



**OPL**

**FESTO**

**POCLAIN**  
Hydraulics

**OLMA**  
LUBRICANTS

**Parker**

**IMI**  
Precision Engineering

**SICK**  
Sensor Intelligence.

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

**VISTA**  
HIDRAVLIKA

**OMEGA**  
AIR

- Intervju
- Manipulacija cevi s silami curkov
- Vodenje kompleksnih sistemov
- Avtomatizirana kontrola kakovosti
- Regulacija Peltonove turbine
- Stopnje čistosti hidravličnih olj
- Robotska celica
- Letalstvo
- Podjetja predstavljajo

Elektronske rešitve

## SMARTDRIVE™

*Za hidrostatični pogon, ki opravlja  
natančno tisto, kar zahtevate...*

KRMILNA PALICA



ARMATURNNA PLOŠČA  
- smer  
- vožnja/delo  
- način dela/hitrost motorja  
- parkirna zavora  
- krmiljenje vožnje  
- nadzor spodsavanja

KRMILNIK  
SD Premier

**POCLAIN**  
Hydraulics

PROTIZDRSNI VENTIL

ZAVORNI VENTIL  
- zaznavalo tlaka

MOTOR

TANDEM ČRPALKA  
z SA krmiljem  
- krmiljenje iztisnine  
- potenciometer povratne zveze  
- zaznavalo hitrosti  
- zaznavalo omejevalnika moči

ZAZNAVALO  
HITROSTI

SPREMINJANJE  
HITROSTI

PROTIZDRSNI  
VENTIL

**POCLAIN**  
Hydraulics

# HIDRAVLICNE NAPRAVE



Obdelovalni stroj



Hidromehanska oprema



Ladijski vitel



Impresum	265	■ INTERVJU	
Beseda uredništva	265	Sejemska dejavnost je ob dobrem vodenju organizacije lahko uspešna gospodarska veja	266
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	274	■ LETALSTVO	
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	284	<i>Tadej KOSEL</i> : Zmaga slovenskih študentov letalstva na tekmovanju DBF v ZDA	270
Seznam oglaševalcev	337	■ SILA CURKA	
Znanstvene in strokovne prireditve	325		

**Naslovna stran:**

Poclain Hydraulics, d.o.o. Industrijska ulica 2, 4226 Žiri Tel.: +386 (04) 51 59 100 Fax: +386 (04) 51 59 122 e-mail: info-slovenia@poclain-hydraulics.com internet: www.poclain-hydraulics.com	IMI INTERNATIONAL, d. o. o. (P.E.) NORGREN HERION Alpska cesta 37B 4248 Lesce Tel.: + (0)4 531 75 50 Fax: + (0)4 531 75 55
OPL Avtomatizacija, d. o. o. BOSCH Automation Koncesionar za Slovenijo IOC Trzin, Dobrave 2 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 560 22 40 Fax: + (0)1 562 12 50	SICK, d. o. o. Cesta dveh cesarjev 403 2000 Maribor Tel.: + (0)1 47 69 990 Fax: + (0)1 47 69 946 e-mail: office@sick.si www.sick.si
FESTO, d. o. o. IOC Trzin, Blatnica 8 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 530 21 10 Fax: + (0)1 530 21 25	MIEL Elektronika, d. o. o. Efenkova cesta 61, 3320 Velenje Tel: +386 3 898 57 50 Fax: +386 3 898 57 60 www.miel.si
OLMA, d. d., Ljubljana Poljska pot 2, 1000 Ljubljana Tel.: + (0)1 58 73 600 Fax: + (0)1 54 63 200 e-mail: komerciala@olma.si	www.omron-automation.com
PARKER HANNIFIN Corporation Podružnica v Novem mestu Velika Bučna vas 7 8000 Novo mesto Tel.: + (0)7 337 66 50 Fax: + (0)7 337 66 51	VISTA Hidravlika, d. o. o. Kosovelova ulica 14, 4226 Žiri Tel.: 04 5050 600 Faks: 04 5191 900 www.vista-hidravlika.si
	OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana Cesta Dolomitskega odreda 10 1000 Ljubljana T + 386 (0)1 200 68 63 F + 386 (0)1 200 68 50 www.omega-air.si

*Davor EBERL, Franc MAJDIČ*: Hose Manipulation with Jet Forces 286

■ VODENJE KOMPLEKSNIH SISTEMOV

*Jernej KOLBL, Andrej SARJAČ, Rajko SVEČKO*: Regulacija krogle na plošči s pomočjo zaslona, občutljivega na dotik 292

■ AVTOMATIZIRANA KONTROLA KAKOVOSTI

*Benjamin JOVANOVIČ, Aleš HACE*: Naprava za avtomatizirano dimenzijsko in oblikovno kontrolo izdelanih puš 300

■ NAČRTOVANJE VODENJA

*Primož BERGOČ, Borut ZUPANČIČ*: Turbinski regulator za dvošobno turbino Pelton 306

■ HIDRAVLIČNA OLJA

*Milan KAMBIČ, Vito TIČ*: Kontaminacija in merjenje stopnje čistosti hidravličnih olj 314

■ ROBOTIKA

*Janez POGORELC, Robert CINGL*: Robotska celica za paletizacijo posod 320

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Enota za merjenje pretoka – SFGA (*FESTO*) 325  
2/2-procesni ventili SMC (*SMC*) 326  
Optični kontrolni sistem ConVer (*SICK*) 328

■ NOVOSTI NA TRGU

Senzorji za merjenje pretoka zraka serije D6FZ (*MIEL Elektronika*) 329  
Nova serija Parker proporcionalnih potnih ventilov serije D1FC/D3FC (*PARKER HANNIFIN*) 329  
Varnostni modul SI-Safety (*PS*) 330  
Elektropnevmatična regulatorja ITVH in ITVX (*SMC*) 331  
Energijsko učinkovita temperirna naprava (*SMC*) 331

■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Oprema za merjenje in nadzor parametrov stisnjene zraka (*OMEGA AIR*) 332  
*Simon ČRETNIK*: Virtualna realnost – prihodnost proizvodnje (*SIEMENS*) 334

■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Zanimivosti na spletnih straneh 338

**VENTIL**  
REVUIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO  
ISSN 1518-7270 | AVGUST 21 / 2015 / 4

- Intervju
- Manipulacija cenil s silami curkov
- Vodenje kompleksnih sistemov
- Avtomatizirana kontrola kakovosti
- Regulacija Peltonove turbine
- Stopnje čistosti hidravličnih olj
- Robotska celica
- Letalstvo
- Podjetja predstavljajo

Elektronske rešitve  
**SMARTDRIVE™**  
Za hidrostatični pogon, ki upraviča  
natančno uslo, kar zahtevate...

**POCLAIN Hydraulics**  
www.poclain-hydraulics.com

HITREJE NAPREJ



MOS

48.

Mednarodni sejem obrti in podjetnosti

6  
uspešnih  
dni,  
od torka do  
nedelje

Celjski sejem, 8.-13. september 2015

NAJPOMEMBNEJŠI POSLOVNI SEJEM V TEM DELU EVROPE

NOVI DOMAČI IN TUJI IZDELKI, STORITVE IN DOSEŽKI

RAZSTAVA ZA INDUSTRIJO, PODJETNIŠTVO IN DOM

RAZŠIRJENI TRGI, NOVI PARTNERJI IZ 33 DRŽAV

1500 RAZSTAVLJAVCEV



SKUPINSKE PREDSTAVITVE  
TUJIH GOSPODARSTEV

NAJVEČJA TRGOVINSKA  
PREDSTAVITEV KITAJSKE

(Premium Brands China,  
8.-11. september, dvorana A)



VELIKA RAZSTAVA KAMPINGA IN  
KARAVANINGA

USPEHI IN PRILOŽNOSTI  
SLOVENSKEGA LESA

BREZPLAČNO ENERGETSKO  
SVETOVANJE

ELEKTRIČNA VOZILA

NAKUPI S POPUSTI



SEJEMSKA DOŽIVETJA

Ugodne cene vstopnic in  
gostinskih storitev

Predstavitve športov in  
mini olimpijada

Adrenalinski park za vso družino

Poskusne vožnje

Glasbeni oder



CELJSKI SEJEM



© Ventil 21 (2015) 4, Tiskano v Sloveniji.  
Vse pravice pridržane.  
© Ventil 21 (2015) 4, Printed in Slovenia.  
All rights reserved.

## Impresum

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

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

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

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

Letnik	21	Volume
Letnica	2015	Year
Številka	4	Number

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

Ustanovitelj:  
SDFT in GZS – ZKI-FT

Izdajatelj:  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Glavni in odgovorni urednik:  
prof. dr. Janez TUŠEK

Pomočnik urednika:  
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:  
Roman PUTRIH

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

Oblikovanje naslovnice:  
Miloš NAROBÉ

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

Lektoriranje:  
Marjeta HUMAR, prof., Brigita Orel

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

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

Marketing in distribucija:  
Roman PUTRIH

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

Naklada:  
1500 izvodov

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

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

Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.

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

# Odgovornost in dekadenca



O odgovornosti smo na teh straneh že večkrat pisali. Smo en od redkih medijev, ki o tej po naši oceni in za našo Slovenijo zelo pomembni temi sploh piše. Odgovornost je lastnost človeka, ki jo ima v genih, kar je redko, ali pa ima privzgojeno, kar je pa pri nas tudi vedno bolj redko. Po oceni številnih na različnih področjih delovanja je neodgovornost tudi razlog, da se na mnogih mestih ravna zelo »po domače«. Ali imata odgovornost in dekadenca kakšno povezavo? Brez posebnih dokazov se lahko zapiše, da odgovorna družba ni dekadentna družba.

Slovenija je po raziskavah ameriške tiskovne agencije druga najbolj dekadentna družba na svetu. Merila pri raziskavah so se nanašala na vedenje in običaje ljudi. Preverjali so količino popitega alkohola na prebivalca, število pokajenih cigaret in marihuane, zaužitih amfetaminov, kokaina, opiatov in ekstazija ter čas, zapravljen z igrami na srečo, in pri tem izgubljen denar glede na bruto družbeni proizvod države. Raziskavo so opravili v 57 državah na vseh celinah sveta.

Nesprejemljivo je, da so mediji te ugotovitve skoraj prezrli. Ali ni to eden večjih nacionalnih problemov v naši družbi? Ta dejanja vodijo v samouničenje. Kaj bo z našo mlado generacijo, ko ostari? Politiki govorijo o nacionalnem interesu, v mislih pa imajo le materialne dobrine. Kaj je večji nacionalni interes kot odgovorna in delovna družba brez znakov dekadence?

Zanimiva bi bila raziskava, če bi v prej naštetih kriterije vnesli še odgovornost. Ali niso razvade, kot je pretirano pitje alkohola, kajenje cigaret, uživanje prepovedanih substanc, igranje na srečo, početja, ki se jih odgovorni ljudje ne lotevajo? Verjetno ti ljudje s tem početjem iščejo srečo. Ali ni največja sreča za človeka, da uživa, ko dela, in je srečen z rezultati svojega dela?

Zakaj je tako, zakaj smo neodgovorni? Kje in kdaj se pri nas sploh govori o odgovornosti? Prav gotovo to spada v vzgojo otrok in mladine! Pri stanju, kot ga je ugotovila tiskovna agencija, bi morali temu posvetiti veliko več pozornosti, organizirati konferenčne na nacionalni ravni, posvetovanja na univerzah, v srednjih in osnovnih šolah, prebuditi bi se morale civilne družbe, cerkve itd. Očitno tega pri nas ni ali pa premalo, če pogledamo družbo v celoti.

Prav gotovo so vsa podjetja, ki delujejo na trgu, in vsi zaposleni v njih zelo odgovorni, drugače ne bi delovali na trgu. Za zaposlene v teh podjetjih je neodgovornost pri delu sankcionirana z materialno odgovornostjo. Natakarcica v gostinskem lokalu mora iz svojega žepa plačati vrednost, za katero jo je ogo-ljufal neodgovoren gost. Podobno velja za bančno uslužbenko. Če zaradi neodgovornosti stranki izplača preveč denarja, ga mora pokriti iz svojega žepa. Kaj pa v cestnem prometu kot vozniki? Imamo zelo veliko prometnih nesreč, ki so posledica neodgovornega ravnanja.

Kaj pa učitelji? Oni, še posebno v osnovni šoli, imajo največjo odgovornost, o kateri se sploh ne govori, ne nadzira in ne preverja. Podobno velja za odgovornost pedagoškega kadra v srednji šoli in na univerzi. Poglejmo primer, ki se dogaja pri nas. Tisti univerzitetni profesor, ki na oglasno desko v začetku študijskega leta, to je v začetku oktobra, zapiše, da se predavanja začnejo sredi novembra, ni odgovoren do študentov, niti do svojih kolegov, niti do države, ki mu daje plačo. Kdo lahko takemu neodgovornemu profesorju kaj naredi, ga opozori ali celo materialno sankcionira. Ni ga junaka, ki bi to storil!

Kaj pa javna uprava? V številnih primerih lahko srečamo zelo neodgovorno ravnanje.

Če imamo po številnih merilih najmanj učinkovito in najmanj delovno sodstvo v Evropi, potem je to neodgovornost brez primere. Če »najkakovostnejši«  
sodnik v državi po telefonu govori tajne stvari, ki jih niti neizobražen kmet ali navaden neizobražen delavec v podjetju ne bi »sčvekal«, potem je to do skrajnosti neodgovorno. Ali ne bi bilo normalno, da bi tak sodnik za svoje neodgovorno ravnanje odgovarjal materialno. Še nisem slišal ali prebral, da bi slovenski novinarji, politika ali sodni svet od »njega«  
zahtevali vsaj tisti denar, ki ga je prejel za slabo opravljeno delo do sedaj.

Kje je rešitev? Kot smo že večkrat zapisali: učitelji v vrtcih, osnovnih šolah in starši imajo najodgovornejšo, najpomembnejšo in največjo vlogo pri vzgoji otrok za odgovornost.

Janez Tušek

# Sejemska dejavnost je ob dobrem vodenju organizacije lahko uspešna gospodarska veja

Janez TUŠEK

Spoštovana direktorica ga. Breda Obrez Preskar, prosim vas, da za bralce revije Ventil odgovorite na nekaj naših vprašanj, da vašo zelo uspešno in mednarodno uveljavljeno organizacijo bolje spoznamo. Številni bralci Ventila so pogosti razstavljalci in obiskovalci vaših sejmskih prireditev. Naše uredništvo pa je reden gost v razstavnih prostorih na vaših številnih sejmih.

**Ventil:** Prosim vas za kratek zgodovinski pregled sejmskih prireditev v Celju. Kakšni so bili prvi začetki te dejavnosti, kako so se v zgodovini spreminjale oblika sejma, njena organizacija in sama izvedba?

**Breda Obrez Preskar:** Celje ima bogato sejmsko zgodovino. Tradicijo obrtnih razstav v Celju so nadaljevali predhodniki naše družbe, ki so se z organizacijo sejmov začeli ukvarjati že leta 1967. Naš največji poslovno-sejmski dogodek MOS (Mednarodni sejem obrti in podjetnosti) bomo tako letos pripravili že 48-ič po vrsti. Čez dve leti pa bomo praznovali

častitljiv 50. jubilej. Prve namenske sejmske dvorane so se sicer na današnji lokaciji sejmišča začele graditi v letu 1984, družba Celjski sejem pa se je preoblikovala v delniško družbo leta 1996. V teh minulih desetletjih so se organizacijski pristopi spreminjali, sledili razvoju in potrebam družbe in gospodarstva. Tudi nova sejmska infrastruktura je bistveno spremenila razmere in pogoje dela, tako za nas organizatorja kot za obe naši najpomembnejši ciljni skupini – razstavljalce in obiskovalce.

**Ventil:** Celje je poznano po številnih sejmskih prireditvah. Prosim vas za

kratek pregled prireditev, ki jih organizirate v vaši organizaciji.

**Breda Obrez Preskar:** V Celju vsako leto pripravimo od 10 do 14 mednarodnih sejmskih dogodkov. Letos se jih bo na sejmišču zgodilo 10, saj veliko večino naši strokovnih sejmov zaradi samega razvojnega ciklusa industrije organiziramo vsaki dve leti. Največji med letošnjimi sejmi bo tradicionalni MOS (8.–13. september), za katerega smo skupaj s partnerji pripravili številne novosti. Sejmsko sezono sicer običajno (tudi letos je bilo tako) začnemo marca s spomladanskim sejmskim trojčkom Flora, Poroka in Altermed ter največjim regijskim srečanjem čebelarjev ApiSlovenija. Aprila je sledil izjemno uspešen industrijski četverček Forma tool, Plagkem, Graf&Pack ter Varjenje in livarstvo. Sejmsko sezono pa bomo sklenili z mednarodnim erotičnim sejmom sLOVErotika (11.–13. december). Med našimi bienalnimi strokovnimi sejmi pa ne smemo pozabiti še sejmskega dvojčka Energetika in Terotech-Vzdrževanje ter avto-moto četverčka Avto in vzdrževanje, Moto boom, Logotrans in Gospodarska vozila.

**Ventil:** Živimo v času interneta, ko je možno za vsak izdelek po obliki in



Breda Obrez Preskar, izvršna direktorica Celjskega sejma, d. d.

vseh karakteristik dobiti podatke na medmrežju in ga po tej poti tudi naročiti in kupiti. Ali vi te možnosti pridobivanja informacij občutite kot konkurenco sejmskim prireditvam? Kako mislite, da se bo to razvijalo v bodoče?

**Breda Obrez Preskar:** Če se vrne mo v čas, ko je prišlo do razmaha interneta, smo se vsi zavedali, da bi ta lahko bil zelo velika konkurenca sejmom. In dejansko se je to v prvi fazi tudi občutilo. A smo v letih, ko smo tudi organizatorji sejmov začeli uporabljati vse te nove možnosti, ki jih ponuja internet, družba kot celota ugotovili, da brez osebnega stika, vrednot, medčloveške komunikacije vendarle ne moremo živeti. Internet ponuja

številne informacije, a hkrati tudi številne pasti. Sejmi so se po naši oceni prilagodili in razvili v skladu z razvojem interneta. Še vedno so prostor, ki omogoča odlično predstavitev izdelkov in storitev, testiranje nove ponudbe. Vendar pa je danes še bolj pomembno, kako se na ta nastop pripraviš in ga izkoristiš. Internet namreč obiskovalcem omogoča, da sejem obiščejo dobro informirani in »založeni« s konkretnimi vprašanji. Zato morajo biti razstavljalci dobro pripravljeni.

**Ventil:** Na prvi pogled je videti, da ste v Sloveniji monopolist sejmskih prireditev, pa verjetno ni tako. Prav gotovo morate delovati lokalno in globalno. Kdo je pravzaprav vaša konkurenca doma in v tujini?



Celjski sejem letno pripravi od 10 do 14 mednarodnih prireditev

**Breda Obrez Preskar:** V Sloveniji ves čas obstoja Celjskega sejma delujejo tudi druge sejmske hiše, ki imajo svoje zaokrožene sejmske portfelje z vsebinami, ki se v večini primerov ne prekrivajo z našimi. V Celjskem sejmu želimo biti regionalni partner, zato vidimo konkurenco predvsem v podobnih vsebinah sejmskih prireditev v regiji.

**Ventil:** Tisti, ki smo prisotni na tujih trgih opazujemo, da se število sejmov povečuje z novimi vsebinami in da na tem področju prav Nemčija igra vodilno vlogo. Kaj je vaše mnenje in kakšne so vaše izkušnje glede sejmskih prireditev v tujini? Ali se sejmske aktivnosti povečujejo v vseh državah po svetu ne glede na stopnjo razvoja?

**Breda Obrez Preskar:** Nemčija je vsekakor vodilni organizator sejmov po svetu, ker dejansko izhaja iz razmer v njenem gospodarstvu. Nemški sejmi, sejmariji so gonilna sila oblikovalcev trendov v sejemski dejavnosti in svoj model uspešno prenašajo v najhitreje razvijajoče se trge na svetu. Ta model skušamo posnemati tudi sami, a so žal naši resursi zelo omejeni. Uspevajo pa tisti sejmi, ki dejansko imajo potencial v gospodarstvu.

**Ventil:** Za razstavljalce je udeležba na vsakem sejmu velik strošek. Kaj so vaši argumenti, da prepričate podjetja, da se sejma udeležijo kot razstavljalci?

**Breda Obrez Preskar:** V prvi vrsti moramo biti dober poslovni partner in poskrbeti za aktualne vsebine. V Celjskem sejmu smo lahko ponosni na svojo dolgoletno tradicijo in ugled sejmov, a na lovoričkah ni mogoče spati. Zato ves čas sledimo potrebam v gospodarstvu, novim trendom v organizaciji dogodkov in sami izvedbi. Naše vodilo je, da smo uspešni, če so naši razstavljalci na sejmu uspešni. Glavno poslanstvo naše družbe je zato zadovoljiti potrebe in pričakovanja razstavljalcev in obiskovalcev. Ves čas se trudimo združiti interese obeh ciljnih skupin v obojestransko zadovoljstvo.



Največji in najbolj obiskan sejem v Celju in širše je MOS

**Ventil:** Povezovanje s sorodnimi organizacijami je v sodobnem času nujno potrebno na vseh ravneh. Kako je na področju sejemske dejavnosti? Ali se povezujete in sodelujete z drugimi sejemskimi mesti pri nas ter po svetu in na kakšen način?

**Breda Obrez Preskar:** Morda smo slovenski sejmarji navznoter, v našem lokalnem okolju, manj povezani, kot bi lahko bili, saj se nenazadnje izzivi našega okolja vseeno nekoliko razlikujejo od mednarodnega okolja. Se pa slovenski sejmarji radi povezujemo s tujimi stanovskimi kolegi. Naša družba je npr. član CEFA, ki združuje sejemska razstavišča Srednje in JV Evrope. Združenje skrbi za krepitev mednarodnega pomena sejmov na tem zemljepisnem območju, članice pa v okviru združenja izmenjujemo izkušnje in znanje na področju marketinga, informatike in infrastrukture. Izkušnja je vsekakor pozitivna, saj nam članstvo omogoča veliko dodatnega znanja in izmenjave dobrih praks. Sklenjenih pa imamo tudi kar nekaj bilateral-

nih partnerstev, ki nas povezujejo z ostalimi organizatorji. V okviru teh partnerstev predvsem izkoristimo možnost predstavitve naših strokovnih sejmov na podobnih sejmišnih naših partnerjev, slednji pa tudi naše sejme izkoristijo za nagovor novih razstavljalcev. Na aprilskem industrijskem četverčku je tako bilo mogoče spoznati največjo svetovno razstavo strojnega orodja EMO Milano, ki bo oktobra v Milanu. Na septembrskem 48. MOS-u pa se obeta predstavitev bienalne svetovne razstave tehnologij in izdelkov za pohištveno industrijo Xylexpo, ki jo v Milanu pripravljajo maja 2016.

**Ventil:** Po naši oceni je gospodarska razvitost neke države zelo povezana z razvitostjo sejemske dejavnosti. Kakšno je vaše mnenje?

**Breda Obrez Preskar:** Naj se sliši še tako izpeto, a sejmi so neizpodbitno ogledalo gospodarstva. Če je gospodarstvo nestabilno, neprepoznavno in neuspešno, tudi sejmi ne morejo pokazati drugačne slike. Zato doma potrebu-

jemo predvsem stabilno politično okolje in posledično konkurenčnejšo državo. V Celjskem sejmu smo prepričani, da lahko k temu prispevajo tudi naš MOS in dobre poslovno-politične prakse, ki jih bodo na sejmišču pokazale tuje države v okviru skupinskih predstavitev svojega gospodarstva in priložnosti za krepitev poslovnih vezi. Letos se nam na sejmišču obeta rekordno število skupinskih predstavitev tujih gospodarstev. Največjo letos pripravlja Kitajska. V sejmski dvorani A bo tako od torka do petka (8.–11. september, od 9.00 do 17.30) mogoče obiskati Premium Brands China. Imeli pa bomo še dva jubileja – Hrvaška bo letos v organizaciji Hrvaške obrtne zbornice obeležila 20. zaporedni nastop, Srbija pa 10. nastop v organizaciji Pokrajinskega sekretariata za gospodarstvo, zaposlovanje in enakopravnost spolov AP Vojvodina.

**Ventil:** Sejemska dejavnost ni samo razstava novih strojev, opreme in tehnologij, ampak tudi sklepanje poslov, ne samo med obiskovalci in





Na sejmu se sklepajo nova poslovna partnerstva

razstavljalci, ampak tudi med obiskovalci in razstavljalci samimi. Ali se to dogaja tudi na sejmi v Celju? Ali vi kot organizatorji spodbujate takšne aktivnosti?

**Breda Obrez Preskar:** Kot že rečeno, lahko organizatorji sejmski dogodek ocenjujemo za uspešen, če ga kot takega ocenijo tudi naši partnerji – razstavljalci in obiskovalci. Tudi zato na naših sejmi redno izvajamo raziskavo med obiskovalci in razstavljalci, saj tako pridobimo koristne informacije za razvoj posameznega sejmskega dogodka. Aktivno sicer spodbujamo obe strani, da maksimalno izkoristita sejmski dogodek. Dogaja pa se tudi, da različna stanovska srečanja prerastjo najprej v večji dogodek v okviru kakšnega sejma in potem v samostojni sejmski dogodek.

**Ventil:** Prav tako je sejmska dejavnost tudi kongresna dejavnost, kjer potekajo strokovna in znanstvena posvetovanja. Ali tudi vi v času sejma spodbujate kongresne aktivnosti?

**Breda Obrez Preskar:** V Celjskem sejmu se še kako zavedamo pomena t. i. obsejmskih dogodkov, ki pomembno zaokrožujejo sejmsko zgodbo. Temu spremljajočemu programu zato posvečamo praktično enako pozornost kot samemu vabljenju razstavljalcev. Pri njegovi pripravi sodelujemo z razstavljalci, strokovnimi institucijami in zainteresirano javnostjo.

**Ventil:** Na tujih sejmi vidimo, da so skoraj v vsaki razstavni dvorani tudi prostori za strokovna posvetovanja, ki so za obiskovalce običajno brezplačna. Ali imate kaj podobnega v načrtu tudi v Celju, v vaših posameznih razstavnih dvoranah?

**Breda Obrez Preskar:** V Celjskem sejmu želimo obiskovalcem zagotoviti, da imajo z nakupom vstopnice brezplačen vstop na vse dogodke, ki ta dan potekajo na sejišču. Kje vse potekajo spremljajoči dogodki, je odvisno od vsebine sejma. Na aprilskih industrijskih sejmi smo npr. prostor za predavanja razen v naših kon-

gresnih dvoranah namenili tudi neposredno v sejmski dvorani. Enako smo uspešno izvedli strokovna predavanja na avto-moto četverčku. Na sejmu Flora so taki »prostori za strokovna posvetovanja« npr. prireditveni oder za šove in demonstracije ter tekmovalni kotički. Na MOS-u pa za strokovne dogodke uporabljamo predvsem kongresne dvorane, medtem ko zabavnejši program poteka tudi na osrednjem prireditvenem odru in letos npr. v Kamping, karavaning & outdoor parku.

**Ventil:** Gospa direktorica, najlepša hvala za zelo zanimive ter izčrpne odgovore in hvala za vaš čas. V imenu uredništva revije Ventil, vam in vašim sodelavcem želim še veliko poslovnih uspehov, še naprej dobrega vodenja organizacije in veliko zanimivih in privlačnih sejmov v bodoče. Prav tako želimo vam osebno in vaši ekipi veliko zdravja in osebnega zadovoljstva pri tako zahtevnem delu.

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

# Zmaga slovenskih študentov letalstva na tekmovanju DBF v ZDA

Tadej KOSEL

Študenti Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani so se tudi letos, že osmič zapored, odpravili na tekmovanje v gradnji daljinsko vodenih brezpilotnih letal – DBF (Design/Build/Fly), ki ga organizirata Cessna Aircraft Company in Raytheon Missile Systems s podporo Ameriškega inštituta za aeronavtiko in astronautiko, ki je letos potekalo v Tucsonu, v Arizoni. Gre za tekmovanje, na katerem študenti letalstva teoretično znanje, ki so ga pridobili v času študija, uporabijo za gradnjo tekmovalnega letala na daljinsko vodenje, za kar je potrebno dobro poznavanje aerodinamike, mehanike letalskih konstrukcij, materialov, elektrotehnike, letalskih elektropogonov ter znanje pilotiranja letal.

Čeprav se je tekmovalno letalo med pristankom tekmovalne ekipe razbilo in je bila tako nadaljnja udeležba na tekmovanju vprašljiva, so študenti do zadnjega tekmovalnega dne letalo z vztrajnostjo in trdim delom uspeli popraviti; kljub neljubemu pripetljaju so v konkurenci 83 ekip iz 16 držav tudi zmagali. Študenti so se tako ob neljubem dogodku naučili zelo pomembne življenjske lekcije – da timsko delo in tekmovalni duh rodita vrhunske rezultate in da ne glede na to, kako brezizhodno se zdi stanje, nikoli ne gre obupati.

Izr. prof. dr. Tadej Kosel, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, mentor projekta



*Letalo EDA 2015 na tehničnem pregledu pod budnim očesom sodnika*

Študenti tretjega letnika in absolventi smeri Letalstvo na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani pod mentorstvom izr. prof. dr. Tadeja Kosela so se oktobra 2014 že osmič prijavili na študentsko tekmovanje z naslovom Konstruiraj/Izdelaj/Leti (Design/Build/Fly – DBF) (spletna stran [http://](http://www.aiaadb.org)

[www.aiaadb.org](http://www.aiaadb.org)), ki ga vsako leto organizirata podjetji Cessna Aircraft Company in Raytheon Missile Systems s podporo Ameriškega inštituta za aeronavtiko in astronautiko (AIAA – spletna stran <http://www.aiaa.org/>). Tekmovanje je potekalo od 10. do 12. aprila na letališču TIMPA (sple-



*Preizkus motorja in delovanja krmilnih površin ter preizkus delovanja varnostnega izklopa letala*

tna stran <http://timpa.org/>) v mestu Tucson v zvezni državi Arizona, ZDA. Tvrstno tekmovanje je bilo devetnajsto po vrsti, poteka že od šolskega leta 1996/97. V šolskem letu 2014/15 je bilo prijavljenih 84 ekip, predvsem z ameriških univerz, iz tujine pa poleg nas še ekipe iz 16 držav. Naša ekipa se je imenovala Ekipa Edvarda Rusjana (Edvard Rusjan Slovenian Team). Letalo pa smo poimenovali EDA2015. Premagali smo vso konkurenco in osvojili 1. mesto. S tem so študenti letalstva s Fakultete za strojništvo, ki so v ta projekt vložili veliko študijskega in prostega časa, dokazali, da so v konstruiranju, izdelavi in letenju daljinsko vodenih brezpilotnih letal, ki morajo zadostiti kompleksnim tehničnim zahtevam, najboljši na svetu.

S tekmovanjem želijo organizatorji spodbuditi študente letalstva oziroma aeronavtike po svetu k praktičnemu delu: študenti sami konstruirajo brezpilotno letalo na daljinsko vodenje (remote control – RC), ga izdelajo in z njim letijo. Tehnične zahteve so vsako leto drugačne, tako da je vedno treba zgraditi novo letalo.

Pogoj za prijavo ekipe na tekmovanje je, da so vsi člani ekipe redno vpisani študenti, razen pilota, in morajo biti člani združenja AIAA. Ena tretjina članov ekipe mora biti iz nižjih letnikov. Pilot mora biti član združenja AMA (Academy of Model Aeronautics – spletna stran <http://www.modelaircraft.org/>) in je lahko tudi iz neakademijskih krogov. Z vsake fakultete se lahko prijavi samo ena ekipa.

Vsaka od prijavljenih ekip je morala do 23. februarja 2015 oddati tehnično poročilo na 60 straneh, v katerem je opis zasnove letala, podani so aerodinamski in trdnostni preračuni, numerične simulacije leta letala, uporabljeni materiali in način gradnje ter na koncu tehnične risbe sistemov na letalu, tovora na letalu in zgradbe samega zmaja letala. Poročilo se ocenjuje in ocena prispeva h končnemu rezultatu. Vsak od štirih anonimnih sodnikov, ki ocenjuje poročilo, lahko poda tudi svoje pripombe ali pohvale. Dobili smo pohvalo, da je strokovna angleščina, uporabljena v poročilu, na



*Letalo EDA 2015 pred pristankom na stezo po uspešnem letu*

zelo visokem nivoju, višjem od marsikaterih ameriških ekip, kar nam je še posebej laskalo in nas utrdilo v prepričanju, da se lahko kosamo s svetom na področju aeronavtike.

Osnovne zahteve tekmovanja so, da mora letalo vzleteti samo s pomočjo lastnega elektromotorja. Dovoljena je uporaba več krtačnih ali brezkrtačnih motorjev in več propelerjev. Največji dovoljeni električni tok do motorja letos ni bil omejen. Kot vir električnega napajanja so dovoljene samo baterije NiCd ali NiMh. RC-sprejemnik in servomotorji morajo imeti svoje napajanje, ločeno od napajanja pogonskega motorja. Največja dovoljena masa baterij znaša 681 g, največja dovoljena vzletna masa letala pa je lahko 25 kg. Ekipa mora pred pričetkom

tekmovanja predložiti fotografijo letala v letu kot dokaz, da je letalo že preizkušeno v zraku in sposobno letenja, ter kontrolno listo, s katero mentor ekipe preveri vse ključne varnostne zahteve na letalu.

Vsako letalo je bilo najprej tehnično pregledano. Ustrezati je moralo varnostnim zahtevam. Vse ročice krmil so morale biti varovane proti odpetju, vijaki proti odvitju (Loctite), pregledana je bila struktura letala, preizkušena trdnost krila na obremenitev 2,5 g, preverjena pravilno odklanjanje krmil in položaj težišča letala. Letalo se je primerjalo z opisom v tehničnem poročilu, kajti velika odstopanja niso dovoljena. Za primer odpovedi so morali biti na RC-sprejemniku nastavljeni varnostni (fail-safe) položaji krmil v pri-



*Ekipa študentov pod mentorstvom izr.prof.dr. Tadeja Kosela slavi zmago*

meru izgube radijske povezave med RC-oddajnikom in sprejemnikom, to je pomenilo zaprt plin, višinsko krmilo popolnoma gor, smerno krmilo popolnoma v desno. Motor je moral biti zavarovan z varovalko, ki je preprečevala nezaželen zagon motorja in je morala biti odklopljena do vzleta in takoj po pristanku. Jakost varovalke ni bila predpisana. Organizator namenja zelo veliko pozornost varnosti tekmovalcev in gledalcev.

Letošnje posebne tehnične zahteve so bile, da mora letalo nositi kvader mase 2,3 kg v trupu in žogice kot zunanji tovor izven trupa. Žogice je bilo treba odvreči v zraku eno po eno, kar je predstavljalo poseben izziv. Vzletna razdalja je morala biti manjša od 18 metrov.

Tekmovanje je bilo poleg ocene tehničnega poročila sestavljeno iz treh nalog v zraku in iz ene naloge na tleh. V 1. nalogi je bilo potrebno preleteti s praznim letalom čim več šolskih krogov v štirih minutah. V poziciji z vetrom je moralo letalo narediti zavoj za 360 stopinj v nasprotni smeri šolskega kroga. Dolžina šolskega kroga je bila v vsako stran od začetne linije 152 m, prelet te linije pa je označil sodnik z dvigom zastavice. Letalo je po pristanku moralo ostati na vzletno-pristajalni stezi. Tak šolski krog je veljal za vse tri naloge. V 2. nalogi je bilo potrebno leteti z notranjim tovorom – kvadrom – tri šolske kroge. Za rezultat je bil pomemben čas leta, ki je moral biti čim krajši, kar pomeni, da je letalo moralo leteti hitro. V 3. nalogi je moralo letalo leteti z žogicami, pritrjenimi na zunanjo stran trupa. Število žogic ni bilo omejeno navzgor in je bilo prepuščeno ekipi, koliko jih bo izbrala glede na kompleksno enačbo točkovanja. Zahtevana je bila vsaj ena žogica. Naša ekipa je izbrala dve žogici, ker se je za rezultat poleg števila posamično odvrženih žogic štel tudi čas nalaganja tovora v nalogi, ki se je izvajala na tleh, pri njej se je štel čas natovarjanja letala s kvadrom in žogicami. V tej nalogi je letalo moralo biti sestavljeno in pripravljeno na let. Najprej se je natovoril kvader, nato se je kvader odstranil iz trupa in so se natovorile žogice. Naša ekipa je imela najboljši dovršen sistem na-

tovarjanja in raztovarjanja tovora, kar je bila naša velika konkurenčna prednost. Prav tako smo imeli zelo dober in preprost sistem za odmetavanje posameznih žogic, ki je zagotavljal zanesljivo odmetavanje samo ene žogice, hkrati pa je bil preprost in lahek. Na letošnjem tekmovanju je bilo v faktor RAC (angl. Rated Airplane Cost) poleg mase letala v librah šteto tudi število servomotorjev na letalu, tako da je bilo treba letalo narediti čim bolj preprosto, s čim manj servomotorji. Zato se je ekipa odločila za pasivno krilo brez krilc in zakrilc in za smerno in višinsko krmilo ter za regulator motorja, ki je prav tako štel za servomotor. Torej so bili na letalu trije servomotorji. Mehanizem za odmetavanje žogic je bil krmiljen s smernim krmilom, ki je deloval na dva načina. Z delnimi odkloni smernega servomotorja se je letalo krmililo po smeri, z največjim možnim odklonom smernega krmila pa se je sprožil mehanizem za odmetavanje žogic. Odklon v levo smer je odvrigel desno žogico in obratno. Pri tem je nastala kratkotrajna motnja v letu letala, ki pa ni vplivala na zanesljivost leta, letalo je le malo zanihalo po smeri.

Po vsakem uspešnem letu so letalo stehali in uporabili njegovo maso za faktor RAC. Prazno letalo je imelo maso 1300 g, s tovorom mase 2300 g je bila tako vzletna masa letala 3600 g. Tako je bilo letalo sposobno nositi skoraj 1,8-kratno maso lastne mase, s čimer smo se približali meji

razmerja nosilnosti proti masi, ki jo lahko še dosežemo z znanimi materiali. Naša največja konkurenčna prednost je bila lahka konstrukcija letala glede na njegovo nosilnost, hitro nalaganje tovora, kar smo dosegli s pravilno postavitvijo tovarnega prostora in enostavnega vpenjalnega mehanizma žogic. Pravilno smo ocenili število žogic glede na enačbo izračuna končnega rezultata, da je optimalno število dve žogici. Krilo letala smo izdelali iz reber iz balze, ki so bila prekrita s tanko folijo. Pasnice nosilca krila so bile iz ogljikovih vlaken. Trup je bil izdelan iz deprona, ki je bil na kritičnih mestih ojačan s tanko vezano ploščo. Podvozje je bilo prav tako iz ogljikovih vlaken, da smo dosegli dobro razmerje med nosilnostjo in maso.

Velik izziv je predstavljalo iskanje optimalnih komponent za naše letalo in prilagajanje letala na komponente, ki so na voljo na svetovnem tržišču. Vsak posamezen del opreme je bilo potrebno skrbno načrtovati, ga kupiti in dobro preizkusiti. Morali smo izbrati zanesljive komponente. Potrebno je bilo natančno uskladiti pogonske baterije, pogonski motor, reduktor motorja in propeler, da je pogonski sklop dal največjo izhodno moč na enoto mase. Po drugi strani pa je morala biti konstrukcija letala izdelana zelo optimalno, da je bila dovolj lahka in konkurenčna. Vsak gram nepotrebne mase negativno vpliva na končni rezultat.



Pokal za osvojeno prvo mesto v svetovnem merilu

Tekmovanje je potekalo na letališču za daljinsko vodena letala TIMPA (Tucson International Modelplex Park Association), ki je zahodno od Tucsona. Vreme je bilo vse dni brez padavin, večinoma jasno, z najvišjimi dnevnimi temperaturami od 18 do 29 °C, veter je pihal s hitrostjo od 10 do 13 km/h iz južne smeri s sunki do 35 km/h. Naš pilot je bil Ervin Klemenčič in njegov pomočnik Matic Lenaršič, ki je bil tudi vodja študentske ekipe.

Za izvedbo projekta so zaslužni naslednji študenti: David Bojanec, Rok Dernikovič, Aljaž Jelen, Martin Dušak, Domen Gorjup, Matevž Habjan, Matic Klančnik, Ervin Klemenčič, Alen Korič, Matic Lenaršič, Alen Ljoki, Gorazd Matič, Nejc Medved, David Nemeskal, Jernej Novak, Peter Novak, Jernej Plešnar, Iurie Proca, Tomaž Rakar in Nejc Stravnik, ki so načrtovali in izdelali letalo in vse, kar spada zraven, ter pomagali pri organizaciji celotne odprave. K uspešni izvedbi projekta so pripomogli sponzorji s svojimi finančnimi in materialnimi prispevki: Javni sklad Republike Slovenije za razvoj kadrov in štipendije, Laboratorij za aeronavtikko na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, Mibo Modeli, d. o. o., Logatec, Študentski svet FS, Študentska organizacija Univerze v Ljubljani ŠOU.

V času bivanja v Tucsonu smo si ogledali dva muzeja: Titan missile system museum in Pima air and space museum, v katerem smo dan pred tekmovanjem prisostvovali predavanju dr. Dana Raymerja z naslovom: Planes of the Future Past: Dan Raymer's Advanced Aircraft Designs at Rockwell, Lockheed, RAND and CRC. Na ta način smo prosti čas porabili v izobraževalne namene.

## ■ Zaključek

Na tekmovanju študenti pridobijo praktično znanje, kako izdelati čim bolj konkurenčno letalo, kako konstruirati učinkovito letalo, ki hitro leti z majhno porabo energije, kako uporabiti lahke materiale za konstruiranje letala, spodbujajo se inovativne ideje za izdelavo mehanizmov, naučijo se izračunati dejanske letalne lastnosti



*Izr.prof.dr. Tadej Kosel in dr. Daniel P. Raymer po predavanju »Planes of the Future Past«*

letala, načinov testiranja letala ter merjenja dejanskih letalnih lastnosti s snemalniki parametrov leta. Študenti se torej naučijo prenesti teoretično znanje, pridobljeno v času študija, v prakso, in timskega dela, kar lahko s pridom izkoristijo tudi pri izdelavi diplomske naloge, pri zaposlitvi v letalski industriji ali pri nadaljnjem študiju. Tekmovanje ima namreč vse lastnosti konkurenčnega boja na trgu izdelkov, kjer različni izdelovalci konkurirajo na globalnem trgu in se borijo za tržni delež ter skušajo z izdelkom čim bolj zadostiti zahtevam trga. Študenti gredo praktično skozi podoben proces: od zahtev organi-

zatorja tekmovanja (enako zahtevam kupca), razvoja do izdelave in preizkusa izdelka v praksi. Odličnost ekipe in mentorja ter vrhunsko poznavanje letalske tehnike študentov letalstva dokazuje dejstvo, da je prvič v devetnajstletni zgodovini tekmovanja DBF zmagala neameriška ekipa, in to slovenska ekipa. Še nobeni tuji ekipi ni uspelo zmagati.

## Viri

- 1 Uradna stran tekmovanja DBF: <http://www.aiaadb.org/>
- 2 TIMPA, <http://timpa.org/>
- 3 AIAA, <http://www.aiaa.org/>

## Velik uspeh odcepljenih podjetij Instituta »Jožef Stefan« na tekmovanju Start:up Slovenija

S slavnostno razglasitvijo Start:up leta 2015, ki je v sredo, 13. 5., potekala v okviru mednarodne podjetniške konference PODIM, se je zaključilo letošnje tekmovanje Start:up Slovenija, katerega cilj je prepoznati najboljša slovenska zagonska podjetja, jih strokovno in medijsko podpreti ter povezati z zasebnimi investitorji in potencialnimi partnerji. Tekmovanje je namenjeno celovitemu spodbujanju razvoja inovativne podjetniške aktivnosti in podjetniške kulture v Republiki Sloveniji, v letih pa je pridobilo sloves najpomembnejšega in najbolj priznanega dogodka na področju ustanavljanja in preboja zagonskih podjetij v Sloveniji.

Med letošnjih deset polfinalistov so se uvrstila tudi tri podjetja, ustanovljena na podlagi znanja, ustvarjenega na Institutu »Jožef Stefan« (IJS). Podjetje Plasmadis, ki razvija tehnologijo za učinkovitejšo vodenje plazemskih naprav za obdelavo površin v industriji, se je v finale uvrstilo z drugega mesta, podjetji RGA in InoVine pa sta si po predtekmovanju delila tretje mesto. Prvo si z razvojem superiorne genetike z izkoriščanjem genetskega fenomena »heterozisa« utira pot na trg hibridnih semen, drugo pa razvija tehnologijo za popolnoma nov koncept izdelave penin, ki z izločanjem kvasne biomase s pomočjo magnetnih nanodelcev omogoča pospešitev, poenostavitev in bistveno pocenitev proizvodnega procesa. Podjetju InoVine se je uspelo uvrstiti tudi v kasnejši finale peterice. Dodati je treba, da dejavnost podjetja InoVine, sicer odcepljena podjetja Instituta »Jožef Stefan«, temelji na uporabi skritega znanja, razvitega na IJS, pri ustanovitvi podjetja pa sodeluje tudi sodelavec Univerze v Ljubljani, skupaj z njo je



*Ekipa podjetja InoVine d.o.o., odcepljenega podjetja Instituta "Jožef Stefan", ki se je uvrstilo v veliki finale tekmovanja Start:up Slovenija*

Institut v Sloveniji patentiral izum, ki predstavlja del zgoraj opisane tehnologije in ga bo podjetje predvidoma tudi izkoriščalo.

K uspehu vseh treh podjetij je pomembno prispevala strokovna pomoč Centra za prenos tehnologij in inovacij (CTT), notranje enote Instituta »Jožef Stefan«, katere primarna naloga je prenos tehnologij in inovacij v gospodarstvo. Raziskovalci – ustanovitelji navedenih treh podjetij – so svojo podjetniško pot začeli z obiskom govornih ur, ki jih CTT organizira vsak teden, da bi raziskovalcem Instituta omogočil predstavitev njihovih podjetniških idej in pogovor o možnostih za komercializacijo tehnologij, ki so jih razvili v okviru svojega delovanja na Institutu. CTT dodatno prispeva k identifikaciji tehnologij, primernih za trženje v obliki ustanovitve odcepljenega podjetja, v okviru organizacije mednarodne konference o prenosu tehnologij, ki bo letos septembra potekala že osmo leto zapored. Ključni del konference je podelitev nagrade za inovacijo z največjim tržnim potencialom, o zmagovalcu pa na podlagi predstavitve odloči komisija, sestavljena

iz domačih in tujih strokovnjakov s področja prenosa tehnologij ter predstavnikov tveganega kapitala. Ne gre spregledati, da so povratne informacije komisije odličen pokazatelj, ali je smiselno storiti nadaljnje korake v smeri komercializacije tehnologije, vključno z morebitno ustanovitvijo odcepljenega podjetja, ob tem pa velja izpostaviti, da so bili v preteklih letih udeleženci tekmovanja tudi ustanovitelji podjetij Plasmadis, RGA in InoVine prav s tehnologijami, ki predstavljajo osnovo za njihovo delovanje.

Raziskovalci so bili pri ustanovitvi navedenih treh odcepljenih podjetij deležni tudi številnih visokokakovostnih storitev iz repertoarja Centra za prenos tehnologij in inovacij, predvsem v okviru priprave poslovnih načrtov, raziskav trga in tehnologije, zaščite intelektualne lastnine, formalnih postopkov ustanovitve podjetja in pridobitve vseh soglasij na matični instituciji, iskanja mednarodnih partnerjev za trženje in razvoj tehnologije, objave tehnoloških ponudb podjetja ter promocije tehnologij in podjetij na sestankih B2B, mednarodnih sejmih ter konferencah doma in v tujini.



Finalisti letošnjega tekmovanja Start:up Slovenija

Velik uspeh, ki so ga podjetniško usmerjeni raziskovalci Instituta »Jožef Stefan« dosegli v sodelovanju s Centrom za prenos tehnologij in inovacij, dokazuje, da je tržno izkoriščanje raziskovalnih rezultatov uresničljiv cilj, ki pa ga je veliko lažje doseči ob sinergiji znanstvenih znanj s specializiranimi znanji s področja prenosa tehnologij. Ker realizacija poslovnih ambicij raziskovalcev hkrati pomeni tudi trženje vrhunskih inovativnih tehnologij, bi bilo uspeh odcepljenih podjetij Instituta »Jožef Stefan« mogoče upoštevati kot model, ki lahko Slovenijo popelje v lepšo prihodnost visokotehnološkega podjetništva.

Luka Virag  
Institut Jožef Stefan, CTT

POSVET

## AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2015 - ASM 15

2. decembra 2015

na Gospodarski zbornici Slovenije v LJUBLJANI

aktualne novice o posvetu so na voljo na [www.posvet-asm.si](http://www.posvet-asm.si)



## ZMAGOVALNI TIM

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

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

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

**YASKAWA**

YASKAWA Slovenija d.o.o.

T: + 386 (0)1 83 72 410

[www.yaskawa.eu.com](http://www.yaskawa.eu.com)

## Štirinajsta mednarodna skandinavaska konferenca o fluidni tehniki (SICFP'15)

Eden večjih svetovnih dogodkov s področja fluidne tehnike letos je potekal v prijaznem mestu Tampere na Finskem od 20. do 22. maja. Organiziral ga je Inštitut za inteligentno hidravliko in avtomatizacijo (IHA). Mednarodna skandinavaska konferenca je na vsaki dve leti, menjujeta se Švedska (Linköping) in Finska (Tampere). Prva taka konferenca je bila v Tampereju leta 1987.

Uradno odprtje tridnevne konference je bilo v sredo, 20. maja, s pozdravnim nagovorom vodje konference profesorja dr. Kalevija Huhtala (slika 1). Konference se je udeležilo preko 200 udeležencev iz več kot dvajsetih držav. Tri vabljen predavanja so obširno predstavila naslednje tematike: Razvojni trendi mobilne hidravlike in primeri uporabe v švedskem podjetju Sandvik, Trendi in perspektiva robotike, kot jo vidi prof. dr. Kyrki z Univerze Helsinki, in Trendi razvoja industrijske hidravlike z vidika podjetja Bosch Rexroth. Med konferenco je bil po vnaprejšnji prijavi možen organiziran ogled preizkusne platforme za mobilne stroje. Tam so prikazali delovanje daljinskega krmiljenja mobilnih strojev in računalniškega krmiljenja mobilnih strojev, v obeh



**Slika 1.** Profesor dr. Kalevi Huhtala, vodja konference in IHA, med odprtjem konference



**Slika 2.** Računalniško krmiljen mobilni stroj med demonstracijo na poligonu



**Slika 3.** Na konferenci predstavljena gozdarska stroja Ponsse in John Deere



primerih brez fizične prisotnosti voznika (slika 2).

Pred konferenčnim centrom sta bila predstavljena tudi dva gozdarska stroja, Ponsse in John Deere (slika 3).

Na konferenci je bilo z različnih področij fluidne tehnike predstavljenih preko 70 prispevkov. Zastopana so bila naslednja področja: pogoni in prenosniki moči, digitalna hidravlika, hidravlični sistemi, sestavine, energijsko učinkoviti mobilni stroji, letalska hidravlika, virtualna resničnost v strojogradnji, proizvodnja obnovljivih virov energije, mode-

liranje in simulacije, nadzorno-krmilna elektronika v mobilnih strojih, tekočine, projektiranje sistemov, avtonomni stroji in roboti, hidravlične sestavine, sestavine vodne hidravlike, črpalke, nadzor stanja, simulacija delovanja hidravličnih sestavin, sistemi za vračanje energije, industrijska hidravlika, izkoristki sestavin, digitalna hidravlika in inovacije, ventili za mobilno hidravliko, simulacije hidravličnih sistemov in izkoristki v pnevmatiki.

Področje vodne pogonsko-krmilne hidravlike je bilo na letošnji konferenci SICFP'15 zelo slabo zastopano.



pano. Vodna hidravlika letos prvič po dolgem času ni imela niti svoje sekcije. Edini prispevek, ki je bil predstavljen s tega področja, je bil s Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani. Pripravil ga je avtor tega poročila. Prispevek je podal nekaj rezultatov razvoja in raziskav s področja novega izboljšanelega vodnega protipovratnega ventila.

Dr. Franc Majdič,  
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, 17. in 18. SEPTEMBER 2015



*Cenjeni uporabniki hidravličnih in pnevmatičnih naprav  
objavljen je program mednarodne, jubilejne konference*



## Fluidna Tehnika 2015

Z izbranimi, za uporabnika zelo pomembnimi temami, se bomo v okviru letošnje jubilejne konference posvetili sledeči problematiki:

- Četrta industrijska revolucija se je pričela – so naše komponente in sistemi že primerni za uporabo v prihajajočem obdobju (nove rešitve, razvojni potencial, nove tekočine, ...)
- Total fluid management – celovita podpora uporabnikom tekočin. Zgolj želja ali realna praksa?
- Sodobni pogonski koncepti in koncepti vodenja, mehatronski pristop k snovanju komponent in sistemov... odpirajo nove možnosti za uporabnika.
- Inovativne rešitve s področja hidravlike in pnevmatike ...

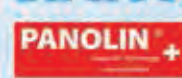
... je samo nekaj izhodišč, ki jih bomo podrobneje obravnavali na konferenci. Več informacij o samem programu in ostalem dogajanju na konferenci lahko najdete na spletni strani konference.

Vabimo vas, da se udeležite osrednjega dogodka branže!

Več informacij na [laoh@um.si](mailto:laoh@um.si)  
ali na spletni strani konference

<http://ft.fs.um.si>

Glavni pokrovitelj



## Domača industrija ne popušča

Portorož je tudi letos gostil največje dvodnevno strokovno druženje slovenske industrije. 7. industrijski forum IRT je postregel z rekordom: 57 odličnih strokovnih prispevkov vabljenih in prijavljenih avtorjev, na strokovni razstavi je svoje dejavnosti predstavljalo več kot 40 razstavljalcev. Okrogla miza s številnimi uglednimi gosti je obravnavala temo inovacije in razvoj za večjo gospodarsko rast, vrhunec pa je, kot je že v navadi, prinesla podelitev prestižnega priznanja TARAS za najuspešnejše sodelovanje gospodarstva in znanstvenoraziiskovalnega okolja.



Okrogla miza na 7. industrijskem forumu IRT

Štetje udeležencev Industrijskega foruma, teh je bilo letos več kot 400, je najlažje prav ob okrogli mizi, saj nihče ne želi zamuditi ključnih sporočil predstavnikov domače industrije in z gospodarstvom povezanih organizacij javne uprave. Letos je bilo v ospredju znanje, ki je osnova za nove izdelke in inovacije. Udeleženci okrogle mize so ugotavljali, da v Sloveniji znanja ne primanjkuje, a bi ga bilo treba za doseganje še boljših rezultatov in ohranjanje današnjega ekonomskega statusa v Evropi bolj deliti in tudi združiti.

»Skupaj smo močnejši, tudi več denarja lahko pridobimo, če sodelujemo,« je med drugim poudaril Ivo Boscarol, direktor podjetja Pipistrel. Po njegovih besedah se moramo zavedati, da je celotni svetovni trg danes na dosegu leve tipke na miški. Zato bi morali v Evropi razumeti, da so vsi evropski projekti naši skupni projekti, saj danes naša celina v razvoju caplja za preostalim svetom. Da Evropo danes vsi prehitujejo po levi in desni, se je strinjal tudi Marjan Rožman, direktor podjetja Quadrofoil, d. o. o. Kot pravi, danes nihče ni pripravljen

tvegati, čeprav je sprejemanje in upravljanje tveganja ena ključnih podjetniških veščin.

Tudi dr. Mitjan Kalin, profesor in prodekan za pedagoško dejavnost II. in III. stopnje na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani, je poudaril, da je za ustvarjanje česar koli potrebno znanje. Težava Slovencev pa je v tem, da ne znamo odkrito povedati, da je nekdo slab in drug dober. Sicer pa so prav tradicija, veliko znanja, pa tudi dvig tehniške kulture v zadnjih letih po Kalinovih besedah naše ključne prednosti.

Dr. Igor Milek iz agencije SPIRIT Slovenija vidi možnosti za napredek na področju prenosa znanja na trg, v prodajo. Da imamo znanja v naši državi veliko, smo dokazali s prijavo projektov na evropske razpise. Kot je razložil, smo v Sloveniji dosegli veliko množičnost prijav na centralne evropske projekte, manjša pa je sama uspešnost. Ta je približno pet odstotna, kar je pod evropskim povprečjem.



Čoln ORIGO boat





Utrinek iz podelitve priznanja TARAS

Da se da z znanjem, vizijo in praktično realizacijo priti daleč, je dokazovala inovacija pred glavno dvorano – čoln ORIGO boat, ki po besedah njegovega izumitelja Jureta Dolinška premika temelje in preoblikuje zgodovino navtike. Njegovi stvaritelji za kredite niso moledovali pri domačih bankah in poslovnih angelih, temveč so idejo in rešitev predstavili na spletni platformi Kickstarter, namenjeno družbenemu financiranju najboljših idej.

### TARAS za družino inteligentnih pogonov ventilov

Strokovno komisijo, ki podeljuje nagrado TARAS, je letos najbolj prepričala rešitev podjetja Danfoss Trata, d. o. o., ter raziskovalne skupine Sistemi in vodenje Instituta Jožef Stefan. Omenjeni organizaciji sta razvili družino inteligentnih pogonov ventilov za večje moči z bistveno izboljšanimi zmogljivostmi in zanesljivejšim delovanjem od obstoječih. Sodelavci raziskovalne skupine z instituta so prispevali znanja in izkušnje o regulacijskih algoritmih, adaptivnih sistemih in elektronskih rešitvah, ki so bili potrebni za inovativne rešitve in so omogočili tržno prednost pred konkurenco. Skupaj z raziskovalno skupino v podjetju Danfoss Trata, d. o. o., so rešili veliko pomembnih tehnoloških izzivov, saj so so-

delovali na vseh stopnjah razvoja izdelka od zasnove do certificiranja ustreznosti za prodajo na trgu. Napredna rešitev je postregla tudi z dvema skupnima patentnima prijama. Poleg predstavitev rezultatov na več domačih konferencah in na sejmih ter dveh patentov sta sodelujoča partnerja ohranila tudi nekaj izvedbenih podrobnosti oziroma tehnološkega znanja in izkušenj kot skupno poslovno skrivnost. Največja trga za nove pogone sta predvsem Kitajska in Rusija, ki pospešeno gradita nove stavbe, medtem ko si v podjetju veliko obetajo tudi od prenove starejših objektov, ki jim bodo namenili ustrezne rešitve.



Živahno dogajanje na in ob razstavnih prostorih

V finalni izbor za priznanje TARAS so prišla še naslednja podjetja in organizacije: Metal Ravne, d. o. o., in Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Tehnologija kovinskih materialov, sta stavila na vrhunsko vroče preoblikovano jeklo RAVNEX\_HD, medtem ko sta finalist Acroni, d. o. o., in Razvojni center Jesenice – RCJ predstavila projekt razvoja prototipne naprave in procesa plazemske obdelave nerjavnih plošč. V finale se je uvrstila tudi inovacija podjetja Quguard, d. o. o., in Razvojno raziskovalne skupine INTECH-LES s QUGUARD z rešitvijo E-vrtar v vlogi mehatriškega podsistema pametne hiše.

### Zanimanje mladih veliko obeta

Forumsko dogajanje so popestrili tudi mladi udeleženci. Odlični odziv fakultet in visokih strokovnih šol je poskrbel, da je forum obiskalo okoli 150 študentov iz Ljubljane, Maribora, Slovenj Gradca, Kopra, pa tudi hrvaške Reke in Zagreba. Vsekakor je to zelo pozitiven znak, da se mladi zanimajo za področje industrije, ne le z vidika strojništva, temveč tudi drugih področij. Ne nazadnje je bilo eno pomembnejših vprašanj okrogle mize tudi o tem, kako v Sloveniji nagrajujemo ali pomagamo mladim inovatorjem na njihovi poti v poslovni svet.



Predaja Vrabčka upanja

### Forum z dobrodelno noto

Revija IRT3000 (podjetje PROFIDTP, d. o. o.), organizator Industrijskega foruma IRT, je donirala 1.000 evrov dobrodelnih sredstev fundaciji Vrabček upanja, ki zbira sredstva za Oddelek za invalidno mladino in rehabilitacijo v Stari Gori. Njen promotor

je tudi Ivo Boscarol, ki je Vrabčka upanja predal glavnemu uredniku revije IRT3000 Darku Švetku.

### Drugi dan v znamenju orodjarstva

Drugi dan 7. industrijskega foruma se je v štirih vzporednih dvoranh zvrstilo 47 izbranih strokovnih prispevkov, ki so zaokrožili zanimiv in pester program razvojnih dosežkov na zelo različnih industrijskih področjih. Poseben sklop so predstavljale vsebine s področij orodjarstva in strojegradnje v okviru Dneva orodjarstva in strojegradnje, ki ga je organizator Industrijskega foruma IRT pripravil v sodelovanju s TECOS, Razvojnim centrom orodjarstva Slovenije. Udeležba orodjarjev je bila letos manjša kot prejšnja leta, bržkone predvsem na račun polno zasedenih orodjarn, katerih poslovanje v času okrevanja gospodarstva resnično cveti.

Industrijski forumu IRT je tako spet dokazal, da gre za dogodek, na-



Tudi strokovni mediji so se predstavili na prireditvi

menjen industriji v širšem smislu. Na njem lahko odgovore na svoja vprašanja in možnosti novega sodelovanja, mreženja in novih priložnosti najdejo predstavniki številnih industrij pa tudi predstavniki gospodarstva in študenti.

Miran Varga, revija IRT3000

## DE-STA-CO doniral opremo laboratoriju LASIM

V letu 2015 je podjetje DE-STA-CO Europe GmbH iz Nemčije doniralo Laboratoriju za strego, montažo in pnevmatiko (LASIM) s Fakulteto za strojništvo v Ljubljani več komponent za avtomatizacijo. Donirana oprema obsega vpenjalo za tesna mesta z oznako 8732G, pnevmatično gnano prijemalo z oznako 82L20-4030, pnevmatično gnano prijemalo za pločevino z oznako 84L2-11D40BABA in ročno vpenjalno napravo z oznako 5105-R. Komponente spadajo v standardno ponudbo opreme za avtomatizacijo in so prvenstveno namenjene za uporabo v proizvodnih linijah velikoserijske proizvodnje, predvsem v avtomobilski industriji.

Donirana oprema je prvotno namenjena za pedagoške namene in bo pripomogla, da bodo študentje preko praktičnega učenja osvojili znanje s področja uporabe standardnih kom-



ponent za vpenjanje v avtomatiziranih linijah. Oprema bo uporabljena tudi za raziskovalne namene, predvsem za izvedbo raziskovalnega dela pri zaključnih nalogah študentov.

Sodelavci laboratorija LASIM se podjetju DE-STA-CO Europe GmbH

najlepše zahvaljujemo za donirano opremo, katero bomo koristno uporabljali v izobraževalne in raziskovalne namene. Obenem upamo na uspešno sodelovanje tudi v naprej.

Dr. Mihael Debevec,  
UL, Fakulteta za strojništvo

## Industrijsko izobraževanje: Osnove hidravlike

Med aprilom in junijem smo v Laboratoriju za fluidno tehniko Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani izvedli 40-urno industrijsko izobraževanje z naslovom Osnove hidravlike. Udeleženci so bili iz več slovenskih podjetij. Izobraževanje je bilo razdeljeno na osem sklopov. Vsak slušatelj je najprej v predavalnici poslušal tri šolske ure teoretičnih osnov posameznega sklopa, nato pa se je za dve šolski uri preselil v laboratorij, kjer je sveže pridobljeno znanje praktično podkrepil na za to pripravljenih hidravličnih preizkuševališčih.

Na željo slušateljev smo izobraževanje izvedli v štirih petkih po dva sklopa skupaj oziroma po deset šolskih ur. Predavatelj je bil doc. dr. Franc Majdič, laboratorijske vaje pa je vodil Rok Jelovčan, dipl. inž.

Vsebina 40-urnega izobraževanja je bila: 1. temeljne zakonitosti in pregled hidravličnih sestavin, 2. hidravlične črpalke, motorji in hidravlični valji, 3. hidravlični ventili – konvencionalni (potni, tlačni, tokovni in protipovratni), 4. hidravlični ventili – zvezno delujoči (proporcionalni in servo), 5. pomožne hidravlične sestavine (akumulatorji, rezervoarji in oprema, cevovodi itd.), 6. čistoča, filtracija in vzdrževanje, 7. izračuni hidravličnih parametrov in branje hidravličnih shem po standardu ISO 1219, 8. meritve hidravličnih parametrov in usmeritve razvoja hidravlike.

Vsak udeleženec je prejel gradivo seminarja v pisni obliki in potrdilo o udeležbi. Glede na pozitivne odzive udeležencev načrtujemo ponovitev seminarja jeseni, predvidoma septembra in oktobra.

*lab.fs.uni-lj.si/lft*



*Udeleženci med predavanjem*



*Nadaljevanje izobraževanja v laboratoriju*



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



Brüsseler Allee 2  
41812 Erkelenz  
NEMČIJA

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

info@sunhydraulik.de

[www.sunhydraulik.de](http://www.sunhydraulik.de)

## SIEMENS organiziral mednarodno letno konferenco uporabnikov orodja Plant Simulation

V sredini meseca junija smo se udeležili mednarodne konference uporabnikov programskega paketa SIEMENS Plant Simulation 2015 (Plant Simulation 2015 Worldwide User Conference), ki je potekala v SIEMENS-ovi poslovni stavbi v Stuttgartu v Nemčiji. Glavni namen srečanja je bila predstavitev novosti v programskem paketu za simulacijo diskretnih dogodkov in predstavitev modelov ter praktičnih dosežkov uporabnikov pri simulaciji proizvodnih sistemov. Tridnevne konference se je udeležilo 220 udeležencev iz 90 podjetij, ki so prišli iz 27 držav s celega sveta in glede na odzive so bili vsi zadovoljni tako z organizacijo dogodka kot z vsebinami.

Prvi dan je bila organizirana strokovna ekskurzija v visokotehnološko podjetje HOMAG AG v Schopflochu južno od Stuttgarta, ki je vodilni svetovni proizvajalec avtomatiziranih linij in CNC-strojev za lesnopredelovalno industrijo. Čez 55-letni obstoj podjetja nas je popeljal g. Michael Kratzert in obenem nazorno predstavil, kako podjetje simulacijo proizvodnje že šesto leto uspešno vključuje in uporablja pri svojem uspešnem poslovanju. V nadaljevanju so nas štirje predstavniki podjetja popeljali skozi proizvodne hale, kjer smo si lahko ogledali vrhunsko urejeno logistiko od vstopnega materiala do končnega izdelka.

Drugi dan konference je g. Matthias Heinicke v uvodnem nagovoru pozdravil vse udeležence srečanja. Temu so v dopoldanskem delu sledila predavanja o prednostih uporabe simulacije z vidika vitke proizvodnje, o novostih v novi verziji Plant Simulation ter praktičen primer 3D-simulacije v podjetju HO-



Siemensova poslovna stavba v Stuttgartu



Udeleženci strokovne ekskurzije v podjetje HOMAG AG

MAG. Sledilo je 12 predavanj v dveh vzporednih sekcijah z najrazličnejših področij uporabe simulacije: logistika skladišč za letala, logistika postavitve vetrnih elektrarn na morju, proizvodnja v avtomobilski industriji, logistika transporta materiala znotraj podjetij, logistika v bolnišnicah, delovanje robotov v proizvodnji, logistika skladišnih sistemov, logistika proizvodnje parnih in plinskih turbin, logistika materialnega

toka, analiza preko simulacije in fleksibilno modeliranje v avtomobilski industriji.

Zadnji dan konference je v treh vzporednih sekcijah potekalo 17 predavanj, ki so pokrivala najrazličnejša področja v povezavi s simulacijo: simulacija v industriji 4.0, modularna gradnja modelov kompleksne montaže plovil v ladjedelništvu, podatkovni oblaki v Plant



Matthias Heinicke med uvodnim pozdravom udeležencev konference

Simulation, testiranje delovanja PLC in optimizacija v Plant Simulation, povezava Teamcenter-Plant Simulation, 3D v Plant Simulation, 3D-optimizacija skladiščnih sistemov, dimenzioniranje vmesnih skladišč, virtualno komisioniranje, analiza toka vrednosti (Value Stream Mapping), vizualno programiranje, simulacija porabe stisnjenega zraka v proizvodnji, analiza gibanja delavcev v proizvodnji ter zajem in vključevanje 3D-dejanskega okolja v simulacijske modele.

Za zaključek konference so se predstavniki SIEMENS PLM Software zahvalili vsem za udeležbo in konstruktivna vprašanja ter vse udeležence povabili na konferenco naslednje leto.

Več o konferenci si lahko preberete na [www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm).

Dr. Mihael Debevec  
UL, Fakulteta za strojništvo

# JAKŠA

## MAGNETNI VENTILI

od 1965

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



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



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

## Mala in mikropodjetja v spopad s tehnologijo in prestrukturiranjem

Malo ljudi razume, da mala in mikropodjetja potrebujejo velike tehnološke spremembe in učinkovito prestrukturiranje.

Številni tehnološki in nanotehnološki dnevi, ki jih že vrsto let organiziramo v okviru odbora za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije, so neke vrste znanilci novih tehnoloških trendov in smeric šele prihajajočih tehnologij. So pa tudi kazalnik tega, kako na nekaterih področjih nazadujemo in kako malo ljudi razume, da so v zdajšnjih malih in mikropodjetjih potrebne velike tehnološke spremembe in učinkovita prestrukturiranja.

### Digitalna družba in industrija prihodnosti

Čeprav se Slovenija v zadnjem času usmerja v sodelovanje in razvoj pametnih tovarn prihodnosti, v iskanje rešitev za učinkovite oskrbne verige, učinkovitejšo logistiko, rešitev na področju digitalizacije zdravja, nege in aktivnega življenja, ostaja veliko več vprašanj kot odgovorov, kako bomo zastavljene cilje sploh dosegli. Lahko sicer pozdravimo številne iskalce tržnih priložnosti na področju različnih tehnologij, tudi danes tako poudarjenih, kot je na primer internet stvari (IOT, Internet of Thin-

gs), in globalnih izzivov človeštva s področja Big Data, vendar pravi tehnološki izzivi šele prihajajo, nanje pa mogoče nismo dovolj pripravljeni.

Res je, da se Slovenija še zlasti v zadnjem času usmerja v gradnjo pametnih mest in skupnosti ter predvsem v iskanje energetske samozadostnosti in novih priložnosti v okviru trajnostnega razvoja. Na podlagi rezultatov European Innovation Scoreboard lahko ugotovimo, da EU-25 pri sredstvih za razvoj in raziskave (RR) zaostaja za ZDA, da pa so nekatere države, na primer Švedska in Finska, daleč spredaj. Številne države so seveda daleč pred Slovenijo še zlasti pri indeksu kreativnosti v družbi, ki meri relativni delež znanstvenikov, inženirjev, umetnikov, arhitektov, menedžerjev in drugih, katerih službe so povezane z ustvarjalnimi nalogami.

### Kaj nas mora skrbeti

Če se za trenutek ustavimo še pri Raziskovalni in inovacijski strategiji Slovenije (RISS) in pri neizvajanju potrebnih ukrepov, nas mora skrbeti, ali bodo cilji, ki smo si jih zastavili, sploh uresničeni. Cilji so namreč: vzpostaviti sodoben raziskovalni in inovacijski sistem, ki bo omogočal višjo kakovost življenja za vse, s kritično refleksijo družbe, učinkovitim reševanjem družbenih izzivov in dvigom dodane vrednosti na zapo-

slenega ter zagotavljanjem več in kakovostnejših delovnih mest.

Zakaj v Sloveniji ne moremo oziroma ne znamo preiti v družbo znanja in inovacij, čeprav za to obstajajo priložnosti? Najbrž smo nekako še vedno ujetniki »zgodbe o uspehu«, saj večina prebivalstva in tudi politikov še ne zaznava potrebe po spremembah. Te pa vedno prinašajo določeno negotovost, ki seveda ni prijetna. Žal bo ta potreba nastopila zelo hitro in takrat bomo ugotovljali, koliko smo izgubili zaradi prepozne aktivnosti oziroma prepozne prilagajanja spremenjenim okoliščinam. Če so podjetja uspešna, iz takšnega gospodarstva prevzemajo vse več in vse bolj zahtevne vloge v verigi vrednosti. Kljub temu pa še vedno največkrat proizvajajo za tuja podjetja, ki so originalno razvila tehnologijo, zdaj pa nadzorujejo predvsem oblikovanje in trženje.

### Novi tehnologije in materiali bodo generator razvoja

V prihodnjih letih pričakujemo nove dosežke na področju informacijsko-komunikacijskih in proizvodnih tehnologij, pri povečani industrijski avtomatizaciji in robotizaciji, izgradnji zelo zahtevnih in sofisticiranih mehatronskih naprav in sistemov, razvoju in uporabi interneta stvari, razvoju novih pametnih materialov, nanotehnoloških izdelkov in drugem. Razvoj se bo usmerjal tudi s pomočjo novih ved, kot sta bionika in biomimetika. Poudarek v industriji bo na uvedbi informacijsko podprtega spremljanja izdelka, razvili se bodo standardni gradniki za avtomatsko identifikacijo, tehnološke rešitve za sledenje po njegovi distribucijski poti ter kompleksne informacijske rešitve za sledenje izdelka skozi celotni življenjski cikel.

Velik poudarek bo na povečanju učinkovitosti, konkurenčnosti, zanesljivosti in varnosti proizvodnih procesov. V Sloveniji lahko v prihodnjih letih pričakujemo intenzivnejšo uporabo pametnih materialov in še



Bionični koncept gradnje pametnih mest



zlasti nanomaterialov. Pri novih pametnih materialih bo največji poudarek na okolju prijaznih, samorazgradljivih, energetsko učinkovitih in obdelovalno uspešnih materialih. Močno se bodo okrepile dodajalne tehnologije in zmanjšale obdelovalne, predvsem zaradi velikega prihranka pri materialu in energiji. Pri energiji bo poudarek na razvoju in iskanju novih alternativnih virov energije, na kompleksnem razvoju pametnih omrežij, na shranjevanju energije in njeni učinkoviti rabi.

Čeprav je tehnološko prihodnost težko in včasih nevhvaležno napovedovati, bomo v Sloveniji morali zelo resno identificirati tehnologije z velikimi možnostmi rasti, pravočasno

bomo morali prepoznati pomembne tehnološke preboje in predvideti prihodnje potrebe po tehnoloških izdelkih ter se zavedati pomembnosti odkrivanja obetavnih zamisli, novih pristopov že na zgodnji stopnji načrtovanja postopkov, gradnje in inovativnih usmeritev. Brez naštetega bomo žal le še pisci najrazličnejših strategij, globalni razvoj pa se nam bo z vsakim novim dnevom bolj oddaljeval.

### Težave poznamo, rešitve pa so nam povsem tuje

Po mnenju številnih predstavnikov gospodarstva bi javna sredstva na področju znanstvene in tehnološke politike morala biti usmerjena

v spodbujanje integriranih inovacijskih projektov oziroma v spodbujanje inovacij v gospodarstvu ter sodelovanje med javnimi institucijami za raziskave in razvoj in podjetji, kjer imajo vodilno vlogo (potencialna) podjetja. Treba je odpraviti rigidnost izobraževalnih organizacij nasploh in še posebej visokošolskih organizacij ter raziskovalno-razvojnih inštitutov, ki morajo postati glavni spodbujevalec podjetništva in inovativnosti v naši družbi. Brez korenitih sprememb žal ne bomo dosegli nobenih ciljev, ki jih vse prepogosto vpisujemo v različne strategije.

*Janez Škrlec, inž. mehatronike  
Odbor za znanost in tehnologijo pri  
OZS*



**HYDAC** **KOMPONENTE ZA FLUIDNO TEHNIKO**

- hidravlični filtri
- mobilni filtrirni agregati
- obvodni filtrirni agregati
- agregati za odstranjevanje vode
- hidravlični akumulatorji
- hladilniki olje/zrak, olje/voda
- senzorika, tlak, temp., pretok, nivo...
- krmilni bloki in ventili
- objemke in pritrditve
- krogelni ventili
- črpalke
- oljni servis

HYDAC d.o.o.  
Zagrebska c. 20  
2000 Maribor  
Tel.: 02 460 15 20  
ali info@hydac.si

## BISOL Group v prvi polovici leta rekordno



Proizvodnja fotonapetostnih modulov BISOL je v prvi polovici leta 2015 za 27 % presešla lanske količine v enakem obdobju ter za skoraj 40 % tiste iz prve polovice leta

2013. Predsednik uprave skupine BISOL Group dr. Uroš Merc pravi: »Z letošnjim prvim polletjem smo izredno zadovoljni. Tudi obeti za drugo polovico leta so več kot spodbudni, kapacitete se polnijo in prepričani smo, da bo leto 2015 rekordno, še (bistveno) boljše kot 2012.«

Vedno večji delež modulov BISOL se proda na trge, kjer za fotovoltaike ni več nikakršnih podpor – glavni razlog za inštalacije je prihranek pri računih za elektriko. Značilna je razpršenost prodaje, saj domači proiz-

vajalec prodaja svoje izdelke že v več kot 60 državah po svetu. Čeprav Evropa še vedno dominira, se delež prodaje zunaj nje vztrajno in hitro povečuje. Vodilni slovenski proizvajalec fotonapetostnih modulov uspeva na najbolj zahtevnih trgih, kjer je konkurenca najmočnejša. Ob vsem tem je delež prodaje v Sloveniji neznaten in se še zmanjšuje. Ta je lani znašal 1,6 %, v prvi polovici letošnjega leta le še 0,5 %, kar BISOL Group uvršča med največje slovenske izvoznike.

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

# Hose manipulation with jet forces

Davor EBERL, Franc MAJDIČ

**Abstract:** The innovation was drafted in search of a technically more advanced and safer strategy of firefighting. The resulting solution has a strong interdisciplinary character as it requires and utilizes the knowledge of mechanical engineering, electrical engineering as well as computer science.

In all of the existing patents which exploit the thrust forces of jets of liquid, the jets were always positioned only at the end of the supply hose. This fact severely limits the range of access of the known solutions as the gravity force of the supply hose and the contained liquid is too large and inappropriately oriented to allow any serious practical usage. The distribution of the jets of liquid and their thrust forces along the supply hose is the natural solution to this problem and actually the essence of this innovation. By adding the ability of changing and controlling the thrust and direction of every single jet of liquid, we get a device which can lift off and allows us to control its stable hovering and movement.

**Keywords:** Patent, jet force, water, hose, device, hovering, movement

## 1 Introduction

To achieve stable hovering of the hose the thrust forces of the jets of liquid need to be of the same size and have the opposite direction in relation to the resultants of the gravitational and potential wind forces that the hose is exposed to. Any change in the size or direction of the forces will spoil the balance and result in the movement of the hose.

At the beginning of this contribution, the device construction and the utilized principles are described. The relevant physical background is included in order to explain its influence on the feasibility and usefulness. The presentation of the current prototype is followed by a section related to the control of the device. Theoretical usage possibilities are briefly explained at the end of the contribution.

## 2 Device description and utilized principles

Davor Eberl, Independent innovator; Assist. Prof. Dr. Franc Majdič, University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering

## 2.1 Device description

The basic building element of the system (*Figure 1*) is an active unit for splitting the flow of liquid which comprises an inner sleeve (pos. 1) and an outer housing (pos. 2) [1, 2]. The sealed rotation (pos. 5) of the housing around the inner sleeve is controlled by a small electric motor (pos. 10) via a gear transmission (pos. 11). An electronically controlled valve (pos. 8 and pos. 13) and a nozzle (pos. 9) are fluidly attached to the rotatable outer housing. The valve is regulating

the flow of the liquid which is exiting the housing and flowing towards the nozzle. In general, the jet of liquid is perpendicular to the axis of the unit, but this angle can be changed to a certain extent by rotating the nozzle in the plane going through the imaginary axis of the unit.

Such unit construction allows arbitrary control of the flow and the direction of the jet of liquid and at the same time, the necessary control of the size and direction of the corresponding thrust force.

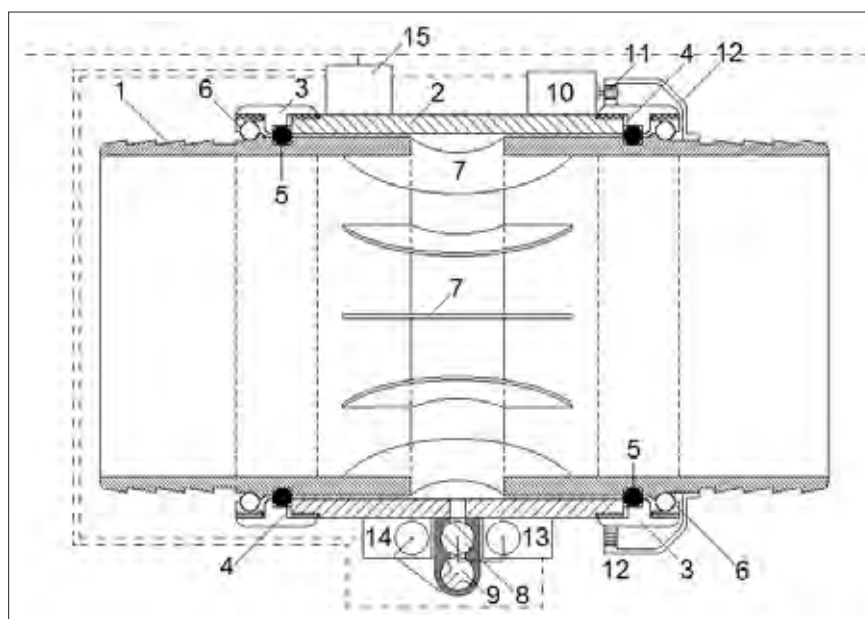


Figure 1. Basic unit construction [1, 2]

When multiple aforementioned units are serially interconnected and appropriately spaced with segments of a flexible high pressure hose and one end is connected to a source of pressurized liquid, we get a device that can overcome its own weight, and allows us to control its stable hovering and movement.

## 2.2 Relevant physical background

The size of the jet thrust force is regulated by changing the flow of the liquid through the valve and the nozzle. The maximal thrust force has to be greater than the total weight of the device segment that it has to carry. This includes the weight of the unit, the adjacent segment of the hose and the weight of the contained liquid.

The thrust force ( $F$ ) of a jet of liquid (Equation 1) depends on the square of its exit speed ( $v$ ), the exit surface area ( $A$ ) and the specific density ( $\rho$ ) of the selected liquid ( $\rho$  of water =  $1000 \text{ kg/m}^3$ ) [3].

$$F = \rho \cdot A \cdot v^2 \quad (1)$$

The exiting speed ( $v$ ) of the jet (Equation 2) depends on the difference ( $\Delta p$ ) between the pressure of the liquid in the hose and the external air pressure and also on the specific density ( $\rho$ ) of the selected liquid [3, 4].

$$v = c_v \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}} \quad (2)$$

The factor  $c_v$  ( $0 \leq c_v < 1$ ) decreases the exiting speed of the liquid due to the pressure drop in the exit installation. This pressure drop mostly depends on the valve position and it is used for regulating the thrust force.

The results of theoretical calculations pertaining to a single segment of the device show that sufficient thrust force can be achieved with the existing pumps for liquids.

Calculations derived from formulas (1) and (2) show that the volume-

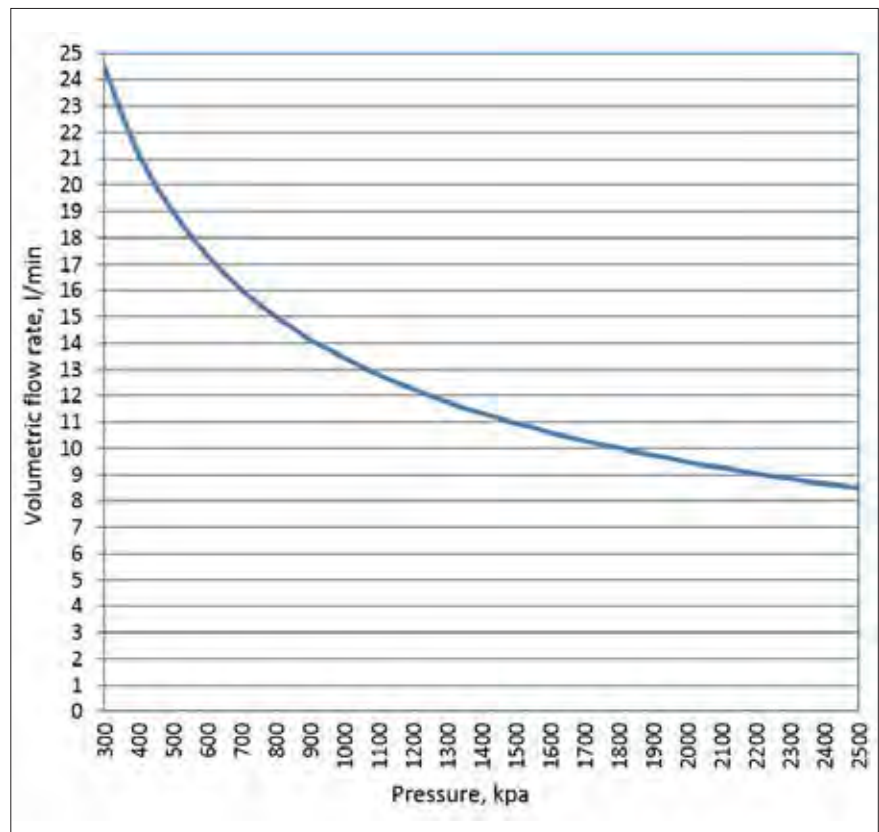


Figure 2. Volumetric flow rate of water with 10 N jet force at different pressures

tric flow rate necessary to achieve a certain thrust force decreases considerably with the increase of the pressure,  $\Delta p$  (Chart 1). At higher pressures, the exiting speed of the liquid is higher and the nozzle diameter for achieving the same thrust force is smaller.

This means that the pressure of the liquid source has an important influence on the feasibility of building a useful hose manipulation device. A higher pressure and smaller volumetric flow rates of jets distributed along the length of the hose at the same time mean lower speeds of the liquid streaming through the hose and a smaller pressure drop along its length.

The results of this calculation point to the conclusion that the theoretical length of the device mostly depends on the power of the pump which needs to provide a sufficient volumetric flow rate of the liquid at a sufficiently high pressure and on the capability of the device to withstand such high pressure.

## 3 Prototype design

The inner sleeve, the housing, the valve and the nozzle are all machined from aluminium, while the base for attaching the servo motors and the toothed wheel are 3D printed with ABS plastic. Figure 3 shows a three-dimensional design of the device prototype, and Figure 4 its realisation.



Figure 3. Design of the prototype

## ■ 4 Three-dimensional calculations of flow through device

After the three-dimensional modelling of the patented device [1, 2], it is necessary to optimize its design of channels from the inlet to the outlet nozzle with a straight jet. A numerical model, an appropriate mesh and parameters have been set. Then the water streamline velocity profile and the pressure drop of flow through the device have been calculated.

### ■ 4.1 Velocity of flow-streamlines

The flow velocity profile is mostly dependent on the geometry of the flow path, therefore calculations and later optimisations are needed. *Figure 5* shows streamlines and *Figure 6* the velocity profile of water flowing through the prototype device to the nozzle at the end with a flow of 50 l/min. It is obvious that the maximum velocity, 47 m/s, is achieved at the elbow near the end of the flowing path. This velocity is lower when the nozzle is positioned perpendicularly to the main hose.

### ■ 4.2 Pressure drop through device

The pressure drop due to the viscous friction of water flow through the device is important with regard to the characteristics of the water system pump. Such pumps are often hydrodynamic pumps, so they cannot reach pressures as high as hydrostatic pumps in power-control hydraulics. *Figure 7* shows the pressure drop profile of the water flow through the device. The maximum pressure drop is 1.17 MPa at a flow of 50 l/min.

## ■ 5 Controlling the device

Every unit of the device is equipped with its own microprocessor controller and the necessary sensors for determining the position and movement of the unit. This electronic circuit is generating signals for the direct control of servo motors. It can be programmed and parameterized for autonomous operation.



Figure 4. The first prototype of the basic unit

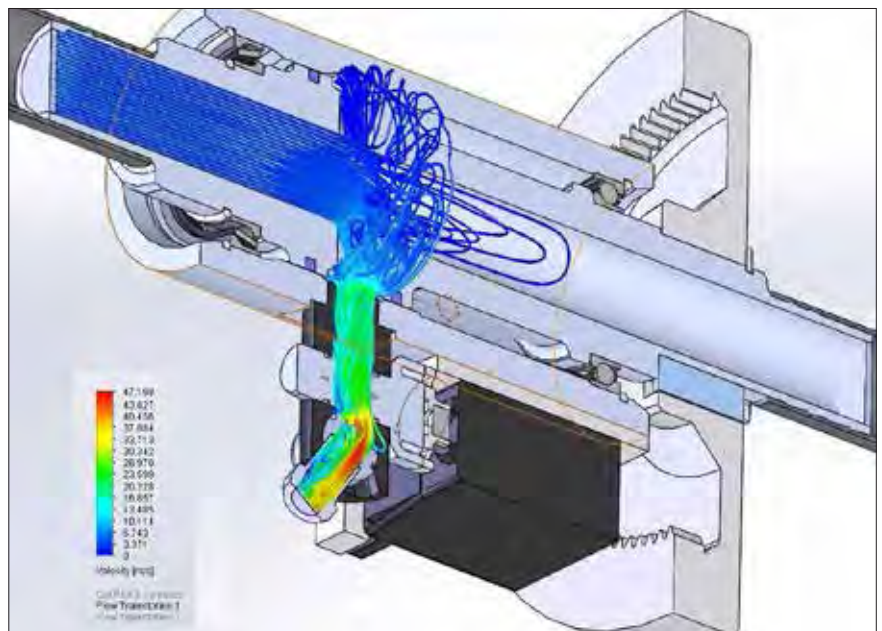


Figure 5. Streamlines of water through jet

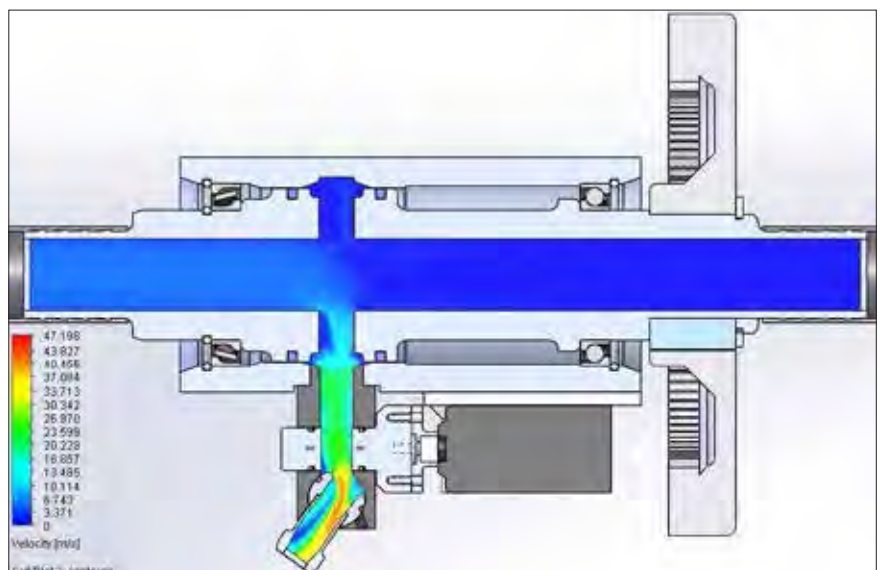
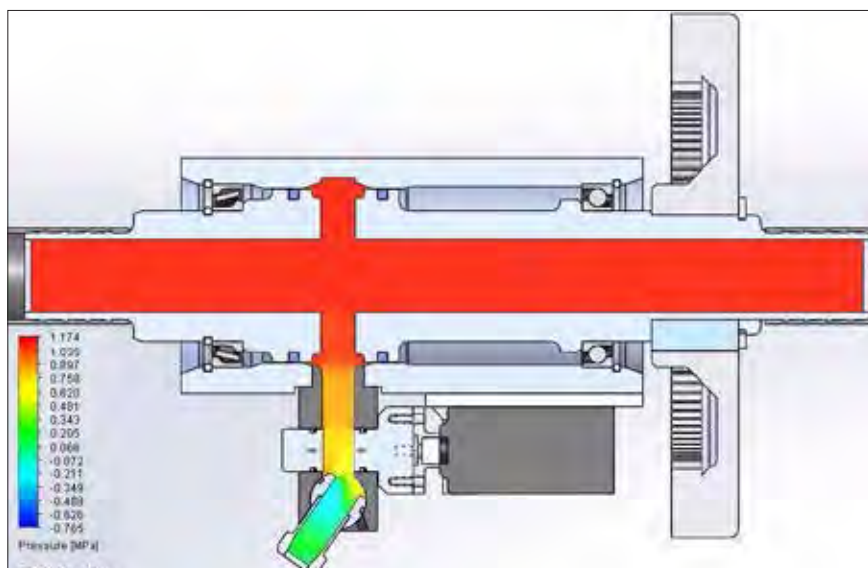


Figure 6. Calculated flow velocity profile of water through device



**Figure 7.** Calculated pressure drop through device

It is also capable of mixing input command signals with the pre-programmed response signals which are based on the sensor inputs.

For more complex movement and controlled reshaping of the device, the operation of the controllers has to be coordinated by a computer. A two-way communication with every single controller has to be established and constantly maintained for that purpose. The cable which is powering the device can also be used for establishing the necessary communication network.

On the basis of the data received from the controllers, the computer is able to determine the position, the shape and any movement of the device. This information is used for the calculation and issuing of corrective commands to corresponding controllers.

The selection of appropriate sensors depends on the size and specific usage of the device. Electronic gyroscopes and accelerometers for all three spatial axes are most probable and almost mandatory. Additional sensors may include pressure sensors, magnetometer based compasses, GPS receivers, ultrasonic distance sensors, and the sensors for the measurement of wind and temperature.

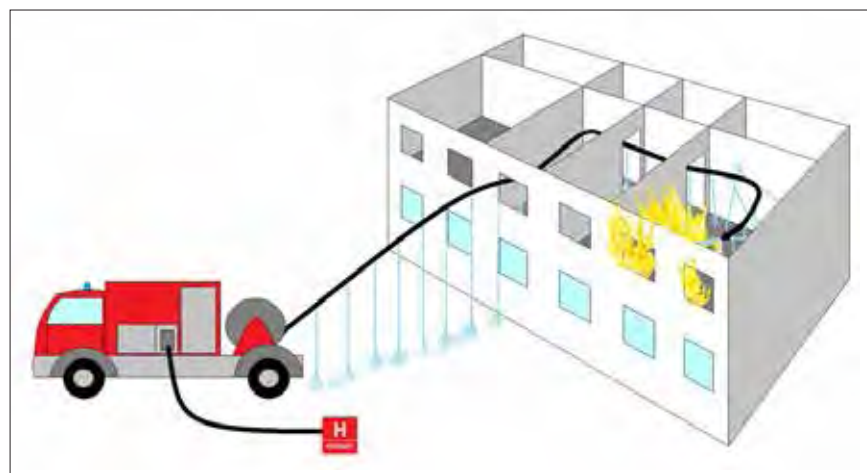
For a precise remote control of the device, optical and/or thermal ca-

meras could be mounted at the end of the device. For guidance through narrow openings and inside buildings, stereoscopic cameras would be very useful for providing a 3D FPV (First-Person View) to the operator.

## ■ 6 Possibilities of usage

### ■ 6.1 Firefighting

The search for a new, safer way of firefighting was the main motivation and the source of the idea. For the firefighting purpose, the device would need to be thermally insulated from the external high temperatures. Luckily, the water flowing through the hose is effectively cooling the device from the inside. A portion of the water could even be sacrificed and used for cooling the external surface of the thermal insulation.



**Figure 8.** Urban firefighting

For urban firefighting usage (Figure 8), the device would most probably be equipped at its end with at least one (possibly thermal) camera and a larger remotely directed jet of water with a compensated thrust force (with opposite jets). Installation and usage of the sprinklers for generating the fog of small water droplets is possible practically anywhere on the device.

To avoid unnecessary loss of water for reaching fire on higher floors, the reel where the device is wound could also be mounted on top of an extendable pole or a ladder.

A large scale device for wildfire fighting would require a very powerful pump and a practically endless source of water in the vicinity of the pump (river, lake or sea). Vessels floating on the water seem to be very well suited for that purpose due to the abundance of water and the presence of a powerful driving engine which can also drive the pump. The curtain of jets of water is expected to be very efficient for extinguishing and preventing the spread of wildfire.

### ■ 6.2 Cleaning and maintenance

Often, reservoirs have very small openings. This fact usually makes the cleaning and maintenance of the interior a difficult task. Most likely, there are corners that are almost impossible to reach.

With a smaller scale version of the aforementioned device, every corner of a reservoir interior could be reached. Powerful jets of liquid can mechanically remove and flush the accumulated sediments.

In the case of a hydraulic reservoir maintenance, jets of hydraulic oil could be used instead of water. The time and effort needed to remove water from the reservoir could be eliminated in this way.

Similarly, the device could be used for the removal of moss and rotten leaves from the roofs of buildings.

### ■ 6.3 Some other usage possibilities

- Transporting the rescue rope to a drowning person on heavy seas, or on thin ice
- Transporting the towing rope between ships or landing rope on heavy seas
- As a mobile device for the irrigation of farmland
- For snow production and covering the ski slopes (with some technical adjustments)

- Quick laying of a temporary water supply installation
- For decorative purposes as an attractive dynamic fountain
- Underwater manipulation and rescue operations (capsized vessels)

### ■ 7 Conclusion

The article presents the basic idea for hose manipulation with jets of liquid, for which a Slovenian patent has been granted and an international patent application has also been filed. The main idea of the invention is to lift, hover and to control the movement of the device connected to a water firefighting hose.

The basic theoretical calculations of the thrust force in connection to the flow rate and pressure drop were introduced. For 10 N of thrust force at water flow rate of 13 l/min, a pressure supply of 1 MPa is needed. The maximum calculated flow velocity through the device is 47 m/s and the maximum calculated pressure drop is 1.1 MPa at 50 l/min.

The presented patented device can be used for different applications, such as firefighting, cleaning, rescue aims, etc. The prototype of the presented device was constructed and the first measurements will be done in the near future.

### References

- [1] Eberl, D.: Priprava za manipuliranje s cevjo s pomočjo vodnega curka (eng. "Water-jet hose manipulation device"), Slovenian Patent application P-201400222, Ljubljana, 13th June 2014.
- [2] Eberl, D.: Water-jet hose manipulation device, PCT International Patent application PCT/IB2015/054063, WIPO Geneva, 29th May 2015.
- [3] Murrenhoff, H.: Grundlagen der Fluidtechnik, Teil 1: Hydraulik, Umdruck zur Vorlesung, 6. Auflage 2011, Shaker Verlag, IFAS-RWTH Aachen.
- [4] Findeisen, D.: Ölhydraulik, 5th ed., Berlin, 2006.  
Morgan, S. K.: Industrial hydraulics manual, 4th ed., sec. pr. Minnesota, 2001.

## Manipulacija cevi s silami pretočnih curkov

### Razširjeni povzetek

V prispevku je predstavljena inovacija, namenjena predvsem izboljšanju varnosti pri gašenju požarov. Patentirana rešitev je interdisciplinarna, saj povezuje strojniška, elektro- in računalniška znanja. Vsi obstoječi patenti, ki uporabljajo silo curka, to vedno izkoriščajo samo s konca cevi. To pa zaradi lastne teže cevi in vode v njem omejuje njeno uporabnost. Razporeditev sil curkov vzdolž cevi je logična rešitev problema, kar predstavlja inovacija v tem prispevku [1, 2]. Ko dodamo vsakemu posamičnemu curku vzdolž cevi še možnost nastavitve smeri v dveh oseh in velikosti pretoka, dobimo napravo, ki omogoča lebdenje in kontrolirano gibanje cevi po prostoru.

*Slika 1* prikazuje zgradbo osnovne enote patentirane naprave [1, 2], ki jo sestavljajo jedro, ohišje, vrtljiva šoba, trije majhni elektromotorji in drugo. Na *sliki 2* je prikazana izračunana odvisnost pretoka vode od tlačne razlike skozi šobo za zagotavljanje konstantne sile curka 10 N. *Slika 3* prikazuje tridimenzionalno zasnovano, *slika 4* pa izdelan prototip osnovne enote naprave. Pred izdelavo prototipa so bili narejeni numerični izračuni. *Slika 5* prikazuje tokovnice, *slika 6* pa izračunan hitrostni profil vode pri pretakanju skozi patentirano napravo za krmiljenje curka vode. *Slika 7* prikazuje numerično izračunano tlačno razliko pri pretakanju vode skozi napravo od vstopa v jedro do iztoka skozi šobo, *slika 8* pa možnost uporabe naprave pri gašenju v poslopju brez prisotnega gasilca.

Mehanski del prototipa naprave je bil izdelan, sedaj sledijo še razvoj krmilno-nadzornega dela, testiranja in morebitne izboljšave.

**Ključne besede:** patent, sila curka, voda, cev, naprava, lebdenje, premikanje

# LABORATORIJ ZA FLUIDNO TEHNIKO

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

Obrnite se na nas, če potrebujete:

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



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



## Kaj je natančnost, hitrost, zanesljivost?



Stäubli roboti zagotovilo za optimalne rešitve v vseh industrijskih panogah.

**DOMEL**<sup>®</sup>

Trajnostne inovativne rešitve  
Ventil 21 /2015/ 4

**STÄUBLI**

Kontaktne podatki:  
Brane Čenčič,  
Tel: 00386 4 511 73 55,  
E-mail: brane.cencic@domel.si,  
[www.staubli.com](http://www.staubli.com) 291

# Regulacija krogle na plošči s pomočjo zaslona, občutljivega na dotik

Jernej KOLBL, Andrej SARJAŠ, Rajko SVEČKO

**Izvleček:** Članek govori o regulaciji krogle na plošči s pomočjo zaslona, občutljivega na dotik. Regulacija je implementirana na mikrokrmilniku, s katerim krmilimo dva servomotorja, ki skrbita za nagib plošče v dveh smereh. Na plošči imamo zaslon, občutljiv na dotik, s pomočjo katerega odčitavamo položaj krogle, ki jo reguliramo v točno določeni točki.

V članku je predstavljen postopek modeliranja sistema, načrtovanja regulatorja in programiranja vseh potrebnih segmentov za delovanje na končnem fizičnem modelu. Predstavljeni so tudi rezultati opravljenih končnih testiranj in možne izboljšave.

**Ključne besede:** mikrokrmilnik, servomotor, zaslon, občutljiv na dotik, regulacija, modeliranje in identifikacija

## ■ 1 Uvod

Na Inštitutu za avtomatiko so se odločili, da bi bilo zanimivo izdelati in predstaviti večvariabilni nelinearni regulacijski problem. Tak problem predstavlja regulacija krogle na plošči. Predstavljeno delo zajema področje matematičnega modeliranja in identifikacije sistemov, načrtovanja regulatorjev, programiranja mikrokrmilnikov in izdelave fizičnega modela za dani problem. Tako pridemo do našega cilja, ki predstavlja dvodimenzionalno pozicioniranje prosto se gibajoče krogle v dani referenčni točki na plošči.

Končni model nam tako lahko služi za interaktivno in zanimivo predstavitev delovanja inštituta širši

Jernej Kolbl, dipl. inž. elektrotehnike (UN), doc. dr. Andrej Sarjaš, izr. prof. dr. Rajko Svečko, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Maribor

javnosti kakor tudi za predstavitve reševanja problema z mikrokrmilniki in drugimi sodobnimi napravami ter tehnologijo. Model lahko opazovalce popelje v svet elektrotehnike in jih motivira (predvsem sedanje in bodoče študente) za študij.

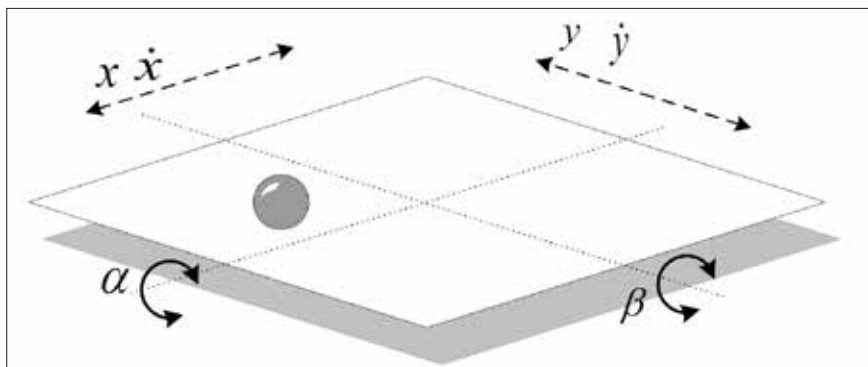
Za izdelavo je bilo potrebno dobro preučiti problem, načrtati in izdelati fizični model sistema in ga matematično modelirati. Ko smo imeli matematični model sistema, smo morali načrtati primeren algoritem vodenja krogle na plošči. Fizični model vsebuje digitalne servomotorje, s katerimi je moč spreminjati horizontalni naklon vpete plošče v obeh pravokotnih oseh. Oba motorja sta vodena z mikrokrmilnikom, na katerem je implementiran regulator. Da regulator lahko deluje, moramo poznati položaj krogle, za kar smo uporabili uporovno folijo, občutljivo na dotik. V tem se ta projekt razlikuje od drugih že poznanih rešitev, ki za določanje položaja krogle uporabljajo kamero, ki je pritrjena nad nagibajočo se ploščo.

## ■ 2 Predstavitev sistema

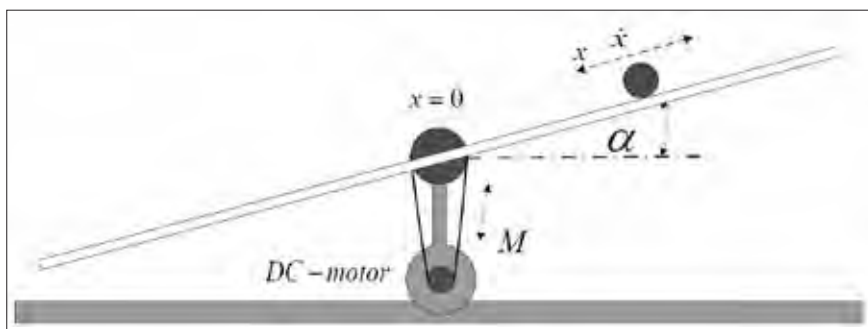
Naš problem regulacije krogle na plošči predstavlja multivariabilni nelinearni regulacijski problem. Za izvedbo potrebujemo vpeto ploščo, katere horizontalni naklon se lahko spreminja v obeh pravokotnih oseh. Naklon plošče lahko spreminjamo s servomotorjema, ki sta vpeta pod rotirajočo se ploščo, ki sta vodena z mikrokrmilnikom, na katerem je implementiran regulator. Za odčitavanje položaja krogle na plošči pa smo uporabili folijo, občutljivo na dotik.

Rešenih sistemov je zaradi zanimivosti in obsežnosti znanja, ki ga potrebujemo za izvedbo, na svetovnem spletu veliko. Vendar so večinoma izvedeni s kamero, s pomočjo katere odčitavajo položaj krogle. Za tak primer rešitve se zahteva, da sta podloga in krogla različnih barv, saj drugače kamera ne more odčitati položaja krogle. Kljub temu pa še prihaja do napak pri odčitavanju, saj moramo pri kameri upoštevati naklon plošče ter odčitano vrednost krogle, da dobimo natančen položaj krogle. Pri našem sistemu se izognemo tema





Slika 1. Skica sistema



Slika 2. Primer balansiranja krogle na vodilu

dvema težavama, saj se folija, občutljiva na dotik, premika skupaj z vpeto ploščo in tako dobimo točen položaj krogle na plošči. Prav tako ni pomembno, kakšne barve sta krogla in plošča. Pojavi pa se nova omejitev, ki določa minimalno težo krogle. Krogla mora biti namreč dovolj težka, da lahko s folijo, občutljivo na dotik, zaznamo njen položaj.

### 3 Matematično modeliranje sistema

Na začetku smo morali naš sistem matematično modelirati, da smo lahko pričeli z načrtovanjem algoritma za vodenje. Za to obstaja veliko različnih postopkov in pristopov k modeliranju, kot so na primer linearizacija modelov, metode analogij in metoda ravnotežnih zakonov. Mi smo za modeliranje uporabili enačbe italijansko-francoskega matematika in astronoma Josepha Louisa Lagrangea. Leta 1788 je namreč predstavil koncept enačb za klasično mehaniko, ki nam omogočajo dobiti matematične modele mehanskih sistemov s pomočjo energijskih konceptov. Nov koncept enačb je bil potreben za raziskovanje mehanike v alternativnih koordi-

natnih sistemih, za kar Newtonova mehanika ni bila primerna. Lagrangeove enačbe so zapisane v obliki posplošenih koordinat, ki jih lahko brez težav prevedemo v različne koordinatne sisteme. Ta postopek je pogosto uporabljen v robotiki, saj nam olajša modeliranje predvsem v primerih, kadar obstajajo omejitve gibanja. Prav tako lahko z izpeljavo te enačbe dokažemo, da neka relacija, dobljena z izkušnjami, zares drži. [7]

Lagrangeova enačba se glasi [6]:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} - \frac{\partial L}{\partial x} + \frac{\partial P}{\partial \dot{x}} = \sum F \quad (1)$$

$L$  – Lagrange  
 $x$  – položaj  
 $P$  – sile trenja, ki delujejo v nasprotni smeri gibanja  
 $F$  – zunanje sile, ki delujejo v smeri gibanja

Enačbo (1) pa lahko enostavno zapišemo tudi za navore:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\alpha}} - \frac{\partial L}{\partial \alpha} + \frac{\partial P}{\partial \dot{\alpha}} = \sum M \quad (2)$$

$L$  – Lagrange  
 $\alpha$  – kot zasuka/nagiba  
 $P$  – momenti trenja, ki delujejo v na-

sprotni smeri gibanja  
 $M$  – zunanji navori, ki delujejo v smeri gibanja

Lagrangea pa izračunamo po enačbi:

$$L = W_k - W_p \quad (3)$$

$W_k$  – kinetična energija  
 $W_p$  – potencialna in prožnostna energija

Modeliranja smo se lotili s pomočjo enačbe (1). Zadevo smo si poenostavili tako, da smo najprej računali sistem krogle na plošči v eni dimenziji (v smeri  $x$ ), kar je bolj znano kot sistem balansiranja krogle na vodilu (po angleško »ball and beam«). Slednji namreč predstavlja eno os v našem sistemu regulacije krogle na plošči.

Začeli smo z modeliranjem potencialne energije, pri čemer smo si pomagali s shemo razstavljenih sil na klancu in kotnimi funkcijami. [4] Z upoštevanjem krogle kot telesa z maso, ki se giblje zaradi nagiba plošče, samo dobili kinetično energijo. Tukaj smo morali upoštevati vztrajnostni moment krogle zaradi kota-ljenja in nagibanja plošče (kroglica se giba po navidezni krožnici).

Zaradi majhnih izgub samega kota-ljenja krogle in zmogljivih digitalnih servomotorjev smo zanemarili izgube.

$$\left(m_k + \frac{J_k}{r_k^2}\right) \ddot{x} + m_k \cdot g \cdot \sin \alpha = M_x \quad (4)$$

$$(J_p + J_{kr}) \ddot{\alpha} + m_k \cdot g \cdot x \cdot \cos \alpha = M_y \quad (5)$$

$M_x$  – zunanji navor v smeri  $x$

Po linearizaciji, pri kateri smo upoštevali, da imamo relativno majhne kote, smo namesto (4) in (5) zapisali:

$$\left(m_k + \frac{J_k}{r_k^2}\right) \ddot{x} = -m_k \cdot g \cdot \alpha + M_x \quad (6)$$

$$(J_p + J_{kr}) \ddot{\alpha} = -m_k \cdot g \cdot x + M_y \quad (7)$$

$m_k$  – masa krogle [kg]  
 $J_k$  – vztrajnostni moment krogle [kg·m<sup>2</sup>]  
 $J_p$  – vztrajnostni moment plošče [kg·m<sup>2</sup>]

$J_{kr}$  – vztrajnostni moment krogle z maso, ki kroži na razdalji  $x$  od izhodišča [kg·m<sup>2</sup>]

$g$  – težnostni pospešek, za katerega predpostavimo, da je enak 9,81 [m/s<sup>2</sup>]

$x$  – položaj krogle v smeri  $x$  [m]

$\alpha$  – naklon plošče v smeri  $x$  [°]

$r_k$  – polmer krogle [m]

$M_x, M_y$  – vhodni navor [Nm]

Z upoštevanjem vztrajnostnih momentov smo lahko povezali (6) in (7) ter dobili enačbi za smer  $x$  (analogno velja tudi za smer  $y$ ):

$$\left(m_k + \frac{2m_k \cdot r_k^2}{5 \cdot r_k^2}\right) \ddot{x} = -m_k \cdot g \cdot \alpha + M_x \quad (8)$$

$$\left(\frac{1}{3}m_p \cdot a^2 + m_k \cdot x^2\right) \ddot{\alpha} = -m_k \cdot g \cdot x + M_y \quad (9)$$

$m_p$  – masa plošče [kg]

$a$  – dolžina plošče v smeri  $x$  [m]

Enačbe zapišemo v prostoru stanj. [13]

$$\dot{x} = Ax + Bv \quad (10)$$

Sistemska matrika A:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \frac{-m_k g r_k^2}{5 \cdot r_k^2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{-m_k g}{(J_{px} + J_k)} & 0 & \frac{r_k^2 m_k + J_k}{J_k} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \frac{-m_k g r_k^2}{5 \cdot r_k^2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-m_k g}{(J_{py} + J_k)} & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Vhodna matrika B:

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Vhodna matrika C in D:

$$C = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$D = 0$$

Ker za implementacijo na mikrokrmilniku potrebujemo diskretni regulator, smo morali naš model pretvoriti v diskretno obliko. To smo storili z uporabo Z-transformacije, s katero preidemo v Z-prostor, kjer lahko časovno neodvisnim in linearnim sistemom zamenjamo diferencialne enačbe z algebraičnimi enačbami. Za to potrebujemo čas tipanja, ki je v našem primeru 50 ms.

Prenosni funkciji multivariabilnega sistema sta:

$$H_x(z) = \frac{0,001401 \cdot z + 0,001401}{z^2 - 2 \cdot z + 1} \quad (11)$$

$$H_y(z) = \frac{0,001401 \cdot z + 0,001401}{z^2 - 2 \cdot z + 1}$$

S temi enačbami smo se lahko lotili načrtovanja regulatorjev za obe smeri.

## 4 Načrtovanje regulatorjev

### a) PID-regulator

Digitalni PID-regulator je najbolj znan regulator iz analogne regulacijske tehnike. Tako predstavlja klasično orodje v industrijski avtomatizaciji, saj v industriji ti regulatorji še vedno predstavljajo več kot 90-odstotni delež vseh regulatorjev. Njihov razvoj se je začel najprej v pnevmatiki, nato v tranzistoriki tehniki, dandanes jih najdemo implementirane na mikroprocesorjih. Razvoj je omogočil, da lahko kupimo PID-regulatorje kot samostojne enote za regulacijo enega ali več delov sistema, s katerimi je mogoče rešiti mnogo regulacijskih nalog. Mogoče je tudi, da regulacijske zanke s PID-regulatorjem kombiniramo z drugimi regulacijskimi strukturami. [3] [12]

Oblika idealnega regulatorja, ki ga lahko brez težav realiziramo v diskretni obliki:

$$v(t) = K_p(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_{t_0}^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt}) \quad (12)$$

$$v(k) = K_p(e(k) + \frac{T_s}{T_i} \sum e(k) + \frac{T_d}{T_s} (\Delta e(k)))$$

$v(t)$  – izhod regulatorja

$K_p$  – ojačenje regulatorja

$e(t)$  – vhod regulatorja (regulacijsko odstopanje)

$T_i$  – integracijska časovna konstanta

$T_d$  – diferencialna časovna konstanta

$T_s$  – čas tipanja, v našem primeru 50 ms

PID-regulator v Z-prostoru zapiše z enačbo:

$$\frac{z^2 \left(1 + \frac{T_s}{T_i} + \frac{T_d}{T_s}\right) - z \left(1 + \frac{2 \cdot T_d}{T_s}\right) + \frac{T_d}{T_s}}{z(z-1)} \cdot K \quad (13)$$

$T_s$  – čas tipanja, v našem primeru 50 ms [s]

$T_d$  – diferenčni sunek, zvišuje dina-

miko in zmanjšuje stabilnost [s]

$T_i$  – čas integracije, zmanjšuje statično napako in povečuje stabilnost [s]

$K$  – linearno ojačenje

Parametre za PID-regulator smo izračunali s pomočjo programskega orodja MATLAB in SIMULINK, kjer smo simulirali naš model in s pomočjo vgrajene funkcije »pidtool« določili parametre regulatorja.

Pri implementaciji smo uporabili strukturo PID-regulatorja, ki nam ga je ponudilo programsko orodje MATLAB (v Z-prostoru):

$$P + I \cdot T_s \cdot \frac{1}{z-1} + D \cdot \frac{N}{1 + N \cdot T_s \cdot \frac{1}{z-1}} \quad (14)$$

$P$  – koeficient ojačenja

$I$  – koeficient integracije

$T_s$  – čas tipanja

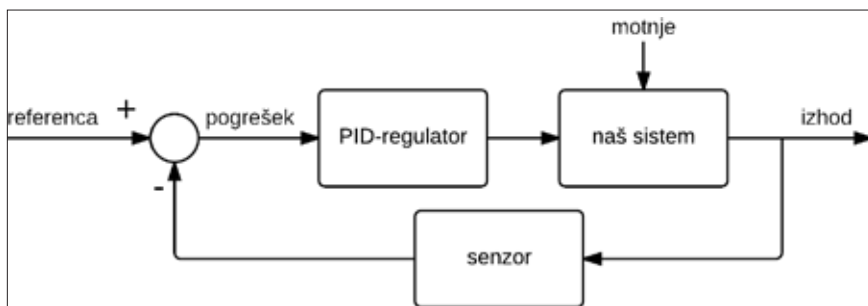
$D$  – diferencialni koeficient

$N$  – koeficient filtra

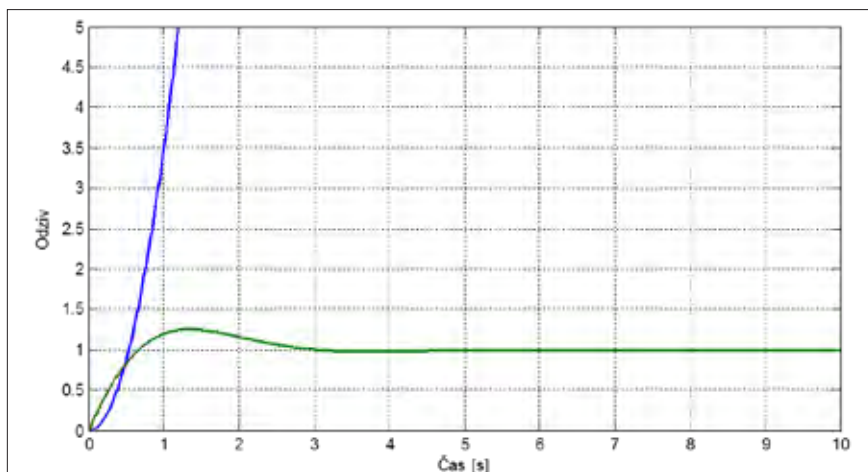
Enačbo (12) smo pretvorili v diferencialno obliko in PID-regulator implementirali na mikrokrmilnik.

### b) Polinomska sinteza regulatorja

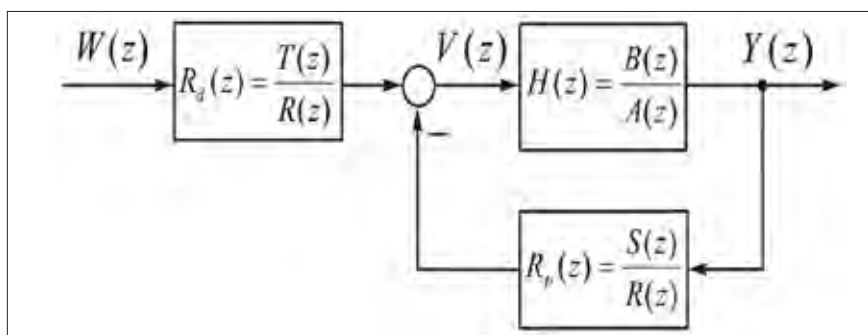
Poglavitni nalogi regulacijskih sistemov sta regulacija (stabilizacija, odpravlja vpliv motenj ter šuma sistema) in sledenje določenim referenčnim vrednostim na vhodu sistema. Katero funkcijo regulator opravlja bolje, je odvisno predvsem od namena aplikacije, vendar pa si želimo, da bi regulator opravljal obe zahtevi čim boljše. Pri strukturah, kot so P, PI, PID, lahko dosežemo obe zahtevi naenkrat z bolj ali manj veliko mero kompromisa, saj z izboljšanjem regulacije očitno poslabšamo sledenje sistema. Vzrok je preprosta struktura prej omenjenih regulatorjev. Regulator s končnim nastavitvenim časom idealno izpolnjuje zahtevi po sledenju in regulaciji, vendar je v večini primerov zelo občutljiv na spremembe parametrov sistema in je zaradi tega manj robusten. Zelo dober kompromis med danih kriterijema lahko dosežemo s strukturo regulatorja z dvema prostostnima stopnjama in transparentnim pristopom načrtovanja. Slednje lahko izvedemo s polinom-



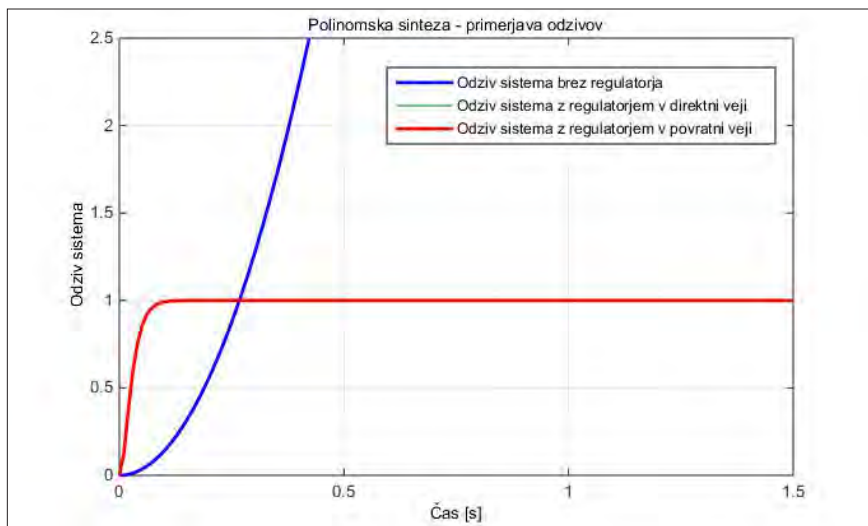
Slika 3. Osnovna shema implementacije PID-regulatorja



Slika 4. Odziv sistema s PID-regulatorjem (zelena) in brez regulatorja (modra) na stopnično vzbujanje



Slika 5. Osnovna struktura regulatorja



Slika 6. Odziv sistema brez regulatorja (modra črta) in z regulatorjem (rdeča črta)

sko sintezo. Polinomska sinteza regulatorja nam omogoča preprosto postavitev zaprtozančnih polov in sočasno omogoča načrtovanje sledenja sistema različnim referenčnim vrednostim.

Polinomske regulatorje tvorita dve sistemski funkciji. To sta sistemski funkcija v direktni veji kot predregulator  $R_d(z)$  in sistemski funkcija v povratni veji kot stabilizirajoči regulator  $R_p(z)$ . [12]

Za izračun regulatorja smo uporabili prenosno funkcijo (10), ki smo jo dobili pri modeliranju sistema. Pomagali smo si tako, da smo predregulator in regulator v direktni veji zapisali s pomočjo novih spremenljivk v taki obliki, kot je razvidno na sliki 5. Na podlagi predstavljene strukture smo zapisali prenosno funkcijo zaprtozančnega sistema:

$$H(z) = \frac{T(z) \cdot B(z)}{A(z) \cdot R(z) + S(z) \cdot B(z)} \quad (15)$$

Za izračun regulatorja smo si morali izbrati ustrezno število polov s primernimi vrednostmi, ki so ustrezale našim zahtevam. S poli smo zapisali polinom  $C(z)$  tako, da smo pole med sabo zmnožili. Stopnja polinoma je bila podana z enakostjo:

$$\deg(C(z)) = 2 \cdot \deg(A(z)) - 1 \quad (16)$$

$\deg(x)$  – stopnja polinoma  $x$

Na podlagi določenih zaprtozančnih polov smo izračunali koeficiente  $R(z)$  in  $S(z)$  s polinomske enačbo (16) – Diofantova enačba.

$$A(z) \cdot R(z) + B(z) \cdot S(z) = C(z) \quad (17)$$

Ker za izračun končnega regulatorja potrebujemo tudi polinom  $T(z)$ , smo v ta namen zapisali enačbo, ki povezuje želeno vhodno funkcijo z našim odzivom sistema.

$$Y(z) = \frac{B(z) \cdot T(z)}{C(z)} \cdot W(z) \quad (18)$$

Po računanju koeficientov smo prišli do končne oblike regulatorja:

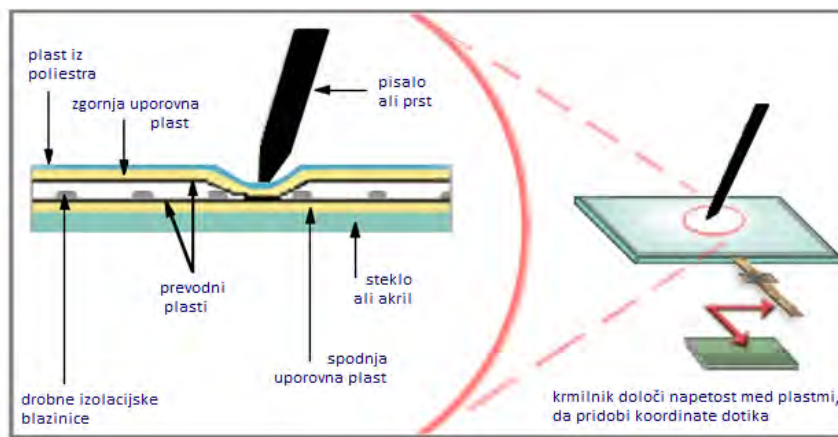
$$R_d(z) = \frac{T(z)}{R(z)} = \frac{89,222 \cdot (z - 0,5)}{z + 0,15625} \quad (19)$$

$$R_p(z) = \frac{S(z)}{R(z)} = \frac{245,36 \cdot z - 200,749}{z + 0,15625} \quad (20)$$

**c) Izdelava fizičnega modela**

Za celoten sistem smo si morali zamisliti ogrodje, ki bo omogočalo horizontalno nagibanje vpete plošče v obeh pravokotnih smereh. Zahteve za ogrodje so se glasile:

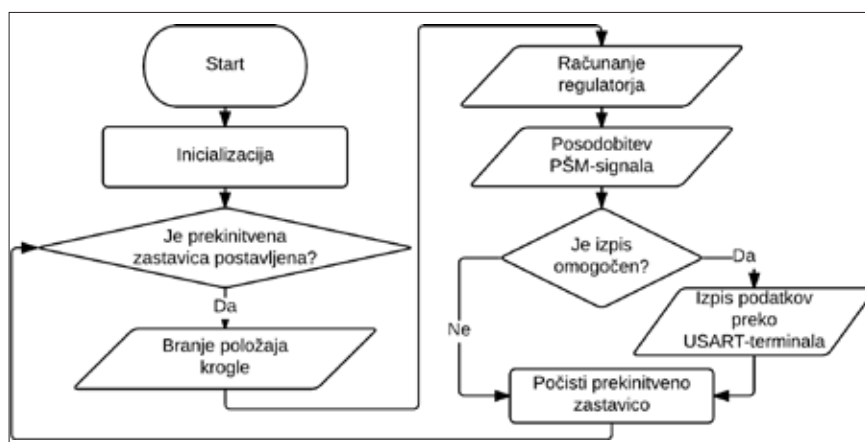
- ogrodje mora biti dovolj lahko, da ga lahko nagibamo s servomotorjema,
- mora biti stabilno,
- mora imeti dober nosilec, na katerega bomo pritrdili naš panel s folijo, občutljivo na dotik,
- preprečiti mora, da bi krogla padla na tla.



**Slika 7. Delovanje uporabne folije**

Pri večini podobnih projektov se za določanje položaja krogle uporablja kamera, pri kateri pa moramo paziti, da imamo različni barvi podloge in krogle, da kamera slednjo lahko zazna. Pri foliji, občutljivi na dotik, pa smo omejeni le s težo, ki pa v današnjem času ne predstavlja več omejitev, saj so folije, občutljive na dotik, že dovolj natančne in občutljive.

Folija, občutljiva na dotik, se je pojavila konec šestdesetih let in so jo uporabljali predvsem v industrijskih obratih in javnih prostorih (informacijski terminali v muzejih, bankomati itd.). Izpodrinila je tipkovnico in miške tam, kjer je obstajala nevarnost vandalizma ali pa je bila kombinacija miške in tipkovnice prezapletena ali preokorna za upravljanje. Dandanes pa ta tehnologija doživlja množičen razvoj na račun vedno večje priljubljenosti elektronskih naprav. Uporablja se v pametnih telefonih, tabličnih računalnikih, GPS-navigacijah in podobnih napravah. [15] Zaradi hitrega razvoja smo imeli na voljo različne folije, občutljive na dotik. Izbirali smo med folijami, kjer se spreminjajo kapacitivnost, osvetlitev, prevajanje zvočnega valovanja in se spreminja električna upornost. Odločili smo se za slednjo, saj je cenejša in kljub nekaterim slabšim lastnostim glede na kapacitivno folijo povsem zadošča našim zahtevam. Mi smo uporabili folijo, ki ustreza velikosti 19" (palčnih) zaslonov. Panel je zgrajen iz več plasti. Spodnja plast je iz stekla ali akrila in skrbi za trdnost. Nato si sledita uporabna, dve prevodni in še ena uporabna plast. Med



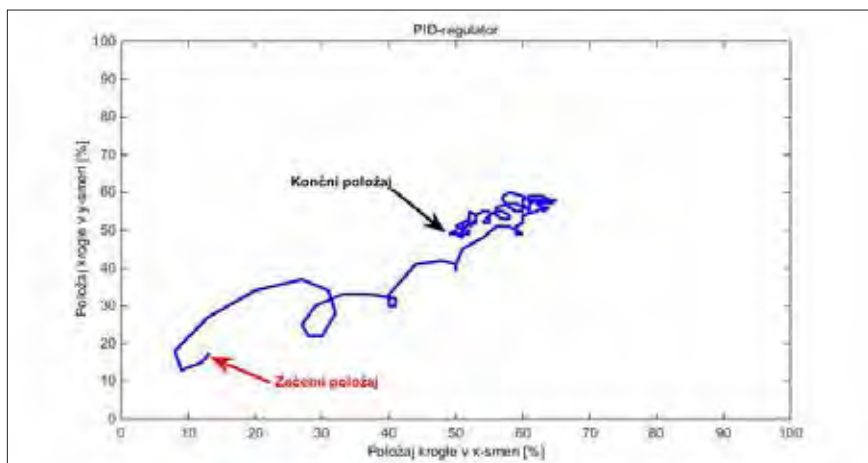
**Slika 8. Delovanje programa**



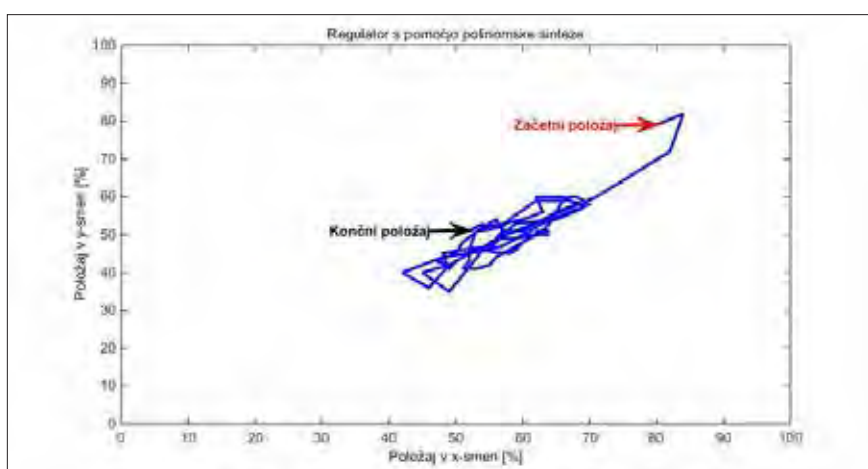
**Slika 9. Končni izdelek**

prevodnima plastema so drobne izolacijske blazinice, ki služijo za ločitev teh dveh plasti. Po uporabni plasti je nanesa še plast poliestra, ki zaščiti folijo, občutljivo na dotik. S pritiskom na zaslon naredimo na mestu pritiska

stik prevodne in uporabne folije. Z ustreznimi izbranimi povezavami lahko tako odčitamo ustvarjeno upornost v obliki napetosti po Ohmovem zakonu. Tako lahko določimo koordinate dotika v obeh smereh.



**Slika 10.** Rezultati fizičnega modela s PID-regulatorjem



**Slika 11.** Rezultati fizičnega modela z regulatorjem, dobjenim s pomočjo polinomske sinteze

Za nagibanje plošče smo uporabili dva digitalna servomotorja SAVOX SC-0251 MG. Taki servomotorji se množično uporabljajo predvsem v modelarstvu za krmiljenje. Zaradi tega so cenovno ugodni, odlikujejo pa jih še majhna teža in odlični navori.

Servomotor ima tri priključke. Za delovanje potrebuje napajalno napetost med 4,8 V in 6 V. Za vodenje motorja priključimo nanj PŠM-signal, s katerim reguliramo kot zasuka servomotorja. Motor je narejen tako, da se lahko obrne le za 180° in omogoča, da s točno določenim PŠM-signalom, dosežemo želeni kot odklona. Če povečamo čas logične enice, se poveča tudi odklon servomotorja. [1]

Vse skupaj smo s pomočjo programskega okolja MikroC PRO for ARM verzije 4.2.0 ustrezno implementirali na razvojno ploščo STM32

F4, ki temelji na visoko zmogljivem procesorju ARM Cortex-M4. Pogajamo ga lahko s 168 MHz, plošča pa nam nudi 1 MB Flash pomnilnika, 192 KB RAM in 100 poljubno nastavljivih pinov.

Tako smo prišli do končne oblike ogrodja in končnega programa.

#### d) Rezultati

Uspešno smo izdelali fizični model našega sistema in se tako seznanili z vsemi sestavnimi deli. Tako smo spoznali delovanje in uporabo uporovne folije, občutljive na dotik, delovanje in vodenje digitalnih servomotorjev, programiranje mikrokrmilnikov v programskem jeziku C++ ter implementiranje regulatorjev na mikrokrmilnik.

Po testiranju PID-regulatorja na fizičnem modelu našega sistema

smo ugotovili, da je deloval zelo dobro. Implementirali pa smo še regulator, ki smo ga dobili s pomočjo polinomske sinteze. Oba regulatorja sta zadoščala našim zahtevam. Tako smo dosegli naš cilj: regulirati kroglo v točno določeni točki na foliji, občutljivi na dotik.

#### e) Zaključek

Z izvedbo regulacije smo bili zadovoljni, čeprav bi jo lahko v več pogledih izboljšali. Delovanje bi lahko izboljšali najprej z boljšim matematičnim modelom našega sistema. Pri uporabi folije smo morali paziti na prehitro preklapljanje pinov za izbiro osi branja položaja krogle, saj smo prišli do nelinearnih vrednosti položaja, ki jih nismo mogli uporabiti pri naši regulaciji. Tako smo prišli do različnih zakasnitev (vse skupaj 0,7 ms) pri branju naših analognih vrednosti, ki nam hkrati omejujejo pogostost prekinitvev v programu. Regulacijo bi prav tako lahko bolje izvedli z dodatnimi senzorji nagiba plošče ter servomotorji, ki bi jim lahko spreminjali hitrost obračanja. S takimi nadgradnjami bi lahko implementirali regulator v prostoru stanj, s katerim bi dosegli zelo dobro regulacijo krogle v točno določeni točki in sledenje krogle določeni trajektoriji.

Pri projektu smo se srečevali z več težavami in na koncu prišli do ugotovitve, da je najbolj pomembno dobiti natančen matematični model sistema, saj lahko z njim lažje načrtamo dober regulator.

#### Viri

- [1] DC MOTOR / SC-0251MG. (7. avgust 2014). Pridobljeno iz spletno mesto podjetja SAVOX: [http://www.savotech.com.tw/english/00\\_servo/02\\_detail.php?SID=24](http://www.savotech.com.tw/english/00_servo/02_detail.php?SID=24).
- [2] Dolinar, D. (2009). Dinamika linearnih sistemov in regulacije. Maribor: Založniška dejavnost FERi.
- [3] Garbrecht, W. F. (1991). Digitale Regelungstechnik – Eine Einführung in die praktische Anwendung. Berlin: vde-verlag gmbh.
- [4] Isermann, R. (1987). Identifika-

- cija dinamičnih sistemov: 1. del. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko v Ljubljani.
- [5] Jajčičin, Š. (6. avgust 2014). Center of modern Control Techniques and Industrial Informatics. Pridobljeno iz Ball & Plate Kyb: <http://kyb.fei.tuke.sk/lab/en/modely/gnk.php>.
- [6] Karba, R. (1999). Modeliranje procesov. Ljubljana: Založba FE in FRI.
- [7] Lagrangian. (6. avgust 2014). Pridobljeno iz Wikipedia: The Free Encyclopedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lagrangian>.
- [8] mikroC PRO for ARM. (11. avgust 2014). Pridobljeno iz spletno mesto podjetja MikroElektronika: <http://www.mikroe.com/mikroc/arm/>.
- [9] Sarjaš, A., Chowdhury, A., & Svečko, R. (2007). Nelinearni sistemi vodenja: Zbirka vaj. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Maribor.
- [10] STM32F4DISCOVERY. (11. avgust 2014). Pridobljeno iz spletno mesto podjetja ST: <http://www.st.com/web/catalog/tools/FM116/SC959/SS1532/PF252419>.
- [11] STMICROELECTRONICS - STM32F4DISCOVERY. (11. avgust 2014). Pridobljeno iz spletno mesto podjetja Farnell: [http://www.mikroe.com/mikroc/arm/](http://si.farnell.com/stmicroelectronics/stm32f4discovery/stm32f407-usb-otg-discovery-kit/dp/2009276).
- [12] Svečko, R. (2003). Diskretni regulacijski sistemi. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Maribor.
- [13] Svečko, R. (2005). Teorija sistemov. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Maribor.
- [14] ToTeam. (7. avgust 2014). Pridobljeno iz spletno mesto družbe ToTeam: <http://toteam.co.il/document/64,0,6.aspx>.
- [15] Zaslon na dotik. (7. avgust 2014). Pridobljeno iz Wikipedia, prosta enciklopedija: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Zaslon\\_na\\_dotik](https://sl.wikipedia.org/wiki/Zaslon_na_dotik).

### Ball on the plate control system with touch panel

**Abstract:** This article is about the ball on the plate control system with touch panel. The control algorithm is implemented on a microcontroller with which we guide two servomotors that are responsible for the tilt of the plate in two directions. On the plate, we have a touch panel which is used to measure the position of the ball that is guided in the specific plate location. The article presents the mathematical modelling of the system, different controller design strategies and all additional necessary segments for a real time operation. Finally, the results of the controller operation in real time are presented.

**Keywords:** microcontroller, servomotor, touch panel, regulation, modelling and identification



### Aseptični dan GIA 29.09.2015

Vabimo vas, da se udeležite brezplačnega izobraževanja »Aseptični dan GIA 2015«. Na predavanjih se bo predstavil tudi naš partner SED Flow Control iz Nemčije, ki je proizvajalec opreme, kot so membranski ventili, poševno-sedežni ventili, rotametri, itd.



Predavanje se bo pričelo ob 9:00 uri z organizirano malico. Predviden zaključek predavanja je ob 14:30 uri.

#### Program predavanja:

- Kratka predstavitev
- Predstavitev podjetja SED (zgodovina podjetja) s prodajnim asortimanom
- Specifične lastnosti proizvodov
- Karakteristike produktov in aplikacij
- Razlaga CDSA zasnove, EHEDG
- Večpotni ventili: optimizacija teže, energetska učinkovitost, simulacija pretoka
- Procesni → P & ID → rešitve
- Zamenjava membran



Predavanje bo potekalo v poslovnih prostorih podjetja GIA-S d.o.o., na naslovu Industrijska cesta 1K, Grosuplje. Predavanje bo potekalo v angleškem jeziku.

Prijave na izobraževanje sprejemamo do 14.09.2015 na e-mail naslov [industrija@gia.si](mailto:industrija@gia.si). Pohitite s prijavo, saj je število mest na predavanju omejeno.

Veselimo se vašega obiska!



GIA-S Industrijska oprema d.o.o.  
Industrijska cesta 1K,  
1290 Grosuplje

Telefon: +386 1 7865 300  
Telefaks: +386 1 7865 568  
info@gia.si, www.giaflex.com



DRUŠTVO  
VZDRŽEVALCEV  
SLOVENIJE

# DVS 2015

[www.drustvo-dvs.si](http://www.drustvo-dvs.si)



**25.** TEHNIŠKO POSVETOVANJE  
VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE  
Otočec | 15. in 16. oktober 2015  
[www.tpvs.si](http://www.tpvs.si)

# Naprava za avtomatizirano dimenzijsko in oblikovno kontrolo izdelanih puš

Benjamin JOVANOVIČ, Aleš HACE, Uroš ŽUPERL

**Izveček:** V serijski proizvodnji za avtomobilsko industrijo so visoki standardi glede kakovosti izdelkov, zato je potrebna 100-odstotna kontrola kosov, preden ti pridejo do kupca. Ker je ročno pregledovanje s pomočjo šablon zamudno, je bila izdelana merilna naprava za avtomatizirano kontrolo puše podvozja avtomobila. Zasnovana je bila tako, da se polovica meritev opravlja s pomočjo spletne kamere, ki izvaja vizualno kontrolo dimenzij, program in uporabniški vmesnik zanjo je bil izdelan v programskem okolju LabView. Drugo polovico meritev opravljajo merilna tipala, ki jih krmili programabilni logični krmilnik (PLK) S7 1212c. Program zanj je bil spisani v programskem okolju TIA Portal.

**Ključne besede:** vizualna kontrola dimenzij, merilna naprava, spletna kamera, puša

## ■ 1 Uvod



**Slika 1.** Puša, ki se dimenzijsko kontrolira

Benjamin Jovanovič, mag. inž. meh., izr. prof. dr. Aleš Hace, oba Univerza v Mariboru, FERI, in doc. dr. Uroš Župerl, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Projekt izdelave naprave za avtomatizirano kontrolo puš se je izvajal pod okriljem podjetja Šumer, d. o. o. Želja podjetja je bila izdelati napravo, ki bo omogočala vizualno kontrolo puše (glej sliko 1), katere kupec je avstrijsko podjetje Magna, d. d. Puša se vgrajuje v podvozje avtomobila Mini Morris. Z izdelavo naprave za avtomatsko kontrolo sta se povečali učinkovitost in hitrost procesa končne dimenzijske kontrole.

V članku sta opisani zasnova in izvedba prototipne naprave za avtomatizirano kontrolo puš. Najprej je definiran problem, opisan koncept rešitve in metoda za vizualno detekcijo robov. V nadaljevanju sta predstavljena zgradba prototipne merilne naprave in povzetek testnih merilnih rezultatov, na koncu pa so podane sklepane ugotovitve [1].

## ■ 2 Opis problema

Za preverjanje ustreznosti puše se je izdelal zahtevnik, v katerem so podane mere, ki jih je potrebno kontrolirati. Izbrane so bile tiste, ki se pri obdelavi dostikrat spremenijo in zaradi katerih je prišlo v pre-

teklosti do reklamacij. V tabeli 1 so prikazane kritične mere pri izdelavi puše. Orientacijska vrednost za kot konusa je  $11^{\circ} 25' 15''$ , tolerančno polje pa  $-8' 35''$ . Premer luknje  $\phi = 22,5$  mm je na višini  $2^{+0,4}$  mm od zgornjega roba kosa. Celotna višina puše mora znašati 55 mm. Najmanjši notranji  $-\phi$  izvrtine je  $15^{+0,2}$  mm. Potrebno je preveriti rob posnetja na notranji izvrtini in koncentričnost izvrtin na vsaki strani, saj se kos izdeluje tako, da se najprej naredi izvrtina na eni strani kosa, nato pa še na drugi. Zahtevnik določa, da cikel meritve ne sme biti daljši od 7 sekund.

Na sliki 2 je prikazan izsek delavniške risbe puše. Za lažje razumevanje je v tabeli 2 podana legenda mer, ki jih je potrebno kontrolirati.

## ■ 3 Konceptualna rešitev

Za meritve kota konusa so bila izbrana **merilna tipala**, saj so cenovno najugodnejša in za serijsko kontrolo dovolj hitra rešitev. Z njimi se izmerijo kot konusa konične izvrtine, višina kosa in premer na določeni višini. Meritev se izvede tako,

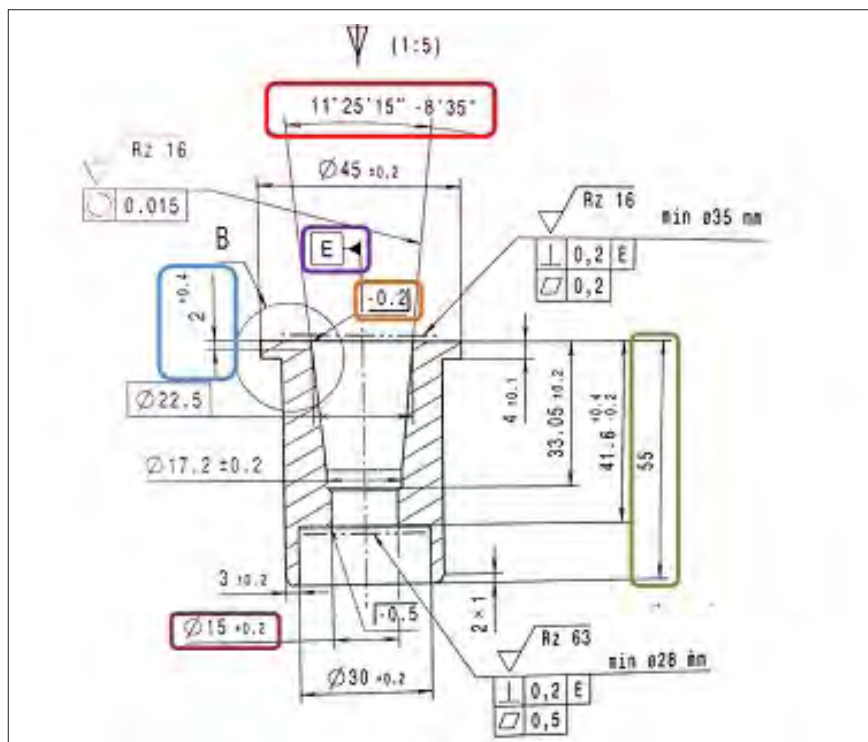


Tabela 1. Kontrolirane mere

Dimenzija	Orientacijske vrednosti
kot konusa	11° 25' 15"
mera 22,5 na višini	2 + 0,4 mm
višina kosa	55 mm
notranji f	15 + 0,2 mm
rob posnetja	-0,2 mm
koncentričnost konus na φ 15	±0,1 mm
površina	vizualno

Tabela 2. Legenda označb

Kontrolirana mera	Barva
kot konusa	
višina kosa	
Φ najmanjše izvrtine	
rob posnetja	
Φ na višini 2 <sup>+0,4</sup> mm	
koncentričnost izvrtin	



Slika 2. Načrt puše

da tipala potujejo po konični površini in ob tem zapisujejo vrednost razprtja in višino tipanja. Postopek je prikazan na sliki 3. Kot konusa se izračuna po enačbi:

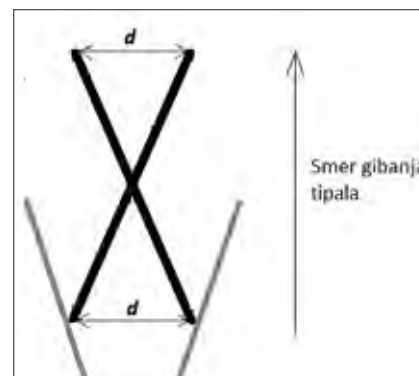
$$\alpha = \frac{\arctg \cdot \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}}{2} \quad (3.1)$$

Meritve koncentričnosti lukenj, najmanjšega notranjega premera in prisotnost roba posnetja se določijo s pomočjo **strojnega vida**. Uporabljena je bila metoda detekcije roba, ki je bolj podrobno opisana v poglavju 4. Ker je bil cilj izdelati cenovno ugodno napravo, se je uporabila klasična spletna kamera s čim večjo resolucijo, saj je v primerjavi z industrijskimi kamerami nepriemerljivo cenejša. Slabost te izbire je v tem, da je bilo potrebno spisa-

ti celoten program za detekcijo in komunikacijo, saj klasična spletna kamera v nasprotju z industrijskimi ne vsebuje vnaprej sprogramiranih funkcij.

#### 4 Metode za vizualno detekcijo roba

Metode za vizualno detekcijo roba S pomočjo detekcije robov se izmeri luknja v puši in ugotovi prisotnost posnetja roba, saj se na območju spremembe naklona površine svetloba drugače odbija, kar posledično povzroči različno svetilno izrazitost slikovnih pik na sliki. Zaradi tega se lahko rob zazna kot lokalne spremembe na zajeti sliki, saj je slika polje točk, ki so predstavljene kot vektorji. Z gradientno metodo nad temi vektorji se dobi lokalni maksimum dane funkcije  $f(x,y)$  (4.1).



Slika 3. Principa merjenja konusa s tipalom

$$\nabla(x, y) = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Pomemben podatek je obseg gradienta (4.2), ki je enak stopnji rasti funkcije  $f(x, y)$  na enoto razdalje v smeri G.

$$G[f(x, y)] = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (4.2)$$

Obseg gradienta se prikaže v absolutni vrednosti, saj se tako predstavlja v praksi (4.3).

$$\begin{aligned} G[f(x, y)] &\approx |G_x| + |G_y| \\ G[f(x, y)] &\approx \max(|G_x|, |G_y|) \end{aligned} \quad (4.3)$$

Za digitalne slike so odvodi približki razlik, ki se pojavljajo na sliki. Najbolj preprost gradientni približek je podan v enačbi (4.4). Pri tem je potrebno upoštevati, da indeks i predstavlja smer x, indeks j pa negativno smer y [2]:

$$\begin{aligned} G_x &\cong f[i, j+1] - f[i, j] \\ G_y &\cong f[i, j] - f[i+1, j] \end{aligned} \quad (4.4)$$

Spremembo rasti gradienta je mogoče zaznati s konvolucijsko masko, zapisano v (4.5). Z masko se prele-

ti slika in rezultat je iskani gradient oz. zaznani rob, kot je prikazano na *sliki 4*. Na levi strani je neobdelana slika, na sredini pa slika, preletena s konvolucijsko masko  $mG_x$ . Pri tem se zazna le polovica robov, zato se isti postopek ponovi še z masko  $mG_y$ . Končni rezultat je vsota slik, preletenih s konvolucijsko masko  $mG_x$  in  $mG_y$ , kot prikazuje desna *slika 4*.

$$mG_x = \begin{bmatrix} -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$mG_y = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Uporaba približka  $mG_x$  zapisanega v (4.5), je pravzaprav gradientni približek v interpolirani točki  $[i, j + \frac{1}{2}]$  in  $mG_y$  v točki  $[i + \frac{1}{2}, j]$ , ki v bistvu ni točka  $[i, j]$ , kot bi pričakovali. Je namreč na meji dveh slikovnih točk, zato je v tem primeru le približek gradienta za točko  $[i, j]$  [3]. Temu se izogne z uporabo Sobelovega operatorja. Z njim se izračuna gradient 3 x 3 soseščine in posledično vrednost centralne slikovne točke. Enačba za izračun obsega gradienta je zapisana v (4.6):

$$M = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \quad (4.6)$$

pri čemer se parcialna odvoda izračunata po (4.7) in upošteva, da je  $c = 2$ :

$$s_x = (a_2 + c \cdot a_3 + a_4) - (a_0 + c \cdot a_7 + a_6)$$

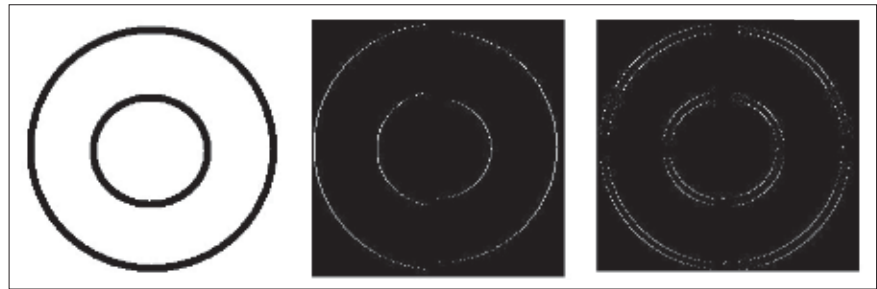
$$s_y = (a_0 + c \cdot a_1 + a_2) - (a_6 + c \cdot a_5 + a_4) \quad (4.7)$$

$Ms_x$  in  $ms_y$  se lahko implementirata z naslednjo konvolucijsko masko (4.8) [4]:

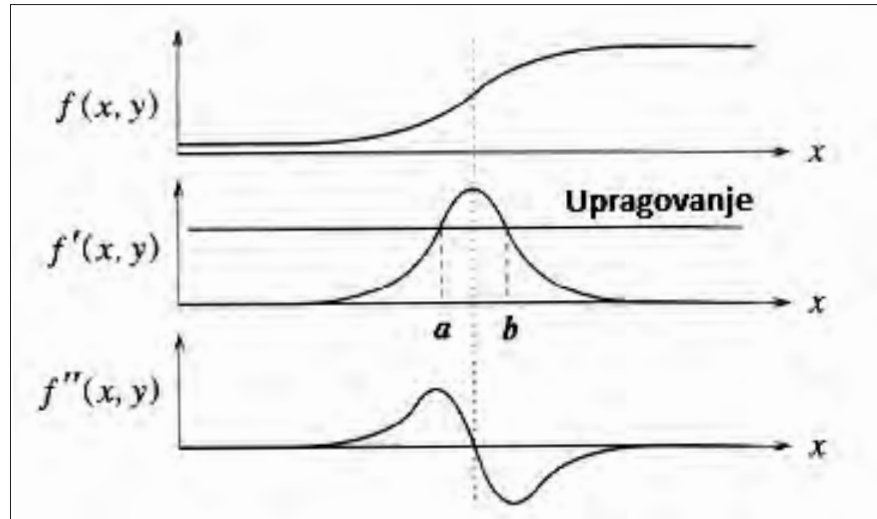
$$ms_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$ms_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

Z zgornjima metodama se z izračunom prvega odvoda zazna rob. Če je ta nad pragovno mejo, je rob zaznan. Pri tem lahko nastane problem, saj se najde več robov. To se odpravi s ponovnim odvajanjem, kajti pri prvem odvodu se dobi lokalni maksimum, ki se ponovno odvaja in se dobi funkcija, ki seka os



**Slika 4.** Levo: neobdelana slika, na sredini detekcija roba z masko  $mG_x$ , desno detekcija roba s konvolucijsko masko  $mG_y$



**Slika 5.** Oblika funkcije po dvakratnem odvajanju

x kot prikazuje *slika 5*. V tej točki je rob, ki se išče.

Z uporabo Laplaceovega operatorja v dvodimenzionalnem prostoru se dobi drugi odvod (4.9):

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (4.9)$$

oziroma maska:

$$m\nabla^2 \approx \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

Sedaj se lahko *slika 4* levo preleti z masko (4.10) in kot rezultat se dobi še bolj izrazit rob, ki je prikazan na *sliki 6*.

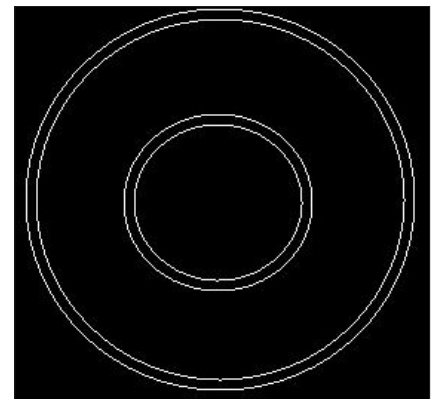
### ■ 5 Zgradba merilne naprave

Naprava za avtomatizirano kontrolo puš je sestavljena iz dveh sklopov.

Prvi sklop so merilna tipala (klešče), ki so prikazana na *sliki 7*.

Drugi del prototipne merilne priprave predstavlja ogrodje s spletno kamero, *slika 8*.

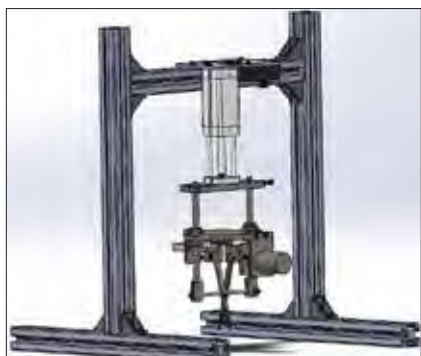
Merjenje z merilnimi tipali in spletno kamero poteka sočasno. Podatki o ustreznosti vizualnih meritev se iz računalnika pošljejo na PLK po povezavi Profinet.



**Slika 6.** Zaznavanje roba s pomočjo konvolucijske maske (4.10)

## 5.1 Merilna tipala

Merilna tipala so krmiljena s Simensovim PLK-jem CPU 1212c DC/DC/DC [5]. Vrednosti signalov o razprtju tipala so pridobljene iz analognega induktivnega senzorja [6].



Slika 7. Merilna tipala

Trenutna višina tipal se prebere z žičnega senzorja [7]. Na *sliki 10* je prikazan diagram stanj merilnega sklopa. Iz njega je razvidno, da se merilna tipala najprej spustijo v konično izvrtino. Ko so v maksimalni



Slika 8. Ogradje naprave za vizualno kontrolo

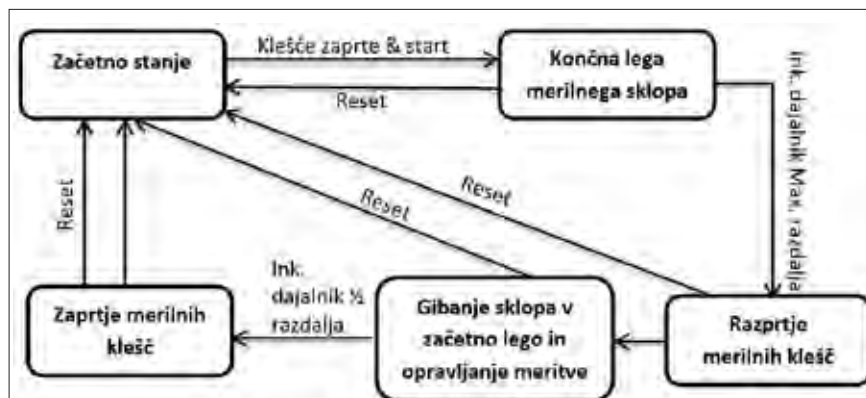
globini, se razprejo in začne se zajemanje podatkov o razprtosti tipal in trenutni višini. Nato se merilna tipala začnejo gibati nazaj proti izhodiščni legi in med tem se na določenih višinah zajemajo podatki s senzorjev, ki so potrebni za izračun konične izvrtine.

Preden pridejo merilna tipala v izhodiščno lego, se ustavi zajemanje podatkov in tipala se zaprejo.

PLK poleg krmiljenja in zajemanja podatkov s senzorjev izvaja komunikacijo z aplikacijo v programskem okolju LabView, v kateri se izvaja vizualna kontrola. Ob morebitnem neustreznem



Slika 9. Povezava: spletna kamera-računalnik-PLK



Slika 10. Diagram stanj merilnega sklopa

vizualnem kosu ali neustreznem kosu pri meritvi z merilnimi tipali se aktivira ustrezen digitalni izhod na krmilniku, ki signalizira napako merilcu.

## 5.2 Spletna kamera

Za meritev najmanjše izvrtine in koncentričnosti izvrtin ter detekcijo roba je uporabljena spletna kamera LOGITECH C525 HD. Program za vizualno kontrolo je izdelan v programskem okolju LabView. Uporabljeni sta knjižnici za strojni vid Vision Acquisition in Vision Assistant [8]. S prvo se nastavijo ustrezni parametri za spletno kamero, ki so prikazani v *tabeli 3*.

Tabela 3. Parametri spletne kamere

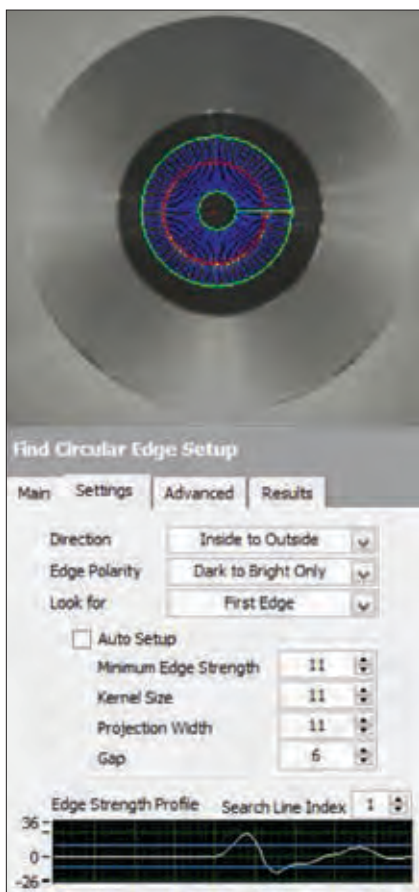
Parameter	Vrednost
Exposure (izpostavljenost)	0,283133 $\mu$ s
Contrast (kontrast)	0,138253
Brightness (svetlost)	74
Gain (ojačanje)	235
White Balance (belina)	5981
Zoom (povečava)	1
Focus (fokus)	75
Sharpness (ostrina)	1
Saturation (nasičenost)	1

Z drugo se je izdelal program za detekcijo in meritev robov. Na *sliki 11* je prikazano okno, v katerem se z upoštevanjem teorije iz poglavja 4 nastavijo parametri pri detekciji roba.

Tretji del kode v LabViewu predstavlja komunikacijo s krmilnikom. Diagram stanj na *sliki 12* prikazuje stanja pošiljanja rezultatov meritev spletne kamere.

## 6 Rezultati testnih meritev

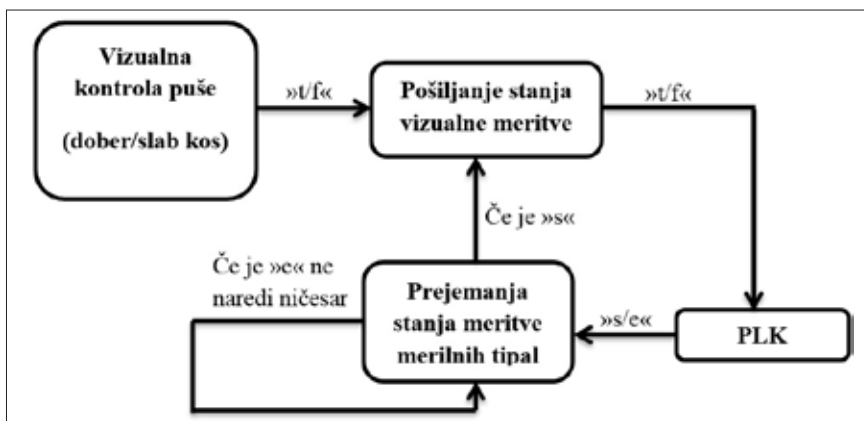
Testne meritve so bile izvedene tako, da so se izbrali kosi z napako in brez napake. Nato se je vsak izbrani kos petkrat premeril in so se zapisala odstopanja meritev. Pri meritvi najmanjšega premera konične izvrtine s spletno kamero je mogoče doseči natančnost dve stotinki milimetra, pri meritvi koncentričnosti izvrtin pa štiri stotinke milimetra. Natančnost merilnih tipal pri meritvi kota konusa znaša 0,05°, pri meritvi višine kosa in želenega premera na iskani višini pa je možno doseči 0,2 mm natančno meritev. Poleg natančnosti prototipne merilne naprave je bilo potrebno izmeriti še čas cikla meritve, ki je znašal 6 s.



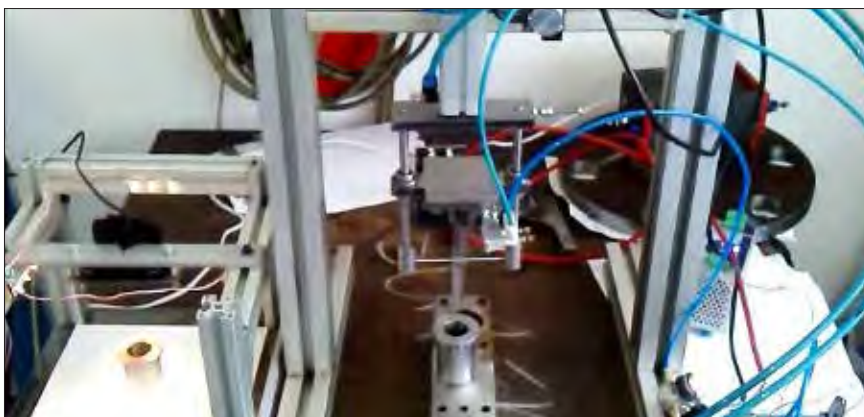
Slika 11. Detekcija in meritev krožnega roba najmanjše izvrtine

## 7 Zaključek

Cilj projekta je izdelava naprave za avtomatizirano dimenzijsko in oblikovno kontrolo puš. Z izdelanim prototipom so bile izpolnjene zadane zahteve. Testne meritve so pokazale, da je natančnost meritev znotraj predpisanih tolerančnih polj. Čas meritve ne presega predpisane vrednosti 7 s. V prihodnje je potrebno dograditi še manipulator, ki bo doziral merjenje in izvajal zlaganje in izmet pregledanih merjencev. Trenutno je naprava v fazi preizkušanja in odpravljanja napak.



Slika 12. Shematični prikaz izvajanja programa v LabViewu



Slika 13. Slika prototipne naprave

## Viri

- [1] Aleš Poljak, Kontrola kvalitete barvnega nanosa na betonske strešnike, *Avtomatika*, 85, (2008), str. 1–3.
- [2] R. K. B. G. S. Ramesh Jain, *Machine Vision*, McGraw-Hill, 1995.
- [3] Robertsov operator, dostopno na: [http://en.wikipedia.org/wiki/Roberts\\_cr-oss](http://en.wikipedia.org/wiki/Roberts_cr-oss) [19. 10. 2014].
- [4] Sobelov operator, dostopno na: [http://en.wikipedia.org/wiki/Sobel\\_oper-ator](http://en.wikipedia.org/wiki/Sobel_oper-ator), [19. 10. 2014].
- [5] S7 1200 manual, dostopno na: <http://www.paratrasnet.ro/pdf/automatizari-industriale/S7-1200.pdf>, [8. 10. 2014].
- [6] Indiktivni analogni senzor, dostopno na: <http://www.sensor.si/data/pdf/analogni/IX080CM65MG3.PDF>, [8. 10. 2014].
- [7] Žični senzor, dostopno na: [http://www.asmsensor.com/asm/pdf/pro/ws31\\_42\\_us.pdf](http://www.asmsensor.com/asm/pdf/pro/ws31_42_us.pdf), [8. 10. 2014].
- [8] LabView, Wikipedija, prosta enciklopedija, dostopno na: <http://en.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>, [13. 10. 2014].

### Device for the automated control of the dimensions and visual inspection of bushes

**Abstract:** In a serial production for the automotive industry there are high standards for the quality of products. Every piece has to go through a 100 % dimensional control before reaching the customer. Manual checking is very time-consuming. So in order to control such pieces, more specifically the bushes for car chassis, a measuring device for an automated control was designed. It was designed in two parts. The first part takes measurements with a web camera, making visual inspections of the dimensions. The program and user interface for this was designed in LabView. The second part of the measurements is performed by a measuring sensor that is controlled by PLC S7 1212c. The program for it was written in the TIA Portal.

**Keywords:** visual inspection of dimensions, measuring device, webcam, workpiece

# IFAM

international trade fair of  
**automation & mechatronic**



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



**27.-29.01.2016**

**Celje, Slovenija**  
[www.icm.si](http://www.icm.si)

# Turbinski regulator za dvošobno turbino Pelton

Primož BERGOČ, Borut ZUPANČIČ

**Izveček:** V članku predstavljamo razvoj turbinskega regulatorja za dvošobno turbino Pelton hidroelektrarne s sinhronskim generatorjem. Turbinski regulator z ustreznim reguliranjem odprtja dveh igel in odrezala vzdrukuje turbino v želeni delovni točki glede na izbran režim obratovanja. Vsebuje naslednje regulatorje: regulator obratov v prostem teku, regulator nivoja zajetja, regulator po delovni moči, regulator odprtja in regulator frekvence. Zadnji štiri regulatorji se uporabljajo, ko je agregat priključen na električno omrežje, pri čemer se regulator frekvence uporablja v primeru otočnega obratovanja elektrarne. Za potrebe testiranja turbinskega regulatorja smo izdelali matematični model hidroelektrarne, ki ga sestavlja model zajetja, model tlačnega cevovoda z upoštevanjem vodnega udara, model turbine z vztrajnostnim momentom agregata, model proporcionalnih hidravličnih ventilov in servomotorjev ter poenostavljen model sinhronskega generatorja. Z modelom smo načrtali in testirali ustrezno regulacijo.

**Ključne besede:** turbinski regulator, turbina Pelton, modeliranje hidroelektrarne, vodni udar

## ■ 1 Uvod

Pomemben člen vsakega agregata v hidroelektrarni je turbinski regulator, ki skrbi za pravilno delovanje turbine in agregata v prostem teku in po priključitvi na električno omrežje. Turbinski regulator mora najprej zagotavljati pravilno delovanje agregata glede na posebnosti celotnega hidrosistema (zajetje, cevovod, turbina, generator itd.), nato pa tudi zahtevam, ki jih narekuje zakonodaja priključitve hidroelektrarne na električno omrežje.

Turbinski regulatorji so se v zgodovini razvoja hidroelektrarn tehnološko zelo razvili. Od prvih povsem mehanskih do kombinacije analogne tehnike in elektromehanike ter današnjih, ki so kombinacija digitalne tehnike in elektromehanike.

mag. Primož Bergoč, univ. dipl. inž., Soške elektrarne Nova Gorica, d. o. o., Nova Gorica; Prof. dr. Borut Zupančič, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

Sodobni turbinski regulatorji so sestavljeni iz aplikativne programske opreme regulatorja, ki je realizirana na programirljivih logičnih krmilnikih (PLK) ali na namenskih elektronskih napravah [1], in iz elektromagnetnih ventilov ter hidravličnih servomotorjev.

V članku je predstavljen razvoj turbinskega regulatorja za dvošobno turbino Pelton. Turbinski regulator vsebuje regulator vrtljajev, nivoja zgornjega zajetja, frekvence, delovne moči in regulator odprtja izvršnih členov turbine. Aplikativna programska oprema turbinskega regulatorja je izvedena v programskem okolju STEP 7 proizvajalca Siemens in je primerna za programirljive logične krmilnike proizvajalca Siemens in VIPA.

V fazi razvoja je aplikativno programsko opremo turbinskega regulatorja nemogoče testirati na realnem sistemu. Zato smo za potrebe testiranja izdelali v realnem času delujoč matematični model hidroelektrarne, ki vključuje vse glavne sklope realnega sistema: zajetje, cevovod, turbino, elektro-

magnetne ventile in servomotorje ter generator. Z modelom smo načrtali in testirali ustrezno regulacijo.

## ■ 2 Matematični model

Za razvoj in testiranje turbinskega regulatorja smo razvili matematični model hidroelektrarne v realnem času. Model je izdelan v programskem okolju Matlab na osebнем računalniku. Za izmenjavo podatkov med modelom in PLK-jem, na katerem se izvaja aplikativna programska oprema turbinskega regulatorja, smo uporabili odprto kodno knjižnico Snap7 [2], ki preko mrežne povezave uporablja Siemensov komunikacijski protokol »S7 Protocol«.

Ker je hidroelektrarna sestavljena iz več podsistemov, je tudi matematični model sestavljen iz petih modelov, in sicer modela zajetja, modela cevovoda z upoštevanjem vodnega udara, modela rotirajočih se delov agregata, modela proporcionalnih elektromagnetnih ventilov in servomotorjev ter modela sinhronskega generatorja.

### Model zgornjega zajetja

Količina vode, ki je na razpolago hidroelektrarni, se zbirata v zgornjem zajetju. Uporabni nivo zajetja  $H_z$  je definiran kot globina vode nad ustjem cevi cevovoda in je odvisen od količine vode, ki priteka v akumulacijo, in količine vode, ki odteka skozi cevovod. Opisani prehodni pojav opisuje naslednja enačba:

$$\frac{dH_z}{dt} = \frac{1}{A_z} (Q_{dot} - Q_{cev}) \quad (1)$$

pri čemer je  $A_z$  površina zajetja,  $Q_{dot}$  volumski dotok vode v zajetje in  $Q_{cev}$  volumski pretok vode skozi cevovod. Enačba (1) predstavlja matematični model zajetja, pri čemer se je predpostavilo, da je površina zajetja konstantna čez celoten uporabni nivo zajetja. Ta predpostavka je dovolj dobra za testiranje turbinskega regulatorja.

### Model tlačnega cevovoda z upoštevanjem vodnega udara

Turbine Pelton se uporabljajo na hidroelektrarnah z visokimi brutopadci (nad 100 m) in nizkimi pretoki. Pri dolgih tlačnih cevovodih je zelo pomembna pravilna nastavitve zapiralnih časov zapornih organov turbine (iglasti ventili in kroglasti zasuni), da je vpliv vodnega udara čim manjši.

Vodni udar je definiran [3] kot spreminjanje tlačne višine  $H$  z razdaljo  $x$  in s časom  $t$  pri spremembah pretoka. Nastopi lahko v vseh tlačnih cevovodih ob spremembah pretoka (npr. ob spremembi neto padca, ob zapiranju ali odpiranju vodilnika oziroma iglastih ventilov). Vodni udar lahko povzroči velike nadtlake in podtlake v cevovodu, kar ima za posledice trajne deformacije cevovoda in velike sile na temelje samega cevovoda in turbine.

Matematični model cevovoda z upoštevanjem vodnega udara [3] in [4] opisujeta dve parcialni diferencialni enačbi, in sicer dinamična (2) in kontinuitetna enačba (3).

$$\frac{1}{A_{cev}} \frac{\partial Q}{\partial t} + g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{f}{A_{cev}^2} \frac{Q|Q|}{2D} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{a^2}{gA_{cev}} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

kjer je  $H$  tlačna višina,  $Q$  volumski pretok vode,  $A_{cev}$  notranji presek cevovoda,  $D$  notranji premer cevovoda,  $a$  hitrost vodnega udara,  $g$  gravitacijski pospešek,  $f$  koeficient trenja cevovoda,  $x$  razdalja v smeri dolžine cevovoda in  $t$  čas.

Izdelava matematičnega modela tlačnega cevovoda z upoštevanjem vodnega udara v programskem okolju Matlab zahteva uporabo ustrezne numerične metode reševanja nelinearnih parcialnih diferencialnih enačb. Nelinearni parcialni diferencialni enačbi (2) in (3) se re-

šujeta z uporabo metode karakteristik [3] in [4]. Metoda karakteristik transformira parcialne diferencialne enačbe v navadne diferencialne enačbe, ki se lažje numerično rešujejo. Rešitev problema vodnega udara je določitev odvisnih spremenljivk  $H$  (tlačna višina) in  $Q$  (volumski pretok vode) v vsakem profilu  $x$  in v vsakem času  $t$  [3].

### Model rotirajočih se delov agregata

Model sestavljajo vsi rotirajoči se deli agregata, kamor spadajo turbina, vztrajnik, os in rotor generatorja. V modelu je bila modelirana dvošobna turbina Pelton z odrezračem. Skozi šobe oziroma iglaste ventile («igle») se dovaja voda na tekač, ki je pri turbini Pelton sestavljen iz lopatic v obliki skodelice. Za natančno regulacijo vrtljajev se uporablja odrezač, da odvečni del vode skozi iglaste ventile preusmeri mimo tekača. Turbina je preko osi povezana na vztrajnik, ki blaži kratkotrajne prehodne pojave na mreži ali pri odpiranju igel in preprečuje nenadno spremembo vrtljajev. Os tekača in vztrajnika je preko toge ali elastične sklopke povezana na os rotorja generatorja.

Izpeljava matematičnega modela rotirajočih se mas agregata temelji na enačbi za dinamični vrtilni navor, ki pravi, da vsaka sprememba vsote vseh navorov  $M$  povzroči spremembo kotne hitrosti  $\omega$ .

$$J \frac{d\omega}{dt} = \sum M = M_h - M_D - M_Z - M_e \quad (4)$$

$J$  je vztrajnostni moment celotnega sistema,  $M_h$  je hidravlični navor, do katerega pride, ko voda trči v tekač,  $M_D$  je dušilni navor (izgube vseh rotirajočih se mas zaradi trenja in ventilacije),  $M_Z$  je zavorni navor, ki ga povzroči aktivna zavora pri zaustavitvi agregata, ko vrtljaji padejo pod določen prag (običajno pod 30 %), in  $M_e$  je električni navor, ki nastane, ko je generator priključen na električno omrežje.

Naprej definiramo relativno spremembo hitrosti  $\varphi$ , pri čemer velja  $\omega = 2\pi n$ , kjer so  $\omega_r$  nazivna kotna hitrost in  $n_r$  nazivni vrtljaji

$$\varphi = \frac{\omega}{\omega_r} - 1 = \frac{n}{n_r} - 1 \quad (5)$$

Če enačbo (5) vstavimo v enačbo (4) in celotno enačbo delimo z nazivnim navorom  $M_r = S_r/\omega_r$ , dobimo enačbo za dinamični vrtilni navor v obliki »pu«

$$T_a \frac{d\varphi}{dt} = m_h - m_D - m_Z - m_e \quad (6)$$

pri čemer je  $T_a$  zagonski čas sistema, ki pove, koliko časa potrebuje sistem, da se zavrti iz mirovanja do nazivnih vrtljajev, če mu dovedemo maksimalni navor oziroma v primeru hidroturbine nazivni pretok vode na tekač

$$T_a = \frac{J\omega_r}{M_r} \quad (7)$$

Glede na [5] se  $T_a$  za hidroelektrarne giblje med 4 in 8 s.

Hidravlični navor je definiran kot produkt sile vode na tekač  $F_h$  in ročice sile, ki je enaka polmeru tekača  $D_K$  [6], [7] in [8]

$$m_h = \frac{M_h}{M_r} = \frac{1}{M_r} F_h \frac{D_K}{2} \eta \quad (8)$$

pri čemer je hidravlična sila vode  $F_h$  definirana z naslednjo enačbo [6] in [8]

$$F_h = 2\rho Q_m (V_m - u) \quad (9)$$

kjer je  $Q_m$  pretok vode na tekač, to je pretok, ki teče mimo odrezača,  $u$  je obodna hitrost tekača, definirana z enačbo

$$u = \frac{D_K}{2} \omega_r (\varphi + 1) \quad (10)$$

$V_m$  je hitrost vodnega curka, ki je konstantna za katerekoli odprtje iglastega ventila. Odvisna je le od neto tlačne višine pred ventilom  $H_n$  in izgub ventila zaradi trenja ( $0,96 \leq K_f \leq 0,99$ ).

$$V_m = K_f \sqrt{2gH_n} \quad (11)$$

Pri izračunu pretokov skozi iglo  $Q$  in mimo odrezača  $Q_m$  je potrebno upoštevati nelinearne karakteristiki igle (slika 1) in odrezača (slika 2).

Dušilni navor  $m_D$  je premo sorazmeren s kvadratom spremembe hitrosti [6]

$$m_D = \frac{M_D}{M_r} = \frac{1}{M_r} K_D n_r^2 (\varphi + 1)^2 \quad (12)$$

kjer je  $K_D$  dušilna konstanta, ki se določi eksperimentalno ali pa iz meritev na samem sistemu.

Zavorni navor  $m_z$  je navor, ustvarjen z zavoro, da zavstavi vrtenje agregata. Modelirala se je zavora, izvedena s čeljustjo, ki pritisne na obod vztrajnika. Čeljust je povezana na hidravlični cilindar, ki jo pritisne na obod vztrajnika s silo  $F_z$

$$m_z = \frac{1}{M_r} F_z \frac{D_K}{2} \quad (13)$$

Zadnji izmed navorov v enačbi (6) je elektromagnetni navor  $m_e$ , ki ga ustvari generator, ko je priključen na električno omrežje

$$m_e = \frac{M_e}{M_r} = \frac{P_e}{S_r} \quad (14)$$

kjer je  $P_e$  trenutna delovna moč generatorja in  $S_r$  nazivna navidezna moč generatorja.

Vstavimo zgornje enačbe za posamezne navorov v enačbo (6) in jo uredimo

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{T_a} (K_1 \varphi^2 + K_2 \varphi + K_3) \quad (15)$$

Konstante  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$  so naslednje

$$K_1 = -\frac{K_D n_r^2}{M_r} \quad (16)$$

$$K_2 = -\left(\frac{D_K^2 \rho Q_m \omega_r \eta}{2M_r} + \frac{2K_D n_r^2}{M_r}\right) \quad (17)$$

$$K_3 = \frac{D_K \rho Q_m \eta}{M_r} \left(V_m - \frac{D_K \omega_r}{2}\right) - \frac{K_D n_r^2}{M_r} - \frac{D_K F_z}{2M_r} - \frac{P_e}{S_r} \quad (18)$$

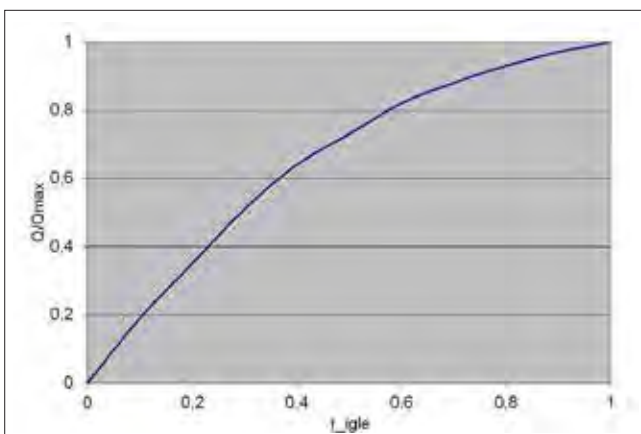
### Model sinhronskega generatorja

V modelu hidroelektrarne smo uporabili poenostavljen matematični model sinhronskega generatorja, pri katerem smo modelirali samo delovno moč  $P_e$ , ki je odvisna od kolesnega kota  $\delta$

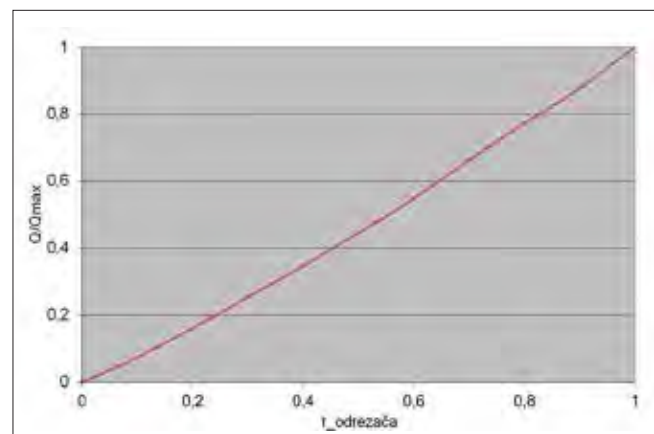
$$P_e = \frac{U_L U_G \sin \delta}{X_S} \quad (19)$$

kjer je  $U_L$  medfazna napetost mreže,  $U_G$  medfazna napetost generatorja in  $X_S$  sinhronska reaktanca. Kolesni kot  $\delta$  je definiran kot razlika med dejansko kotno hitrostjo in sinhronsko oziroma nazivno kotno hitrostjo

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega_r \varphi \quad (20)$$



Slika 1. Karakteristika igle



Slika 2. Karakteristika odrezača



### Model proporcionalnih elektromagnetnih ventilov

Iglasta ventila in odrezač so krmiljeni s proporcionalnimi elektromagnetnimi ventili (EMV), ki jih modeliramo s sistemom prvega reda z ojačenjem 1 in s časovno konstanto  $T_y$

$$\frac{dy_{izh}}{dt} = \frac{1}{T_y} (y_{zel} - y_{izh}), \quad (21)$$

kjer sta  $y_{izh}$  dejansko odprtje EMV-ja in  $y_{zel}$  želeno odprtje (referenčni signal na EMV).

### 3 Turbinski regulator

Aplikativna programska oprema turbinskega regulatorja je izdelana v programskem okolju Simatic STEP 7 proizvajalca Siemens in je primerna za PLK-je serije S7-300 in S7-400 proizvajalca Siemens in CPU300S proizvajalca VIPA.

Turbinski regulator sestavljajo štirje moduli:

- modul za generiranje začetnih pogojev, hitre zapore, alarmov in opozoril,
- modul za zagon in zaustavitev turbine,
- modul izbire upravljanja in obratovanja turbine,
- modul turbinskega regulatorja, kjer se izvajajo vsi regulatorji in izhodni gonilnik pozicije servomotorjev.

Modul turbinskega regulatorja vsebuje naslednje regulatorje:

- **regulator vrtljajev** – uporablja se za regulacijo vrtljajev turbine v prostem teku agregata (agregat ni priključen na električno omrežje),
- **regulator nivoja** – uporablja se za regulacijo nivoja zgornjega zajetja (agregat priključen na električno omrežje),
- **regulator moči** – uporablja se za regulacijo železne delovne moči (agregat priključen na električno omrežje),
- **regulator frekvence** – uporablja se za vzdrževanje frekvence mreže 50 Hz (agregat priključen na šibko

električno omrežje – otočno obratovanje),

- **regulator odprtja** – uporablja se za regulacijo železnega odprtja izvršnih členov turbine (agregat v prostem teku ali pa priključen na električno omrežje).

Istočasno je lahko aktiven le eden izmed zgoraj navedenih regulatorjev. Za preprečitev večjih prehodnih pojavov, povezanih z vodnim udarom, ima gonilnik pozicije vgrajeno možnost odpiranja/zapiranja izvršnih členov po rampi, ki je nastavljiva za vsak režim obratovanja posebej. Poleg tega gonilnik pozicije odpira/zapira obe igli po kulisi, saj se s tem zaradi nelinearne karakteristike igel (*slika 1*) doseže maksimalni izkoristek turbine.

Turbinski regulator ima vgrajeno tudi možnost obratovanja po statiki, ki je pri hidroelektrarnah običajno 4–5 %.

Vse regulatorje turbinskega regulatorja smo razvili z algoritmom PID (*slika 3*). Regulator PID je parametrični regulator [11] (vsebuje 20 različnih parametrov), saj lahko z ustrežno izbiro parametrov običajni regulator PID spremenimo v katerokoli izvedenko od P do PI\_D s poljubnimi parametri posameznega člena. Regulator ima vgrajeno tudi zaščito pred integralskim pobegom, mrtvo cono pogreška, omejitnik izhodne veličine in ročno obratovanje.

Regulator PID je sestavljen iz treh osnovnih členov z naslednjimi prenosnimi funkcijami:

- proporcionalni člen:

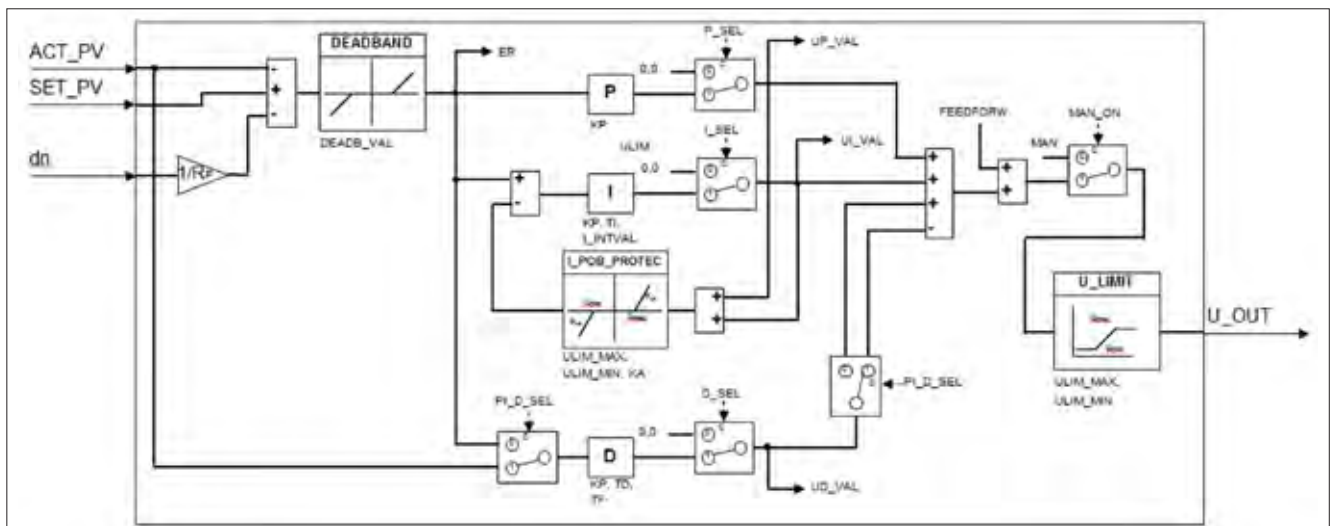
$$P = K_p \quad (22)$$

- integrirni člen:

$$I = \frac{K_p}{T_I s} \quad (23)$$

- diferencirni člen:

$$D = \frac{K_p T_D s}{T_f s + 1} \quad T_f = (0,1 \dots 0,3) T_D \quad (24)$$



Slika 3. Bločna shema regulatorja PID

Če enačbe (22), (23) in (24) združimo in zapišemo v diskretni obliki [11] in [12], dobimo diskretno obliko regulatorja PID, ki je primerna za uporabo v aplikativni programski opremi turbinskega regulatorja

$$u(k) = K_p \left[ e(k) + \frac{T_i}{T_s} \sum_{i=0}^{k-1} e(i) + \frac{T_d}{T_s} (e_f(k) - e_f(k-1)) \right] \quad (25)$$

$k$  je diskretni časovni korak in  $T_0$  čas vzorčenja. V enačbi (25) je potrebno izpeljati še diskretno obliko zakasnjene pogreška diferencirnega člena

$$e_f = (1 - \alpha)e_f(k-1) + \alpha e(k), \quad (26)$$

kjer je

$$\alpha = \frac{T_0}{T_f + T_0} \quad (27)$$

## 4 Rezultati

Aplikativno programsko opremo turbinskega regulatorja smo testirali na PLK-ju CPU 313SC (serija CPU300S) proizvajalca VIPA Elektronik-Systeme [13], za vmesnik človek-stroj (ang. HMI – Human Machine Interface) smo uporabili operaterski panel WOP-2070T proizvajalca Advantech. Matematični model hidroelektrarne v realnem času se je izvajal na osebnem računalniku. Naprave so si med seboj izmenjevale podatke po mrežni povezavi.

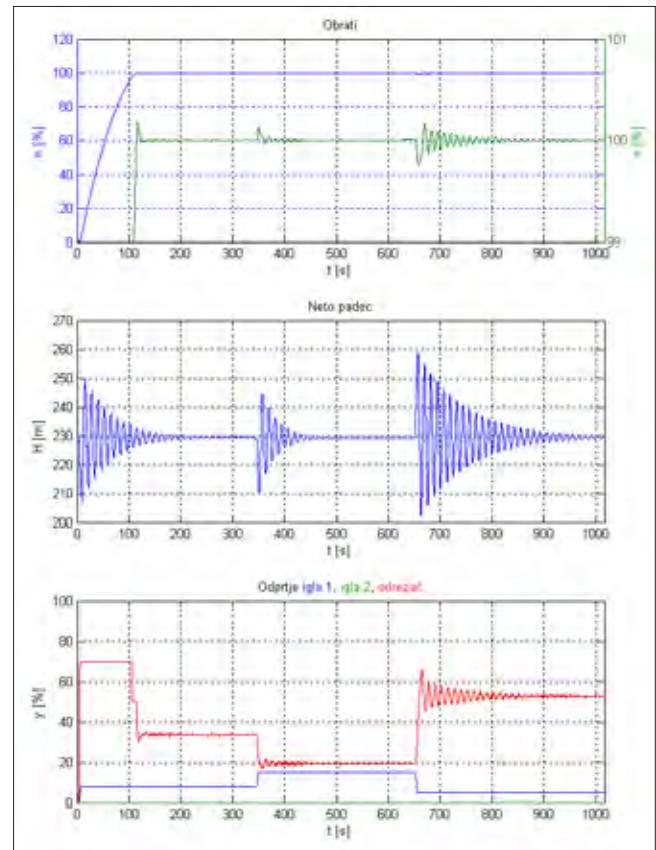
Zaradi velikega števila parametrov modela bomo tu navedli le osnovne:

- dvošobna turbina Pelton z odrezračem
- površina zajetja ( $A_2$ ) 252  $m_2$
- globina zajetja ( $H_2$ ) 2 m
- dolžina cevovoda ( $L$ ) 3548 m
- bruto padec ( $H_b$ ) 230 m
- nazivni pretok ( $Q_n$ ) 0,43  $m^3/s$
- navidezna moč gen. ( $S_n$ ) 810 kVA

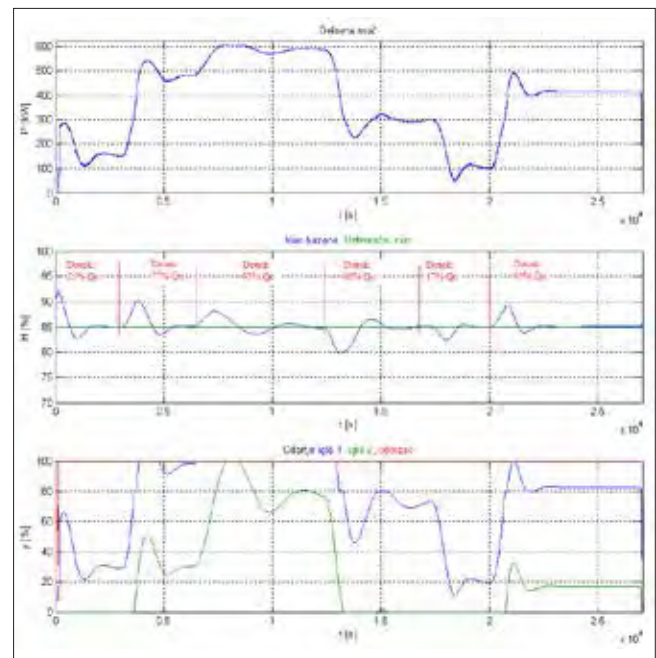
Najprej smo preizkusili zagon turbine in delovanje regulatorja vrtljajev v prostem teku. Regulator vrtljajev vzdržuje nazivne vrtljaje samo z odpiranjem in zapiranjem odrezala. Iglasta ventila ostaneta ves čas na enakem odprtju.

Slika 4 prikazuje zagon agregata in odziv regulatorja vrtljajev na dve stopničasti spremembi odprtja igle. Prvi graf prikazuje vrtljaje v razponu 0–120 % in obrate v razponu 99–101 %, na drugem grafu je lepo razvidno, kako se spreminja tlak v cevovodu (vodni udar) ob spremembi odprtja, na zadnjem grafu so odprtja izvršnih členov.

Po sinhronizaciji na omrežje turbinski regulator preklopi iz regulacije vrtljajev v regulacijo nivoja, če je ta izbrana. Slika 5 prikazuje odziv regulatorja nivoja pri vzdrževanju 85-odstotne referenčne vrednosti nivoja in spreminjanju dotoka v zajetje.

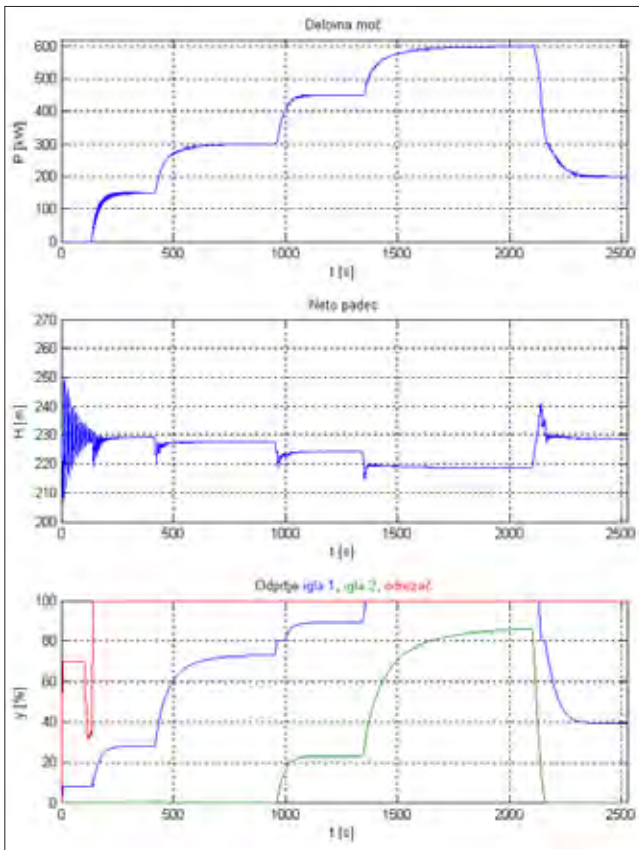


Slika 4. Zagon in prosti tek agregata



Slika 5. Regulacija nivoja pri spreminjanju dotoka v zgornje zajetje

Če je pri obratovanju na mreži izbran regulator moči, turbinski regulator vzdržuje nastavljeno referenčno delovno moč. Slika 6 prikazuje odzive regulatorja delovne moči na spreminjanje reference delovne moči. Referenca se je spreminjala po 150 kW korakih, na koncu pa se je s 600 kW spremenila na 200 kW.



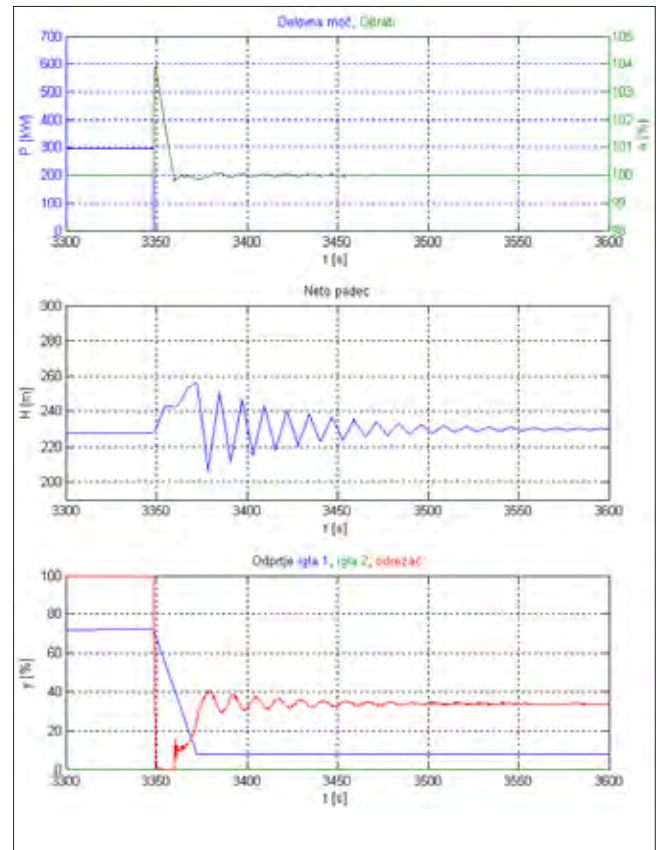
Slika 6. Odziv regulacije delovne moči na spremembe reference

Pomemben test turbinskega regulatorja je odziv na razbremenitve agregata iz različnih delovnih moči. Običajno se izvedejo testi razbremenitve iz 25 %, 50 %, 75 % in 100 % nazivne delovne moči agregata. Ti testi so še posebej pomembni pri hidroelektrarnah s tlačnimi cevovodi, kjer mora biti turbinski regulator dovolj hiter, da prepeči pobeg agregata (preveliko povišanje obratov), na drugi strani pa počasen, da ne pride do prevelike spremembe tlaka v cevovodu. Pri turbini Pelton turbinski regulator rešuje prvi problem s hitrim zapiranjem odrezala, drugega pa z ustrežno dolgimi zapiralnimi časi igel. Pri razbremenitvi se mora turbinski regulator odzvati tako, da varno pripelje agregat na nazivne vrtljaje in ga na nazivnih obratih obdrži. Sliki 7 in 8 prikazujeta odziv turbinskega regulatorja na razbremenitve s 300 kW in polne delovne moči (600 kW). Na obeh slikah prvi graf prikazuje spremembo vrtljajev, drugi porast tlaka v cevovodu in tretji odprtja izvršnih členov.

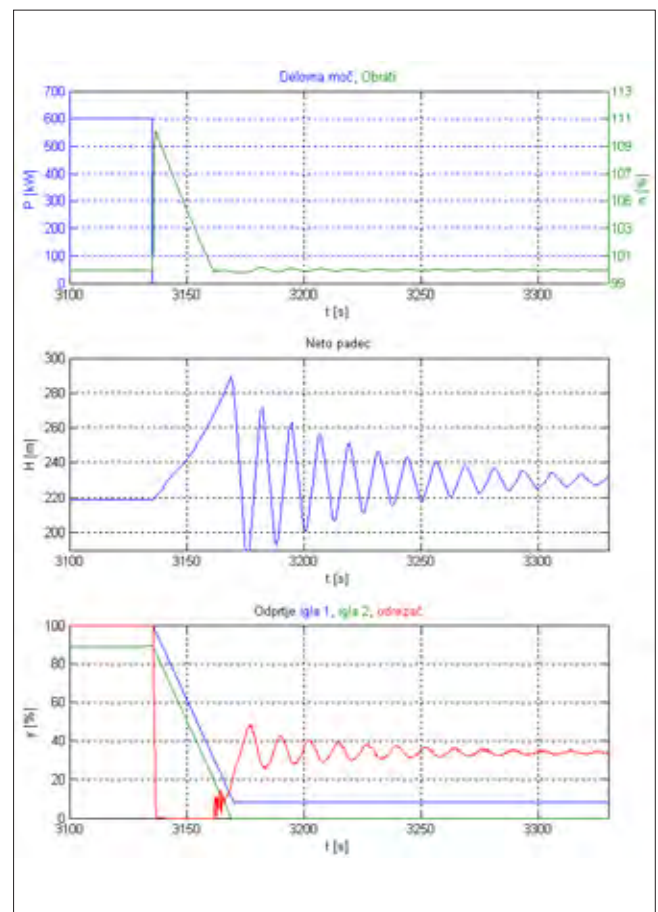
## ■ 5 Sklep

Matematični model se je izkazal kot odličen pripomoček pri razvoju turbinskega regulatorja. Z njim smo testirali različne režime obratovanja in prehodne pojave, tudi take, ki se jim na realnem sistemu raje izognemo oziroma jih izvedemo z določenim strahom, saj lahko povzročijo poškodbe na objektu in napravah.

Tako matematični model kot turbinski regulator sta dobra osnova za nadaljnji razvoj turbinskih regulatorjev za ostale vrste turbin in hidroelektrarn.



Slika 7. Razbremenitev z moči 300 kW



Slika 8. Razbremenitev z moči 600 kW

## Literatura

- [1] 505 Digital Governor for Hydraulic Turbines Manual, Woodward, 2011.
- [2] D. Nardella, Snap7 Reference Manual, dosegljivo: <http://snap7.sourceforge.net/>, 2013.
- [3] R. Rajar, Hidravlika nestalnega toka, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, 1980.
- [4] E. B. Wylie, V. L. Streeter, Fluid transients, New York: McGraw-Hill, 1978.
- [5] P. Kundur, Power System Stability and Control, New York: McGraw-Hill, 1993.
- [6] U. Karadžić, A. Bergant, P. Vu-koslavčević, A Novel Pelton Turbine Model for Water Hammer Analysis, *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering* 55, 369–380, 2009.
- [7] U. Karadžić, A. Bergant, P. Vu-koslavčević, Water Hammer Effects During Pelton turbine Load Rejection, 3rd IAHR Czech Republic, 2009.
- [8] M. N. Shesha Prakash, Hydraulic turbines, VTU Learning, dosegljivo: [http://elearning.vtu.ac.in/P6/enotes/CV44/Pel\\_Whe-MNSP.pdf](http://elearning.vtu.ac.in/P6/enotes/CV44/Pel_Whe-MNSP.pdf).
- [9] D. Miljavec, P. Jereb, Električni stroji, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, 2005.
- [10] I. N. Bronštejn, K. A. Semendjajev, G. Musiol, H. Mühlig, Matematični priročnik, Ljubljana: Tehnična založba Slovenije, 1997.
- [11] B. Zupančič, Zvezni regulacijski sistemi, 1. in 2. del, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, dosegljivo <http://mcs.fe.uni-lj.si/Download/Zupan-cic/ZRS1.pdf>, 2010.
- [12] D. Matko, Računalniško vodenje procesov, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, 1995.
- [13] SPEED7-CPU SC 313-5BF13 Manual, Rev. 12/50, december 2012, dosegljivo: [www.vipa.at](http://www.vipa.at).

### Governor controller for two needle Pelton turbine

**Abstract:** The paper deals with the governor controller for a two needle Pelton turbine in a hydropower plant with a synchronous generator. The governor controller maintains the set point which depends on the selected mode of the generating unit operation. To achieve this it controls the opening of the two needles and the deflector. The governor controller consists of the following parts: a speed controller which acts during the free run, a level controller, a load controller, an opening controller and a frequency controller when the generating unit is connected to the grid. In order to design the governor controller a mathematical model of a hydropower plant was developed. It consists of five sub-models: the model of the upper reservoir, the penstock model including the water hammer effect, the turbine model, the model of hydraulic solenoid valves and servomotors, and the simplified model of a synchronous generator. With the use of the model, the control algorithms were designed and tested.

**Keywords:** Governor controller, Pelton turbine, hydropower plant modeling, water hammer



Rešitve za mehatroniko,  
avtomatizacijo in informatiko



**Novo v programu:**

**Osvetljene tipke 22,5 mm na osnovi piezo tehnologije**

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

info@tehna.si [www.tehna.si](http://www.tehna.si)  
Tehnološki park 19 · Ljubljana



Janez Tušek

NOVO!

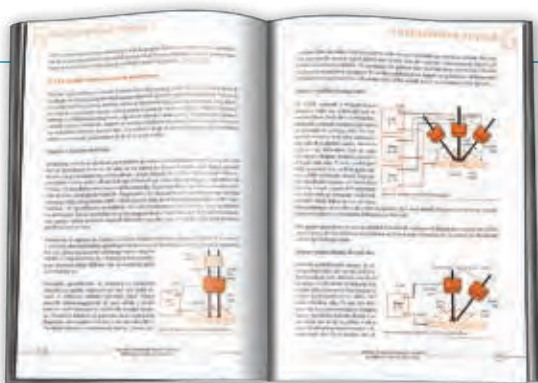
# Varjenje in sorodne tehnike spajanja materialov v neločljivo zvezo



## O knjigi

Knjiga obsega 15 ločenih poglavij, ki so smiselno povezana. Prvo poglavje je uvod v vsebino knjige, drugo pa kratek zgodovinski pregled razvoja tehnik, postopkov in tehnologij spajanja materialov v neločljivo zvezo. Osnovni in posebni izrazi, ki jih pogosto uporabljamo v vsakdanjem pogovoru in v pisnih gradivih s tega področja, so podani in razloženi v tretjem poglavju. Nekaj mednarodno priznanih različnih razdelitev varjenj in drugih tehnik spajanja v trajno zvezo je prikazanih v četrtem poglavju, v petem pa nekaj fizikalno-metalurških osnov spajanja materialov pri sobni in zvišani temperaturi. Šesto poglavje je najboljše in obravnava obločna varjenja s taljivo in netaljivo elektrodo v zaščiti plinov in plinskih mešanic, v zaščiti praškov in še nekaterih drugih medijev. Poleg klasičnih talilnih varjenj poznamo še varjenja z visoko gostoto energije, med katera

spadajo varjenje z elektronskim snopom, varjenje z laserjem in varjenje s plazmo ter so zajeta v sedmem poglavju. Osmo obsega varjenja s kemično energijo, med katera uvrščamo plamensko varjenje, termično (aluminotermično) varjenje in eksplozijsko varjenje. Drugo najboljše poglavje je deveto, ki obravnava elektroporovno varjenje in postopke za ta način spajanja materialov v trajno zvezo. Deseto poglavje opisuje varjenje z mehansko energijo in enajsto spajkanje, ki ga imenujemo tudi lotanje, ter dvanajsto metalizacijo z navarjanjem in toplotnim nabrizgavanjem. Lepljenje je podano v trinajstem poglavju in v štirinajstem mehansko spajanje materialov. Hibridno varjenje in postopki za ta način varjenja in spajanja materialov v neločljivo zvezo so zajeti v petnajstem poglavju.



## Komu je knjiga namenjena

Študentom dodiplomskega in podiplomskega študija na fakultetah za strojništvo ter na vseh drugih fakultetah in višjih šolah, ki imajo v svojem izobraževalnem programu tudi področje spajanja materialov v neločljivo zvezo. Nadalje je lahko knjiga v veliko pomoč vsem udeležencem različnih tečajev, seminarjev in specializacij iz varilstva. Knjiga bo koristila tudi zaposlenim v industriji, ki delujejo na varilskem in širšem področju spajanja materialov ter se spoprijemajo z različnimi tehničnimi in tehnološkimi težavami. Veliko koristnih nasvetov, podatkov in informacij pa bodo našli še vsi, za katere je varilstvo le dopolnilna aktivnost, konjiček ali priložnostna dejavnost.

### Iz vsebine

- Zgodovinski pregled varjenja in sorodnih tehnik spajanja materialov
- Osnovni izrazi v tehnikah spajanja materialov
- Razdelitev tehnik varjenj in sorodnih tehnik spajanja materialov
- Fizikalno-metalurške osnove varjenja in sorodnih tehnik spajanja materialov
- Elektrobločno varjenje
- Varjenje z visoko gostoto energije
- Varjenje s kemično energijo
- Elektroporovno varjenje
- Varjenje z mehansko energijo
- Spajkanje
- Metalizacija, navarjanje in toplotno nabrizgavanje
- Lepljenje
- Mehansko spajanje materialov v neločljivo zvezo
- Hibridno varjenje in drugi hibridni postopki spajanja materialov v neločljivo zvezo

### NAROČILO KNJIGE

Naročila sprejemamo na e-poštni naslov:  
[knjiznica@fs.uni-lj.si](mailto:knjiznica@fs.uni-lj.si)

### ZALOŽBA:

Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

### CENA KNJIGE

40 €



Univerza v Ljubljani

# Kontaminacija in merjenje stopnje čistosti hidravličnih olj

Milan KAMBIČ, Vito TIČ

**Izvleček:** Eden od pomembnih vzdrževalnih ukrepov je redno spremljanje kontaminacije hidravličnih tekočin in njeno ohranjanje na takšnem nivoju, ki bistveno ne vpliva na zanesljivost obratovanja in uporabno dobo hidravlične opreme. Kontaminacijo najpogosteje določamo z meritvami stopnje čistosti s pomočjo avtomatskih števec delcev. Zahteve glede potrebne stopnje čistosti tekočine podajajo proizvajalci hidravlične opreme. Ob poznavanju teh zahtev in dejanske stopnje čistosti lahko z upoštevanjem tudi ostalih parametrov zanesljivo ocenimo trenutno stanje in se odločimo o nadaljnjih vzdrževalnih ukrepih. Morda pa se premalokrat poglobimo v natančnost in zanesljivost opravljenih meritev stopnje čistosti. Ali so izmerjene stopnje čistosti realne in kaj lahko vpliva na rezultate?

Prispevek obravnava vpliv kontaminantov, kot sta zrak in voda v hidravličnem olju, ne le na delovanje hidravličnih sistemov, temveč tudi na izmerjene stopnje čistosti. Vpliv na rezultate meritev stopnje čistosti smo ugotavljali pri laboratorijskih testiranjih različnih senzorjev za on-line nadzor stanja hidravličnih olj. Ugotovljen in prikazan vpliv se je potrdil tudi v praktičnih aplikacijah on-line nadzora stanja hidravličnih olj, ki ga v zadnjih letih izvajamo v nekaterih slovenskih podjetjih.

**Ključne besede:** hidravlična olja, stopnja čistosti, kontaminacija, avtomatski števec delcev

## ■ 1 Uvod

Kontaminacija hidravličnih tekočin je neizogiben pojav, saj del kontaminantov pride v hidravlično tekočino že med proizvodnjo, ostali pa med transportom, skladiščenjem, polnjenjem hidravličnih naprav in uporabo. Glede na to, da kontaminacije popolnoma ne moremo preprečiti, je pomembno, da znamo izmeriti stopnjo (ne)čistosti hidravlične tekočine, saj na ta način ugotovimo, ali je še primerna za nadaljnjo uporabo [1], [3].

V zadnji verziji standarda DIN 51524 (velja od aprila 2006), ki predpisuje minimalne zahteve za hidravlična olja, je vključena tudi zahteva o minimalni potrebni stopnji čistosti svežega hidravličnega olja na minimalni osnovi. Ta mora znašati vsaj 21/19/16 (ISO 4406:1999). Glede na

Dr. Milan Kambič, univ. dipl. inž., Dr. Vito Tič, univ. dipl. inž., oba OLMA, d. d., Ljubljana

to, da je ta zahteva celo manj kvaliteta od stopnje čistosti svežih olj, ki so jih že doslej prodajali nekateri proizvajalci, ni prinesla bistvenega izboljšanja čistosti svežega olja. Morda so se le nekoliko bolj izenačile čistosti olj različnih proizvajalcev [2].

Potrebno stopnjo čistosti hidravlične tekočine za določen namen uporabe predpisujejo/priporočajo proizvajalci strojev oz. hidravličnih naprav, in sicer izrecno glede na vgrajene sestavne dele. Kadar omenjenih podatkov nimamo, lahko kot smernice upoštevamo splošna priporočila [2], [3].

Dandanes stopnjo čistosti najenostavneje določamo z avtomatskimi števci delcev. Rezultat meritve enostavno odčitamo na zaslonu instrumenta. Če nas zanimajo podrobnejši podatki, pa lahko odčitamo tudi število delcev posamezne velikosti. Morda tudi zaradi enostavnosti same meritve velikokrat premalo kritično ocenjujemo realnost izmerjenih vrednosti. Z meritvami smo

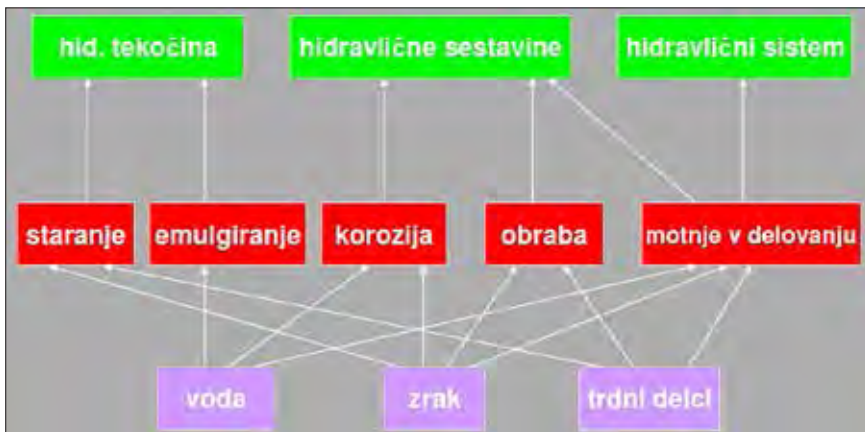
ugotovili, da na izmerjene stopnje čistosti lahko zelo vplivajo pogoji med samo meritvijo, na primer pretok in tlak olja, poleg tega pa tudi prisotnost zračnih mehurčkov in/ali vode v olju. V nadaljevanju bo ta vpliv prikazan podrobneje, tako na primerih laboratorijskih meritev, kjer smo simulirali različne pogoje, kakršne srečujemo v vsakodnevni praksi, pa tudi na primeru on-line nadzora stanja hidravličnega olja pri enem od uporabnikov naših izdelkov.

## ■ 2 Vpliv kontaminantov na delovanje hidravličnega sistema

Kontaminant je katerakoli snov, ki moti delovanje sestavin hidravličnega sistema. Ta motnja se odraža kot mehanski ali/in kemijski vpliv/medsebojno delovanje na sestavine sistema, olja ali njegovih aditivov.

Mehanski vpliv vključuje:

- blokiranje prehodov zaradi trdnih delcev,
- obrabo med delci in površinami



Slika 1. Vpliv na delovanje hidravličnega sistema

komponent (model 3 teles),  
 - oteževanje prehoda svetlobe in s tem moten videz olja.

Kemijski vpliv pa zajema:

- korozijo in druge oksidacijske tvorbe,
- spremembo stanja olja,
- porabo aditivov, včasih povezano s škodljivimi stranskimi produkti,
- nastanek mikroorganizmov,
- človeške reakcije na toksične snovi in mikroorganizme.

Glavni kontaminanti so voda, zrak in trdni delci. Ti se lahko pojavljajo posamično, večkrat pa tudi skupno, kar še poveča njihov negativni vpliv na olje in hidravlične sestavine. Na ta način povzročajo motnje v delovanju hidravličnih sestavin in celotnega hidravličnega sistema, kar je prikazano na sliki 1.

### 2.1 Vpliv zraka

Hidravlično olje pri atmosferskem tlaku vsebuje približno 10 % raztopljenega zraka/plina. Z znižanjem te vsebnosti in preprečevanjem kavitacije lahko po navedbah stroke in izkušnjah iz prakse podaljšamo uporabno dobo hidravličnega olja do trikrat [4]. Aeracija in kavitacija sta poleg kontaminacije hidravličnega olja glavna vzroka za krajšo uporabno dobo sestavin in olja. Pod kavitacijo v tem smislu razumemo udarni/implozijski razpad zraka v olju, ki nastane pri prekoračitvi meje topnosti. Ta pojav opisujemo tudi kot dizel učinek. Vplivi aeracije in kavitacije na hidravlične naprave so naslednji:

- močan porast hrupa,
- erozija površin,
- močne vibracije,
- močna potemitev olja oziroma tvorjenje oblog na omočenih površinah (ang. varnish).

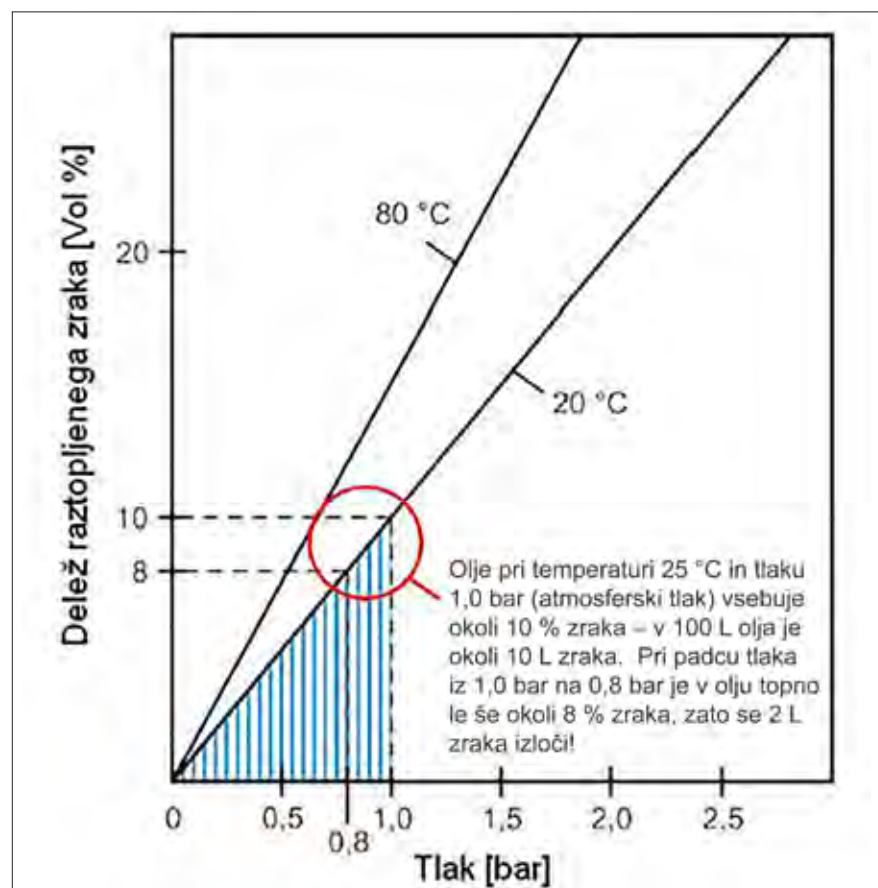
Kot je znano, je hidravlično olje zmes baznih olj, aditivov in zraka/plina. Sposobnost raztapljanja zraka v olju je odvisna od tlaka olja. Medtem ko se pri popolnem vakuumu zrak v olju ne more raztapljati, lahko olje pri atmosferskem tlaku sprejme

okoli 10 % zraka. Odvisnost topnosti zraka v olju od absolutnega tlaka prikazuje slika 2. Tako v tem primeru pri sesalnem podtlaku  $-0,4$  bar hitro pade volumetrični izkoristek črpalke. V sesalnem delu se sprosti do 4 % prostega zraka, ki se adiabatno stisne. Pri tem nastopi dizel učinek, ki močno skrajša uporabno dobo olja. Zaradi stisljivosti zraka se še dodatno zniža volumetrični izkoristek črpalke.

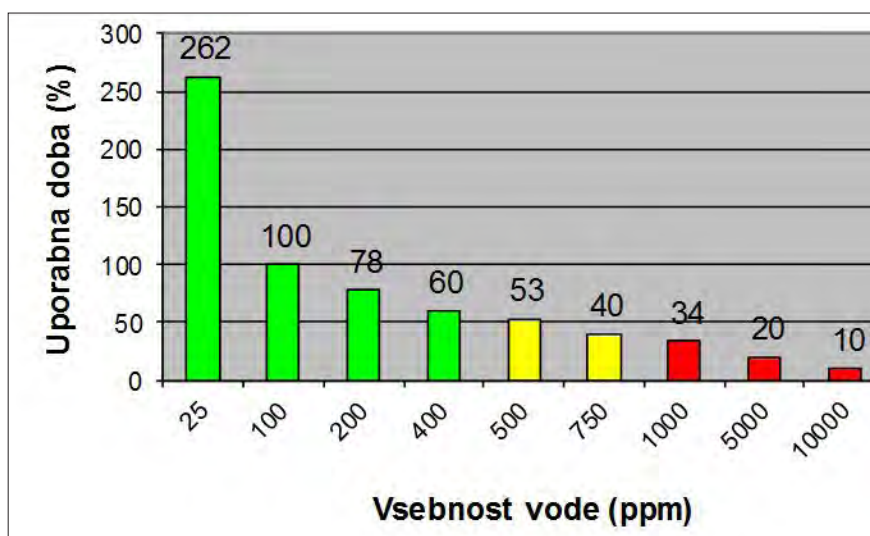
### 2.2 Vpliv vode

Analize vzorcev hidravličnih olj večkrat potrdijo prisotnost manjše ali večje količine vode. Tako proizvajalci hidravlične opreme kot proizvajalci maziv in delovnih fluidov običajno tolerirajo manjšo količino vode v olju. Enotno veljavnega priporočila o mejnih vrednostih pa ni. Različni viri navajajo sprejemljive vrednosti v območju med 0,05 % in 0,3 % prostornine polnitve hidravlične naprave.

Kratek in jednat odgovor na vprašanje o sprejemljivi vsebnosti vode



Slika 2. Odvisnost topnosti zraka v olju od tlaka



Slika 3. Vpliv vode na uporabno dobo sestavin

je: v hidravličnem olju naj ne bo vode, če pa vseeno je, naj bo njena vsebnost čim nižja. Tudi najmanjša količina vode vpliva na kemijske lastnosti olja in učinkuje na kovinske površine hidravličnih sestavin in rezervoarja v napravi, kar prikazuje slika 3. Preprosto povedano: raven škode na olju in stroju je odvisna od količine in časa prisotnosti vode v olju, napravi. Zato cilj ne sme biti zagotavljanje vsebnosti vode pod dopustno mejo, temveč obratovanje naprave brez ali vsaj z minimalno možno vsebnostjo vode [5].

Izčrpen odgovor na zastavljeno vprašanje o dopustni vsebnosti vode je zapleten. Tudi aditivi v nekaterih hidravličnih oljih, še zlasti tisti proti obrabi (AW – Anti Wear), lahko vplivajo na točnost kazanja instrumentov, ki jih običajno uporabljamo za ugotavljanje onesnaženja z vodo.

V praksi je priporočljivo sistematično spremljati trend parametrov, določenih z analizami olja, in najprej ugotoviti, ali količina vode v določenih časovnih intervalih narašča, pada ali je stabilna. Če se iz rezultatov analize ugotovi, da se je vsebnost povečala, je olje potrebno zamenjati ali pa odstranjevati vodo z ustreznimi izločevalniki, kot so: vakuumske naprave, centrifuge, absorpcijski filtri ali kakšni drugi separatorji. Pri tem je po odstranjevanju vode iz olja z analizo potrebno preveriti, ali je olje še primerno za nadaljnjo uporabo. Prav tako je potrebno ugotoviti vir oz. vire

onesnaževanja z vodo in opraviti potrebne spremembe, popravila ali korekcije na napravi, da bi se preprečilo ponovno vstopanje vode v olje, napravo. Običajni vzroki onesnaženja z vodo so dolivanje nečistega fluida, neučinkoviti ali pokvarjeni odzračevalni filtri, slabo zatesnjeni pokrovi za dolivanje, netesni oljni hladilniki, neustrezno izpiranje naprave, kondenzacija vlage v notranjosti naprave, rezervoarja ipd. [5].

### 3 Vpliv kontaminantov na izmerjene stopnje čistosti

Stopnjo čistosti hidravličnih olj določamo na osnovi števila delcev določene velikosti v določenem volumnu tekočine. Meritve se običajno opravljajo z avtomatskimi števci

delcev, katerih delovanje temelji na usmeritvi bele svetlobe skozi onesnaženo olje. Vsak delec v olju povzroči zmanjšanje intenzivnosti svetlobe, kar fotodioda v napravi zazna in pretvori v električni signal. Spremembo napetosti, ki je v direktnem razmerju z velikostjo delca, mikro-računalnik pretvori v ustrezno informacijo o velikosti delca.

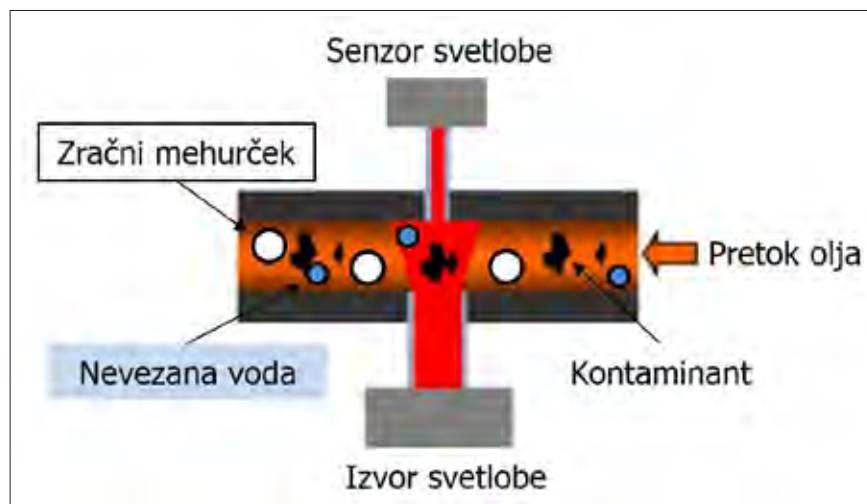
Opisani merilni postopek pa ne zaznava le trdnih kontaminantov, temveč tudi druge kontaminante, kot so npr. fino disperzirani zračni mehurčki ali vodne kapljice, ki prav tako zmanjšajo intenzivnosti prehodne svetlobe, kot prikazuje slika 4.

### 3.1 Vpliv zraka

Kot smo že omenili, tudi zračni mehurčki (kot vrsta kontaminantov) povzročijo senco svetlobe na fotodiodi, s tem pa avtomatski števec delcev zazna prisotnost delca.

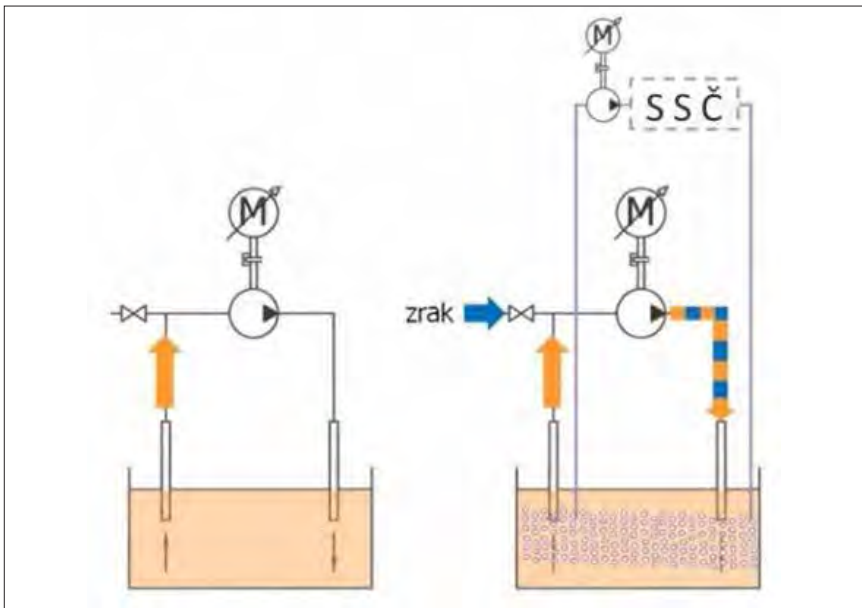
Zato moramo biti pri izvedbi laboratorijskih analiz še posebej previdni in pred meritvijo ustrezno pripraviti vzorec hidravličnega olja. Zračne mehurčke lahko pred meritvijo odstranimo z enostavnim postopkom segrevanja in mešanja (počasneje), z ultrazvočno kopeljo ali vakuumskim razplinjevanjem.

Pri uporabi on-line števcov delcev pa zračne mehurčke izločimo mnogo težje, zato običajno uporabljamo postopek zmanjševanja vpliva zrač-



Slika 4. Princip avtomatskega merjenja trdnih kontaminantov in morebitne motnje





**Slika 5.** Shema merilnega sistema za določanje vpliva zračnih mehurčkov in vode na meritve stopnje čistosti

**Tabela 1.** Rezultati vpliva zračnih mehurčkov

	Brez zračnih mehurčkov			Prisotnost zračnih mehurčkov			Povp. razlika
	SSČ1	SSČ2	SSČ3	SSČ1	SSČ2	SSČ3	
ISO 4	17,9	17,0	17,4	18,9	18	18,5	1,0
ISO 6	16,0	16,0	16,1	17,6	16,9	17,1	1,2
ISO 14	11,9	11,0	11,2	16,2	13,7	14,7	3,5
ISO 21	10,2	8,7	9,1	16,5	12,9	13,8	5,1

**Tabela 2.** Rezultati vpliva prisotnosti vode

	Brez nevezane vode (85 ppm)			Nevezana voda (1570 ppm)			Povp. razlika
	SSČ1	SSČ2	SSČ3	SSČ1	SSČ2	SSČ3	
ISO 4	17,5	17,1	17,3	18,5	18,8	Err	1,3
ISO 6	15,4	16,3	15,9	17,8	17,3	Err	1,7
ISO 14	11,6	11,2	11,1	15,4	14,8	Err	3,8
ISO 21	10,1	8,9	9,0	14,2	13,9	Err	4,7

nih mehurčkov, in sicer na ta način, da tlak olja, ki prehaja skozi števec delcev, zvišamo nad 35 bar. Pri tem tlaku se namreč zračni mehurčki stisnejo in zmanjšajo do te mere, da ne popačijo meritev.

### 3.2 Vpliv vode

Hidravličnim oljem, ki vsebujejo več kot 0,5 % vode, običajno ne določamo stopnje čistosti, saj pri tako visoki vsebnosti vode ta predstavlja mnogo večjo težavo za hidravlični sistem kot sama kontaminacija s trdnimi delci.

Če kljub temu želimo izmeriti stopnjo čistosti vzorca v laboratoriju,

moramo iz vzorca naprej odstraniti odvečno vodo z odparevanjem ali z ustreznim izločevalnim topilom.

Pri uporabi on-line števec delcev te možnosti žal nimamo. Lahko pa se dodatno zavarujemo in potrdimo verodostojnost naših meritev stopnje čistosti tako, da na sistem namestimo še on-line senzor vsebnosti vode oz. relativne vlažnosti olja. Ko ta naraste nad 100 % (oz. praktično še prej, nekje nad 80–90 %), se pojavi prva nevezana voda v obliki miniaturnih in fino porazdeljenih kapljic, ki lahko povzročijo motnje oz. nenatančnost pri delovanju števec delcev.

## 4 Rezultati meritev

Kvantitativni vpliv dveh glavnih kontaminantov (zraka in vode) na meritve stopnje čistosti z avtomatskimi števci delcev smo določili v laboratoriju, potrdil pa se je tudi v industrijskih aplikacijah.

### 4.1 Laboratorijske meritve

Slika 5 prikazuje shemo merilnega sistema, s katerim smo opravili raziskavo vpliva zračnih mehurčkov na meritve stopnje čistosti. Iz odprtega rezervoarja (20 L) smo s pomočjo zobniške črpalke olje zgolj prečrpavali. V danem trenutku smo na sesalni strani odprli ventil, ki je povzročil vstop zraka v sistem, pri čemer je postalo olje v rezervoarju zasičeno z zračnimi mehurčki. V obtočnem sistemu je bila nameščena druga zobniška črpalka, ki je zagotavljala pretok skozi tri zaporedno vezane števec delcev (SSČ).

Rezultati meritev stanja olja brez zračnih mehurčkov in ob njihovi prisotnosti ter pripadajoča razlika so povzeti v tabeli 1, iz katere je razvidno, da prisotnost zračnih mehurčkov močno popači merilne rezultate, še posebej v razredih ISO 14 in 21  $\mu\text{m}$ .

Izvedli smo tudi raziskavo vpliva prisotnosti vode na meritve stopnje čistosti hidravličnega olja. Uporabili smo enak merilni sistem (slika 5), kjer smo v 20 L hidravličnega olja ob konstantnem prečrpavanju s črpalke dodali večjo količino vode, da je ta narasla na vrednost 1570 ppm.

Rezultati meritev stopnje čistosti hidravličnega olja brez vode in ob njihovi prisotnosti so prikazani v tabeli 2, ki prav tako potrjuje, da povišana prisotnost (nevezane) vode močno vpliva na merilno nenatančnost avtomatskih števec delcev.

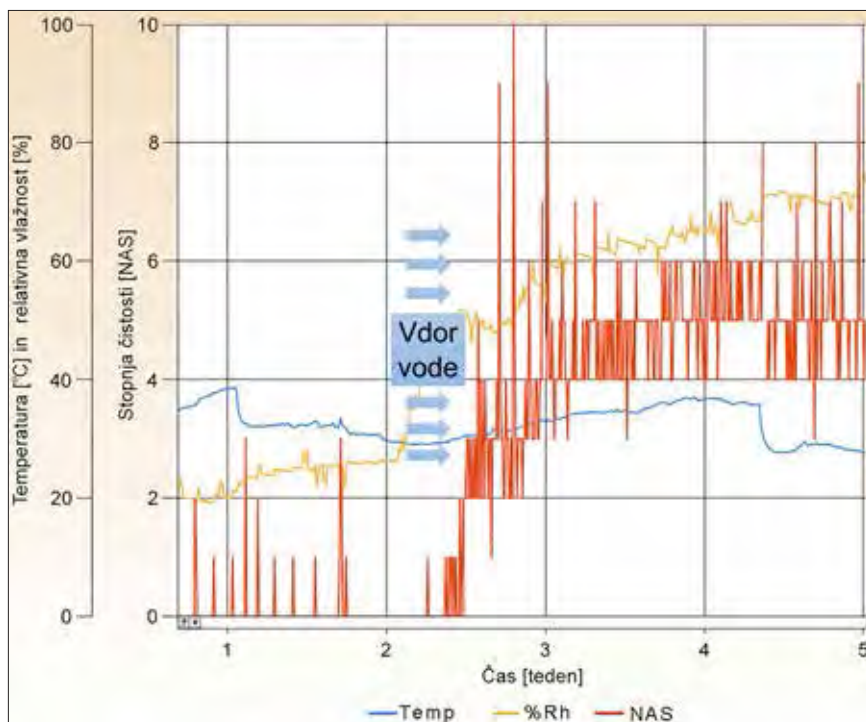
### 4.2 Meritve na realnem industrijskem pogonu

Laboratorijske meritve so bile potrjene tudi na eni izmed industrijskih aplikacij on-line monitoringa hidravličnih olj. Slika 6 prikazuje zgodo-

vino meritev v časovnem obdobju enega meseca, kjer je v prvi polovici grafikona prikazano stanje pred vdorom vode, na drugi pa po vdoru vode, ko je relativna vlažnost olja (rumena črta) narasla nad 70 %.

S *slike 6*, na kateri je on-line stopnja čistosti zaradi preglednosti prikazana v skali NAS od 0 do 10 (rdeča črta), je razvidno, da se je ta ob vdoru vode močno poslabšala. Medtem ko dodatna analiza vzorca olja v laboratoriju, seveda po ustrezni pripravi vzorca (izločevanje vode), ni pokazala vidnih poslabšanj stopnje čistosti.

Prav tako pa se je on-line stopnja čistosti vrnila na prvotno raven, tj. povprečno NAS = 1, ko je uporabnik odkril vzrok vdora vode, ga odpravil in olje dodatno izsušil.



**Slika 6.** Navidezno poslabšanje on-line stopnje čistosti po vdoru vode v hidravlični sistem

## ■ 5 Sklep

Za izvedbo uspešnega in zanesljivega on-line nadzora stanja hidravličnih olj so pomembni tako poznavanje in razumevanje principov različnih meritev oz. delovanja samih senzorjev kot tudi pravilna zasnova celotnega sistema za nadzor stanja olja. Zaradi tega je smiselno imeti snovalca in skrbnika sistema, ki bo poskrbel, da nameščeni senzori ne bodo le okras zunanosti stroja, ampak bodo zagotavljali podajanje verodostojne informacije o stanju olja v obliki trenda sprememb. Omenjeno velja tudi za predstavljeno problematiko merjenja stopnje čistosti z avtomatskimi števci delcev.

Pri tem ni pomembna le kvaliteta senzorjev, ampak tudi njihova ustrezna montaža, s katero zagotovimo, da imajo ustrezne pogoje delovanja (mesto odvzema vzorca olja, pretok in tlak na senzorjih, ...). V nasprotnem primeru so lahko zaznane vrednosti napačne oz. zavajajoče.

## Viri

- [1] Kambič, M., Hrobat, A.: Spremljanje kontaminacije hidravličnih tekočin, *Ventil 13*(2007)6, str. 414–418.
- [2] Kambič, M.: Proizvodnja hi-

dravličnega olja boljše stopnje čistosti, *Slotrib 2012, Zbornik predavanj*, str. 211–220.

- [3] Lovrec, D., Kambič, M.: Hidravlične tekočine in njihova nega, Univerza v Mariboru, 2007.
- [4] Busch, A., Gottschang, J.: Oil tanks-optimizations for the future, *OilDoc 2015*, str. 1–5.
- [5] Kambič, M.: Kolikšna je sprejemljiva vsebnost vode v hidravličnem olju?, *Ventil 12*(2006)2, str. 106–106.

## Contamination of Hydraulic Oils and Measuring the Cleanliness Level

**Abstract:** One of the most important maintenance measures is regular monitoring of hydraulic oil's contamination level and maintaining it at low levels that do not substantially affect the reliability of operation and service-life of the hydraulic equipment. Contamination is most often determined by measuring the contamination level with automatic particle counters. The requirements regarding the allowed contamination level are usually provided by equipment manufacturers. By knowing these requirements and the actual contamination level while also taking into account other parameters, the current condition can be reliably assessed and decisions about further maintenance actions can be made. However, perhaps we should pay more attention to the accuracy and reliability of the measurements. Are the contamination levels measured accurately? What can affect the results?

The paper discusses the impact of contaminants, such as air and water, in hydraulic oil; not only the impact on the hydraulic system operation but also on the results of the measured cleanliness levels. The impact on the measured cleanliness levels was determined on the basis of the conducted laboratory tests using several sensors for on-line condition monitoring of hydraulic oils. The identified and herein presented impact was also confirmed with practical on-line condition monitoring applications which we are performing in some Slovenian companies.

**Keywords:** hydraulic oils, cleanliness level, contamination, automatic particle counter



REVIJA JE  
BREZPLAČNA

brez naročnine  
(plačilo samo PTT stroški)

brezplačna  
spletna PDF revija

[WWW.SVET-ME.SI](http://WWW.SVET-ME.SI)

poišči si svoje  
točke  
po sloveniji



ZASTOPA IN PRODAJA

**ppt commerce** d.o.o.

Celovška 334

1210 Ljubljana-Šentvid

Slovenija

tel.: +386 1 514 23 54

faks: +386 1 514 23 55

e-pošta: [ppt\\_commerce@siol.net](mailto:ppt_commerce@siol.net)

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



**EMERSON**  
Process Management



**BETTIS**™ pnevmatski in elektro aktuatorji

# Robotska celica za paletizacijo posod

Janez POGORELC, Robert CINGL

**Izveček:** V prispevku opisujemo robotsko celico za avtomatsko zlaganje PVC-posod, ki prihajajo iz polnilne linije na palete, s pomočjo industrijskega robota. Naložene palete se nato transportirajo do končne točke prevzema z viličarjem. Opisujemo komponente, ki sestavljajo linijo, načrtovanje krmilja in komunikacijo med krmilnimi podsistemi. Predstavljena je namembnost s poudarkom na varnem upravljanju ter možnosti nastavitve in nadzora robotske celice. PVC-posode z barvo prihajajo iz že predhodno izvedene polnilne linije v robotsko celico, kjer jih robot glede na vrsto posod zloži na palete, ki se nato transportirajo do odvzemnega mesta. Robotska celica je bila zasnovana in izdelana v podjetju Pakman, d. o. o., za naročnika Belinka Perkemija, d. o. o.

**Gljučne besede:** robotska celica, paletizacija, industrijski robot, PVC-posode, PLC-krmilnik

## ■ 1 Uvod

V podjetju Belinka Perkemija proizvajajo različne barve, ki jih za naročnike polnijo v večje PVC-posode (kanistre ali sode). Zlaganje na palete za kasnejši transport je potekalo pretežno ročno, kar je bilo naporno za delavce (teža tudi nad 200 kg) pa tudi zamudno. Zato so se odločili za robotsko zlaganje posod na palete, kar so naročili pri podjetju Pakman. Predstavljena je robotska celica [1], namenjena avtomatskemu zlaganju posod, ki prihajajo iz polnilne linije, na palete. Naložene palete se nato transportirajo do končne točke. Opisane so komponente, ki sestavljajo linijo, načrtovanje, povezave ter komunikacija med njimi. Predstavljene so namembnost, varno upravljanje, možnosti nastavitve in nadzora robotske celice.

Glavni nameni investicije naročnika so bili razbremenitev delavcev

Mag. Janez Pogorelc, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko; Robert Cingl, dipl. inž., Pakman, d. o. o., Celje

v podjetju, ki so posode pred tem zlagali ročno, hitrejša paletizacija posod ter zagotavljanje varnosti delavcev, saj so posode lahko polnjene z nevarnimi snovmi.

Na osnovi strojnih načrtov in glede na zahteve tehnologov naročnika smo izbrali elektroopremo in izvedli načrtovanje elektronskih delov robotske celice. Po končanih testih komponent v podjetju Parkman smo robotsko celico prepeljali do naročnika, jo zmontirali ter preizkusili delovanje v celoti. Robotsko celico smo izdelali v skladu s predpisi in standardi ter jo v roku predali v uporabo naročniku.

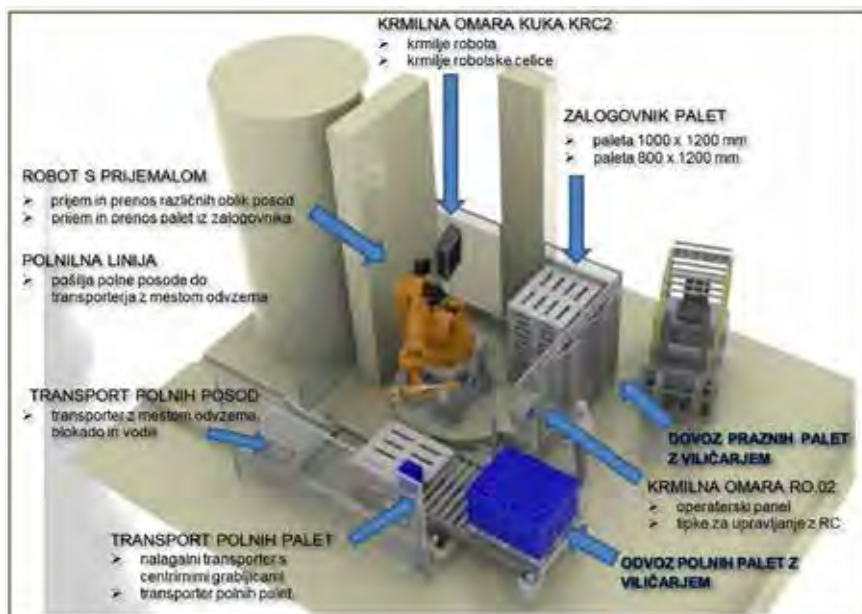
## ■ 2 Opis linije z robotsko celico

Robotska celica (RC) je namenjena avtomatskemu zlaganju posod na palete in transportu polnih palet do odvzema z viličarjem. RC za paletizacijo sestavljajo robot KUKA s pripadajočo krmilno omaro KRC2, dovzna proga z mestom odvzema posode, transporter polnih palet in zalogovnik praznih palet (slika 1). Robotska celica je obdana z varnostno ograjo, ob kateri je tudi dodatna krmilna omara RO.02.

Posode, napolnjene z barvo (slika 2), ki prihajajo iz polnilne linije, so brizgane iz PVC-mase in so različnih oblik. Napolnjeni kanistri so (glede na velikost) težki od 22 do 60 kg, sodi pa imajo težo okrog 225 kg. Posode se transportirajo in pozicionirajo na mesto odvzema z robotom.

Najpomembnejša komponenta RC (slika 1, slika 2) je industrijski robot nemškega proizvajalca KUKA KR 360-2. To je šestosni robot z nosilnostjo do 360 kg in dosegom 2.826 mm [2]. Na roko robota je nameščeno namensko prijemalo (slika 3), ki lahko prime različne tipe posod in tudi paleto.

Zalogovnik palet je podstavek, na katerem je skladovnica palet, ki jih je potrebno predhodno naložiti z viličarjem. Robot nato s prijemalom zagradi paleto in jo prenese na nalagalni transporter, kjer nanjo postopoma zloži posode. Zložene posode na paleti potujejo po valjčnem transporterju, ki se sicer nahaja zunaj robotske celice. Tako se polne palete transportirajo do mesta odvzema. Skupino posod na polni paleti delavec zavije v zaščitno folijo in zatem zapakirano paleto prevzame delavec na transportnem viličarju.



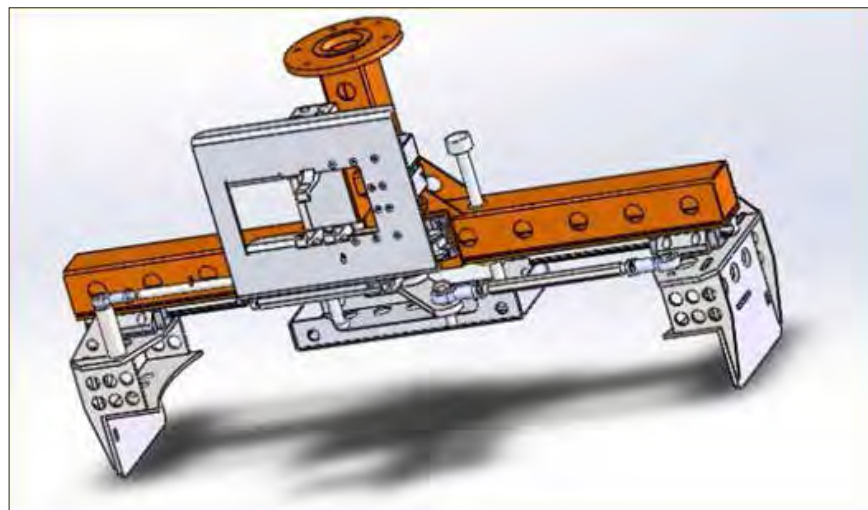
Slika 1. Zgradba robotske celice

Zahteva naročnika je bila, da mora robotska celica delovati v ročnem, avtomatskem ali stop režimu krmljenja. Za delovanje RC v avtomatskem režimu morajo biti izpolnjeni določeni pogoji, kot so: zaprta in zaklenjena vrata, izklopljena varnostna stikala, izbran program tipa posod ipd. Avtomatski režim delovanja lahko prekine stop tipka, prekinitve varnostne naprave in okvara motorjev ali kontaktorjev. Robotska celica mora zagotavljati tudi varnost osebja, zato je delno zavarovana z zaščitno ograjo z vrati; na področju, kjer ni ograje, je zavarovana s svetlobnimi zavesami.



Slika 2. Prijem PVC-posode na valjčnem transporterju

V podjetju Pakman je bilo razvito namensko prijemalo za palete in posode (slika 3), ki je pritrjeno na roko robota. Sestavljeno je iz dveh kavljev, s katerima lahko prime posode za ročaj, in iz potisne plošče. Na prijemalo so nameščene tudi klešče za prijem velikih valjastih posod in palet. Opremljeno je s tremi pnevmatskimi cilindri, in sicer za prijem majhnih posod, prijem velikih posod in palet. Dodan je tudi cilinder potisne lopute, ki je namenjen preprečevanju nihanja posod ob transportu do nalagalnega mesta. Prijemalo je opremljeno tudi s ploščo za nasedanje, s katero se zaznava višina naloženih palet v zalogovniku.



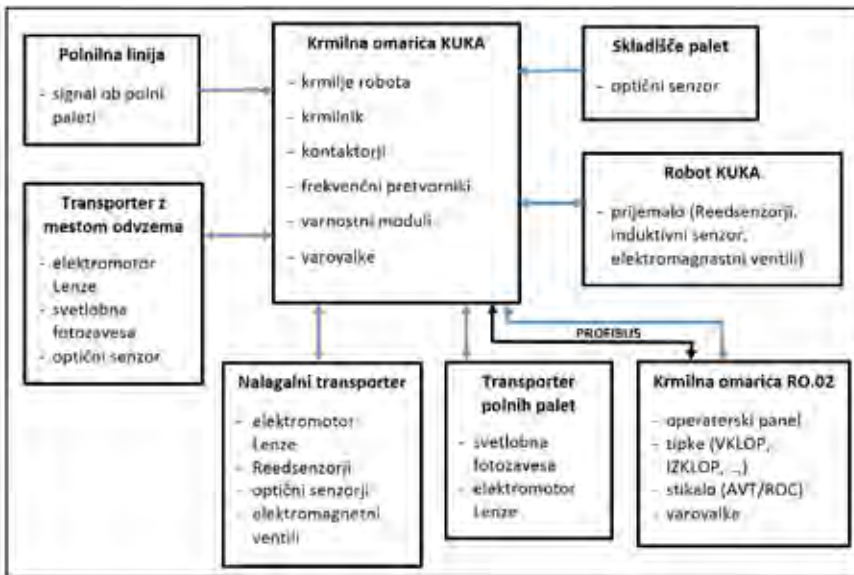
Slika 3. Prijemalo robota

### 3 Krmlje robotske celice

Krmilje je vgrajeno v krmilno omaro robota KUKA, ki vsebuje poleg robotskega krmilnika tudi PLC-krmilnik Siemens SIMATIC [3, 4], kontaktorje, frekvenčne pretvornike za pogon transporterjev [5] in varnostne module. Na sliki 4 je prikazana blokovna shema z razporeditvijo krmilnikov, senzorjev in aktuatorjev.

Na zaščitno ograjo RC je pritrjena tudi krmilna omarica RO.02 (slika 5). Ta vsebuje tudi operaterski panel MP270 Touch ter tipke in stikala, s katerimi upravljamo z linijo. Bela tipka na krmilni omarici je namenjena vklopu linije in resetiranju (ponovnemu zagonu) varnostnega modula, če je bila pritisnjena katerakoli tipka STOP. Rdeča tipka je namenjena izklopu linije, zelena potrditvi zaprtosti vrat, črna pa zahtevi za odklepanje vrat. Na desni je rdeča tipka STOP, ki jo pritisnemo ob morebitnih napakah oziroma nepravilnem delovanju linije. Stikalo, ki je nameščeno v sredini, je preklopno stikalo R-A s ključem, s katerim preklaplamo med ročnim in avtomatskim režimom delovanja linije.

Za pravilno delovanje linije morajo naprave med seboj komunicirati. Polnilna linija pošlje logični signal krmilniku v robotski celici, ko jo posoda zapusti in nadaljuje pot po transporterju do odvzemnega me-



Slika 4. Blokovna shema krmilja robotske celice

gic), saj ta način zelo pripomore k preglednosti programa.

Vmesnik človek-stroj je bil načrtovan s pomočjo programa SIMATIC WinCC Flexible [4]. Tako je bil realiziran prikaz sistema na operaterskem panelu (OP) MP270 Touch (slika 7), ki se dinamično posodablja, da lahko operater upravlja s sistemom. Prikaz na panelu je grafično oblikovan za čim enostavnejše razumevanje in upravljanje robotske celice. Na panelu se prikazuje sporočila in alarmi, ki jih lahko tudi beležimo. S prikazanimi tipkami na panelu v različnih menijih spreminjamo nastavitve in procesne veličine ter upravljamo z robotsko celico.



Slika 5. Krmilna omarica z (OP) operaterskim panelom

logični krmilnik (PLK) Siemens družine SIMATIC S7-300 [3]. Kot procesorski modul smo izbrali CPE 313C-2DP, ki ima na voljo 16 digitalnih vhodov in 16 digitalnih izhodov. Za linijo smo potrebovali 48 vhodnih in 32 izhodnih enot [1], zato smo krmilnik razširili še z vhodnim SM 321 (32 optično izoliranih vhodov) in izhodnim modulom SM 322 (16 optično izoliranih izhodov).

V sklopu RC-linije deluje robot KUKA kot samostojna enota. Njegovo delovanje je pogojeno s stanjem varnostnega sistema. Avtomatsko delovanje robota je usklajeno s krmilnim sistemom za vodenja kompletne linije. Programska oprema robota KUKA komunicira tako s PLK-krmilnikom kot tudi z OP-panelom [4].

Programska oprema za načrtovanje PLK-krmilnika obsega Siemens SIMATIC STEP7 in programski paket PRO TOOL. Osnovni PLK-program je bil kodiran v t. i. lestvičnem programskem jeziku (LAD – Ladder Lo-

Za programiranje robota KUKA [2] je bil uporabljen programski jezik SRLC. Program sestavljajo krmilni stavki, vhodno-izhodni stavki in ukazi za gibanje. Pri kodiranju je bilo potrebno paziti na omejitve delovnega prostora, saj je potekalo

sta. Komunikacija krmilnika z robotom poteka preko podatkovnega vodila Profibus predvsem zaradi velikega števila spremenljivk, kot so: izbrani modul zlaganja posod na paletu (odvisno od tipa posod in palet), položaj robota in prijemala, hitrost gibanja ter različne zahteve in potrditve. Po istem komunikacijskem protokolu poteka tudi povezava med krmilnikom in operaterskim terminalom, s katerim izbiramo programe delovanja in spreminjamo parametre na liniji.

Glede na potrebe na liniji in zahteve naročnika smo izbrali programirljiv



Slika 6. Posode, zložene na paleti



Slika 7. Primer začetnega menija na OP

programiranje v zunanjih ali orodnih koordinatah.

Za varnost uporabnikov kot tudi naprav je bilo poskrbljeno z uporabo ustreznih senzorjev, tipkal in indikatorjev. Vstop v RC skozi vrata je mogoč le ob predhodnem odklepanju vrat, kar storimo s pritiskom ustre-

zne tipke na krmilni omarici. Vrata so opremljena z varnostnimi ključavnicami, ki onemogočajo vstop v RC, ko je linija v procesu delovanja. V delu, kjer ni varnostne ograje, skrbita za varnost dve svetlobni zavesi, ki ob morebitnem nenadzorovanem vstopu v območje delovanja linije nemudoma aktivirata varno-



Slika 8. Svetlobni stolp za indikacijo dogodkov 2 st

stni modul, kar povzroči zaustavitev linije. Robotska celica je opremljena tudi s tipkami STOP. Nameščene so na predelih, kjer so operaterju hitro dostopne ob morebitnih napakah ali nepravilnem delovanju linije.

Signalizacija delovanja ali prikaz napak na liniji je izveden s svetlobnim stolpom, ki je na vidnem mestu na varnostni ograji. Svetlobni stolp (slika 8) signalizira delovanje z rdečo, rumeno ali zeleno svetlobo. Opremljen je tudi s hupo za zvočni signal.

Rdeča luč: Sveti v primeru izpada delovanja, če je pritisnjena tipka za izklop v sili in stroj ni vklopljen. Rdeča utripa v primeru izpada motorske zaščite ali izpada napajanja frekvenčnih regulatorjev.

Rumena luč: Sveti, kadar je linija v ročnem načinu delovanja in kadar linija prehaja v avtomatski režim. Utripa, kadar je linija v avtomatskem režimu delovanja in se je pojavilo sporočilo ob dogodku (alarmu) na liniji.

Zelena luč: Utripa, kadar linija prehaja v avtomatski režim delovanja. Sveti, kadar je linija v avtomatskem režimu delovanja.

Hupa: Prekinjeno trobi 5 sekund, kadar linija prehaja v avtomatsko delovanje, in 10 sekund, kadar pride do posebnega dogodka (alarm) na liniji.

#### ■ 4 Zaključek

Predstavljena je robotska linija za avtomatsko zlaganje posod na palete in njihov transport. Opisani so nekateri pomembnejši sklopi, ki sestavljajo robotsko celico, in njihova vloga pri delovanju. Predstavljena je pomembnejša elektrooprema, opisano delovanje in varno upravljanje z robotsko celico.

Za robotsko celico smo izrisali elektronačrte [1], sodelovali pri sami izdelavi krmilnih omaric in programiranju robota KUKA ter PLC-krmilnika. Uredili smo tudi tehnično dokumentacijo in uporabniška navodila za osebje. Izdelava robotske celice je potekala tri mesece – vse od naročila do predaje. Po testira-

njih in predaji na robotski celici ni bilo večjih težav, tako da linija obratuje že približno dve leti brez napak. Prijemalo na robotski roki smo testirali in nadgrajevali že v fazi načrtovanja, saj je šlo za unikatno izvedbo, namenjeno prijemu točno določenih oblik in tež posod ter palete.

V podjetju, ki je naročilo robotsko celico, je ta pripomogla k hitrejši in zanesljivejši paletizaciji posod za predajo končnemu kupcu. Dosežena sta bila poglobljena namena investicije – razbremenitev in varnost delavcev v podjetju, ki so pred tem ročno zlagali posode na palete. Fi-

nančni učinki za zdaj še niso znani, vendar se ocenjuje, da se bo investicija poplačala v nekaj letih.

## Literatura

- [1] R. Cingl: Avtomatizacija linije za paletizacijo in transport posod, diplomsko delo visokošolskega študijskega programa Elektrotehnika, UM-FERI, marec 2013
- [2] KUKA: [http://www.robots.com/pdfs/kr60\\_datasheet.pdf](http://www.robots.com/pdfs/kr60_datasheet.pdf)
- [3] Siemens SIMATIC: [troller-sw-tia-portal/simatic-step7-basic-v11/screencasts/Pages/Default.aspx](http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/con-</a></li>
</ul>
</div>
<div data-bbox=)

- [4] Siemens SIMATIC: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/23615705?func=ll&objId=23615705&objAction=csView&nodeid0=10805161&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&load=content>
- [5] Lenze: <http://www.transdriveonline.co.uk/products/0000-55kw-single-phase-input-ac-drives/lenze-smd-esmd551x2sfa-ac-inverter-0-55kw-1ph-240200v>

### Robotic cell line for palletizing containers

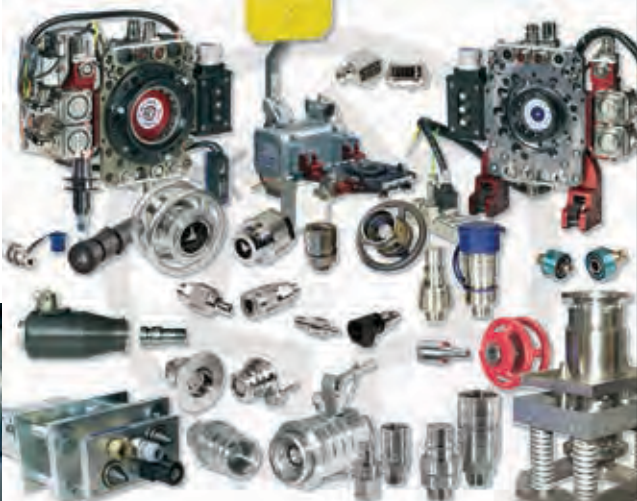
**Abstract:** The paper presents a robotic cell which is designed for stacking PVC containers coming from the filling line. Stacking on pallets is carried out by an industrial robot. Loaded pallets are then transported to the end point. Described are the main components that make up the line, their design, links and the communication between them. Utility, safe operation, settings and control options are also presented. The robotic cell is designed and produced by Parkman, d.o.o. for Belinka Perkemija, d.o.o..

**Keywords:** robotic cell, palletizing, industrial robot, PVC container, PLC controller

# I PRO ING d.o.o.

## V SODELOVANJU Z NAJBOLJŠIMI

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



Servis varilne opreme

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



## Enota za merjenje pretoka – SFGA



Festov cenjen koncept komponent – vstavi in delaj (Plug in and Work Koncept) – je dosledno uporabljen tudi pri enoti za merjenje pretoka. Enota v kovčku je primerna za takojšnje priključitev in uporabo, saj vsebuje vse komponente, potrebne za učinkovito in prilagodljivo merjenje porabe in pretoka komprimiranega zraka v pnevmatičnem sistemu.

Enota SFGA je primerna za merjenje pretoka pri preventivnem vzdrževanju vgrajenih pnevmatičnih sistemov. Uporablja se tudi za dokumentiranje dejanske porabe zraka pri novih strojih kot pomembnem referenčnem podatku za razvojocene njihove energijske učinkovitosti. Univerzalni hranilnik podatkov shrani vrednosti časovnega poteka tlaka in porabe zraka. Podatki se po meritvi enostavno prenesejo na PC in so po končanih meritvah ali med meritvami ovrednoteni in dokumentirani.

Primerjava med dejanskimi in nastavljenimi vrednostmi omogoča boljši nadzor pnevmatičnega sistema in daje obremenitvene podatke za preventivno vzdrževanje. Potencialni trend razvoja napak postane tako pregleden.

Za optimalno uporabo enote za merjenje in analizo pretoka SFGA je ta opremljena s programskim orodjem za zajemanje podatkov, vrednotenje in dokumentiranje ter široko paleto dodatkov, kar zagotavlja optimalno uporabo. Glede

na zahtevo je dodan tudi certifikat preskušanja.

Enota za merjenje in analizo pretoka je mogoče namestiti neposredno v cev za dovod komprimiranega zraka, senzorji so zaščiteni s filtrom do 40 µm. Laminarni tok v senzorju in s tem odprava napak pri merjenju sta zagotovljena z razdelilnim modulom. Omogočeno je hkratno merjenje tlaka in toka.

Bogat programski paket omogoča:

- prikaz podatkov
- udobno vrednotenje podatkov v okolju Windows na PC
- redno osveževanje podatkov preko spleta

Visoka zmogljiva litij-polimerna akumulatorska baterija z vizualnim kazalnikom napetosti zagotavlja dobro delovanje.

Osnovni tehnični podatki:

- napetost napajanja z baterijo LiPo: 24 V
- tokovno območje: 30 do 3000 l/min
- tlačno območje: 0 do 10 bar
- območje natančnosti (merjenje tlaka): 3 % celotnega območja
- filtriranje: 40 µm
- shranjevalnik podatkov: maks. merilna frekvenca 10 Hz s prostim izborom razmerja zbiranje/hranjenje, kapaciteta spomina 2 mil. izmerjenih vrednosti, LED-prikazovalnik podatkov in alarm
- program za pridobivanje in vre-

dnotenje merilnih podatkov: nastavitev, branje, pregledovanje in prikaz, online software, Windows 2000, XP, Vista 7/8

- vizualizacija: uporaba porabnikovega lastnega sistema preko vključenega programa

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

## Znanstvene in strokovne prireditve

**34. MOTEK – Internationale Fachmesse für Produktions- und Montageautomatisierung sowie Bondexpo – Internationale Fachmesse für Klebtechnologien** – 34. Motek – Mednarodni sejem za proizvodno in montažno avtomatizacijo ter Boadexpo – Mednarodni sejem za tehnologije lepljenja  
5.–8. 10. 2015  
Stuttgart, ZR Nemčija

**10. Internationale Fluidtechnische Kolloquium (10. IFK)** – 10. Mednarodni fluidnotehnični kolokvij

8.–10. 3. 2016  
Dresden, ZR Nemčija

Moto zasedanja: Pametna fluidna tehnika

## 2/2-procesni ventili SMC

Podjetje SMC kot vodilno in globalno podjetje za izdelavo opreme za avtomatizacijo tehnologij in procesov ima v svojem proizvodnem programu širok nabor 2/2-procesnih ventilov za različne standardne oziroma specialne medije.

Med standardne medije se npr. uvrščajo komprimirani zrak, vakuum, voda, olje in dušik, med zahtevnejše pa para, vroča voda, zavorno olje, razne hladilne tekočine, emulzije itd. Ohišje ventila je izdelano iz nerjavnega jekla SUS316 ali medenine, medtem ko je za komprimirani zrak na voljo

tudi iz inženirske plastike PPS ali aluminija.

Po funkciji so ventili normalno zaprti ali normalno odprti. Po načinu aktiviranja so 2/2-procesni ventili pnevmatično oziroma električno delujoči, lahko se vklopljajo neposredno ali posredno.

Procesni ventili z električnim vklopljanjem imajo tuljave za napetosti od 6 V do 230 V v AC-in DC-izvedbi. Tuljave imajo vgrajeno zaščitno vezje (varistor, »surge voltage suppressor«), ki absorbira visoke konične napetosti pri vklopih oz. izklopih,

ter stabiliziran usmernik (»full wave rectifier«) v primeru izbora električne napetosti AC. Oba dodatka poskrbita za daljšo življenjsko dobo in delovanje brez brenčanja tuljave.

Pri izbiri 2/2-procesnega ventila je treba natančno opredeliti krmiljeni medij, potrebni pretok, način vklopljanja, material ohišja in tesnila, okolje delovanja, tlak v sistemu, minimalni tlak za vklopljanje in maksimalno razliko tlakov. Pri tem je maksimalna razlika delovnega tlaka razlika med vhodnim in izhodnim tlakom. Ventil v tem območju deluje zanesljivo.

**Tabela 1.** Osnovni nabor serij procesnih ventilov SMC glede na uporabljeni medij

Področje uporabe	Materiali ventila										Način aktiviranja/krmiljenja		
	Ohišje						Tesnilo				Direktno	Posredno	Pnevmatsko
	Nerjavno jeklo	Medenina	Aluminij	PBT	PPS	PTFE/PFA	NBR	FKM/FPM	EPDM/EPR	PTFE			
Komprimirani zrak		•	•	•	•		•	•			VX2, VDW	VXD, VXZ	VNB, VXB
Komp. zrak – izpih filtrov			•				•	•				VXF2	VXFA2
Komp. zrak – visoki tlaki		•	•				•					VCH	
Vakuum	•	•	•				•	•	•		VX2, VDW		VNB, VXB
Etilni alkohol	•	•						•	•		VX2	VXD, VXZ	
Etilen glikol		•							•		VX2	VXD, VXZ	VNB
Kavstična soda 25 %	•								•		VX2	VXD, VXZ	
Argon	•	•						•			VX2, VDW	VXD, VXZ	VNB, VXB
Helij		•						•			VX2, VDW	VXD, VXZ	VNB, VXB
Dušik		•	•	•	•		•	•	•		VX2, VDW	VXD, VXZ	VNB, VXB
Ogljikov dioksid		•					•		•		VX2, VDW	VXD, VXZ	VNB
Olje/hidr., silikonsko		•						•			VX2	VXD, VXZ	VNB, VXB
Zavorno olje		•							•		VX2	VXD, VXZ	VNB
Deionizirana voda (DI)	•	•						•	•	•	VX2, VDW	VXD, VXZ	
Voda		•			•		•				VX2, VDW	VXD, VXZ	VNB, VXB
Vroča voda do 99 °C		•						•	•		VX2	VXD, VXZ	VNB, VXB
Hladilne emulzije		•						•			SGC, SGH	SGC, SGH	SGCA
Para do 180 °C	•	•						•		•	VX2	VXS	VND, VXB
Kemikalije – lugi, kisline	•				•	•	•	•	•	•	LVM		LVA, LVQ, LVP

## Nekaj standardnih izvedb SMC:



LVQ



VXF



SGC



VXD



VX2



VXB

Posamezne izvedbe ventilov imajo posebej določen faktor Kv, Cv, s pomočjo katerega je definiran pretok posameznega ventila.

Podjetje SMC ima v svojem proizvodnem programu številne standar-

dne izvedbe, med njimi LVQ.

Za vse tehnične podrobnosti je na voljo spletna stran [www.smc.si](http://www.smc.si) oziroma tehnična podpora na sedežu podjetja SMC Industrijska avtomatika, d. o. o., v Trebnjem.

Vir: SMC Industrijska Avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7 T, 8210 Trebnje, tel.: +386 7 3885 421 M.: +386 40 471 006, faks: +386 7 3885 415, e-pošta: [p.jarc@smc.si](mailto:p.jarc@smc.si), internet: [www.smc.si](http://www.smc.si)

**svet**  
**ELEKTRONIKE**

**1 letna**  
**akcija naročnin**

akcija velja  
od 01.06.2015 do 31.05.2016

**5% popust** +

več informacij:  
[www.svet-el.si](http://www.svet-el.si)

**Vsi obstoječi**  
**in vsi**  
**novi**  
**naročniki**

darilo za vse naročnike





**BREZPLAČNI**  
**čitalnik kartic**

AX elektronika d.o.o., Špruha 33, 1236 Trzin, SLOVENIJA  
t/f: 01 528 56 88 • [prodaja04@svet-el.si](mailto:prodaja04@svet-el.si) • [www.svet-el.si](http://www.svet-el.si)

## Optični kontrolni sistem ConVer

Dogaja se, da v novem paketu manjka kakšen del ali pa je kakšen del napačen. Še posebno pri ročnem pakiranju se ni mogoče izogniti tovrstnim napakam. Da bi se izognili takšnim nevšečnostim in hkrati zadovoljili zahteve potrošnikov, je ključnega pomena uvedba kakovostne končne kontrole, ki pa je lahko draga in časovno potratna. Prav zaradi tega je podjetje SICK razvilo popolnoma avtomatiziran sistem kontrole – ConVer, ki zagotavlja, da so paketi pravilno napolnjeni.

Sistem ConVer preverja vsebino paketa s procesiranjem 3D-slike in se lahko namesti na več kontrolnih točk ob transportnem traku. Vsako kontrolna mesto sestavljajo optični senzor ranger E 3D in laserske platforme s šestimi 2M-laserji. Laserji generirajo meter širok žarek, ki je zelo močan, a hkrati tudi varen za oči. Svetlobni senzor ranger E pa zajame tridimenzionalno sliko (3D-informacijo o objektu). Te 3D-informacije se v realnem času primerjajo z referenčno sliko/slikami, ki so bile predhodno shranjene. Če sistem zazna kakršno koli odstopanje, paket izloči kot poškodovan oziroma z napako, operater pa na zaslon takoj dobi informacijo, kaj je narobe (ali kaj manjka, podvojen del vsebine in podobno) in kako naj to težavo odpravi. ConVer je primeren tako za večje kot za manjše izdelke. Pri tem velja omeniti, da je eden največjih proizvajalcev pohištva združil še številna druga podjetja, ki sedaj uporabljajo to rešitev podjetja SICK.

Pakiranje nesestavljenega pohištva je pogosto kompleksen proces, pa naj bo ročno, polavtomatično ali robotsko. Pakirajo se številni kosi, kot so na primer razni paneli, vijaki in tečaji. Kosi so zelo različni ali pa so si zelo podobni in se razlikujejo samo v kakšni luknji. Pri pakiranju nesestavljenega pohištva prav zaradi velikega števila podobnih kosov pride do napak, kosi manjkajo ali pa so napačni. Podobne napa-



ke se pojavijo tudi pri pakiranju drugih izdelkov, kot so na primer orodja, piškoti, bomboni in podobno. Posledice nepravilnosti pri pakiranju so zastoji v proizvodnji, nezadovoljstvo kupcev in strank ter reklamacije.

Kontrolni sistem ConVer se programira z učenjem. Pri učenju referenčne slike se izdelek, ki se pakira, zapelje čez celotno transportno linijo in pakirni proces. Pri tem je sistem ConVer v učnem načinu. Operater uporabi ekran, da nastavi parametre (karakteristike, kot so na primer robovi, vdolbine, zareze ali luknje), kar se kasneje uporabi za učenje slike/slik s sistemom potegni-in-spusti. Pri tem ConVer ne preverja popolnega ujemanja, ampak le nastavljene karakteristike na specifičnem območju – lahko samo barva ali vzorec objekta. Operater lahko shrani orodje za preverjanje kot predlogo, ki jo lahko kadarkoli kasneje optimizira, uredi in uporabi. To seveda pohitri proces prehajanja na pakiranje novih izdelkov. S sistemom ConVer lahko kakovostno in hitro delajo tudi ljudje, ki pred tem še niso delali s senzori, saj je zelo enostaven za uporabo.

Pri industrijskem procesiranju slike sistem ConVer zadovolji vse zahteve, saj je zelo robusten tudi v najtežjih razmerah. Vse komponente sistema so skrbno izbrane, med seboj prilagodljive in jih SICK dobavlja v celoti – torej je to rešitev na ključ. Rešitev ConVer je mogoče uporabiti tudi za meritve, kar še dodatno optimizira proces izdelave in pakiranja.

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



## Senzorji za merjenje pretoka zraka serije D6FZ

Kompresorji zraka navadno porabljajo 27 % celotne porabe električne energije stroja ali naprave. Poraba energije za komprimiranje zraka se danes prikazuje in spremlja s senzorji pretoka zraka. Tako spremljanje kaže, da so vzroki za porabo uhanje, prevelika poraba zraka zaradi predimenzioniranja in previsok tlak. Ker je zrak neviden, se izgub pogosto niti ne zavedamo, povzročajo pa nepotrebne dodatne stroške.

Omron ima v svojem proizvodnem programu dva tipa senzorjev, D6FZ-FGT in D6FZ-FGS, ki predstavljata novo področje varčevanja z energijo. Namenjena sta tako za merjenje pretoka zraka kot dušika.

Senzor D6FZ-FGT je opremljen z 11-segmentnim barvnim prikazovalnikom in je namenjen merjenju



Slika 1. Senzor D6FZ-FGT

pretoka do 200 l/min oziroma 500 l/min pri tlaku do 7,5 bara (dovoljne so tlačne konice do 15 barov). Ima dva digitalna izhoda, analogni tokovni izhod (4–20 mA) in podpira komunikacijo RS-485. Ohišje zagotavlja visoko zaščito IP65. Senzor lahko prikazuje trenutni pretok, najnižji in najvišji pretok, možno pa mu je nastaviti tudi zgornjo in spodnjo

mejo, kar pomeni, da ob preseženi vrednosti postavi ustrezen digitalni izhod. Senzor omogoča tudi skaliranje analognega izhoda.

Tip sensorja FGS je namenjen merjenju pretoka do 1000 l/min pri tlaku do 10 barov. Zagotavlja natančno merjenje pretoka zraka z resolucijo 0,1 l/min. Prav tako kot tip FGT ima dva digitalna izhoda, analogni tokovni izhod (4–20 mA) in podpira komunikacijo RS-485. Ohišje zagotavlja visoko zaščito IP64. Senzorji se lahko uporabljajo v kombinaciji z dodatno enoto za prikaz (D6FZ-FGX21) in beleženje podatkov.

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

## Proporcionalni potni ventili serije D1FC/D3FC

Parker Hannifin, divizija HCDE (Hydraulic Controls Division Europe), je svojo ponudbo proporcionalnih potnih ventilov razširil z novo serijo D1FC, velikosti NG06, in D3FC, velikosti NG10. Glavni lastnosti nove serije sta integrirana digitalna krmilna elektronika in inovativen sistem povratne informacije položaja, ki je edinstven v tem razredu ventilov in je popolnoma vgrajen v telo ventila. Kompaktna zgradba omogoča zelo natančno in ekonomično krmiljenje oz. nadzor v zahtevnih aplikacijah industrijske hidravlike, vključno z jeklarsko industrijo, gradbeništvo, stroji za brizganje plastike in obdelovalnimi stroji.

Nova serija ventilov večjih pretokov D1FC/D3FC je po velikosti vmes med že uveljavljenima serijama visokozmogljivih ventilov D1FB/D3FB in D1FP/D3FP. Sodobna zasnova in kompaktne dimenzije uvrščajo D1FC/D3FC

med najkrajše proporcionalne potne ventile s krmilnim položajem. Senzor položaja je direktno integriran na drsnik ventila, kar ne zahteva povezovalnega kabla. S tem je odpravljena možnost napake pri povezovanju.

Serija D1FC/D3FC je na voljo tudi z vmesnikom EtherCAT.

### Tehnične lastnosti:

Nominalna velikost	DIN 24340		D1FC	D3FC
			NG06	NG10
Delovni tlak	bar	P, A; B	350	350
		T (brez Y)	35	35
		T (z Y)	250	250
		Y	35	35
Pretok	l/min	Q <sub>nom</sub> pri Δ = 5 bar	10 / 20 / 30	35 / 55 / 75
Histereza	%		<0,1 %	<0,1 %
Koračni odziv	ms	100 % korak	20	40
Krmilni signal			0...+/- 10 V; 0...+/-20 mA; 4...20 mA (opcijsko 0...+/- 10 mA)	



Vir: Parker Hannifin Ges.m.b.H. Wiener Neustadt, Avstrija - Podružnica v Sloveniji, tel.: 07 337 66 50, faks: 07 337 66 51, e-mail: [parker.slovenia@parker.com](mailto:parker.slovenia@parker.com), spletna stran: [www.parker.si](http://www.parker.si), Miha Šteger

## Varnostni modul SI-Safety

SI-Safety je kompakten varnostni krmilnik. Deluje v kombinaciji z regulatorji Unidrive M600 in M700. Modul se vgradi v režo regulatorja, tako da dodatno ožičenje med regulatorjem in varnostnim modulom ni potrebno.

SI-Safety pri kontroli delovanja motorja podpira naslednje varnostne funkcije SIL3: STO, SS1, SS2, SLS, SLP, SBC, SOS, SDI, SLI, SCA IN SSM. Na varnostne vhode modula lahko priklopimo tudi zunanje varnostne



elemente, kot so: tipka EMS, varnostna zavesa, varnostna vrata itd. Uporabnik pa lahko s pomočjo pro-

grama CTSafePro prilagodi delovne varnostnega krmilnika trenutni aplikaciji.

Novi modul SI-Safety je odobril TUV in ustreza SIL 3, najvišji varnostni kategoriji za industrijske električne komponente po standardu IEC 61800-5-2.

Vir: PS, d. o. o., Logatec, Kalce 38 b, 1370 Logatec, tel.: 01/750 85 10, faks: 01/750 85 29, e-pošta: ps-log@ps-log.si, internet: www.ps-log.si



[www.industrija.rs](http://www.industrija.rs)

[www.facebook.com/casopis.industrija](https://www.facebook.com/casopis.industrija)

Pokličite nas:  
Časopis Industrija  
Lazara Kujundžića 88, 11030 Beograd, Srbija

tel/fax: + 381 11 305 88 22  
mob. + 381 60 344 84 28  
e-mail: [office@industrija.rs](mailto:office@industrija.rs)

**IRT 3000**

INOVACIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE **10 LET**

[WWW.IRT3000.COM](http://WWW.IRT3000.COM)

**NEPOGREŠLJIV  
VIR INFORMACIJ  
ZA STROKO**

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

Vodnik skozi množico informacij

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

Povprašajte za cenik oglaševalskega prostora! | e-pošta: [info@irt3000.si](mailto:info@irt3000.si) | [www.irt3000.com](http://www.irt3000.com)

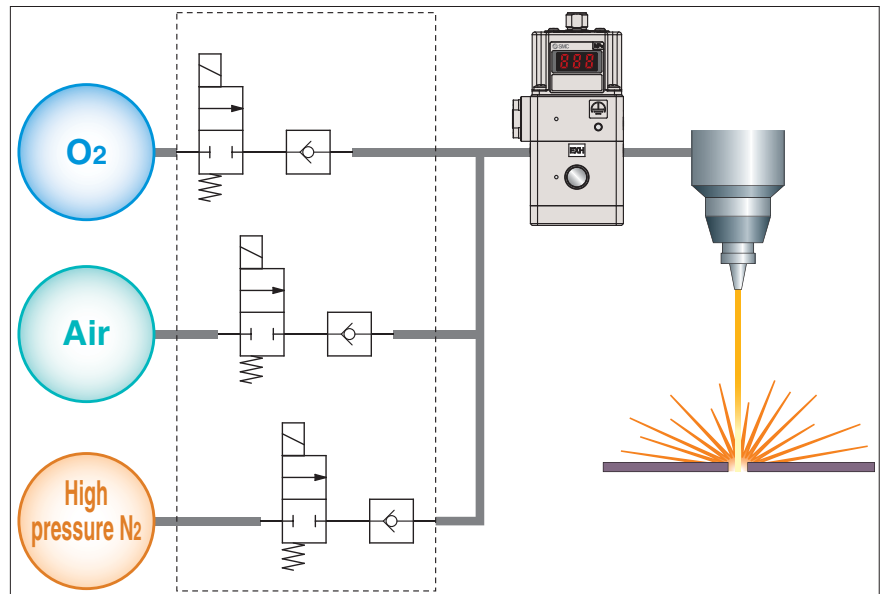


## Elektropnevmatična regulatorja ITVH in ITVX

Podjetje SMC je na zahteve trga razvilo in sedaj proizvaja nova elektropnevmatična regulatorja tlaka ITVH in ITVX, ki omogočata natančno brezstopenjsko regulacijo visokega tlaka. Kot že pri poznani seriji elektropnevmatskih pretvornikov ITV je mogoče tudi pri novih izbirati med več tipi napetostnega ali tokovnega vhodnega signala.

Do razvoja ITVH so privedle zahteve za preverjanje maksimalnega tlaka ali merjenje puščanja. Razvit je bil za visoke tlake in se lahko priključi na dovod komprimiranega zraka s tlakom do 3,0 MPa. Na izhodu je mogoče nastaviti tlak v območju od 0,2 do 2,0 MPa. Čeprav ITVH deluje pri visokih tlakih, je zelo natančen, učinkovit, kompaktnih mer in lahek. Za samo regulacijo in delovanje pa ne porabi več kot 3 W.

Novi ITVX dopolnjuje serijo elektropnevmatičnih regulatorjev ITV. Namenjen je manipulaciji tehnoloških plinov pri aplikacijah, kot sta laserski razrez ali plamensko varjenje. ITVX je prav tako visokotlačni elektropnevmatični regulator, le da je namenjen



tehnološkim plinom, kot so dušik, kisik, argon in tudi komprimirani zrak. Tlak na vходу ne sme preseči 5 MPa, izhodno območje pa je od 0,01 MPa do 3,0 MPa. Tudi njega odlikujejo natančnost, učinkovitost, kompaktnost, majhna teža in majhna poraba moči – do 3 W.

SMC je vodilni svetovni proizvajalec pnevmatike, elektropnevmatike, ele-

ktričnih pogonov in procesne opreme. Ponuja več kot 12.000 izdelkov v 700.000 izvedbah. Njihovi kupci so iz različnih panog industrije.

Vir: SMC Industrijska Avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7 T, 8210 Trebnje, tel.: +386 7 3885 421 M.: +386 40 471 006, faks: +386 7 3885 415, e-pošta: p.jarc@smc.si, internet: www.smc.si

## Energijsko učinkovita temperirna naprava

SMC kot vodilni proizvajalec pnevmatske in procesne opreme je razvil HRSE kot odgovor na zahteve po energijsko učinkoviti temperirni napravi srednjih moči. Širokemu naboru temperirnih naprav najvišje kakovostne ravni s temperaturno stabilnostjo  $\pm 0,1$  °C ali celo  $\pm 0,01$  °C so dodali serijo HRSE, ki je s temperaturno stabilnostjo  $\pm 2$  °C in temperaturnim območjem 10 do 30 °C namenjena srednje zahtevnim aplikacijam temperiranja, kot so varjenje, pakiranje ali ulivanje umetnih mas.

Napreden tristopenjski nadzor kompresorja, ventilatorja in elektronskega ekspanzijskega ventila skrbi za natančno in hitro prilagajanje moči potrebam sistema. To sofisticirano krmiljenje prihrani do 35 % potreb-



ne električne energije. Tudi ostale lastnosti temperirne naprave, kot so dvovrstični digitalni prikazovalnik, tipke, samodiagnostika, tiho delovanje in zračni filter, pripomorejo k lažjemu in prijaznejšemu posluž-

vanju in upravljanju. Da je časovni interval vzdrževanja čim daljši, skrbijo skrbno izbrane komponente z dolgo življenjsko dobo, kot sta črpalčka z magnetno sklopko in vzdržljiv kompresor.

Za več informacij glede temperirnih naprav oziroma druge opreme, ki jo ponuja SMC, od pnevmatike, elektropnevmatike do električnih pogonov procesne opreme, v več kot 700.000 izvedbah si lahko ogledate na [www.smc.si](http://www.smc.si).

Vir: SMC Industrijska Avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7 T, 8210 Trebnje, tel.: +386 7 3885 421 M.: +386 40 471 006, faks: +386 7 3885 415, e-pošta: p.jarc@smc.si, internet: [www.smc.si](http://www.smc.si)

# Oprema za merjenje in nadzor parametrov stisnjenega zraka

Podjetje OMEGA AIR, d. o. o. Ljubljana, z uveljavljeno lastno blagovno znamko trži visokotehnološko merilno opremo za sisteme s stisnjenim zrakom. Z dolgoletnimi izkušnjami na področju stisnjenega zraka je prispevalo k raziskavam in razvoju stacionarnih in prenosnih merilnih instrumentov, ki jih vgrajujejo tudi v svoje proizvode.

V času, ko je varčevanje z energijo prioriteta vseh proizvodnih podjetij, postaja vse bolj pomembno merjenje in vrednotenje porabe energentov. Vendar so meritve le korak do popolne slike. Potreben je celovit nadzor oziroma monitoring s statistično in grafično analizo, ki omogoča spremljanje stanja in sprejemanje ukrepov za učinkovitejšo rabo energije.



**Slika 1.** OS 550-PS – prenosni zapisovalnik podatkov, tipala pretoka, točke rosišča, tlaka

**Podjetje OMEGA AIR ima v svojem proizvodnem programu za ta namen potrebno merilno opremo:**

- merilnike pretoka stisnjenega zraka (s programsko opremo, nastavljivo tudi za N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, Ar),
- merilnike točke rosišča, relativne vlage in temperature,
- merilnike tlaka,
- temperaturne sonde,
- merilnike električnega toka,
- merilnike moči,
- ultrazvočne detektorje puščanja,
- grafične zapisovalnike – digitalne registratorje,
- prenosne merilnike z zapisovalniki podatkov (*slika 1*).

Za ustrezno načrtovanje in analizo sistemov s stisnjenim zrakom podjetje opravlja tudi meritve na terenu v določenem daljšem časovnem obdobju. Rezultati meritev se beležijo v digitalnih registratorjih, z njimi pa se kasneje s pomočjo programske opreme izvede natančna analiza. Poleg rednega vzdrževanja kompresorjev in opreme je za povečanje energetske učinkovitosti bistvenega pomena tudi stalno spremljanje parametrov naprav.

Za učinkovito upravljanje s stisnjenim zrakom so potrebne meritve parametrov in analiza v naslednjih štirih korakih:

**1. korak: meritve ključnih parametrov stisnjenega zraka (*slika 2* in *slika 3*):**

- meritve pretoka, hitrosti, tlaka, točke rosišča, temperature,
- meritve oljnih in trdnih delcev v stisnjenem zraku (ISO 8573-1),
- poraba moči kompresorjev,
- meritve izgub zraka,
- meritve zunaj obratovalnega časa tovarne,

- meritve celotne kompresorske postaje ali posameznih vej sistema.

**2. korak: odkrivanje netesnih mest sistema stisnjenega zraka:**

- določitev specifične porabe energije kompresorjev,
- detekcija netesnosti v posameznih oddelkih z ultrazvočnim detektorjem.

**3. korak: optimizacija kompresorske postaje:**

- sanacija neskladij izmerjenih parametrov,
- optimizacija s krmilnim sistemom,
- zatesnitev spojev cevovodov in porabnikov.



**Slika 2.** Izvedba meritev

**4. korak: nadzor in ocena:**

- z neprestanim izvajanjem meritev ključnih parametrov in nadzorom njihovih vrednosti je mogoče zagotoviti dejansko dobro stanje kompresorske postaje;
- izračun investicije in simulacija rekonstrukcije kompresorske postaje primerjalno z energetskimi izgubami obstoječega stanja.



# OMEGA AIR

## Better air



Slika 3. Beleženje podatkov o delovanju sistema

Nova generacija programske opreme za nadzorni sistem parametrov stisnjenega zraka omogoča izredno napredne funkcije pri spremljanju sistema. CSM-2G je zasnovan za spremljanje stisnjenega zraka od proizvodnje – kompresorske postaje – do porabnikov. Sistem je modularen in omogoča razširitev tudi na druge energente tako v tovarnah kakor v drugih stavbah. Nadzorni sistem (monitoring) beleži in analizira naslednje meritve in stanja (slika 3):

- skupni pretok stisnjenega zraka,
- tlak v sistemu,
- točko rosišča,
- preostanek oljnih delcev v zraku,
- preostanek trdnih delcev v zraku,
- porabljeno moč kompresorjev,
- tok.

CSM-2G nudi jasen grafični prikaz stanja sistema, da lahko pooblaščen operator spremlja in obdeluje delovanje sistema preko komunikacij Modbus RTU/RS485, Ethernet Modbus TCP ali spleta.

Programska oprema je nameščena v okolju Windows in uporabniku preko spletnega strežnika omogoča neodvisno spremljanje in obdelavo na osebni ali tablični računalnik in terminalu HMI. Investicija v merilno opremo in nadzorni sistem se povrne v kratkem obdobju, saj je mogoče na osnovi izvedenih meritev in nadzora sistema oziroma najdražjega energenta – stisnjenega zraka – racionalizirati in znižati obratovalne stroške v proizvodnji.

[www.omega-air.si](http://www.omega-air.si)



Slika 4. Merilnik pretoka OS 400



MERITVE PRETOKA ZRAKA



MERITVE TOČKE ROSIŠČA



ZAPISOVALNIKI PODATKOV



ODKRIVANJE NETESNIH MEST



OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana

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

OMEGA

[info@omega-air.si](mailto:info@omega-air.si)

AIR

Cesta Dolomitskega odreda 10  
SI-1000 Ljubljana, Slovenija  
[www.omega-air.si](http://www.omega-air.si)

# Virtualna realnost – prihodnost proizvodnje

Simon ČRETNIK

## ■ 1 Uvod

Proizvodni procesi so vedno bolj kompleksni, zahteve kupcev pa vedno bolj individualne. Kupci zahtevajo nove, visoko kakovostne in tudi njim prilagojene izdelke v vedno krajših časovnih intervalih. Hkrati pa je konkurenca na trgu vse bolj ostra. Poleg tega je potrebno stalno povečevanje produktivnosti. In samo tisti, ki lahko to storijo z manj energije in manj sredstev, bodo uspešno reševali naraščajoče stroškovne pritiske. Dober primer intenzivne rasti in zahtev hitre in prilagodljive proizvodnje je avtomobilska industrija, kjer se je v zadnjem desetletju za nekajkrat povečalo število različnih modelov, ki jih proizvajalci ponujajo na trgu.

Te izzive je mogoče premagati. Rešitev je v združitvi virtualne in realne proizvodnje, v inovativni programski opremi, avtomatizaciji in pogonski tehnologiji kakor tudi v storitvah. To bo omogočalo skrajšanje časa prihoda izdelka na trg, naredilo proizvodnjo bolj učinkovito in fleksibilno in pomagalo industrijskim podjetjem ohraniti njihovo konkurenčno prednost.

V ta namen podjetje Siemens razvija ustrezna informacijska orodja in »Industry Software« vključuje programske rešitve za razvoj izdelkov, načrtovanje tehnologije in proizvodnje, proizvodnega inženirstva, izvajanja proizvodnje same in servisa (slika 1) [1].

Poleg industrije programske opreme in rešitev za gospodarno rav-

Simon Čretnik, univ. dipl. inž.,  
Siemens, d. o. o., Ljubljana



**Slika 1.** Tovarna v virtualnem okolju

nanje v proizvodnji je pomemben pogoj za prihodnost proizvodnje tudi industrijska integracija. Združitev virtualnega in resničnega sveta omogoča obvladovanje celotne proizvodne verige od dobaviteljev do kupcev in stroškovno ovrednotenje celotne proizvodne verige.

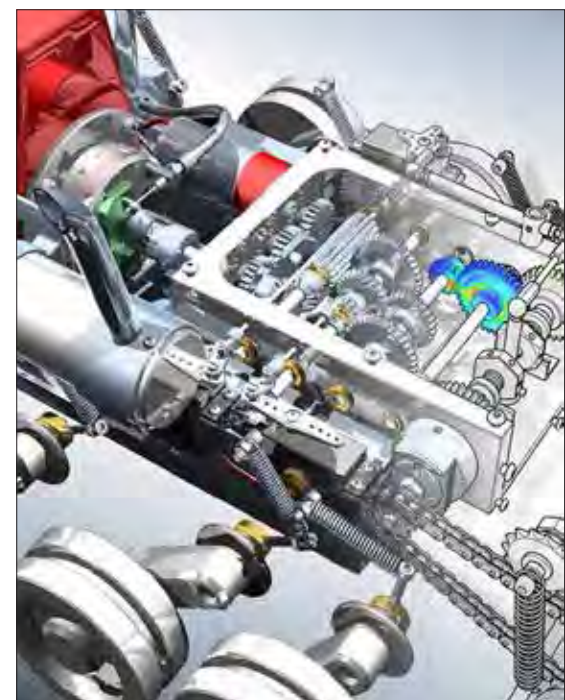
## ■ 2 Razvoj izdelkov

Razvojni ciklusi izdelkov postajajo vse krajši in krajši. Pri tem je pomembno, da ustrezna programska orodja znatno pomagajo skrajšati čas razvoja in s tem tudi stroške. Programska oprema Siemens Product Lifecycle Management (PLM) omogoča ustvarjanje enotnega razvojnega okolja.

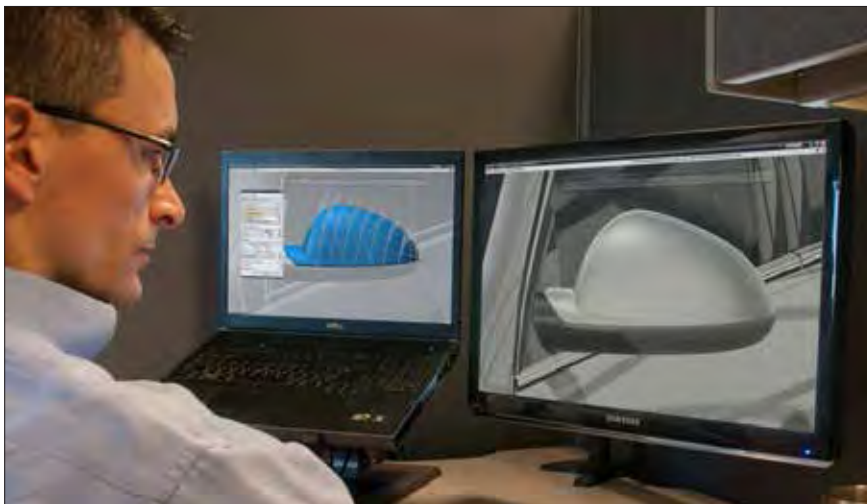
Siemens PLM Software vključuje širok nabor rešitev za celoten življenjski cikel izdelka, s čimer ustvari okolje za izdelavo izdelkov ob pravem času. NX (CAD-CAE-CAM) ima celotno paleto CAD-funkcij, sodobno simulacijsko okolje in celovit nabor proizvodnih aplikacij. Orodja za vizualizacijo, simulacijo in analizo omogočajo hitro digitalno izdelavo

prototipov kompleksnih izdelkov in jasno komunikacijo v 3D čez globalno porazdeljene dobavne verige.

Siemens PLM Software zagotavlja sistemsko usmerjen razvoj komple-



**Slika 2.** Snovanje izdelkov z NX (CAD-CAE-CAM)



Slika 3. Fibersim

knih izdelkov in storitev, ki omogočajo izboljšanje učinkovitosti. Simulacija LMS in testne programske opreme, integrirane v Teamcenter in NX, zagotavlja robustno rešitev na modulu osnovanega sistemskega inženiringa, napredno načrtovanje simulacij in testov, ki omogočajo zaprto zračno preverjanje in digitalno potrjevanje na vsakem koraku.

Inovacije na področju znanosti o materialih ustvarjajo nove možnosti za uporabo kompozitov v modelih in tako ustvarjajo potrebo po specializiranih inženirskih programskih rešitvah za učinkovito oblikovanje in izdelavo teh materialov. Tako Siemens PLM Software vključuje portfelj Fibersim, ki se uporablja za načrtovanje in proizvodnjo inovativnih, trajnih in lahkih kompozitnih struktur.

### ■ 3 Načrtovanje tehnologije in proizvodnje

Simulacija in optimizacija posameznih strojev in naprav mnogo pred dejansko fizično izvedbo prihrani čas, vire in energijo, s tem pa znatno poveša učinkovitost tovarne. Ključ do uspeha je integracija Siemens PLM in tehnologije za avtomatizacijo.

Zagotavljanje zanesljivih rešitev za oblikovanje procesov in načrtovanja za poenostavitev kompleksnih proizvodnih scenarijev je mogoče doseči s portfeljem Siemens PLM Software Tecnomatix. Vse to je mogoče v digitalnih 3D-navodilih za proizvodno delo s povezavo načrtovanja BOM in planiranja BOP. Simulacijska in validacijska orodja Tecnomatix stroškovno učinkovito prepoznajo in popravijo ročne

operacije in proizvodne napake. S povezavo človeške anatomije/ergonomije in 3D-tehnologije se določi optimalna postavitev in minimizirajo nepotrebni gibi, tako se precej zmanjšata število preizkusnih postavitev in čas zagona. Rešitve Tecnomatix podpirajo lansiranje in proizvodnjo ter vključujejo integracijo PLM-MES, izdelavo analiz kvalitete in virtualni zagon.

Še posebno v predelovalni industriji je ena od najpomembnejših nalog začetna kalkulacija stroškov in jasna predstavitev procesov. COMOS FEED zagotavlja podlago za začetno grobo kalkulacijo celo v zgodnji fazi proizvodnega inženiringa. Procesi so lahko pregledno prikazani v blokovnih diagramih. Celotne procesne sekvence, smeri pretoka in razmerja med različnimi procesi so lahko enostavno prikazani v teh diagramih.

### ■ 4 Inženiring

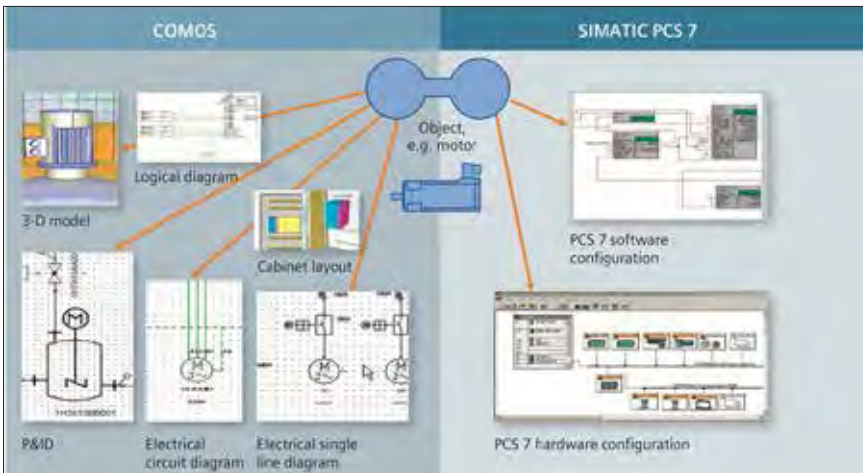
Optimizacija poteka del. Strojna in programska oprema morata komunicirati in gladko delati skupaj. Sredstvo za doseg tega je Totaly Integrated Automation Portal (TIA Portal) – inovativno inženirsko ogrodje za vse naloge iz avtomatizacije.

Inženiring, integriran od načrtovanja preko avtomatizacije do obratovanja, zmanjšuje stroške in skrajšuje zanj potreben čas, povečuje produktivnost in kakovost, zagotavlja stalen pretok informacij, dosledno upravljanje podatkov in delovnih sredstev v celotnem življenjskem ciklu. Primer takšne simbioze sta COMOS in SIMATIC PCS 7.

Inženirski okvir TIA Portal je ključ, ki odpira celoten potencial popolnoma integrirane avtomatike. Programska oprema optimizira vse postopke načrtovanja in procedure obratovanja strojev in procesov. Intuitiven uporabniški vmesnik, preprosta uporaba funkcij in popolna preglednost podatkov so uporabniku zelo prijazni. Obstoječi podatki in projekti se lahko integrirajo brez veliko truda, kar zagotavlja varnost naložb.



Slika 4. Tecnomatix



Slika 5. COMOS + PCS7

## 5 Proizvodnja

Totally Integrated Automation (TIA), Siemensova industrijska platforma za avtomatizacijo, je osnova, da vse komponente za avtomatizacijo učinkovito delujejo skupaj. Poleg tega Integrated Drive Systems (IDS) ponujajo popolnoma usklajene pogonske komponente enega vira za celoten življenjski cikel, neopazno integrirane v okolje avtomatizacije.

SIMATIC IT je prefinjen, visoko razširljiv MES-sistem, ki je skladen s standardom ISA S95 (standard za diskretno proizvodnjo). Prinaša več zmogljivosti in omogoča optimalno uporabo z visoko kakovostjo proizvodnje ob nižjih stroških. SIMATIC IT omogoča takojšnje odkrivanje odstopanj v proizvodnem procesu, kar zagotavlja visoko kakovost obsega proizvodnje. Vključuje cilje kakovosti in obsega proizvodnje, določenih v začetku

zasnove izdelka in načrtovanja vsake proizvodne faze.

Ko je proizvodnja v teku, je prednostna naloga proizvodnih sistemov sposobnost, da se odzovejo na nove zahteve v realnem času. SIMATIC IT omogoča, da operaterjem na strojih ni več potrebno preverjati vseh funkcije posamično. Namesto tega se lahko proizvodne linije centralno nadzorujejo iz kontrolne sobe, kar zagotovi nemoteno delovanje proizvodnje ter zaščito ljudi, opreme in okolja.

Prepletanje PLM in MES omogoča integriran produkt in celovito upravljanje življenjskega cikla izdelkov ter celotne proizvodnje. Z veliko količino razpoložljivih informacij za načrtovanje in izvedbo lahko delo poteka brez napak. Izmenjava teh informacij v zaprti zanki je osnova za potrebne količine in nenehno optimizacijo. Skupno upravljanje produktivnosti je mogoče doseči le, če se lahko informacije o načrtovanju in izvedbi hitre izmenjujejo. Pomembni podatki, ki so na voljo na zahtevo, lahko predstavljajo izjemno vrednost.



Slika 6. Simatic IT

Strokovno vodenje proizvodnje je za racionalno poslovanje prva izbira, ko gre za izvajanje učinkovite strategije proizvodnje, imenuje se COMOS Operations. Vsi podatki iz inženirske faze se lahko ponovno uporabijo v operativni fazi. Aplikacije vključujejo rešitve za vzdrževanje v času tekočega poslovanja in ob remontih. Po posebnih uporabniških vmesnikih je mogoče neposredno poročati o ukrepih v proizvodnji.

## 6 Servisiranje

Siemens podpira svoje stranke s proizvodi, sistemi in storitvami, povezanimi z aplikacijami v celotnem življenjskem ciklu stroja ali naprave. Ker se kompleksnost še vedno povečuje, imajo rešitve, zajete v »Plant Data Services«, vedno pomembnejšo vlogo. Inteligentna analiza podatkov izboljšuje dostopnost, učinkovitost in uspešnost strojev in naprav.

Proizvajalci morajo minimizirati izpade proizvodnje, da so lahko produktivni. Rešitve za upravljanje proizvodnje skozi celoten življenjski cikel s kontrolo operativnih stroškov, upravljanjem sredstev in



Slika 7. Servis

minimiziranim časom servisov izboljšujejo zadovoljstvo strank in imajo neposreden vpliv na ugled podjetja.

Servisne in vzdrževalne ekipe ponujajo storitve, ki so popolnoma usklajene s posebnimi zahtevami kupcev: od predhodnih prodajnih aktivnosti, vključno s skupno oceno potreb in zahtev, specifikacij projektiranja, analiz finančnih učinkov, pozicioniranja projektov,

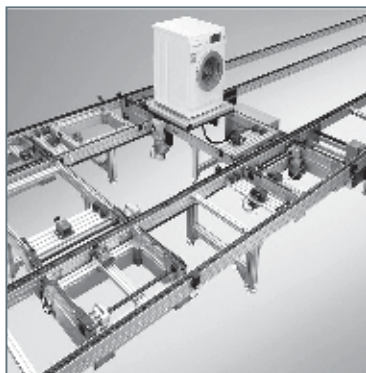
vključno s smernicami dizajna. Posvetovanje, tehnično usposabljanje in poprodajne storitve pomagajo uresničiti rešitve, prilagajene edinstvenim poslovnim okoljem, da bi se povečala učinkovitost proizvodnje.

### Vir

- [1] <http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/industry-software>

## Oglaševalci

AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana	319, 327	OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana	261, 333
CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	264	OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin	261, 338
DOMEL, d. d., Železniki	291	PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	261
DVS, Ljubljana	290	POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri	261, 262
FESTO, d. o. o., Trzin	261, 340	PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	319
HAWE HIDRAVLIKA, d. o. o., Petrovče	339	PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	330
HENNLICH, d. o. o., Podnart	298	SICK, d. o. o., Ljubljana	261
HYDAC, d. o. o., Maribor	285	STROJNISTVO.COM, Ljubljana	319
ICM, d. o. o., Celje	305	SUN Hidraulik, Erkelenz, Nemčija	281
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGREN, Lesce	261	TEHNA, d. o. o., Ljubljana	312
INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija	330	UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	275, 291, 313
IPRO ING, d. o. o., Ljubljana	324	UM, Fakulteta za strojništvo, Maribor	277
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	283	VISTA HIDRAVLIKA, d. o. o., Žiri	261
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	261	YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica	275
OLMA, d. d., Ljubljana	261		

**Rexroth****ORGATEX®****LEANPRODUCTS®****BOSCH****OPL**  
automationOPL avtomatizacija, d.o.o.  
Dobrave 2  
SI-1236 Trzin, SlovenijaTel. +386 (0) 1 560 22 40  
Tel. +386 (0) 1 560 22 41  
Mobil. +386 (0) 41 667 999  
E-mail: opl.trzin@siol.net  
www.opl.si

## Zanimivosti na spletnih straneh

[1] **Hidravlične sestavine – ocene tlakov** – <http://hydraulicspneumatics.com/technologies/pressure-rating-hydraulic-components> – Industrija fluidne tehnike izvaja različna preskušanja za ugotavljanje porušne trdnosti sestavin. Pozabite na porušno trdnost in pogledjte poškodovano opremo pred potekom deklarirane trajnosti. Preskušanja obsegajo preskuse trdnosti in tesnosti, porušitveni preskus, trajnostni preskus idr. Pri vseh preskusih se potem upoštevajo varnostni faktorji, ki naj zagotavljajo dodatno varnost delovanja.

[2] **Iskanje napak pri hidravliki z infrardečim detektorjem** – <http://hydraulicspneumatics.com> – Iskanje napak oziroma ugotavljanje stanja hidravlične naprave zahteva določanje tlaka, temperature in toka. Monitoring temperature omogoča predstavitev splošnega stanja sistema, infrardeči detektor pa daje informacije o tem, kaj in kje bi lahko bili vzroki problemom v delovanju naprave, sistema. Več o tem na naslovu: [bit.ly/19adwKn](http://bit.ly/19adwKn).

[3] **Keramični pnevmatični ventili – odporni na umazanijo** – <http://http://hydraulicspneumatics.com/pneumatic-valves/ceramic-air-valves-stand-dirt> – Pri *Naronda Aluminumu* so imeli neprestano probleme z operacijo topljenja. Udarno kladio za čiščenje oksida se je vedno poškodovalo. Kompressor je sesal fin prah in povzročal poškodbe potnih ventilov, ki so prekinile delovanje postroja. Rešitev je bila zamenjava konvencionalnih sedežnih ali batnih ventilov s keramičnimi drsnimi ventili. Spoznajte, kako so keramični ventili *Aventics Corp.* preprečili vstop umazanije v ventile.

[4] **Nepredstavljen sistem krmiljenja** – <http://www.haweusa.com> – Podjetje *Hawe Hydraulics* predstavlja nadvse učinkovit sistem krmilje-

nja transporta lesa. V sodelovanju z izdelovalci mobilnih žerjavov so uspeli razviti optimalno izvedbo ustreznega sistema krmiljenja. Izboljšali so delovanje celotnega sistema, ekonomičnost izrabe goriva in zagotovili skladnost z najnovejšimi okoljskimi pravili.

[5] **Pnevmatični valji – faktorji pri snovanju** – <http://hydraulicspneumatics.com> – Izbira pravih sestavin za opravljanje določenega dela zagotavlja dobro učinkovitost, nizke stroške, izboljšanje hitrosti delovanja in daljšo življenjsko dobo. Prispevek obravnava parametre obremenitve, kot so sile, hitrosti, sekvencnost, in vplive drugih sestavin, ki jih projektant mora upoštevati pri izbiri pnevmatičnih valjev za različne naprave in sisteme. Obiščite: [bit.ly/HP1404Cylinders](http://bit.ly/HP1404Cylinders).

[6] **Popoln dostop do osnov fluidne tehnike** – <http://hydraulicspneumatics.com> – Revija *Hydraulicspneumatics.com* je bila vedno vodilna pri zagotavljanju edinstvene tehniške vsebine svojim bralcem. Dodatno vsaki dve leti izdaja *Fluid Power Handbook & Directory*. Vsem bralcem pa na spletnih straneh dodatno ponuja še *Fluid Power Basics*, ki obsega dvakrat toliko prispevkov kot tiskani priročnik. Karkoli želite vedeti o črpalkah, ventilih, senzorjih in drugi opremi fluidnotehničnih naprav, je že na dosegu klika.

[7] **Stop puščanju pri visokih tlakih s prirobnicami** – <http://hydraulicspneumatics.com/fittings-couplings/stop-high-pressure-leaks-flanges> – Kateri priključek je najboljši za povezavo cevi z odprtino hidravlične sestavine? Prispevek razlaga prednost priključkov s prirobnico z dodatnim O-obročkom, še posebno če gre za cevi z večjim premerom. Obravnavano je tudi vprašanje kako instalirati tesnilke pri omejitvah s prostorom.



## Très chic: Designerski agregat.

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

Solutions for a World under Pressure

**HAWE**  
HYDRAULIK



**FESTO**

**Ustvarjamo avtomatizacijo za vaš uspeh!  
Mi smo vaši partnerji, ki vas navdihujejo!  
Skupaj oblikujemo vašo prihodnost.**

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

Podjetja, ki želijo biti globalno uspešna, potrebujejo sistematično povečevanje svoje konkurenčnosti. Skupaj imamo veliki cilj: izboljšanje vaše produktivnosti. Varnost, učinkovitost, enostavnost in konkurenčnost so kakovosti, ki jih najdemo v vseh naših produktih, storitvah in usposabljanju za avtomatizacijo podjetja in proizvodnje. Zakaj ne bi prevzeli njihove prednosti? Vsak dan, povsod na svetu.

**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