalec polimernih ležajev Igus je razvil prvi biopolimerni ležaj, ki vsebuje kar 54 odstotkov obnovljivih surovin. Osnova novega polimera »iglidur N54« so rastlinska olja in ne surova nafta. Mehansko in tribološko optimizirana plastika je primerna za univerzalno uporabo na področju manjših obremenitev. V podjetju so povedali, da je novi iglidur N54 material, ki ne potrebuje mazanja, prvi resen korak k proizvodnji »zelenih ležajev«. Možnosti za uporabo vidijo predvsem v tržišču široke potrošnje, kot sta pohištvena industrija in izdelava drugih predmetov za vsakodnevno uporabo.

Novi »bioležaj« s preciznim prilegom se ujema s konceptom podjetja za razvoj okolju prijaznih alternativnih ležajev oziroma za področja, kjer se trenutno uporabljajo kovinski kroglični in valjni ležaji, ki pa jih je treba mazati. Iglidur polimerni ležaji varujejo okolje, saj ne potrebujejo olj ali maziv za svoje delovanje. Po-

leg tega imajo manjšo maso v primerjavi s kovinskimi ležaji, kar pomeni nižjo skupno maso in s tem manjšo porabo energije. Prav tako je energetska bilanca za proizvodnjo plastike bistveno boljša kot za proizvodnjo kovin. Za proizvodnjo 1 litra aluminija potrebujemo energijo 15 litrov surove nafte, za proizvodnjo 1 litra jekla 11 litrov surove nafte, za proizvodnjo 1 litra plastike pa le 1,8 litrov surove nafte. Po mnenju Igusovih strokovnjakov naj bi te vrednosti zaradi izboljšav pri proizvodnji biopolimerov še padle. Po predvidevanjih evropskega združenja Bioplastic se pričakuje, da se bodo proizvodne zmogljivosti za proizvodnjo biopla-



Varovanje in ohranjanje okolja z uporabo obnovljivih virov

stike povečale z okrog 700.000 ton v letu 2010 na okrog 1,700.000 ton do leta 2015.

Vir: HENNLICH, d. o. o., Podnart 33, 4244 Podnart, tel.: (0)4 532 06 05, faks: (0)4 532 06 20, internet: www.hennlich.si, e-mail: drobnic@hennlich.si, g. Stojan Drobnič

Opravičilo in popravek

V reviji Ventil 17(2011) 3 je bil na strani 264 objavljen prispevek *Enostavno vezje omogoča štiri hitrosti podajanja*. Žal nam je tiskarski škrat zagodel, tako da shema, ki predstavlja bistvo prispevka, ni bila natisnjena. Bralcem se iskreno opravičujemo in celoten prispevek skupaj s shemo ponovno objavljamo.

Uredništvo

Enostavno vezje omogoča štiri hitrosti podajanja

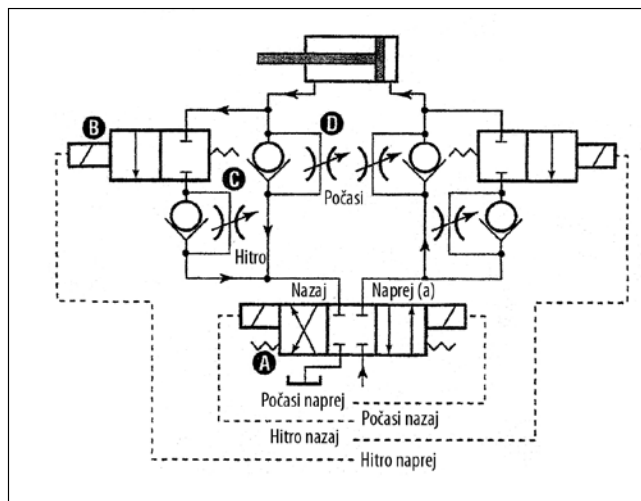
Hidravlično vezje, sestavljeno iz treh enostavnih elektromagnetno vkrmljenih potnih ventilov in štirih povratno-dušilnih ventilov, omogoča štiri različne hitrosti podajanja hidravličnega valja – »počasi in hitro naprej ter počasi in hitro nazaj«.

V ilustracijo delovanja vezja so delovni in signalni vodi prikazani na shemi. Izbira gibanja »naprej – nazaj« se opravlja s 4/3-ventilom A, »hitro – počasi« omogočata 2/2-ventila B, nastavljanje hitrosti podajanja pa povratno-dušilni ventili C in D. Pri tem pri hitrih gibih olje teče skozi oba

povratno-dušilna ventila C in D, zato je razmerje tokov pri hitrem in počasem gibu lahko zelo visoko.

Po H & P
64(2001)2 – str. 20

Pripravil A. Stušek



LabVIEW 2011

Ponujamo vam novo različico.

Ime:

*Dr. Christian Altenbach,
Certified LabVIEW
Associate Developer*

Poklic:

*Raziskovalec na področju
oftalmologije*

Strokovno področje:

Biofizika

Kako mi je pomagalo
okolje LabVIEW:

*Z interaktivnim analiziranjem
in vizualiziranjem podatkov z
algoritmi po meri*

Najnovejši projekt:

*Spremljanje sprememb
molekularne zgradbe med
vzbujanjem svetlobnega
receptorja rodopsina*

NI LabVIEW

"Z okoljem LabVIEW delam bolje, ker lahko

PROGRAMIRAM

enako kot razmišljam."

>> Odkrijte, kako boste tudi vi delali bolje z okoljem LabVIEW, na naslovu ni.com/labview/better

0 800 80 844

National Instruments,
Instrumentacija, avtomatizacija in upravljanje procesov d.o.o.
Kosovelova ulica 15, 3000 Celje, Slovenija
Tel: +386 3 425 4200 • Fax: +386 3 425 4212
E-mail: ni.slovenia@ni.com • www.ni.com/slovenia

Agencija Instrumentacija, Instrumentacija, avtomatizacija in upravljanje procesov d.o.o. • Kosovelova ulica 15, 3000 Celje, Slovenija
Tel: +386 3 425 4200 • Fax: +386 3 425 4212 • E-mail: ni.slovenia@ni.com • www.ni.com/slovenia
Družba registrirana pri Okrožnem sodišču v Ljubljani, vložna številka: 100110000 • Matična številka: 5301131, osnovni kapital: 2.000.000,00 SIT • Davčna št.: 300034001

© 2011 National Instruments Corporation. Vse pravice pridržane. National Instruments, NI in ni so znaki blaginje ameriške National Instruments.
Družba specializirana izdelavo in servis različnih tipov strojne opreme in programskih izdelkov.

 **NATIONAL
INSTRUMENTS**

Sedežni kotni ventil VZXF

VZXF je robusten univerzalni ventil za avtomatizacijo procesne industrije. Idealen za krmiljenje toka umazanega ali zelo viskozne medija.

To je 2/2-potni ventil, ki ga odpira stisnjen zrak, vračanje oziroma zapiranje ventila poteka z vzmetjo, ki ga v mirovanju drži v zaprtem položaju. Bat krmilnega ventila je nagnjen za 45o glede na tok krmiljenega medija.



Kotni ventil VZXF

Pri krmiljenju toka zraka je ventil vgrajen tako, da zapira medij v smeri toka, pri tekočinah pa zapira proti smeri toka medija. To omogoča zapiranje brez udarcev, kar zagotavlja daljšo življenjsko dobo ventila.

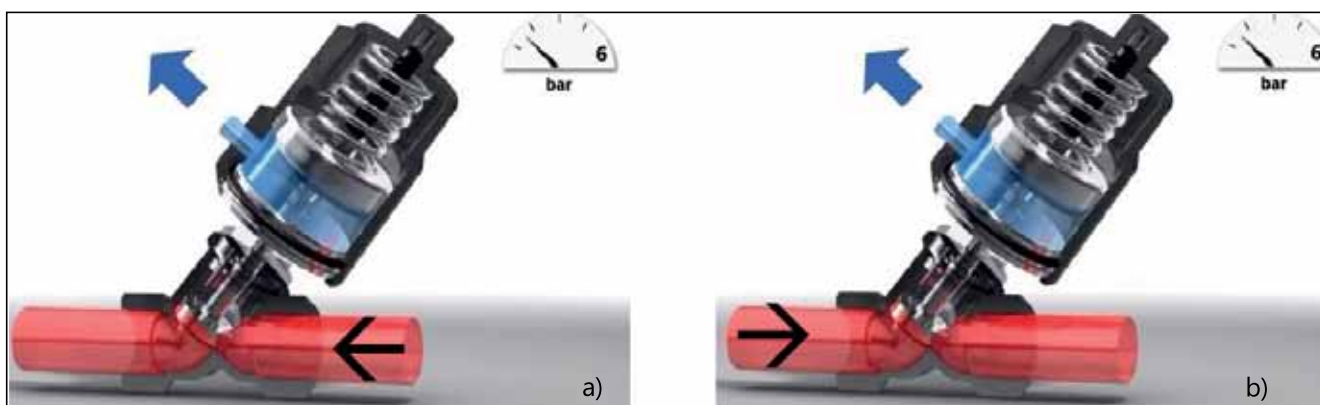
Kotni sedežni ventili so enostavni in robustni, v primerjavi z elektromagnetnimi ventili nimajo nobene krmilne izvrtine z majhnim premerom. Zaradi izbranih materialov so temperaturno obstojni, zanesljivi in varni pri izgubi tlaka v krmilnem krogotoku. NC-funkcija zagotavlja, da ventili dobro in zanesljivo zapirajo. So prilagojeni za posamezne višine tlakov.

Ventil lahko krmili tok v zaprtih ali odprtih krogotokih. Kotni ventili so primerni za goste medije – viskoznost do 600 mm/s, in medije, ki se penijo, posebej za paro kakor tudi za zelo umazane medije. Uporabni so v avto-

Tehnični podatki	
funkcija	2/2-potni ventil, NC
vrsta ventila	sedežni ventil s povratno vzmetjo
način krmiljenja	zunanjí vklop
položaj vgradnje	poljuben
priključni navoj	G-navoj, NPT-navoj
material okrova ventila	jeklena litina
material krmilnega dela	medenina, legirano jeklo
material tesnilk	medenina NBR, PFTE
velikost	½ " do 2 "
priključek za krmilni medij	G 1/8 "
temperatura medija	NBR: -10 do 80 °C PFTE: -40 do 200 °C
imenski tlak	PN10, PN16

matizaciji procesov in izdelavi. Mogoče jih je uporabiti pri polnilnih linijah, v pivovarnah, mešalnikih, prehrabni industriji, kemijski industriji, pripravi vode kakor tudi v pnevmatičnih sistemih za avtomatizacijo proizvodnje.

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



Krmiljenje toka v smeri gibanja (a) in proti smeri gibanja medija (b)

nadaljevanje s str. 302

Fluidtrans Compomac and Mechatronics Exhibition & Mechanical Power Transmission and Motion Control Show* – Fluidtrans Compomac in razstava mehatronike s sejmom mehanske pogonske tehnike in krmiljenja gibanja

8.–11. 5. 2012
Milano, Italija

Organizatorja:
– Assofluid – Italija
– Fiera Milano

Informacije:
– <http://bit.ly/FluidTrans> 0411

* ponovitev z enako vsebino bo v Sao Paulu od 4. – 6. 10. 2012

Sistem za vzdrževanje transformatorjev TCU

Za varno in zanesljivo delovanje transformatorjev in njihovo dolgo življenjsko dobo je zelo pomembna skrb za transformatorsko olje. Pri tem je mišljeno predvsem izločanje vode, plinov in trdnih delcev, s čimer se zmanjšata obraba in staranje izolacijskega materiala in olja.

Za ta namen je bil razvit TransformerCare Unit – TCU-sistem (slika 1), ki nenehno odstranjuje pline, vodo in filtrira transformatorsko olje. Z zmanjšanjem vsebnosti teh onesnaževalcev olja se upočasnijo oksidativni in hidrolitični procesi staranja olja in izolacijskega papirja. Posledica tega pa je podaljšanje življenjske dobe transformatorja za povprečno trikrat in izboljšanje prebojne napetosti transformatorskega olja.

TCU deluje na principu vakuumske dehidracije, ki s pomočjo podtlaka,



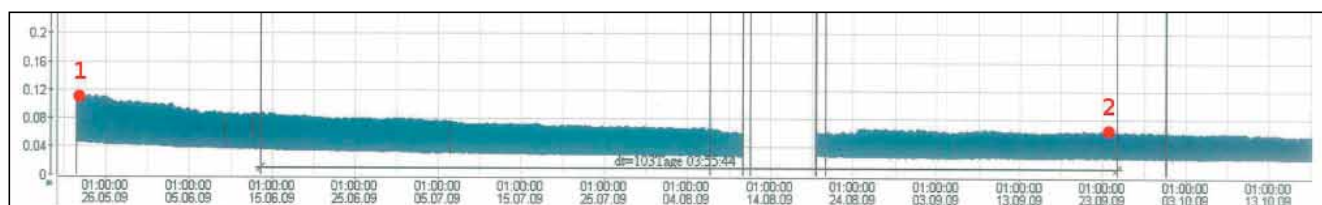
Slika 1. TransformerCare Unit

enaka v transformatorju proizvedenim plinom (slika 2). Zato je v napravi vgrajeno elektronsko tlačno stikalo, ki

ni tlak [mbar(abs)]
 $\times 2 / 100 =$ celotna količina plina v olju v %.

Primer št. 1: 15. 05. 2009: 110 mbar $\times 2 / 100 =$ cca 2,2 % (po enem mesecu uporabe TCU). Primer št. 2 (slika 2): 30. 09. 2009: 50 mbar $\times 2 / 100 =$ cca 1 % (po petih mesecih uporabe TCU).

TCU je sistem, ki je bil razvit za uporabo pri novih in starejših transformatorjih, ker občutno podaljša njihovo življenjsko dobo in izboljša prebojno napetost olja. Omogoča tudi sprotno spremljanje vsebnosti



Slika 2. Izmerjeni tlak t TCU

ustvarjenega z Venturijevo šobo, olje razplini in osuši, trdni delci pa se odstranijo s 3- μ m filtrirnim elementom. Ker poteka proces neprekinjeno, se v transformatorju čez čas vzpostavi stabilno stanje, kar pomeni, da je takrat količina iz olja odstranjenih plinov

zazna količino iz olja izločenega plina in v primeru povečane količine plinov vklopi signal za alarm.

Pravilo za izračun s pomočjo absolutnega tlaka v TCU je sledeče: izmerje-

vode in plinov v olju in s tem zgodnje odkrivanje težav s transformatorjem. Vir: HYDAC, d. o. o., Zagrebška c. 20, 2000 Maribor, tel.: 02 460 15 20; faks: 02 460 15 22, e-mail: info@hydac.si, g. Dejan Glavač



Nove ABB-pogonske enote za robotske sisteme

ABB je razvil novo družino pogonskih enot za robotske sisteme – MTD in MID, ki omogočajo enostavno izdelavo pozicionirnikov po zahtevah uporabnika. Sklopi pogonskih enot vključujejo vse potrebno za vgradnjo: motor, reduktor, kable, serijsko merilno kartico in varnostne opcije.

ABB-reduktorji se uporabljajo tudi v standardnih ABB-pozicionirnikih, in so tako dobro preizkušeni. MTD-enote so namenjene pozicioniranju izdelkov v robotskih sistemih, medtem ko MID-enote služijo za gradnjo strežnih naprav. Nosilnost pogonskih enot je od 300 kg do 5000 kg.

Vir: ABB, d. o. o., Koprška ulica 92, 1000 Ljubljana, tel.: 01 2445 440, fax: 01 2445 490, e-mail: info@si.abb.com, g. Karl Jerman

Power and productivity
for a better world™ **ABB**



Nova generacija hidravličnih gibkih cevi Parker Compact Spiral

Parker Hannifin, vodilna blagovna znamka na področju gibalne in krmilne tehnologije, je pred kratkim predstavila novo serijo gibkih hidravličnih cevi *Compact Spiral*. Njihova posebnost je izjemna gibkost, saj imajo za polovico manjši radij upogiba ter manjši zunanji premer v primerjavi s standardnimi spiralnimi cevmi SAE 100R13 / SAE 100R15. V seriji Compact Spiral sta dva tipa gibkih cevi, in sicer 787TC za delovne tlake do 350 barov in 797TC za tlake do 420 barov. Na voljo so v velikostnih razredih

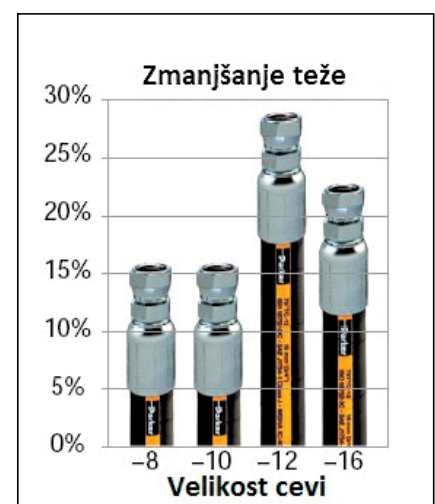
8, 10, 12, 16, 20 oziroma z zunanjimi premeri od 21,1 do 44,9 mm.

Zahvaljujoč Parkerjevemu sistemu Tough Cover ima nova serija gibkih cevi visoko odpornost na abrazijo, kar znatno poveča uporabno dobo in zmogljivost cevi. Cevi Compact Spiral se glede na standard ISO 18752 uvrščajo v skupino DC, kjer dvakratno presežejo minimalno število zahtevanih tlačnih pulzov in kar štirikrat zahteve po SAE, kar je 2.000.000 tlačnih pulzov.

Posebej velja omeniti tudi do 25-odstotno zmanjšanje teže v primerjavi z običajnimi spiralnimi cevmi. S tem zmanjšamo stroške transporta in porabo goriva, na primer pri transportnih vozilih in vozilih za odvoz odpadkov.



Compact Spiral 787TC in 797TC



Do 25 % manjša teža cevi

Vir: Parker Hannifin Corporation, Velika Bučna vas 7, 8000 Novo mesto, tel.: 07 337 66 50, faks: 07 337 66 51, e-mail: parker.slovenia@parker.com

Miniaturni varnostni laserski skener

Nova SICK-ova varnostna skenerja iz družine S300 Mini – Standard in Remote – pomenita dosežek v velikosti in fleksibilnosti.

S svojimi izmerami – 102 x 116 x 104 mm – predstavlja S300 Mini v svoji kategoriji najkompaktnjši varnostni laserski skener na svetu. Ta »rumeni čudež« z minimalnimi prostorskimi zahtevami za vgradnjo in fleksibilno zasnovo omogoča delovanje v najrazličnejših okoljih in izpolnjuje različne želje uporabnikov. Mini serija S300 ne izpolnjuje samo tehnično-varnostnih zahtev za performančni nivo »d« v skladu z EN ISO 13849, temveč tudi SIL2 v skladu z IEC 601508, ustreza tudi varnostni kategoriji 3 po zahtevah IEC 61496 za optoelektronske varnostne komponente.

S300 Mini Standard pomeni varnost in čisto zasnovo. Znotraj območja zaznavanja s kotom 270° in polmerom varnostnega območja 2 m je mogoče poljubno nastaviti tri območja, eno varnostno in dve opozorilni. Naprava ima dva izhoda (output signal switching – OSSD), ki služita kot neposredna preklopna izhoda. Laserski skener

S300 Mini Standard je primeren tam, kjer so naloge enostavne in se zahteva ekonomičnost. Tako je primeren za varnostne preproge ali kot varnostni senzor pri varovanju enostavnih avtomatičnih transportnih vozil.

Varnostni laserski skener S300 Mini Remote pomeni nadstandardno varnost in je uporaben tam, kjer je prostor za vgradnjo utesnjen in so zahteve po varnosti kompleksnejše. Naprava dovoljuje uporabo do 16 setov s po tremi območji, kar je idealno pri uporabi z avtomatičnimi transportnimi vozili, avtomatičnimi viličarji ali visečimi transportnimi vozički. Poleg tega je mogoče v povezavi z naprednim vmesnikom EFI (Enhance Function Interface) na SICK-ov varnostni krmilnik Flexi Soft povezati na skupno vodilo do štiri elektronske varnostne



naprave, na primer dva S3000 Expert in dva S300 Mini Remote. Na ta način se lahko rešujejo tudi najzahtevnejši primeri varnosti.

Ne gleda na to, ali je treba varovati območja na stacionarnih strojih ali zaznavati ovire pri avtomatičnih transportnih vozilih, ima S300 Mini prepričljive zmogljivosti zaradi visoke fleksibilnosti, enostavnosti povezovanja in zanesljivosti delovanja.

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




Mednarodni strokovni sejem za industrijsko in profesionalno elektroniko
International Trade Fair for industrial and professional electronic

Slovenija, Celje, 25. - 27. 01. 2012

www.intronika.si




Mednarodni sejem za avtomatiko, robotiko, mehatroniko ...
International Trade Fair for Automation, robotics, mechatronic, ...

25.-27.01.2012

www.ifam.si

Vodenje največje hibridne lokomotive z gorivnimi celicami na svetu z okoljem LabVIEW in krmilnikom CompactRIO iz družbe NI

Tim ERICKSON

Pogonski stroj tradicionalne ranžirne lokomotive je dizelski motor z močjo od 1 do 2 MW, ki poganja generator, ta pa napaja pogonske motorje in pomožne sisteme lokomotive. Takšne tradicionalne ranžirne lokomotive zahtevajo dizelski motor z visoko močjo, ki ima običajno veliko porabo goriva in omejene možnosti za zmanjšanje emisij. Sodobnejše različice ranžirnih lokomotiv so prešle na hibridno električno zasnovu, ki zmanjša skupne emisije in porabo goriva, saj je mogoče motor zmanjšati s tem, da veliko moč, ki je potrebna v prehodnih obdobjih, zagotavlja akumulator.



Slika 1. Hibridna lokomotiva

Velik del onesnaženja s trdnimi delci v mestih še vedno prihaja iz dizelskih lokomotiv na železniških postajah. Za pomoč pri zmanjšanju tega onesnaževanja je severnoameriško javno-zasebno partnerstvo izdelalo prototip hibridne ranžirne lokomotive z gorivnimi celicami za uporabo v mestih, ki dizelski motor nadomešča z gorivnimi celicami neto moči 250

kW, s tem pa tudi največjo hibridno lokomotivo z gorivnimi celicami na svetu (slika 1).

Podjetje Vehicle Projects LLC iz mesta Denver v zvezni državi Kolorado, ZDA, je razvilo sistem vodenja za gorivne celice z vgnezdenim krmilnikom CompactRIO in programsko opremo za grafično načrtovanje sistemov LabVIEW. Naši cilji so zmanjšanje onesnaženosti zraka zaradi železnice v mestih, kar vključuje ranžiranje na postajah, povezanih s pristanišči, in priprava mobilnega

zasilnega vira energije za kritično infrastrukturo v primerih izpada električnih omrežij v vojaških oporiščih in med civilnimi reševalnimi akcijami ob katastrofah.

Uporaba krmilnika NI CompactRIO je namenjena nadzoru in varnemu vodenju lokomotive na gorivne celice, uporaba vodila CAN pa za prenos podatkov o stanju motorja do upravljalca preko zaslona na dotik, ki je programiran s programsko opremo NI LabVIEW. Za LabVIEW in CompactRIO so se odločili zato, ker eno-

Tim Erickson, Vehicle Projects LLC, ZDA

te NI C Series z vgrajeno pripravo signalov omogočajo realizirati hiter nadzor različnih V/I-točk, pri tem pa jih je mogoče povezati s široko paleto posebnih tipal, na primer merilnikov pretoka in tlačnih tipal.

Gorivne celice in hibridni pogonski sklopi

Gorivne celice so elektrokemične naprave, ki kemično energijo goriva spremenijo neposredno v električno energijo. Celice proizvajajo električno energijo in vodo iz vodikovega goriva ter kisika, kar je obraten postopek kot elektroliza vode. Gorivne celice delujejo podobno kot baterije, od njih pa se razlikujejo po tem, da sta elektrokemično aktivni snovi, vodik in kisik, shranjeni ali razpoložljivi zunaj in se neprekinjeno dovajata v napravo. Gorivne celice se ne polnijo električno, ampak jih je treba redno polniti z gorivom, podobno kot motor. Kot pri baterijah so posamezne celice združene v nize, ki zagotavljajo zahtevano napetost ali moč.

Hibridni pogonski sklop z gorivnimi celicami uporablja glavni vir energije z gorivnimi celicami in pomožno napravo za shranjevanje energije, ki vozilu pomaga premostiti konice porabe moči med delovanjem, hkrati pa pretvori in shranjuje kinetično energijo, ki se sprosti med zaviranjem. Za nemoteno delovanje mora biti trajna neto moč glavnega vira energije enaka ali večja od povprečne porabe moči med delovnim ciklom. Predhodne raziskave so pokazale, da lahko hibridne ranžirne lokomotive zmanjšajo kapitalske in tekoče stroške obratovanja.

Razvoj sistema vodenja ob uporabi krmilnika CompactRIO

Med razvojem velikega vozila z gorivnimi celicami smo naleteli na več razvojnih in integracijskih izzivov, pri katerih smo morali usklajevati zahteve glede teže, ohišij in varnosti. Ostri pogoji obratovanja, zlasti pa udarne obremenitve, ki se pojavljajo med priključitvijo vagonov, zahtevajo izredno robustne sestavne dele. Poleg tega je moral sistem za vodenje gorivnih celic komunicirati

z obstoječim komercialnim krmilnikom vozila, da je interpretiral zahteve upravljalca in nastavil parametre sklopa z gorivnimi celicami tako, da so bile izpolnjene potrebe po moči. Vgnezdeni krmilnik CompactRIO je s pravo kombinacijo vhodno – izhodnih (V/I)-naprav predstavljal idealno rešitev za postavljene zahteve. Ta programabilni avtomatizacijski krmilnik (PAC) upravlja in izvaja vse funkcije pogonskega sklopa, pri tem pa neprekinjeno nadzira zmogljivost in varnost sistemov za shranjevanje vodika ter močnostnih sistemov gorivnih celic.

Programska arhitektura temelji na okolju LabVIEW

Delovanje upravlja vgnezdni krmilnik CompactRIO, na katerem se izvaja programa LabVIEW Real-Time in LabVIEW FPGA, ki vodita delovanje pogonskega sklopa z gorivnimi celicami. Uporabnik upravlja sistem za vodenje preko zaslona na dotik, ki je nameščen v kabini lokomotive. Aplikacija za vodenje je sestavljena iz modularnih enot – algoritmov vodenja, ki medsebojno komunicirajo, in iz V/I-sistema z napravo FPGA, ki uporablja arhitekturo na podlagi oznak, s katero je mogoče vsako V/I-točko klicati po imenu, ki ji ga določimo v aplikaciji LabVIEW.

Razvoj učinkovite platforme za vodenje z okoljem LabVIEW in krmilnikom CompactRIO

Za LabVIEW in CompactRIO smo se odločili zato, ker so enote NI C Series z vgrajeno pripravo signalov omogočile izvesti hiter nadzor različnih V/I-točk, pri tem pa smo jih lahko povezali s široko paleto posebnih tipal, na primer merilnikov pretoka in tlačnih tipal. Poleg tega smo izvedli kompleksne algoritme vodenja, ki presegajo običajno uporabo PID-regulacijskih struktur, realizirali pa smo tudi zelo hitro vzorčenje signalov. Nekateri algoritmi so vključevali uporabo matematičnih modelov, ki smo jih izvedli v okolju LabVIEW. Ustrezno hitro vzorčenje smo lahko zagotovili na takšen način, da smo del regulacijskih algoritmov realizirali v napravi FPGA.



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@siot.net
www.opl.si

Nove knjige

- [1] Amano, R. S., Sunden, B.: **Computational Fluid Dynamics and Heat Transfer** – Knjiga obravnava računalniške metode za dinamiko fluidov in prenos toplote. Namenjena je raziskovalcem, inženirjem, učiteljem in študentom. Tematika obsega osnove in zahtevnejše pristope ter teorije končnih diferenc in končnih volumnov, simulacijo vrtničenja, direktno numerično simulacijo in hidrodinamiko drobnih delcev. Posamezna poglavja obravnavajo številne praktične primere reševanja nalog – od toka skozi turbinske lopatice do simulacije turbulentnih tokov in pospeševanja nelinearnih tokov. – *Zal.:* WIT Press, 25 Bridge Street, Billerica, MA 01821, USA; 2011; *ISBN:* 978-1-84564-144-3; *obseg:* 512 strani; *cena:* 390,00 USD.
- [2] Jetton, J. S., Porter, B. E.: **Natural Negotiation for Engineers and Technical Professionals** – Pogajanja so del življenja, če iščemo delo ali dom. To velja seveda tudi za inženirje, tehnike in druge tehnične strokovnjake. Ob pogovoru za zaposlitev vas bo potencialni delodajalec prav gotovo povprašal, kakšen dohodek pričakujete. Avtorja poudarjata, da je na mestu odgovor, ki pravi, da najprej želimo vedeti, za kakšno delovno mesto gre in kaj od prihodnjega sodelavca pričakujejo, preden se bo odločil o tem, kakšno plačo pričakuje. Kupec mora najprej poznati ceno, časovne zahteve in druge pomembne podatke, preden se bo odločil za nakup. To so tudi osnovna vsebinska napotila inženirjem in drugim tehničnim strokovnjakom za ustrezne vsebine in načine pogajanja od začetka do konca. Gradivo oz. vsebine priporočil so plod tridesetletnega dela avtorjev na področju poslovne tehnike, inženirstva, trgovine in vodenja proizvodnje, raziskav, razvoja in projektne inženirstva. – *Zal.:* ASME Press, Three Park Ave., New York, NY 10016-5990; 2010; *ISBN:* 978-0-7918-5965-0; *obseg:* 130 strani; *cena:* 39,00 USD (člani ASME: 31,00 USD)
- [3] Rao, K. R. (ed.): **Energy and Power Generation Handbook – Established and Emerging Technologies** – Priročnik obravnava pridobivanje energije iz vseh poznanih virov na Zemlji, vključujoč sončno, vetrno, vodno, biobivočno in energijo valovanja, bioenergijo (iz biomase in biogoriv), energijo iz odpadkov, geotermalno in fosilno energijo, energijo nafte in plina in jedrsko energijo. Upoštevane so tudi nanotehnologija, fotovoltaika in izkušnje vesoljske industrije. Samosvoj pristop priročnika so šolske razprave in upoštevanje mnenj različnih strokovnjakov, ki jih uporabnik lahko upošteva pri izbiri vrste energentov in tehnologije v danem primeru. Pri oblikovanju priročnika je sodelovalo preko 50 specialistov z vsega sveta, ob upoštevanju preko 750 referenc. Ilustriran je z več kot 750 slikami, diagrami in preglednicami. Dodan je tudi izčrpen seznam pojmov. – *Zal.:* ASME Press; 2011; *ISBN:* 978-0-7918-5955-1; *obseg:* 700 strani; *cena:* 300,00 USD (člani: 240,00 USD) – naročilo: www.asme.org (Order No.: 859551).
- [4] Viswanadham, P.: **Essentials of Electronic Packaging – A Multidisciplinary Approach** – Avtor raziskuje elementarne osnove tehnologije elektronskega pakiranja – oblikovanja osnovnih elektronskih gradnikov, enot, naprav in aparatov – vključno z izrazoslovjem in informacijskim procesiranjem. Tehnologije, ki jih raziskuje, so: tiskanje vezij, oblikovanje komponent in enot, materiali in procesi, osnove zamenljivosti ter značilne odpovedi in okvare. Bralce in uporabnike priročnika pri tem opozarja na medsebojne vplive različnih vej tehnike, kot so: fizika, kemija, znanost o materialih, proizvodni postopki ipd. Poudarek je na dodatnih postopkih integracije in miniaturizacije. – *Zal.:* ASME, Three Park Avenue, New York, NY 10016 – 5990, USA; 2010; *ISBN:* 978-0-7918-5966-7; *obseg:* 388 strani; *cena:* 129,00 USD (člani ASME: 103,00 USD).

IRT³⁰⁰⁰
inovacijarazvojtehnologije



NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

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

Vodnik skozi množico informacij

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

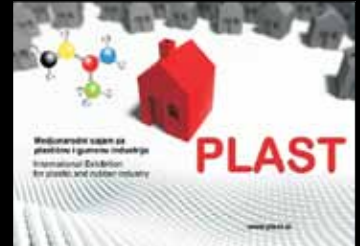
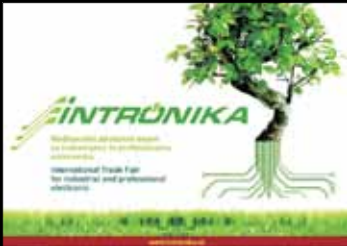
Povprašajte za cenik
oglaševalskega prostora!
e-pošta: info@irt3000.si



icm

Eno podjetje. Brezmejne možnosti
Необятни възможности
Jedno preduzeće. Bezgranične mogućnosti.
One company. Boundless possibilities.

www.icm.si



DOMEL®

Ustvarjamo gibanje

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

**VRHUNSKA TEHNOLOGIJA,
ZAGOTOVILO UČINKOVITOSTI**



STÄUBLI

www.staubli.com

Zanimivosti na spletnih straneh

[1] **Podatkovni paket za hidravliko** – www.eplan.de – Obsežen paket osnovnih podatkov za hidravliko omogoča učinkovito povezavo fluidnotehničnih in mehaničnih konstrukcij. Preko 1000 hidravličnih makrov v okviru programskega paketa *Eplan Fluid* omogoča hitrejše in poenostavljeno oblikovanje dokumentacije. Prednosti so predvsem v poenoteni dokumentaciji krmilnih naprav z integracijo fluidne tehnike in elektrotehnike. Uporabniki začetnega paketa *Eplan Fluid 2.0* prejmejo obsežen »podatkovni paket fluid«, ki obsega preko 1000 makrov hidravlike. Kombinacija CAE – funkcionalnosti in makrov – omogoča projektantu (konstruktorju) hidravlike mnoge prednosti, kot so visoki grafični standardi dokumentacije, ob upoštevanju veljavnih standardov, k temu pa še uveljavljene sisteme gradnikov, kot so priključne plošče, hidravlični agregati, elementi veriženja ipd.

[2] **E-izobraževanje za hidravliko** – www.hydraulicpneumatic.com – Revija *Hydraulic & Pneumatic* v sodelovanju s firmo CFC – Solar ponuja spletno samoizobraževanje za področje hidravlike. Serijo kompaktnih videomodulov ponujajo *Robert J. (Bob) Sheaf* in njegova skupina pri CFC – Solarju. Sheaf, ki ima več kot 10 različnih certifikatov Mednarodnega društva za fluidno tehniko (*International Fluid Power Society*), vodi skupino inštruktorjev, ki pokriva vsa osnovna vprašanja hidravlike, potrebna za pridobitev certifikata za poklic hidravlika. Dva kratka videa na spletnih straneh pa predstavljata pet začetnih tematik: industrijska krmilja tlaka, industrijske črpalke, mobilni hidravlični valji, mobilni potni ventili in letalska dvizna hidravlika. Povežite se in spoznajte posebne cenovne popuste za posamezne teme izobraževanja.

[3] **Pravi odgovori na vprašanja iz fluidne tehnike** – www.hydraulic-pneumatic.com – Včasih ni enostavno dobiti hiter odgovor za probleme s področja fluidne tehnike. Revija *Hydraulic & Pneumatic* ima na svojih spletnih straneh pod naslovom *hydraulicpneumatics.com/groupee* zato več kot 1200 članov foruma fluidne tehnike, ki vam lahko pomagajo z odgovori. Le kliknite na naslov in sporočite vaše vprašanje o projektiranju sistema, iskanju napak ali splošno o fluidni tehniki, napravah in komponentah, njihovih lastnostih in delovanju. Z rednimi posterji uveljavljenih ekspertov boste dobili ustrezne odgovore in priporočila.



Oglaševalci

CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	299
DOMEL, d. d., Železniki	371
DVS, Ljubljana	361
FESTO, d. o. o., Trzin	275, 374
HYDAC, d. o. o., Maribor	275
HYPEX, d. o. o., Lesce	347
ICM, d.o.o., Celje	333, 367, 371
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (PE.) NORGREN, Lesce	275
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	298
KLADIVAR, d. d., Žiri	276
LOTRIČ, d. o. o., Selca	275, 293
MAPRO, d.o.o., Žiri	275
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	275
MOTOMAN ROBOTEC, d. o. o., Ribnica	278
NATIONAL INSTRUMENTS, d. o. o., Celje	363
OLMA, d. d., Ljubljana	275, 365
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin	275, 369
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	275
PIRNAR & SAVŠEK inženirski biro. d. o. o., Trbovlje	275
PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	309
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	290, 313, 370
PS, d.o.o., Logatec	360
SICK, d. o. o., Ljubljana	275
TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	305
UM, Fakulteta za strojništvo, Maribor	287
UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	303, 321
ULBRICH HIDROAVTOMATIKA, d.o.o., Vuzenica	373



INDUSTRIJSKA HIDRAVLIKA

- cilindri
- agregati in sistemi
- ventili, krmilni bloki
- proporcionalna tehnika
- namenski stroji in naprave
- filtri
- naprave za ugotavljanje stanja in vzdrževanje hidravličnih tekočin

ULBRICH

**ARGO
HYTOS**

WANDFLUH
Hydraulik + Elektronik

Naprave z zračnim pogonom

- črpalke, agregati
- zviševalniki tlaka zraka
- kompresorji

MAXIMATOR

HIDRAVLIČNA ORODJA

- cilindri, dvigalke
- črpalke
- snemalci, stiskalnice
- hidravlični in pnevmatski stroji za vijačenje

SPX POWER TEAM

HYTORC

INDUSTRIJSKI AMORTIZERJI

- amortizerji
- zračne vzmeti
- izolatorji vibracij

ENIDINE
An IMC Company

KEMIČNO-TEHNIČNI PROIZVODI

- specialna maziva
- industrijska olja
- drsni laki
- tesnilno-lepilne mase
- ločilna sredstva
- mase za kalupe
- kontaktna maziva
- zaščitni laki
- zalivne mase
- čistila
- strukturna lepila
- cianoakrilatna lepila
- anaerobna lepila
- UV lepila, naprave, pribor

M MOLYKOTE
High Performance Lubricants

Krytox®

DOW CORNING

Tecnite®
innovative solutions

ELECTROLUBE

ITW PLEXUS
Structural Adhesives

Permabond®
Engineering Adhesives

hönle
uv technology

Za brezhibno delovanje

ULBRICH
HIDROAVTOMATIKA

www.ulbrich.si



FESTO

Enkratno

Samo iz Festa: FluidDraw® Professional je intuitivno programsko orodje za hitro risanje pnevmatičnih shem krmilij brez CAD sistema.

Novost pa sta knjižnica električnih komponent in funkcija za povezovanje shem električnih in pnevmatičnih krmilij.

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