

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 25 / 2019 / 5 / Oktober

Intervju – Prof. dr. Niko Herakovič

Moderno proizvodno okolje

Vzdrževanje hidravlike

Hidravlika skozi čas

OPL

Rexroth
Bosch Group

Zastopstvo

Ergonomija
Interna logistika
Vitka proizvodnja
Fleksibilna avtomatizacija



Kontakt: Jakob Saksida ☎ 041 383 669

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



FESTO

POCLAIN
Hydraulics

OPL

S3C
pnevmatika | hidravlika

Parker

IMI
Precision Engineering

MIEL OMRON
www.miel.si

OMEGA
AIR

ppt commerce

Širok nabor hidravličnih ventilov

- Za odprte in zaprte tokokroge
- Zasnovani za delovanje z visokim tlakom in tokom
- Optimirani za delovanje s Poclain Hydraulics sistemi

> Ventili za zaprte tokokroge

→ Ventili za zagotavljanje oprijema koles

- Ventili za preprečevanje zdrsavanja
- Deflektori toka
- "Twinlock" ventili



→ Ventili za prosti tek



→ Ventili za izpiranje tokokroga



> Ventili za odprte tokokroge

→ Protipovratni ventili



→ Tlačni ventili



→ Tokovni ventili



→ Potni ventili



> Ventili za zavore

→ Ventili za proženje zavore (zasilne/parkirne in delovne zavore)



→ Ventili za polnjenje akumulatorja



→ Kompaktni multifunkcijski ventil (proženje zavore in polnjenje akumulatorja)



> Namenski krmilni bloki

- Ventili za odprte in zaprte tokokroge so lahko integrirani v kompakten blok, ki celovito izvaja želeno funkcijo hidravličnega krmiljenja



GOSPODARSKA KRIZA, RAZVOJ, BLAGOSTANJE IN TEHNIKA



Že nekaj časa se pri nas in v svetu napoveduje gospodarska kriza in recesija. Kdo bo tu najbolj prizadet in kdo lahko gospodarsko krizo reši? Kdo je tisti, ki je v zadnjih desetletjih in stoletjih sploh prispeval k razvoju, napredku in blagostanju, ki ga imamo? Zakaj so nekatere družbe bolj razvite kot druge in kaj je glavni motiv za napredek in razvoj?

Postavljenih je nekaj vprašanj, katerih odgovori niso zahtevni in lahko pojasnijo razvojno stanje vsake države in dajo smernice za nadaljnji razvoj.

Odkar smo vključeni v mednarodne organizacije, ki med drugim vodijo tudi statistične podatke, je zelo preprosto ugotoviti, kaj moramo storiti, da bomo v prihodnje bolj uspešni in da bomo ustvarili višji standard, ki si ga vsi želimo. Iz podatkov organizacije s kratico OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) hitro ugotovimo, kje zaostajamo za najbolj razvitimi državami. Omenil bom le tri področja. Prva je ekonomska svoboda, kar pomeni, kako je posameznikom v neki državi omogočeno svobodno ustanovljati podjetja, kako hitro pridobijo razna dovoljenja za delo in gradnjo prostorov itd. in kako država pri tem pomaga ali zavira. Tu smo zelo v zaostanku. Drugo področje pa je raziskave in razvoj. Tudi tu smo v primerjavi z razvitimi državami zelo v zaostanku. In tretje področje je izobraževanje. Prej omenjena mednarodna organizacija je že večkrat ugotovila, da imamo pri nas nadpovprečno in nesorazmerno veliko režijskih služb na področju šolstva in izobraževanja.

Ali je res tako težko za neko vlado, da ne ustvari razmer za podjetništvo? Preprosto se pravila za ekonomsko svobodo kopirajo iz države, kjer je ta zelo velika.

Lep primer ekonomske nesvobode so polemike o privatnem šolstvu, ki se pri nas dogajajo že nekaj časa. Ali ni za vse nas bolj primerno, za državo cenene in ekonomsko bolj učinkovite, da nekdo zgradi zasebno šolo in v njej izvaja javno veljavni izobraževalni program. Tako ustanovo morajo državni uradniki strogo nadzorovati, da se s tem vsi problemi tekoče odpravljajo.

Ali spada način izobraževanja s zasebnimi in državnimi ustanovami, ko starši sami izbirajo, kam bodo vpisali svoje otroke, med osnovna demokratična načela?

Kaj pa je temeljni razvoj neke države? Največji delež v celotni skupnosti pri razvoju prav gotovo nosi tehnika in inženirstvo. Seveda je povsem jasno, da se razvijajo in se morajo razvijati tudi druga področja, a brez tehnike in praktičnega inženirstva ni pravega razvoja.

Z revijo Ventil se trudimo prav v tej smeri.

Če se vrnemo nazaj samo za nekaj desetletij ali pol stoletja in pogledamo nekaj poklicev, ki so jih ljudje takrat opravljali, da so lahko preživeli, vidimo, kako ogromen napredek je bil narejen.

Naj tu samo omenim gradnjo hiše, ki so jih ljudje pred desetletji gradili sami ob pomoči sorodnikov, sosedov in prijateljev. Ali pa delo na kmetiji, ko je bilo treba travo ročno kositi pred sončnim vzhodom, jo večkrat na roko obrniti, z rokami naložiti na voz in zložiti na skedenj. Ali pa triizmensko delo za tekočim trakom in pa delo z raznimi snovmi in materiali, za katere šele danes ugotavljamo, da so bili strupeni. Samo pogledjmo, kako imamo zastrupljeno slovensko zemljo v Celjski kotlini, na Koroškem, Kidričevem in drugje. To zdaj vemo, nikoli pa ne bomo izvedeli, koliko ljudi, ki so delali s temi snovmi, je predčasno zbolelo in umrlo.

Nobenega dvoma ni, da je izboljšanje vseh prej opisanih delovnih mest omogočila tehnika in naravoslovje. Brez poznavanja naravnih tehničnih in drugih zakonitosti ter brez inovacij in novosti pri razvoju delovnih pripomočkov, opreme in strojev razvoja ne bi bilo.

Ali se tega zaveda tudi naša vlada? Mislim, da ne!

Ko bomo nekoč spoznali, da je treba mlade, najbolj sposobne ljudi usmerjati v naravoslovje in tehniko in da je že mladim ljudem, v osnovno šolskem izobraževanju, treba dati nekaj osnov iz prej navedenih področij, bomo lahko bolj optimistični glede našega razvoja.

Prav gotovo je res, da moramo imeti tudi dobre pravnike, učitelje itd., toda!?

Če odgovorimo na postavljeno vprašanje, kdo bo rešil gospodarsko krizo, je naš odgovor, da predvsem vlaganje v razvoj novih produktov, novih tehnologij in novih storitev. Tudi tu je res, da se gospodarska kriza rešuje tudi s spodbujanjem večje potrošnje prebivalstva in države, a dolgoročno je razvoj tisti, ki je najbolj učinkovit. Tu moramo dodati, da mora biti razvoj trajnosten, kar pomeni, brez posebnih stranskih učinkov.

Janez Tušek

STROJNIŠTVO

POGANJAMO PRIHODNOST

**26. 11.
2019**
ob 20. uri

Gallusova dvorana
Cankarjev dom
v Ljubljani

Spoštovane bralke in spoštovani bralci revije Ventil,

Slovenci imamo bogato tehniško kulturo, ki nas kot narod postavlja na svetovni zemljevid. Naši predhodniki so strojništvo utrjevali z izkustvenimi in kasneje znanstvenimi presežki, mi pa se ob stoletnem smelem delovanju strojništva na Univerzi v Ljubljani od njih učimo ter gradimo na inovacijah, da bo slovensko znanje poganjalo gospodarstvo tudi v prihodnje.

Dejstvo je, da ima Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani največ neposrednega sodelovanja z gospodarstvom v Sloveniji in s tem odločilno podpira gospodarski razcvet, ki je v današnjem globalnem svetu odvisen od sposobnosti ustvarjanja novega vrhunškega znanja in njegovega uspešnega prenosa v gospodarstvo. Ob tem pa smo s kar dvema od sedmih slovenskih ERC prestižnih evropskih projektov, objavami v revijah Nature in drugih vrhunskih znanstvenih dosežkih tudi ena najuspešnejših znanstvenih inštitucij v državi, na najbolj priznani svetovni lestvici pa med 200 najboljšimi fakultetami za strojništvo. Več kot polovico prihodka ustvarjamo z raziskovalno dejavnostjo, kar se med drugim odraža v novih visokotehnoloških delovnih mestih z visoko dodano vrednostjo. Naša uspešnost se kaže tudi v tem, da vedno več visokotehnoloških podjetij odpira nove obrate v Sloveniji zaradi tehniško izobraženih strokovnjakov. Tako in še bolje želimo delati tudi vnaprej, za blaginjo Slovenije.

Stoletnico strojništva na Univerzi v Ljubljani bomo obeležili s slavnostno akademijo, ki bo v torek, 26. novembra 2019, ob 20. uri v Gallusovi dvorani Cankarjevega doma v Ljubljani.



prof. dr. Mitjan Kalin
Dekan
Fakulteta za strojništvo
Univerza v Ljubljani

**Častni pokrovitelj slavnostne akademije je predsednik
Republike Slovenije Borut Pahor.**

 INTERVJU	
Izzivi sodobne proizvodnje – pogovor s prof. dr. Nikom Herakovičem	354
 DOGODKI • POROČILA • VESTI	360
 NOVICE • ZANIMIVOSTI	369
 MODERNO PROIZVODNO OKOLJE	
Saša Stradovnik, Rok Pučko, Aleš Hace	
Interaktivna laboratorijska aplikacija s kolaborativnim robotom in holografskim vmesnikom mešane resničnosti HoloLens na primeru vijačenja	378
 VZDRŽEVANJE HIDRAVLIKE	
Franc Majdič	
Vzdrževanje hidravličnih naprav – 6. del	388
 HIDRAVLIKA SKOZI ČAS	
Darko Lovrec	
Hidravlika na področju gradbeništva – 5. del	394
 UPRAVLJANJE PROIZVODNJE	
Saša Muhič Pureber, Stanislav Nosirev	
Proizvodni informacijski sistemi naslednje generacije	404
 AKTUALNO IZ INDUSTRIJE	
Zaporni cilinder DFST (FESTO)	408
Samosesalna univerzalna črpalka za različne medije (HENNLICH)	409
Hitre električne pritrdilne enote za tirna vodila – LKE (INOTEH)	410
Linerani senzor položaja D-MP (SMC)	411
KonfiguratorCombiTac (STÄUBLI)	412
 NOVOSTI NA TRGU	
Povečana varnost mehanskih tlačnih stikal SUCO (INOTEH)	414
Vakuumsko prijemalo piCOBOT (INOTEH)	415
Adapterji RediMount™ (INOTEH)	416
Vrtljiva obračalna os (HIWIN)	417
Novi dvopoložajni servo proporcionalni ventil Parker TFP (PARKER HANNIFIN)	417
 PODJETJA PREDSTAVLJAJO	
Hladilniški sušilniki stisnjenega zraka (OMEGA AIR)	418
 LETALSTVO	
In Memoriam – dr. Henri A. Wassenbergh, dr. Michael Milde	420
 LITERATURA • STANDARDI • PRIPOROČILA	
Nove knjige	422
 PROGRAMSKA OPREMA • SPLETNE STRANI	
Zanimivosti na spletnih straneh	424

IZZIVI SODOBNE PROIZVODNJE

– POGOVOR S PROF. DR. NIKOM HERAKOVIČEM

Dragica Noe

Prof. dr. Niko Herakovič je predstojnik Katedre za izdelovalne tehnologije in sisteme ter vodja Laboratorija za strego, montažo in pnevmatiko – LASIM na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani. V obdobju od 1996 do 2004 je bil urednik revije Ventil in je bistveno prispeval k njegovi uveljavitvi ter obliki, ki jo ima še zdaj.

Pogovor bo potekal v povezavi z njegovim delom pri razvoju konceptov pametnih tovarn in zagonu prototipnega oz. demonstracijskega sistema pametne tovarne v laboratoriju LASIM.



Prof. dr. Niko Herakovič

Ventil: V zadnjem času je bilo veliko povedanega in napisanega o novih konceptih proizvodnje, ki so dobili skupno ime pametne tovarne. Kaj natančno opredeljuje pametne tovarne?

Prof. dr. N. Herakovič: V zadnjem času je res veliko govora o t. i. pametnih tovarnah, vendar ni neke jasne predstave, kakšna naj bi takšna tovarna bila.

Večina si predstavlja pametno tovarno, ki je popolnoma avtomatizirana in predvsem robotizirana. Vendar moramo biti pri tem previdni. Pametna tovarna je namreč lahko robotizirana tovarna, nikakor pa ni vsaka robotizirana tovarna tudi pametna. Za to je potrebnega nekaj več. Pametna tovarna mora biti sposobna upravljati kompleksnosti, mora biti učinkovita, fleksibilna in agilna ter robustna, torej mora biti manj podvržena zunanjim vplivom in zastojem. V pametni tovarni ljudje, stroji, izdelki in drugi viri komunicirajo drug z drugim, tudi s kupci in dobavitelji, torej z oskrbovalno verigo, kar omogoča skrajševanje pretočnih časov. Zato morajo biti objekti obravnavani kot subjekti. Pri tem potrebujemo standardizirane mrežne vmesnike, ki omogočajo komunikacijo, edinstveno identiteto in spomin, avtonomnost in možnost lokaliziranja v vsakem trenutku. Še posebej pomembno pa je, da morajo biti vsi (proizvodni) procesi, postopki, izdelki in stroji popisani z modeli v digitalnem okolju. Tisto najpomembnejše, kar opredeljuje pametno tovarno, za razliko od klasične, pa je, da sprejema pametna tovarna večino odločitev samodejno in v veliki meri avtonomno, pri tem pa ji pomagajo umetna inteligenca (AI) in digitalni agenti, ki so neke vrste digitalni ljudje.

Ventil: Kateri so razlogi in pogoji za uspešno delovanje tovrstnih sistemov? Kako z njimi zagotoviti večjo učinkovitost proizvodnje?

Prof. dr. N. Herakovič: V bistvu gre pri pametni tovarni za kibernetško-fizične sisteme. Ko povežemo fizični svet in kibernetški svet v celoto, dobimo rešitve, ki omogočajo, da na primer roboti, ki so sami po sebi le kos kovine in na nek način »neumni«, postanejo inteligentni, samoučeči se roboti. Seveda



Slavnostna otvoritev demonstracijskega centra Pametna tovarna

na podlagi programske opreme, podprte z umetno inteligenco in na podlagi učinkovitih povezav med obema svetovoma. Podobno velja za stroje, senzore strojni vid itd. Torej, bistveni so inteligentni algoritmi na podlagi umetne inteligence, ki delujejo v ozadju, in pa učinkoviti komunikacijski protokoli oz. povezave med posameznimi sistemi, ki omogočajo, da lahko posamezni kibernetsko-fizični sistemi izmenjujejo podatke in tako komunicirajo do te mere, da lahko uskladijo delovne naloge, izdelajo plan dela itd. tako, da bo proizvodni proces potekal najbolj učinkovito. In tudi če pride med izvajanjem plana izdelovalnega procesa do motenj, zastojev ali sprememb naročil, lahko kibernetsko fizični sistemi z nadzornimi algoritmi oz. umetno inteligenco to med seboj povežejo in najdejo najboljšo možno rešitev, da bo izdelovalni proces potekal naprej najbolj učinkovito. Podlaga, da lahko sistemi komunicirajo med seboj, je sledljivost izdelka z radiofrekvenčno identifikacijsko tehnologijo - RFID (ali kakšno drugo tehnologijo), ki deluje brezstično, na daljavo, podobno kot bančne kartice, parkirne kartice itd., ki v sebi nosijo zapise oz. informacije skozi celotni izdelovalni proces oz. v celotni življenjski dobi izdelka, da lahko kibernetsko-fizični sistemi od njih dobijo informacije in tako vedo, kaj se v procesu dogaja in kaj morajo samo postoriti.

Ventil: Ali lahko opredelite zgradbo in potrebne podsisteme v pametni tovarni?

Prof. dr. N. Herakovič: Zgradba pametne tovarne ni več tako hierarhična, kot pri klasični tovarni, ampak gre bolj za mrežno strukturo. Nekatere klasične, tipično hierarhične komponente tovarne odpadejo, ker jih nadomestijo digitalni dvojčki in digitalni agenti. Osnovno arhitekturo pametne tovarne določa standard RAMI 4.0 (Referenčni Arhitekturni Model Industrije 4.0). V laboratoriju LASIM smo ta model nadgradili s konceptom distribuiranih sistemov, digitalnih dvojčkov in digitalnih agentov. Vse skupaj smo zapisali v t. i. arhitekturni model LASFA (Lasim Smart Factory), ki zelo natančno določa, kje in na kakšen način uporabiti te tri koncepte pri snovanju pametne tovarne in kako se izogniti velepodatkom. Na podlagi modela LASFA je zgrajena tudi pilotna pametna tovarna v laboratoriju LASIM. Sicer slonijo pametne tovarne in celotna industrija 4.0 na širokem spektru znanih in novih tehnologij. Prve so tehnologije, ki so že toliko razvite, da jih redno uporabljamo v industrijskih procesih. Druga skupina so tehnologije, ki so že do neke mere znane, vendar se še naprej razvijajo in so v industrijskih okoljih v omejenem obsegu tudi že implementirane. V tretjo skupino sodijo tiste tehnologije, pri katerih poteka intenziven razvoj, uporabljajo se v laboratorijskih okoljih ali v pilotnih projektih in bodo zrele za implementacijo v industrijsko okolje v prihodnje. Če pogledamo ožji izbor nekaterih razvijajočih se in prihodnjih tehnologij, ki jih lahko imenujemo najpomembnejše tehnologije Industrije 4.0 in pame-

ne tovarne, so to vsekakor simulacije in digitalni dvojčki, internet stvari, avtonomni roboti, aditivne tehnologije (3D tisk), obogatena in virtualna resničnost, velepodatki (Big Data), tehnologije oblaka, kibernetična varnost ter horizontalna in vertikalna integracija. Vse te tehnologije zelo raziskujejo in jih v takšni ali drugačni obliki že uporabljajo v laboratorijskih okoljih in v pilotnih projektih pametnih tovarn. Poleg teh tehnologij se predlagajo še mnoge druge, pomembne tehnologije za tovarno prihodnosti, kot so oddaljeno in prediktivno vzdrževanje strojev, potem tehnologije, povezane z inteligentno logistiko – usmerjanje na podlagi podatkov, droni, avtonomna vozila in druge. K prihajajočim in razvijajočim se tehnologijam lahko prištejemo še naslednje tehnologije: umetna inteligenca in strojno učenje kot najnižja raven umetne inteligence, tehnologije veriženja blokov itd.

Ventil: Kakšna je vloga simulacije procesa proizvodnje v realnem času?

Prof. dr. N. Herakovič: Kot sem že omenil, so natančni in dinamični simulacijski modeli proizvodnih procesov in izdelka za tovarno prihodnosti oz. pametno tovarno zelo pomembni. Ko gre za povratnoznančno povezavo simulacijskega modela z realnim proizvodnim sistemom in procesom, govorimo o digitalnih dvojčkih procesov, sistemov in logistike. Tu govorimo o logistiki delovnih mest, proizvodnih linij, celotni interni logistiki in tudi o navezavi na celotno dobaviteljsko verigo, torej o eksterni logistiki – zaobjamemo lahko torej vse od mikrolgistike preko metalogistike do makrologistike. Vloga pametne tovarne je prav v tem, da lahko komunicira tudi navzven z dobavitelji in kupci in ves čas optimizira proizvodni proces tudi glede na zunanje parametre. Torej, digitalni dvojčki predstavljajo hrbtenico pametne tovarne. Prva stopnja na poti do digitalnega dvojčka je izdelava digitalnega modela proizvodnega procesa in sistema, kjer vse detajle z vsemi najmanjšimi vplivnimi parametri preslikamo v digitalno okolje in zgradimo kopijo realnega procesa in sistema v virtualnem okolju. Tu moramo biti zelo natančni pri popisu realnega sveta in ne smemo zanemariti manj vplivnih parametrov, če želimo v digitalnem okolju izvajati identičen proces, kot ga izvajamo v realnem okolju. V naslednjem koraku povežemo digitalni model tovarne s procesi in sistemi v realni tovarni in dobimo digitalni dvojček realne tovarne. Če lahko oba komunicirata v realnem času, je racionalno gledano digitalni dvojček ves čas enak kot je realni proces. Ta način pride v poštev le v pravih pametnih tovarnah, kjer moramo za sprejemanje odločitev uporabiti digitalne agente, ki delujejo s podporo umetne inteligence na nižji ravni. Tako sprotno, v realnem času, popravljajo proizvodni proces in proizvodne sisteme in jih prilagajajo trenutnim potrebam, kar je tudi njihova glavna vloga. Tako zagotavljajo maksimalno fleksibilnost in agilnost proizvodnega sistema z minimalnimi po-

tratami. Sicer pa je lahko v realnem življenju ta povratna zanka mnogo počasnejša, kar je seveda odvisno od posameznega realnega procesa in od potreb ter namenov uporabe digitalnega dvojčka. Tako lahko poteka povratna zanka na urni ali dnevni ali celo tedenski podlagi. V tem primeru vlogo digitalnih agentov in umetne inteligence prevzame človek. Namreč, ko že imamo digitalni dvojček realne tovarne, smo dosegli stopnjo, ko lahko izvajamo »kaj-če« scenarije v digitalnem okolju in pri tem ne porabljamo realnih virov, to je materiala, ljudi, energije, prostora itd. Tako lahko zelo učinkovito optimiziramo vse proizvodne in logistične procese tudi naprej.

Ventil: Demonstracijski sistem pametne tovarne, ki ste ga skupaj s sodelavci zgradili v laboratoriju LA-SIM, je plod lastnega razvoja in raziskav. Kaj vas je vodilo pri njegovi zasnovi? Ste dosegli zastavljene cilje? Zakaj ste se lotili lastnega razvoja, ali takih sistemov ni mogoče kupiti?

Prof. dr. N. Herakovič: Pametna tovarna, ki smo jo kot pilotni projekt postavili v našem laboratoriju, je koncipirana na specifičen in izviren način in vključuje digitalne agente ter umetno inteligenco. Takšnih demonstracijskih sistemov za zdaj ni mogoče kupiti. Zato smo tudi šli v lastni razvoj. Demonstracijski center pametna tovarna v našem laboratoriju nam omogoča nadaljnje raziskave na področju pametnih tovarn. Predvsem lahko bolj poglobljeno študiramo različne koncepte pametne tovarne ter njihov vpliv na učinkovitost, agilnost in fleksibilnost celotnega sistema. Prprav tako lahko bolj poglobljeno raziskujemo robne pogoje vključevanja umetne inteligence ter digitalnih agentov, digitalnih dvojčkov, pametnih ročnih delovnih mest v povezavi s kolaborativnimi roboti ter drugih omogočitev tehnologij v sistem pametne tovarne. Tudi študentom lahko sedaj omogočimo poglobljen študij in praktično delo na sistemu pametne tovarne in tako omogočimo prihodnjim inženirjem strojništva, da pridobijo ustrezne kompetence. Enako lahko omogočimo tudi strokovnjakom iz industrije, ki si želijo na specializiranih delavnicah pridobiti ali poglobiti znanje o konceptih in tehnologijah pametnih tovarn. Na ta način zagotavljamo bolj kakovosten prenos znanja v prakso, s čimer pomagamo tudi pri doseganju ciljev, ki si jih je zastavila Slovenija v strategiji Pametne specializacije. Nekatere tehnologije, ki smo jih najprej preverili v našem centru, smo že uspešno aplicirali tudi v različnih podjetjih. Na tem mestu se želim posebej zahvaliti koncernu Kolektor, predvsem mag. Valterju Lebanu, za finančno pomoč pri postavitvi našega centra.

Ventil: Lahko na kratko predstavite zgradbo sistema in za kakšne izdelke je namenjen?

Prof. dr. N. Herakovič: Pametna tovarna vključuje robotizirano montažno linijo, pametno regalno skladišče, pametno ročno delovno mesto in 3D tiskalnik



Prof. Herakovič pojasnjuje princip delovanja pametne tovarne

za izdelavo sestavnih delov. Zasnovana je v skladu z arhitekturnim modelom pametne tovarne LASFA in na konceptu distribuiranih sistemov, sledljivost in podlaga za komuniciranje med posameznimi gradniki pa je izvedena s tehnologijo RFID. Obenem vključuje vse glavne tehnologije Industrije 4.0, od digitalnih dvojčkov, digitalnih agentov z umetno inteligenco, simulacije in animacije, virtualne in razširjene realnosti programskega orodja LPM, ki smo ga razvili sami za funkcioniranje pametnega delovnega mesta, kolaborativne in industrijske robove, tehnologije interneta stvari, tehnologije oblaka, analitiko podatkov, aditivne tehnologije itd. Komunikacija med posameznimi gradniki je zagotovljena s komunikacijskim protokolom OPC UA (Open platform communication with unified architecture), ki uporablja kriptiranje in s tem tudi do neke mere kibernetško varnost.

V demo centru je možno izdelati različne izdelke in variante izdelkov. Eden od izdelkov je Računalnik Raspberry Pi, ki omogoča izdelavo različni variant tudi z uporabo 3D tiskalnika – te variante si lahko naročnik naroči tudi po internetu in jih tiskalnik izdelava, nato grejo v proizvodnjo. Drugi izdelek je plošča s 64-timi polji za ploščice različnih barv in z barvami, ki jih imamo na voljo, omogoča več kot 1070 kombinacij oz. variant izdelka. Posamezni digitalni agenti, ki temeljijo na nižji stopnji umetne inteligence, komunicirajo z lokalnimi digitalnimi dvojčki in med

seboj ter z globalnim digitalnim agentom in planirajo proizvodni proces glede na aktualna naročila in vire ter material, ki ga ima tovarna trenutno na voljo. Če kaj manjka, lahko globalni agent sporoči dobaviteljski verigi, kaj je treba dobaviti, s tem, kar ima na voljo, pa izdelava najboljši plan dela in zažene proizvodnjo. Celotna pametna tovarna v demo centru je torej sestavljena iz realnega in digitalnega sistema, medsebojna komunikacija in povratne zanke pa potekajo preko lokalnih oblakov v samih distribuiranih sistemih, informacije, ki so pomembne za globalne agente in digitalne dvojčke pa izmenjujejo preko globalnega oblaka.

Ventil: *Ste pri svojem delu sodelovali s slovenskimi podjetji in koliko?*

Prof. dr. N. Herakovič: Naš laboratorij je izjemno močno vpet v sodelovanje s slovenskimi in tujimi podjetji. Takoj, ko razvijemo neko novo tehnologijo ali koncept, ga večinoma preverimo v realnem okolju. Pogosto pa črpamo izzive iz realnega okolja, nato v okviru raziskovalnega dela v laboratoriju iščemo ustrezne rešitve, jih najprej preverimo v laboratorijskem okolju, nato pa jih prenesemo v realno industrijsko okolje.

Ventil: *Kako so pripravljena slovenska podjetja v primerjavi s podjetji po svetu za nove izzive in za uvajanje konceptov pametne tovarne?*



Demonstracijski center Pametna tovarna

Prof. dr. N. Herakovič: Po mojem vedenju so nekatera slovenska podjetja, tudi v primerjavi z evropskimi, izjemno aktivna na področju uvajanja Industrije 4.0 in konceptov pametnih tovarn. Seveda gre večinoma le za uvajanje posameznih tehnologij Industrije 4.0 kot podporo LEAN-u, kar imenujemo Digitalni Lean. Nekaj podjetij v Sloveniji je tudi takšnih, npr. podjetje KOLEKTOR, ki postavljajo pravo podlago pametni tovarni in imajo izdelano strategijo v tej smeri. Torej pravih pametnih tovarn v Sloveniji še nimamo, je pa v podjetju Kolektor postavljena pilotna proizvodna linija, ki jo lahko imamo za pametno.

Težko je ta trenutek govoriti o razširjenosti pametnih tovarn v svetu, ker se nekatere tehnologije, ki so potrebne za učinkovito uvajanje koncepta pametne tovarne, v realnem okolju še vedno razvijajo, kot je npr. tehnologija 5G. Poleg tega je treba za vsako realno aplikacijo razviti kup komunikacijskih vmesnikov. So pa iniciative uvajanja koncepta pametnih tovarn v svetu izjemno močne, npr. v državah EU, v ZDA, na Kitajskem, na Japonskem in tudi v Južni Koreji. To pomeni, da uvajajo posamezne tehnologije in segmente koncepta pametnih tovarn v realno okolje. V EU prednjači Nemčija, ki je s to iniciativo začela leta 2011, potem so zelo aktivne nekatere evropske regije, ki se povezujejo v mreže, kot je npr. iniciativa Vanguard, povezava regij Grad Est, BadenWuerttemberg in Saarland itd.

Ventil: *Se povezujete tudi z drugimi raziskovalnimi ustanovami in kakšen je posluš države pri financiranju?*

Prof. dr. N. Herakovič: Pri razvoju konceptov pametnih tovarn se seveda povezujemo tudi z drugimi raziskovalnimi ustanovami in podjetji v Sloveniji in tudi v Evropi. Sodelujemo v različnih projektih in drugih povezovalnih iniciativah. Naš laboratorij je član SRIP-a tovarne prihodnosti, v okviru katerega sodelujemo z različnimi podjetji in raziskovalnimi organizacijami. Enako počnemo tudi kot člani Tehnološke mreže Tehnologije vodenja in DIH Slovenija. Poleg tega smo vključeni v evropsko regionalno iniciativo Vanguard. Posebej bi omenil program GOSTOP, v katerem sodelujemo s Kolektorjem, z IJS, s TECOS-om in nekaterimi drugimi. Ta program, ki ga financira država, je na področju razvoja tovarn prihodnosti prvič zares povezal različne akterje na tem področju v Sloveniji, da so združili raziskovalne in razvojne kapacitete in zares začeli sodelovati. Tako je nastalo že nekaj izjemnih rezultatov, ki bodo v prihodnje pomembno vplivali na razvoj pametnih tovarn v Sloveniji in na dvig dodane vrednosti na zaposlenega. Ministrstva, kot so MGRT, MIZŠ in še posebej SVRK izkazujejo seveda velik interes za naše delo in še posebej za področje tovarn prihodnosti ter pomagajo z različnimi razpisi in iniciativami. Vendar kot je to pogosto, je denarja vedno premalo.

Ventil: *Koliko so študenti Fakultete za strojništvo vključeni v delo Laboratorija na področju razvoja novih proizvodnih konceptov?*

Prof. dr. N. Herakovič: V delo laboratorija na področju razvoja in aplikacije tehnologij ter konceptov pametnih tovarn so vključeni predvsem doktorski

študentje in študentke, ki tvorijo srce laboratorija. Prav tako so vključeni diplomanti univerzitetnega RRP in visokošolskega VSŠ študija in tudi magistrskega študijskega programa. Sicer se študentje in študentke spoznavajo s tehnologijami in koncepti pametnih tovarn v okviru praktičnih oz. laboratorijskih vaj.

Ventil: *Ali bodo lahko ob koncu študija pridobili ustrezne kompetence za delo v sodobni proizvodnji in katere so nujne?*

Prof. dr. N. Herakovič: Vsekakor se v tej smeri trudimo vsi na Fakulteti za strojništvo. Tudi v laboratoriju LASIM je to tako moj cilj in tudi cilj mojih sodelavcev. Pri predmetih, ki jih predavam, se trudim podajati tudi najsodobnejše tehnologije na področju proizvodnih sistemov. Z demonstracijskim centrom Pametna tovarna je to še nekoliko lažje. Tako vsak, ki posluša moje predmete, pridobi vsaj osnovne kompetence na področju modeliranja in programiranja digitalnih dvojčkov ter povratnozančnega krmiljenja proizvodnega procesa, programiranja robotov v virtualnem in realnem okolju in tudi na drugih pomembnih tehnologijah industrije 4.0. Vse te tehnologije vadijo v laboratorijskem okolju v okviru laboratorijskih vaj. Vsekakor bodo morali tudi v realnem proizvodnem okolju pridobivati vedno nove tehnične kompetence, predvsem s področij informacijskih in komunikacijskih tehnologij, mehatronike in kibernetičnih sistemov – razumeti bodo morali predvsem povratnozančno krmiljenje. Poleg tehničnih kompetenc bodo izjemno pomembne tudi socialne kompetence, kot so zmožnost učenja, timsko delo, odgovornost, zmožnost reševanja problemov itd. Tudi na tem področju se trudimo in zagotavljamo pridobiti vsaj osnovne kompetence v okviru študija.

Ventil: *Je mogoče uporabiti pridobljeno znanje in metode dela za povečanje učinkovitosti tudi v dru-*

gih procesih, kot na primer v upravi ali pa v zdravstvu?

Prof. dr. N. Herakovič: Seveda so robni pogoji in tip »proizvodnega procesa« v upravi in zdravstvu drugačni, kot v proizvodnem okolju. Vendar lahko znanja in metode dela, predvsem če omenim digitalne dvojčke procesov v povezavi z vitkostjo, zelo uspešno apliciramo tudi v drugih sektorjih, kar smo dokazali že z nekaj projekti.

Ventil: *V decembru pripravljate posvet Avtomatizacija strege in montaže ASM, ki je že mnogo let mesto za izmenjavo dosežkov med industrijo in Laboratorijem LASIM. Kaj želite letos še posebej poudariti?*

Prof. dr. N. Herakovič: Kot ste že omenili, je Posvet ASM, ki se ga vsako leto udeleži okrog 150 udeležencev večinoma iz realnih industrijskih okolij, izjemna priložnost za izmenjavo dobrih praks, kar je za razširjanje digitalizacije in konceptov ter tehnologij pametnih tovarn v realno industrijsko okolje najpomembnejše. Na ta način udeleženci pridobijo nova spoznanja, znanja in kompetence, s tem pa pripomorejo k hitrejšemu dvigu dodane vrednosti na zaposlenega v lastnem podjetju. To je cilj, ki ga v Sloveniji zasledujemo skoraj vsi. Zato bomo tudi na letošnjem posvetu govorili o novih tehnologijah I 4.0, njihovi aplikaciji v realno okolje, o dobrih praksah, o kibernetični varnosti itd.

Ventil: *Prof. Herakovič, najlepša hvala za izčrpne odgovore in za tako jasno ter podrobno predstavitev možnosti, ki jih ima proizvodnja v prihodnosti za povečanje svoje učinkovitosti in konkurenčnosti.*

Izr. prof. dr. Dragica Noe
UL, Fakulteta za strojništvo
Uredništvo revije Ventil

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2019 - ASM '19

4. decembra 2019

na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

POLETNA ŠOLA STROJNIŠTVA NAVDUŠUJE VSE VEČ MLADIH

Med 20. in 23. avgustom se je odvila že šesta Poletna šola strojništva, ki poteka pod okriljem Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani. Zanimanje za poletno šolo med mladimi vsako leto narašča, letos se je udeležilo kar 71 mladih iz vse Slovenije.

Namenjena je osnovnošolcem 8. in 9. razreda in srednješolcem od 1. do 3. letnika. Mentorji so mladim najprej predali teoretična znanja, nato je sledila praksa. Udeleženci so, pod strokovnim vodstvom, zasnovali, izdelali in preizkusili svoj izdelek. Izvedenih je bilo sedem delavnic, in sicer:

- ▶ Gradnja in preizkušanje modelov avtomobilov;
- ▶ gradnja letala na daljinsko vodenje;
- ▶ izdelava hidravlične roke;
- ▶ izdelava in modeliranje prenosne vremenske postaje;
- ▶ poišči balon in ga predri – s kamero in laserjem;
- ▶ tekmovanje izdelave in vožnje modelov avtonomnih električnih vozil;
- ▶ USB hlajenje pijač in zraka.



Poišči balon in ga predri – s kamero in laserjem



Izdelava hidravlične roke

Udeleženci, ki jim je kljub napornemu urniku ostalo dovolj energije, so jo lahko porabili na različnih organiziranih popoldanskih aktivnostih. Zabavali so se v trampolinskem parku, se preizkusili v karting vožnji in svojo iznajdljivost pokazali v sobi pobega.

Poletno šolo smo zaključili s prireditvijo, ki je potekala v petek, 23. 8. 2019. Na prireditvi so udeleženci predstavili vsako izmed delavnic in pokazali izdelke, ki so jih po predstavitvi lahko odnesli domov. Vednoželjnejše je na prireditvi sprejel tudi dekan Fakultete za strojništvo prof. dr. Mitjan Kalin, ki jim je predal potrdilo o udeležbi. Za konec smo posneli še skupinsko fotografijo, ki bo mlade spominjala na ta zanimiv



Tekmovanje izdelave in vožnje modelov avtonomnih električnih vozil

in ustvarjalen teden, ki so ga preživali na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani.

Vsem udeležencem se zahvaljujemo za udeležbo na Poletni šoli strojništva ter upamo, da se vidimo prihodnje leto. Prepričani smo, da smo jih kar nekaj navdušili, da bodo gojili svoje zanimanje in naklonjenost do strojništva in se čez nekaj let vrnili v predavalnice naše fakultete kot študenti.

www.fs.uni-lj.si

5. ŠTUDENTSKA TEHNIŠKA KONFERENCA – ŠTeKAM 2019

Kvalitetno znanje ni samo tisto, ki ga ponujajo predavanja in učbeniki, pač pa predvsem tisto, ki ga pridobimo z aktivnim raziskovalnim delom, saj vodi k novim spoznanjem in odkritjem. Zato je prav, da je na vseh stopnjah izobraževanja, še posebej na univerzitetni ravni, poleg rednega učenja in študija omogočena raziskovalno delo in tudi predstavitev dosežkov raziskav. V ta namen Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani vsako leto pripravi Študentsko tehniška konferenco, ŠTeKam, ki je namenjena študentom z vseh stopenj študija. Pri organizaciji konference uredniškemu odboru (doc. dr. Tomaž Berlec, doc. dr. Miha Brojan in doc. dr. Boštjan Drobnič) kot promocijski sponzor pomaga tudi revija Ventil.



Udeleženci Študentske tehniške konference. Foto: arhiv FS

5. študentska tehniška konferenca, poimenovana ŠTeKam 2019, je potekala v četrtek, 12. septembra 2019 v prostorih Fakultete za strojništvo v Ljubljani. Na začetku je navzoče pozdravil uredniški odbor ter razložil potek konference. Po skupnem uvodu je konferenca potekala v dveh vzporednih sekcijah, v katerih je bilo predstavljenih 15 prispevkov, ki so kljub nazivu tehniška konferenca pokrivali tako tehniška kot tudi netehniška področja študija. Študentje prihajajo z ljubljanskih fakultet za strojništvo, elektrotehniko, naravoslovnotehniške fakultete, fakultete za turistične študije in filozofske fakultete. Vse prispevke so recenzirali mentorji.

Avtorice in avtorji so v desetminutnih predstavitev predstavili rezultate svojega raziskovalnega dela z dodiplomskega in podiplomskega študija. Predstavitev so sledila še vprašanja občinstva in zanimive diskusije.

Prispevki so objavljeni v zborniku konference ŠTeKam, ki obsega 116 strani in je skupaj s posameznimi prispevki zaveden v bibliografskem sistemu CO-BISS.

Prispevki pokrivajo področja, kot so:

- ▶ Energijski prihranki v pomivalnem stroju
- ▶ Tribološke lastnosti nanokompozitov
- ▶ Rekonstrukcija objekta v obliki oblaka točk
- ▶ Določanje pasemske čistosti kranjske sivke
- ▶ Vpliv spola na dojemanje poezije
- ▶ Vpliv avtomatizacije na učinkovitost proizvodnje
- ▶ Ekooznake organizatorjev potovanj
- ▶ Modeliranje odlepljanja traku
- ▶ Stabilna stanja povezanih gumijastih balonov
- ▶ Stabilnost mejne plasti na pomikajoči plošči
- ▶ Modeliranje gubanja pri rasti tankih filmov
- ▶ Uporaba Bayesovega pristopa pri kalibriranju
- ▶ Uklon nosilca
- ▶ Umetna roka s polimernimi mišicami
- ▶ Gubanje tanke krožne plošče na elastični podlagi

Konferenca je ponovno pokazala, da mnogi študenti želijo pridobiti znanje in izkušnje z raziskovalnim delom, rezultate svojega dela pa znajo tudi odlično predstaviti javnosti. Poleg tega je konferenca tudi priložnost za pridobivanje novih stikov in razvoj novih idej.

Uredniški odbor Študentske tehniške konference ŠTeKam

MEDNARODNA KONFERENCA »FLUIDNA TEHNIKA / FLUID POWER 2019«

POVEZAVA GOSPODARSTVA IN ZNANOSTI

Mednarodna konferenca »Fluidna Tehnika / Fluid Power 2019«, dvodnevni strokovni dogodek s področja hidravlike in pnevmatike, je potekala 19. in 20. septembra v Kongresnem centru Habakuk v Mariboru. V okviru letošnje konference je bilo izpostavljeno sodelovanje raziskovalnih inštitucij z gospodarstvom – prenos novih tehnologij in rešitev za potrebe oz. za naročnike iz gospodarstva. To se je odražalo tudi v razmerju udeležencev konference – približno dve tretjini udeležencev je prišlo iz gospodarskih organizacij in slaba tretjina iz raziskovalnih sredin, delujočih v okviru univerz in inštitutov, tako domačih kot iz tujine. Med udeleženci je bilo deset vodij razvoja ali razvojnih oddelkov v podjetjih, ki se ukvarjajo s fluidno tehniko.



Konferenca je bila zelo dobro obiskana

Pomen nujnega sodelovanja med izobraževalnimi in raziskovalnimi ustanovami z gospodarstvom sta v svojem nagovoru poudarila tudi letošnja predstavnik Univerze v Mariboru in Fakultete za strojništvo. Tako prof. dr. Urban Bren, prorektor za prenos znanja na Univerzi v Mariboru, kot prof. dr. Iztok Palčič, prodekan za infrastrukturo in sodelovanje z okoljem na Fakulteti za strojništvo, sta izpostavila pomen prenosa znanja naslednjim generacijam in partnerjem iz industrije, tako na ravni univerze kot na neposredni ravni fakultete. Pri tem ne gre samo za prenos novega znanja naslednjim generacijam mladih inženirjev, temveč za zelo pomemben prenos znanja inženirjem, ki uspešno in

»pod pritiskom« že delujejo v industrijskem okolju. V okviru Fakultete za strojništvo UM to poslanstvo izpolnjujemo že dolga desetletja – v mesecu novembru namreč praznujemo 60-letnico ustanovitve študija tehnike in tehnologij na Univerzi v Mariboru.

V treh uvodnih plenarnih predavanjih smo se seznanili s trendi razvoja in novimi izzivi hidravlične pogonske tehnike, rešitvami za učinkovitejšo povezljivost pnevmatičnih komponent in sistemov v okviru koncepta Industrija 4.0 ter z vlogo Evropske krovne organizacije za hidravliko in pnevmatiko – CETOP na področju fluidne tehnike.

Direktor za znanost in razvoj na inštitutu IFAS (orig. Institute for Fluid Power Drives and Systems), Univerze RWTH iz Aachena v Nemčiji, dr. inž. Olivier Reinertz, je predstavil nove rešitve ter možnosti in priložnosti nadaljnega razvoja hidravlične pogonske tehnike, primerne za trajnostni razvoj okolja in izzive prihodnosti. Energetska učinkovitost, uporabna doba komponent, novi materiali komponent in hidravlične tekočine, čista energija in mobilnost, povezljivost komponent in sistemov ter tudi vpliv na zdravje so bile osrednja točka njegovega predavanja.

Internet stvari in tehnologije koncepta Industrija 4.0 predstavljajo evolucijski korak združevanja strojne in programske opreme ter povezljivosti, ki pomaga podjetjem in ljudem, so se že dodobra uveljavili tudi na področju fluidne tehnike. To problematiko in že uveljavljene primerne industrijske rešitve je v drugem uvodnem predavanju poudaril mag. David Rager iz podjetja FESTO AG & Co. K, iz Esslingena v Nemčiji. Kot primer »dobre prakse«, ki izpolnjuje vse zahteve sedanje digitalizacije sodobnih pnevmatičnih pogonov in tehnologije, je izpostavil Festo Motion Terminal, odličen primer standardizirane platforme za cyber-fizikalni sistem. Razvoj takšnega sistema vključuje vse potrebne korake – od zasnove fizikalnega modela, izbire primerne koncepta vodenja in preverjanje delovanja pod realnimi obratovalnimi razmerami. Zaradi dobro preiščenega koncepta fuzije mehanike, elektronike in programske opreme je dosežena nova, višja raven v smeri prilagodljivosti in fleksibilnosti naprav s področja pnevmatike.

V tretjem uvodnem predavanju so bili izpostavljeni pomen, vloga in delovanje CETOP-a, ki vključuje tudi zbiranje podatkov, vezanih na trenutno stanje in razvoj branže tako posameznih članic v Evropi kot po svetu. Omenjene vidike je predstavil podpredsednik za ekonomske zadeve pri CETOP-u, gospod Carlo Vergano. Poslanstvo in vloga strokovnih združenj, kot so CETOP, FTS (Fluidna tehnika Slovenije), SDFT (Slovensko društvo za fluidno tehniko), FEANI (Evropska federacija nacionalnih inženirskih združenj) ... je bila tudi osrednja tema okrogle mize. Debata se je »vrtela« okoli vprašanja – so strokovna združenja zgolj združenja, namenjena sama sebi, ali pa so koristna in je vključevanje uporabnikov v združenja s področja fluidne tehnike celo nuja.



Vsi predstavljeni prispevki so bili razvrščeni v pet tematskih skupin, ki so si smiselno sledile: razvoj komponent fluidne tehnike, testne naprave in testiranja na področju fluidne tehnike, koncepti vodenja in nadzora na področju fluidne tehnike, inovativni primeri uporabe ter vzdrževanje in nadzor komponent in sistemov fluidne tehnike. Števil-

ne novosti, pristope k razvoju in sam potek razvoja komponent in sistemov, posebnosti, dosežke ... so predstavili tako tuji kot domači avtorji. Večina obravnavane tematike v prispevkih se je nanašala na reševanje problemov iz industrije ter za industrijo. Na povezovanju podjetij iz gospodarstva z Univerzami in razvojnimi oddelki, reševanje dejanskih perečih problemov in zgolj raziskave, ki so včasih bile pretežno teoretične narave ali »same sebi namen«, je bil glavni poudarek te konference – podpora gospodarstvu. Vsi smo prepričani, da je le takšna oblika sodelovanja edina prava in tudi smiselna pot razvoja vseh sodelujočih partnerjev. Seveda ne smejo manjkati tudi temeljne raziskave, pri čemer je njihove izsledke treba prenesti v industrijsko prakso.

Razen znanstveno strokovnih predavanj je konferenco spremljala tudi razstava, ki je bila enkratna priložnost za mreženje in neposredni pogovor s predstavniki razstavljalajočih podjetij. Dodatne priložnosti za izmenjavo strokovnih mnenj so bile tudi v okviru družabnega večera konference, ki ima že uveljavljen naziv »V objemu fluidne tehnike«. Več informacij o dogajanju na konferenci, razstavljalcih, glavnem in spremljevalnem programu si lahko ogledate na spletni strani konference: <http://ft.fs.um.si/html/uvod.html>.

Na podlagi predstavljenih prispevkov in diskusije lahko rečemo, da v Sloveniji ne samo spremljamo dogajanje na področju razvoja fluidne tehnike v svetu, temveč tudi sooblikujemo trende. Prav tako tudi skrbimo za podmladek, ki se ukvarja s tem področjem tehnike. Tako smo tudi letos podelili Zlate diplome fluidne tehnike najboljšim diplomantom, ki so poslali svoje naloge na natečaj. Letošnja prejemnika Zlate diplome sta bila dva. Jaka Čadež, diplomant Fakultete za strojništvo UL, je dobil nagrado za svojo diplomsko nalogo z naslovom »Razvoj dvopotnega tokovnega ventila s tlačnim kompenzatorjem«, in Aljaž Čakš, diplomant Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko UM (študijski program Mehatronika), nagrado za magistrsko delo z naslovom »Krmiljenje in nadzor naprave za vzdržljivostno testiranje hidravličnih komponent«. Žrebanje praktičnih nagrad in sklepna misel s kratkim povzetkom predavanj sta ob koncu konference zaokrožili raznoliko dvodnevno konferenčno dogajanje.

Vsi prispevki, predstavljeni na konferenci, so tematsko urejeno, zbrani v zborniku konference, ki ga je izdala Univerzitetna založba Univerze v Mariboru.

Več informacij o dogajanju na konferenci, razstavljalcih, glavnem in spremljevalnem programu si lahko ogledate na spletni strani konference: <http://ft.fs.um.si/html/uvod.html>.

Prof. dr. Darko Lovrec, Doc. dr. Edvard Detiček, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

JESENSKA ŠOLA NA TEMO VELEPODATKOV IN VISOKOZMOGLJIVEGA RAČUNALNIŠTVA (BIG DATA AND HPC) NA FAKULTETI ZA STROJNIŠTVO UNIVERZE V LJUBLJANI

Visokozmogljivo računalništvo je glavna tehnologija, s katero znanstveniki in inženirji po vsem svetu izvajajo zahtevne simulacije realnega okolja in si tako poskušajo odgovoriti na pomembna raziskovalna ali razvojna vprašanja, še preden naredijo eksperiment ali prototip izdelka.



Slika 1: Udeleženci Jesenske šole Velepodatki in visokozmogljivo računalništvo, ki je potekala Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani od 17. do 20. 9. 2019.

Pomembno področje, kjer visokozmogljivi računalniki igrajo posebno vlogo, je umetna inteligenca in s tem povezano obvladovanje velepodatkov ter učenje iz njih. Z razvojem novih velikih znanstvenih instrumentov, kot je npr. veliki hadronski trkalnik v Cernu, evropski sinhrotron v Grenoblu, teleskop SKA, z razvojem interneta in platform, ki temeljijo na velepodatkih (družbena omrežja, platforme za deljenje podatkov in za skupinsko delo, internet stvari, tehnologije veriženja podatkovnih blokov ...) izjemno hitro narašča količina podatkov, ki so namenjene znanosti in na podatkih temelječemu gospodarstvu. Iz teh podatkov lahko izluščimo novo znanje in ga nato prodamo v obliki nove storitve ali izdelka samo, če obvladujemo tehnologije za shranjevanje, analizo, prikaz in učenje iz teh podatkov.

Mnoga velika svetovna podjetja, katerih poslovni modeli temeljijo na učinkovitem obvladovanju omenjenih sklopov, veliko investirajo v nakup najsoodobnejše opreme, nekatera pa gredo še korak dlje in sama razvijajo najboljšo strojno in programsko



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



opremo za velepodatke, kot npr. Google z razvojem programskih paketov Hadoop, Tensor Flow ter procesorskih enot Tensor processing unit.

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani (UL FS) smo že pred časom prepoznali pomembnost omenjenih tehnologij. V laboratoriju LECAD smo pred tremi leti razvili odprti spletni tečaj (MOOC) na temo Obvladovanje velepodatkov z RHadoop, ki bo januarja 2020 začel s svojo 6. izvedbo na spletni platformi Future Learn. Letos pa smo se odločili organizirati tudi jesensko šolo na temo Velepodatki in visokozmogljivo računalništvo. Ta jesenska šola je potekala kot aktivnost projekta PRACE-6IP od 17. do 20. 9. 2019. V sklopu te šole se je okoli 50 udeležencev iz Slovenije in iz drugih držav EU naučilo,



Slika 2: Predavateljica dr. Amy Krause iz Univerze v Edinburgu je predstavila tehnologiji Hadoop in Spark.



Slika 3 : Tehnologijo SALOME je predstavil dr. Paul Rasclé, vodja raziskave in razvoja na francoskem EDF

kako obvladovati velepodatke z uporabo naslednjih tehnologij: Hadoop, RHadoop, Spark, TensorFlow in SALOME. Vsa

predavanja so bila dopolnjena s konkretnimi vajami, pri katerih so se udeleženci povezali s superračunalnikoma na UL FS in na Univerzi v Edinburgu in so tako sami preizkusili vsako izmed predstavljenih tehnologij.

Poleg 4 predavateljev iz Slovenije (dva iz UL FS, eden iz IJS in eden iz UL FRI) so bili med predavatelji še strokovnjaki z Univerze v Edinburgu, iz francoskega energetskega velikana EDF in iz Italijanskega superračunalniškega konzorcija CINECA.

Jesenska šola je pokazala izjemen pomen tovrstnega prenosa znanja iz tujine v Slovenijo. Tudi preko nje Slovenija ostaja v stiku z najboljšimi in vztrajno pridobiva ugled in prepoznavnost na Evropskem superračunalniškem zemljevidu.

Dr. Janez Povh
UL, Fakulteta za strojništvo

MOTOMAN HC10

6-osni-kolaborativni robot

Motoman HC10 je 6-osni kolaborativni robot z nosilnostjo 10kg in polmer dosega R=1200mm.

HC10 predstavlja novo generacijo robotov, ki so zmogljivi, cenovno dostopni, vsestransko uporabni, preprosti za uporabo in izdelani za integracijo v industrijske procese. Roboti so namenjeni uporabnikom, ki iščejo preprosto in hitro avtomatizacijo nalog, ki jih industrijski roboti opravljajo v bližini ljudi v sodelujočem načinu delovanja.

Varno sobivanje z uporabniki

Varnostni krmilnik FSU: Functional Safety Unit

Tehnologija PFL Power and Force Limiting

Aplikacija EasyTeach – natančno ročno vodeno učenje in programiranje robota

Brez varnostne ograje

- Vgrajena funkcija kontrole sile ob dotiku na vseh šestih robotskih oseh
- Gibljivi deli robota so oblikovani tako, da preprečujejo možnost poškodb
- Varnostni standard – aplikacija za industrijske robote: ISO 10218-1 (5.10.5 Power and Force limiting)
- Varnostne funkcije za krmilnike industrijskih robotov: ISO 13849-1, PLd, CAT3
- Tehnična specifikacija za delovanje kolaborativnih robotov: TS15066

Enostavno programiranje

- Neposredno premikanje robotske roke s pomočjo ročnega vodenja
- Pametni vmesnik (Smart HUB) za programiranje po principu »enostavnega učenja«

YASKAWA



Krmiljen z
YRC1000

AGRA, KMETIJSTVO IN ŽIVILSTVO NOVE GENERACIJE

Vrhunska mednarodna sejemska razstava

Prikazane so bile novosti, med njimi tudi svetovne premiere, vrhunska tehnologija in tehnika za poljedelstvo, živinorejo, gozdarstvo, živilsko-predelovalno industrijo, vinogradništvo, vinarstvo in ekološko kmetijstvo, semena in sadike, sredstva za prehrano ter varstvo rastlin in živali, odlična živila in vina. V posebnem sejemskem oddelku so razstavljalci prikazovali prednosti in priložnosti, ki jih nudi digitalizacija. Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru je predstavila delo prototipskega robota in robota za nanos fitofarmaceutskih sredstev, ki je že v redni uporabi.



Množičen obisk sejma AGRA 2019

Digitalizacija v kmetijstvu in živilstvu

Digitalizacijo so razstavljalci predstavili v hali A in v hali C3.

BAJTASIST d. o. o. je prikazal izdelek bTERRAdigitalfarmer – celostni sistem avtonomnega upravljanja z infrastrukturo v rastlinjakih preko senzorske palice z računalniško in mobilno aplikacijo ter bTERRA home – samovzgojni hidroponični sistem. USCOM d. o. o. je ponudil spletno in mobilno aplikacijo SledatFullfarm za sprotno zapisovanje kmetijskih opravil na terenu, pametne senzorce in regulator za digitalno spremljanje in nadzor temperature in vlage v prostoru, spremljanje in nadzor vročinskega stresa pri govedu, sistem za spremljanje lokacije vozila, delovnega stroja in živali na paši.

PROVENTUS d. o. o. se je predstavil s Posadi.si digitalnim žepnim asistentom za vrtnarjenje. Temelji na spletni in mobilni aplikaciji, ki vrtnarje spremlja med celotno vrtnarsko sezono: od načrtova-

nja zdravega vrta ob upoštevanju dobrih vrtnarskih metod do pobiranja pridelkov. Z njim želijo približati vrtnarjenje čim širši populaciji, še posebej začetnikom in otrokom. Rešitve, ki jih razvijajo, stremijo k ozaveščanju in reševanju perečih okoljskih težav, kot so pomankanje vode (vrtni senzori) ter izguba biodiverzitete (platforma za menjavo semen). Vrtnarjenje pa dokazano pomaga tudi proti depresiji, izboljša spanec in prispeva k boljši prehrani. Ne nazadnje se Posadi.si uporablja tudi kot orodje za učenje sodobnih tehnologij IKT med starejšimi. Več informacij: <http://posadi.si/>

FAKULTETA ZA KMETIJSTVO IN BIOSISTEMSKÉ VEDE UNIVERZE V MARIBORU je predstavila prototipskega robota študentov, ki je nastal v sodelovanju z drugimi fakultetami (tekmovanje med evropskimi univerzami) ter robota, ki se že uporablja v kmetijstvu. Rovitis 4.0 je avtonomni robot večjih dimenzij, namenjen resni uporabi za nanos fitofarmaceutskih sredstev (FFS) v vinogradih. Razvoj robota poteka v okviru italijanskega razpisa EIP AGRI, kjer Katedra za biosistemsko inženirstvo nastopa kot edini tuji partner v sklopu celotnega razpisa. Robot ob podpori različnih senzorjev (LIDAR, RTK-GPS, IMU, odometrija) deluje avtonomno, tako da se samodejno premika po obdelovalni površini in izvaja nanos FFS. V času sejma je bila izvedena demonstracija avtonomnega delovanja robota na testnem poligonu.

eVineyard, eOrchard (ELMIBIT d. o. o.) je ponudil celovite rešitve za podporo pri odločanju in avtomatizaciji v sadovnjakih in vinogradih (podpora pri odločanju o namakanju, merjenje vlažnosti zemlje, daljinsko krmiljenje namakalnih sistemov, avtomatizirano krmiljenje namakalnih sistemov, inteligentno sledenje produktivnosti sezonskih delavcev in avtomatski izračun plač sezonskim delavcem, podporo pri odločanju o škropljenju na podlagi meritev z vremenskimi postajami, avtomatizirano izdelava kmetijskih evidenc, analize stroškov, delovnih nalogov, ter podporo pri strokovnih agronomskih odločitvah na podlagi meritev z vremenskimi postajami).



Nove tehnologije na Agri

Dogajanje na AGRI

Ob avstrijski Štajerski, deželi partnerici sejma AGRA, so se predstavile Madžarska, Hrvaška, Severna Makedonija, Poljska, Bolgarija, Vietnam in projekt »CityCooperation II«, ki povezuje 24 mest sosednjih Slovenije, Avstrije in Madžarske.

Pridelovalce, poslovneže, strokovnjake in potrošnike so poleg vrhunskih ponudnikov z vseh kontinentov povezovala najpomembnejše strokovne, gospodarske in stanovske organizacije, kot so Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Kmetijsko-gozdarska zbornica Slovenije, Zadruga zveza Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije, Zbornica kmetijskih in živilskih podjetij GZS, Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, kmetijsko-živilske šole in univerze, Zveza podeželske mladine Slovenije, Kmetijski inštitut, kampanja EU varujemo skupaj, številne Lokalne akcijske skupine ter druge krovne ustanove.



Strokovni posveti

Najboljše tradicije in nove trajnostne prakse so oživiljale strokovne razstave in predstavitve rej-skih dosežkov s področja govedoreje, konjereje, reje drobnice in razstava avtohtonih pasem domačih živali s ponudbo izdelkov s teh kmetij. Ma-neža je vsak dan vabila z zanimivim dogajanjem.

Vsak dan so z zanimivimi delavnicami, vodeni-mi ogledi, predavanji in praktičnimi nasveti vabili bujni sejmski vrtovi: osrednji sejmski vrt Bio-tehniške šole Rakičan z več kot 300 rastlinami za samooskrbo, poligon Zeleni dragulji narave, Per-makulturni center Pomurskega sejma, gozdno-parkovni nasad, slovenski trsni izbor in eksten-zivni nasad jablan starih sort.

Agra je napovedala Slovenijo – evropsko gastronomsko regijo 2021

Hrana iz naše bližine, pridelki in izdelki avtohtonih slovenskih pasem živali in sort rastlin so pomemben del projekta Slovenija – Evropska gastronomska regija 2021. Vsak dan jo je napovedovala Agrina kuhinja s kulinaričnimi stvaritvami iz slovenskih izdelkov, nagrajenih na strokovnih ocenjevanjih kakovosti ter iz svežih vrtnin sejmskih vrtov. Na Dan gastronomije, v ponedeljek, 26. 8. 2019, je delovna skupina Slovenija – evropska regija gastronomije 2021, posvetovalno telo ministrice za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, organizirala strokovni posvet z naslovom »Slovensko kmetijstvo in gastronomija«. Razstava Gospodarske zbornice Slovenije, Zbornice kmetijskih in živilskih podjetij je predstavila najpomembnejša slovenska živilska podjetja in ponujala vsakodnevne degustacije in ugodne nakupe njihovih izdelkov. K ugodnim in zdravim nakupom domačih slovenskih dobrot ter pokušnjam so vabile Tržnica mladih kmetov, Agrina tržnica, kulinarična in turistična ponudba Pomurja, Medeni in Vinski hram.

Ob številnih poslovnih srečanjih na razstavnih prostorih je v torek potekal madžarsko-slovenski poslovni forum z naslovom »Inteligentne odločitve v agronomiji« s poudarkom na protitočnih sistemih in dronih v kmetijstvu, ki mu je sledilo mednarodno kooperacijsko srečanje MEET4BUSINESS AGRA 2019.

Veliko vlogo pri izvedbi bogatega strokovnega programa so imele številne institucije, v ospredju pa je bilo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS, ki je zanimive posvete vsak dan pripravljalo na razstavnem prostoru hale A in s tem poskrbelo, da so bili posveti namenjeni za širšo javnost. V soboto so sejem obiskali udeleženci konference evropskih kmetijskih ministrov, ki dan prej potekala na Ptuj.

časopis industrija

Vaša sigurna pot do tržišča v Srbiji



**Promovišite svoj posao i predstavite
Vašu kompaniju.**
Najnovije vesti, intervjuji, reportaže
sa sajmova u Srbiji i regionu,
predstavljanje kompanija, sve na
jednom mestu.

www.industrija.rs

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

Podelitve priznanj strokovnih ocenjevanj kakovosti pod okriljem sejma agra 2019

Na mednarodnih ocenjevanjih kakovosti mlečnih in mesnih izdelkov, brezalkoholnih pijač, vina, medu ter kmetijske mehanizacije in opreme je sodelovalo 428 proizvajalcev s 1389 izdelki. Priznanja so svečano razglasili in podelili na sejmsko nedeljo, ponedeljek in torek.

Na sejmu AGRA so se po stanovskih dnevih zvrstili: ples sejmskih maskot, tekmovanje v plesanju polke, tekmovanje v vlečenju vrvi, srečanje mladih kmetov in podeželske mladine, srečanje kmečkih žena in deklet, srečanje Evropskega reda viteзов vina, Konzulata za Slovenijo, srečanje sommelierjev ter 10. srečanje starodobnih traktorjev Steyr. Obiskovalci so lahko uživali v vodenih pokušnjah vin z ocenjevanja Vino Slovenija Gornja Radgona 2019 z Meto Frangež, vinsko kraljico Slovenije 2019. Potekali so 21. državno sekaško tekmovanje lastnikov gozdov, tekmovanje v plesanju polke, tekmovanje v vlečenju vrvi ter šahovski turnir. Dan avstrijske Štajerske je poleg drugega dogajanja prinesel tudi mednarodno kolesarsko vožnjo ob reki Muri z zaključkom na sejmu AGRA.

Odličen obisk in struktura obiskovalcev

1850 razstavljalcev / 32 sodelujočih držav / skupaj 71 800 m² razstavnih in predstavitvenih površin / 24 500 m² razstavnih površin v halah / 29 000 m² zunanjih razstavnih površin / 3000 m² razstav živali / 15 300 m² vzorčnih nasadov, ma-neža / 118 000 obiskovalcev

Več kot 30 % obiskovalcev prihaja iz tujine. Prednjačijo obiskovalci iz Avstrije, Hrvaške in Madžarske, sledijo Italija, Srbija, Nemčija in druge evropske države. Obiskovalci iz Slovenije so enakomerno porazdeljeni po vseh regijah. Kar 40 % obiskovalcev je sejem obiskalo s poslovnim namenom. Med vsemi obiskovalci je 25 % kmetovalcev, 19 % samostojnih podjetnikov, 19 % uslužbencev, 6 % vodilnih. 63 % anketirancev se doma ukvarja s kmetovanjem, od tega 23 % z živinorejo, 20 % s poljedelstvom, 19 % z vinogradništvom, gozdarstvom, čebelarstvom, vinarstvom ali gostinstvom, 12 % s kmečkim turizmom, 11 % z živilsko industrijo in 9 % z vrtnarstvom. Večina obiskovalcev spada v kategorijo najbolj aktivnih starostnih skupin, 64 % odstotkov jih je starih od 21 do 50 let. Izobraženi so nadpovprečno, skoraj 90 % jih ima zaključeno poklicno izobrazbo ali višjo, skoraj 30 % višješolsko ali univerzitetno. 97 % anketirancev je na sejmu našlo to, kar so iskali.

www.pomurski-sejem.si

OBISK PREDSEDNICE PARLAMENTA REPUBLIKE LATVIJE IN PREDSEDNIKA DRŽAVNEGA ZBORA REPUBLIKE SLOVENIJE

Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani je pred kratkim obiskala predsednica Parlamenta Republike Latvije Ināra Mūrniece v spremstvu gostitelja, predsednika Državnega zbora Republike Slovenije mag. Dejana Židana. Na fakulteti je visoko delegacijo sprejel dekan prof. dr. Mitjan Kalin, ki je gostom predstavil fakulteto in njene dosežke tako na študijskem področju kot pri sodelovanju z gospodarstvom.



Obisk predsednice parlamenta Republike Latvije Ināre Mūrniece na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani

Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani je namreč vodilna slovenska in mednarodno prepoznana ustanova na področju strojništva. Strategija fakultete sledi uravnoteženi raziskovalni, strokovni in pedagoški dejavnosti, s čimer lahko najbolje izpolnjuje svoje poslanstvo v akademskem okolju, gospodarstvu in širši družbi.

Eden vidnejših dosežkov, ki združuje navedeno, je tudi odprtje demonstracijskega centra Pametna tovarna. Idejni vodja, prof. dr. Niko Herakovič, je visoki delegaciji predstavil inovativno uporabo in vpeljavo tehnologij Industrije 4.0 in koncepta njihovo vpeljave v realno industrijsko okolje.

www.fs.uni-lj.si



Predstavitve delovanja demo centra Pametna tovarna

LABORATORIJ LAKOS Z ORGANIZACIJO MEDNARODNE ZNANSTVENE KONFERENCE O PROIZVODNEM INŽENIRSTVU UTRDIL SODELOVANJE Z MEDNARODNO AKADEMIMO CIRP

Laboratorij za tehnično kibernetiko, obdelovalne sisteme in računalniško tehnologijo LAKOS s Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani je imel letos privilegij in čast, da je organiziral 52. Mednarodno znanstveno konferenco o proizvodnem inženirstvu, ki je potekala v Grand hotelu Union v Ljubljani med 12. in 14. junijem 2019.



Konferenca je bila odlično obiskana

Organizacija konference je potekala pod okriljem prestižne Mednarodne akademije za proizvodno inženirstvo – CIRP (International Academy for Production Engineering). Edina redna slovenska člana v akademiji sta upokojeni prof. dr. Peter Butala (predsednik organizacijskega komiteja) in prof. dr. Edvard Govekar, vodja Laboratorija za sinergetiko (podpredsednik organizacijskega komiteja), od 2018 dalje pa je pridružen član postal tudi doc. dr. Rok Vrabič, vodja laboratorija LAKOS (podpredsednik in sekretar OK).

Osrednja tema letošnje konference je bila Proizvodni sistemi za družbo prihodnosti (Manufacturing Systems for Future Societies) s poudarkom na izzivih in problematiki, ki jo odpirajo tako nove tehnologije kot sam družbeni razvoj. Osrednja predavanja konference s poudarkom na prihodnosti družbe so izvedli profesor Mitchell M. Tseng s Tajvana, profesor Gideon N. Levy s Švice, profesor Goran D. Putnik s Portugalske in dr. Damir Husejnagić iz podjetja LPKF iz Slovenije. V program konference je bilo vključenih kar 249 prispevkov, ki so bili pred-

CIRP, ki s sedežem v Parizu deluje že od leta 1951, je na področju proizvodnega inženirstva vodilna svetovna organizacija, saj v ospredje svojega raziskovalnega področja vključuje širok spekter področij: od oblikovanja, optimizacije, nadzora, do upravljanja procesov, strojev in sistemov. Akademija ima omejeno članstvo, ki temelji na dokazani znanstveni odličnosti in zdaj vključuje okoli 600 akademskih in industrijskih članov iz 50 držav. Več o akademiji si lahko preberete na spletni strani: <https://www.cirp.net/>.

stavljeni v 8 paralelnih sekcijah. Mednarodna konferenca je v Ljubljano privabila kar 260 udeležencev iz 31 držav sveta. Ob strokovnem delu je potekal tudi bogat družabni program z ogledom Postojnske jame in gala večerjo v Jamskem dvorcu.

Predsednik organizacijskega komiteja prof. dr. Peter Butala je pojasnil: »Konferenca ima velik pomen tako za fakulteto kot za širši slovenski prostor, saj gre za največjo konferenco o proizvodnem inženirstvu takega tipa pri nas«.

www.fs.uni-lj.si

DELAVNICA “PRIPRAVA USPEŠNEGA POSLOVNEGA NAČRTA”

V Ljubljani na GZS je 5. septembra 2019 potekala štiriurna delavnica s področja usposabljanja za pripravo uspešnega poslovnega načrta. Delavnico je organiziral Zavod Kompetenčni center za sodobne tehnologije vodenja (Zavod KC STV) v okviru Strateškega razvojno-inovacijskega partnerstva »Tovarne prihodnosti« (SRIP ToP).



Utrinek iz delavnice »Priprava uspešnega poslovnega načrta«

Delavnico je vodil mag. Matej Koren, sodelavec Inštituta za ekonomska raziskovanja (IER). Ob zaključku delavnice je potekala tudi razprava, na kateri so udeleženci podali svoje vtise o izvedeni delavnici in izrazili zanimanje za tematike podobnih izobraževanj.

Na delavnici obravnavana tematika je uporabna pri prijavi na razne razpise, pri katerih se zahteva izdelava podrobnih poslovnih načrtov. Zdaj je aktualen Javni razpis za »Spodbude za raziskovalno razvojne projekte 2« (JR RRI2, http://www.mgrt.gov.si/si/razpisi/objavljeni_razpisi/?tx_t3javirazpis_pi1%5Bshow_single%5D=1119), za katerega se oddaja vlog zaključni 18. 11. 2019.

Kdo je Zavod KC STV?

KC STV so ustanovila podjetja konzorcija tehnološke mreže Tehnologija vodenja procesov zaradi povezovanja javnih raziskovalnih institucij ter podjetij pri prenosu znanja in tehnologij v industrijo. KC STV hkrati pomaga pri razvoju produktov in storitev za prodajo na trgu.

Področje delovanja KC STV obsega celotno piramido vodenja procesov v podjetju, zajema pa tudi sisteme vodenja na drugih področjih, kot so energetika, promet, varovanje okolja in podobno.

Dr. Mihael Debevec,
UL, Fakulteta za strojništvo

VTIČNI PRIKLJUČKI – FDA-IQS

FDA-IQS priključki so zasnovani posebej za uporabo pri tekočinah, hrani in pri blagih kemikalijah. Zanje je značilno veliko število homologacij (FDA, NSF, ACS in KTW) in jih je mogoče uporabljati s cevmi iz poliuretana (cevi PUN), poliamidnimi cev-

mi (cevi PA) ali cevmi PTFE. Pri uporabi cevi za vodo se priporočajo cevi iz poliuretana (PUN), odpornega proti hidrolizi.

Podjetje s3c ima v svoji ponudbi še druge izdelke, ki so vedno kakovostni in hkrati cenovno ugodni.

Celotno ponudbo si kupci lahko ogledajo v spletni trgovini www.s3c.si ali neposredno na sedežu podjetja med 8.00 in 16.00 uro.



Vtični priključki za premere cevi med 4 in 12 mm.



Vir:

S3C, d. o. o., Tržaška cesta 116,
1000 Ljubljana, 01/423-22-22, faks
01/423-22-00, e-pošta info@s3c.si

LETOS IZJEMNO USPEŠNO »STIČIŠČE ZNANOSTI IN GOSPODARSTVA« TUDI NA 52. MOS-U V CELJU

Na 52. Mednarodnem sejmu obrti in podjetnosti so se v »Stičišču znanosti in gospodarstva«, ki je projekt Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport, v Celju že četrty predstavile poglavitne raziskovalne inštitucije v Sloveniji. Na ogled so bile vrhunske tehnologije z različnih področij, kot so mehatronika, avtomatika, robotika, profesionalna elektronika, energetika, IT, bionika, nanotehnologija, vesoljske tehnologije, medicinske podporne tehnologije in drugo.



Obisk Stičišča znanosti in gospodarstva je bil zelo številčen

Poudarek na letošnji prireditvi je bila predstavitev novih tehnologij, novih tehnoloških procesov, visokotehnoloških inovacij, novodobnih poklicih in sodobnih izobraževalnih programih. Letošnje stičišče je bilo usmerjeno

predvsem na področje mikro-, bio- in nanotehnologij ter vesoljskih tehnologij. Stičišče vsako leto predstavlja priložnost za promocijo slovenske znanosti, predvsem pa tudi priložnost za intenzivnejše sodelovanje med

znanstveno in gospodarsko sfero. Vodja stičišča je vsako leto Janez Škrlec, bivši član Sveta za znanost in tehnologijo Republike Slovenije.

Svoje delo in znanstvena dognanja so na MOS-u predstavili: Institut Jožef Stefan, Kemijski inštitut, Univerza v Mariboru, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko - UM, Fakulteta za elektrotehniko UL, Fakulteta za strojništvo - UL in UM, Slovensko inovacijsko stičišče Evropsko gospodarsko interesno združenje (SIS EGIZ), Center za prenos tehnologij in inovacij na IJS (CTT IJS) in številni drugi ter visokotehnološka podjetja: Skylabs d. o. o., EKOSSEN d. o. o., RLS d. o. o., PS d. o. o. iz Logatca, Miel Elektronika d. o. o., MyCol d. o. o., Nanotul d. o. o., INEA d. o. o. in drugi.

Letos je strokovna komisija Celjskega sejma Stičišču znanosti in gospodarstva podelila posebno priznanje za celovito predstavitev novih tehnologij in tehnoloških procesov ter primerov dobre prakse povezovanja znanosti in gospodarstva. Zlato priznanje je letos v okviru Stičišča znanosti in gospodarstva prejel Kemijski inštitut iz Ljubljane za inovacije na področju nanotehnologije in vodikovih celic. Zlato priznanje je prejel tudi Janez Škrlec, Razvojna raziskovalna dejavnost, za inovacije na področju bionike v povezavi s tehnološkim svetom sodobne medicine.



Priznanja

Vir: MIZŠ, RS

V ŽIREH ODPRLI SODOBEN NORDIJSKI CENTER POCLAIN

Izgradnja najsodobnejšega nordijskega centra v Žireh je po 17 letih končno zaključena. Smučarski skakalni klub Žiri ga je v nedeljo, 6. oktobra, uradno predal svojemu namenu, ob tej priložnosti pa ta gorenjski regijski center preimenoval v Nordijski center Poclain. Največ zaslug za njegovo izgradnjo imata občina Žiri in Fundacija za šport, ki sta prispevali glavnino finančnih sredstev, pomemben pa je tudi delež SSK Žiri ter njegovih številnih podpornikov, med katerimi je kot sponzor v ospredje stopila družba Poclain Hydraulics.

"Danes je za nas pomemben dan," je na nedeljski prireditvi poudaril Leon Šikovec, predsednik SSK Žiri, ki je na kratko orisal potek gradnje za to naložbo, vredno 1,8 milijona evrov. "Danes tu redno trenira okoli 40 tekmovalcev in tekmovalk, kar naš klub uvršča med večje skakalne klube v državi. In z današnjim dnem je center dobil tudi novo ime – Nordijski center Poclain," je še dodal Šikovec in se zahvalil podjetju Poclain Hydraulics, ki svojo družbeno odgovornost gradi na prepoznavnosti ne le v lokalnem okolju, pač pa tudi širše v Sloveniji.

Po nagovorih žirovskega župana Janeza Žaklja in Ljuba Jasniča, predstavnika Smučarske zveze, je o svojih začetkih na nekdanji manjši skakalnici v Žireh spregovorila tudi Ema Klinec, članica SSK Žiri in skakalne A reprezentance, ki je pohvalila svoj matični klub in izrazila veliko zadovoljstvo z dokončno izgradnjo športnega centra: "Danes se Nordijski center Poclain tu v Žireh s to opremo, ki jo ima, skakalnicami, tirno vzpenjačo, izjemnim fitnesom in garderobami, lahko kosa z najboljšimi centri na svetu."

Zgodovina SSK Žiri, sicer ustanovljenega v letu 1974, sega že v leto 1950, v čas, ko je zgodbo v Žireh začelo pisati tudi proizvodno podjetje, ki ima zdaj že 12 let francoske lastnike in je v okviru mednarodne skupine Poclain prepoznano kot pomemben kompetenčni center za hidravlične ventile in hidravlične naprave ter kot tehnološki center za avtomatske preizkuševalne naprave hidravličnih sestavin. Inovativno žirovsko podjetje Poclain Hydraulics zdaj zaposluje 330 delavcev in več kot 90 % svojih prihodkov ustvari z izvozno dejavnostjo.

"V podjetju Poclain Hydraulics smo izjemno ponosni, da tukajšnji Nordijski center Poclain nosi ime po našem podjetju ter tako predstavlja tudi našo povezanost in skrb za lokalno okolje, od ko-



Slovesni prerez traku, Foto: Foto Viktor, Žiri.

der prihaja večina naših zaposlenih," je na odprtju poudaril direktor Aleš Bizjak in dodal: "Veseli nas, da je gradnja potrebne infrastrukture žirovskega nordijskega centra po toliko letih končno zaključena, in da ima SSK Žiri že tirno vzpenjačo in pet plastičnih skakalnic, kjer bodo potekali številni treningi in tekmovanja osnovnošolske mladine iz Žirov in gostujočih skakalcev iz vse Slovenije." V nadaljevanju je izrazil tudi podporo Smučarskemu skakalnemu klubu Žiri: "V družbi Poclain Hydraulics hkrati podpiramo tudi prizadevanja vodstva kluba in njihovih strokovnjakov, ki skrbijo za vzgojo mladih smučarjev skakalcev in nordijskih kombinatorcev, da bi vzgojili čim več državnih prvakov in vrhunskih skakalcev v mednarodnem merilu. Klub ima potencial, ima talent in hkrati visoko usposobljene strokovnjake, ki znajo iz športnikov članov delati zmagovalce. Kot sponzor jim na poti k odličnosti želimo veliko uspehov in vrhunskih rezultatov."

Miša Hrovat, agencija Maga

LETOŠNJI ELEKTROFEST NA TEMO INOVACIJ V ENERGETIKI

Štiri uveljavljene elektroinstitucije, družba ELES, Elektroinštitut Milan Vidmar, ljubljanska Fakulteta za elektrotehniko in družba GEN energija so v petek, 13. septembra 2019, izvedle že 8. Elektrofest. Dogodek je bil namenjen dijakom in srednješolcem, ki so jim na zanimiv in interaktiven način predstavili temo inovacij v energetiki. Vse prisotne na dogodku so najprej pozdravili predstavniki elektroinstitucij, nato pa so se udeleženci sprehodili čez štiri poučne »elektropostaje«.



Letošnji Elektrofest na temo inovacij v energetiki

Električni dirkalniki in atmosferske razelektritve

Strokovnjaki družbe ELES so se posvetili temi električne mobilnosti. Ker se na naših cestah pojavlja vedno več električnih vozil, so želeli obiskovalcem približati delovanje baterijskih hranilnikov električne energije. Pridružili so se jim tudi študenti ljubljanskih fakultet, združeni v ekipi Superior Engineering, in predstavili njihov izum – dirkalnik na električni pogon, s katerim tekmujejo na mednarodnih tekmovanjih. Na Elektroinštitutu so udeleženci iz prve



Na Elektrofestu so predstavili tudi dirkalnik na električni pogon

roke izvedeli več o pojavnostih in lastnostih atmosferskih razelektritev. Spoznali so sistem za zapisovanje SCALAR ter uporabnost pridobljenih podatkov pri upravljanju in zaščiti sistemov in objektov, izpostavljenih učinkom atmosferskih razelektritev.

Energetske mešanice, jedrske elektrarne in nepredvidljivi pojavi

Družba GEN energija je letos znotraj svoje »elektropostaje« pripravila kar dve področji raziskovanja. V prvem delu so dijaki v spletni simulaciji oblikovali energetske mešanice in poskušali zadovoljiti dnevne potrebe Slovenije po električni energiji. Naučili so se, kako se proizvodnja električne energije prilagaja dnevnim porabi. Drugi del je bil posvečen simulatorju zagona in delovanju Nuklearne elektrarne Krško. Udeleženci so se preizkusili v vlogi operaterja jedrske elektrarne, ki med drugim spremlja tudi naraščanje in spremembo toplotne moči v reaktorju z upravljanjem kontrolnih palic, prenos pare na turbino in pretvorbo mehanske energije v električno. Na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani so udeleženci med računalniško igro spoznali zahtevnosti vzdrževanja ustrezne frekvence električne napetosti pri naključnih dogodkih. V medsebojnem tekmovanju so se preizkusili v vlogi različnih akterjev in naprav: od prilagodljive klasične elektrarne, prek spremenljive proizvodnje obnovljivih virov energije do muhastega odjemalca.



Zabavno učenje s pomočjo računalniške igre

Sproščeno vzdušje in dobra družba

Inovativen in poučen dan so organizatorji Elektrofesta popestrili z zabavnim programom na skupnem parkirišču vseh treh institucij. Manjkali niso niti slastni hamburgerji, medtem ko je za najboljšo družbo poskrbela ekipa radia Antena z Gverilcem Birkom.

NOV MEJNIK V 3D-TISKANJU

V podjetju CGS plus, ki je edini slovenski zastopnik za HP industrijske 3D-tiskalnike, so predstavili barvni 3D-tiskalnik HP Jet Fusion 580 Color. Predstavnike medijev je pozdravil direktor podjetja Tomaž Dimnik, delovanje, zmogljivost, možnosti uporabe tiskalnika ter povpraševanje po njem na slovenskem trgu pa so predstavili Andrej Suhadolc in David Fister, certificirana HP strokovnjaka za področje 3D-tiska ter Sašo Greblo, vodja prodaje in prokurist podjetja.

David Fister, prodajno tehnični svetovalec za 3D-tisk v podjetju CGS plus, je predstavil nekaj splošnih podatkov o tiskalniku. Princip delovanja 3D-tiskalnika HP Jet Fusion 580 Color je v bistvu enak kot pri 'večjih bratih', 3D-tiskalnikih HP Jet Fusion 4200 in 5200. Obstaja pa med njimi tudi nekaj bistvenih razlik. Fister: »Tako kot pri večjih dveh je tudi pri tiskalniku HP Jet Fusion 580 Color kakovost tiskanja primerljiva s kakovostjo brizganih kosov. Enaki sta tehnologija (osnova za tiskanje je poliamidni prah) in resolucija tiskanja (debelina sloja je 80 mikronov), enak je tudi material – PA12. V čem je torej razlika? Prva je v namenu uporabe. HP Jet Fusion 580 Color se uvršča v prototipni segment, medtem ko sta HP Jet Fusion 4200 in 5200 produkcijska tiskalnika. Poleg tega tiskalnik HP Jet Fusion 580 Color vse operacije združuje v eni sami enoti. Tretja razlika je barvni tisk. S 3D-tiskalnikom HP Jet Fusion 580 Color je možno tiskanje barvnih kosov, medtem ko sta tiskalnika 4200 in 5200 monokromatska. Razlika med tiskalniki je tudi v ceni.«

Tehnično plat tiskalnika HP Jet Fusion 580 Color je predstavil vodja oddelka strojne in systemske opreme Andrej Suhadolc. Poudaril je, da gre, čeprav morda malce neopazno, pri HP barvnem 3D-tiskalniku za nov mejnik v 3D-tiskanju. V najbrž ne tako oddaljeni prihodnosti naj bi namreč tiskali tudi izdelke iz materialov z različnimi lastnostmi. »Tokrat gre za barvo, vendar je tiskalnik zasnovan



Izdelki, natisnjeni s HP Multi Jet Fusion 580 Color

tako, da bodo lahko poleg barve uporabili agente, ki bodo vplivali tudi na druge lastnosti materiala.« Kot pravi certificirani HP strokovnjak za področje 3D-tiska Suhadolc, se bo na tem področju še veliko dogajalo.

3D-tiskalnik HP Jet Fusion 580 Color zagotavlja veliko hitrost tiskanja kakovostnih barvnih izdelkov gladke površine ter natančnost in fleksibilnost oblikovanja. Za uporabo je precej bolj enostaven od večjih dveh, saj vsi procesi potekajo v isti napravi. HP Jet Fusion 580 Color je namenjen predvsem razvojnim oddelkom v industriji za izdelavo funkcionalnih prototipov, ponudnikom storitev 3D-tiskanja, izobraževalnim ustanovam, arhitektom in oblikovalcem. Primeren pa je tudi za izdelavo končnih izdelkov v maloserijski proizvodnji, kjer nakup večjega, produkcijskega tiskalnika ekonomsko ni upravičen.

Kot je povedal vodja prodaje in prokurist podjetja CGS plus Sašo Greblo, je HP relativno pozno vstopil na trg 3D-tiskalnikov, a je po prodaji že prehitel konkurenco. HP Jet Fusion 580 Color lahko komercialno tiska barvne izdelke šele dva, tri mesece, pa je samo v Evropi prodanih že več kot sto tovrstnih tiskalnikov. Cena zanj se giblje okrog 100 000 evrov. »Ker bo podjetje CGS plus v kratkem postalo tudi pooblaščen HP servisni center za 3D-tiskalnike za Slovenijo, pričakujemo, da se bo povpraševanje po tovrstnih tiskalnikih pri nas povečalo,« je še dodal Greblo.

Edita Žugelj,
CGS plus, d. o. o., 1000 Ljubljana



3D tiskalnik HP Multi Jet Fusion 580 Color

FLUIDNA TEHNIKA, IIoT IN INDUSTRIJA 4.0

Razprave o sodobni proizvodnji so vse pogostejše usmerjene v prihodnost. Jo bodo avtomatizacija in robotizacija popolnoma prevladale? Kako bomo obvladovali njeno trajnostno rast na hitro se spreminjajočem svetovnem trgu? Ali dovolj raziskujemo in vlagamo, da ostanemo v koraku s konkurenco? Ali se moramo priključiti industrijskemu internetu stvari (*IIoT – Industrial Internet of Things*)? Kako je z industrijo 4.0? Ali dovolj upoštevamo uporabo elektronike? Če želite preživeti to industrijsko revolucijo, je zadnji čas, da začnete z uvajanjem IIoT in industrijo 4.0, četudi se ukvarjate le z »mehaniko« (strojništvom)!

Preprosto, IIoT se ukvarja s povezovanjem naprav na ravni industrijskih obratov. Medsebojno povezovanje fizikalno-kibernetskih sistemov in komunikacijskih naprav omogoča tako, da generira in zbira zanimive podatke v industrijskem prostoru. Izbira naprave, ki zagotavljajo nazornost in podrobne analize obnašanja. IIoT je jedro povezovanja naprav. Z boljšim povezovanjem se lahko poveča učinkovitost opreme in zagotavlja preglednost poslovanja.

Industrija 4.0 v splošnem predstavlja digitalizacijo, nove tehnologije in praktične odločitve, usmerjene na posodobitve proizvodnje ob veliki prilagodljivosti, učinkoviti proizvodnosti in predvidljivosti na vseh ravneh proizvodnje. Industrija 4.0 učinkuje na vse procese, vključno z nabavnimi verigami, združuje iniciativo, avtomatizacijo, tehnologijo, materiale, zmanjšanje zastojev, izboljšave, investicije in splošno povečanje učinkovitosti opreme. Filozofija industrije 4.0 tako predstavlja osnovo zdajšnji generaciji izdelovalcev, da ostanejo konkurenčni na globalnem trgu.

Čeprav je te opredelitve in smernice industrije 4.0 podrobno opredelila le nemška vlada, predstavljajo izziv za vso svetovno industrijo. Tako se npr. standardne enote in sestavi, kot je npr. hidravlični pogonski agregat, povezani v IIoT lahko pomembno izboljšajo. Če je agregat tradicionalno opremljen le s tlačnim ali tokovno odvisnim stikalom, se lahko nadgradi s pametno krmilno napravo, ki zagotavlja širše informacije in zahtevnejše krmilne naloge. Tudi tradicionalna analogna zaznavala, npr. za dajalnike ali merilnike tlaka, toka, temperature, pomika, hitrosti itd., se lahko prilagodijo IIoT. Ta tehnologija lahko rešuje probleme z integracijo analogne tehnologije in zagotavlja dodatne informacije za nadzor obratovalnih parametrov, diagnostiko, varnostno signalizacijo ipd.

Standardni hidravlični pogonski agregat lahko v povezavi z IIoT in z majhnimi modifikacijami postane pameten, s pomembno boljšimi lastnostmi za daljinski nadzor, preventivnim vzdrževanjem in enostavnejšim diagnosticiranjem ob okvari oz. motnji v delovanju. Pri diagnosticiranju okvare odpade npr. potreba po neprijetnem spuščanju vzdrževalca v oljni prostor pod strojem. S povezovanjem primerne tehnologije IIoT in naprave, stroja dobimo natančne podatke, kje je okvara, kakšni posegi so potrebni in morda celo vnaprej odkrijemo mogočo napako. To lahko pomembno zmanjša čas in stroške, ki nastanejo pri okvari, pa tudi nevarnosti okvare.

Izbira primerne tehnologije IIoT je le en korak pri uveljavljanju vrednosti industrije 4.0. Treba je analizirati procese, se odločiti, kako se prilagodljivost lahko implementira v produkcijo in obravnavati smiselnost stopnje avtomatizacije. Izdelovalci lahko obravnavajo vse vidike izdelave, izbirajo med številnimi variantami izdelkov na izdelovalnih linijah ter zagotavljajo visoko kakovost izdelkov ob virtualno ničelni odpovedi izdelovalnih strojev.

Industrija 4.0. je filozofija o tem, kako lahko uporabimo povečano predvidljivost, prilagodljivost in učinkovitost proizvodnje ob povečani konkurenčnosti. Na drugi strani IIoT industriji 4.0 zagotavlja moč povezovanja naprav in strojev ter s tem koristi našim podjetjem in uporabnikom. Če se upoštevajo vse te prednosti, je enostavneje dosežati boljše rezultate in zagotavljati globalno konkurenčnost.

Vir:

Healy, W. (gost ur.): What's the Difference Between Industrial IoT and Industry 4.0? – *Hydraulics & Pneumatics* 71 (2018) 19 – str. 8.

PAMETNI ANALIZATOR PNEVMATIČNIH NAPRAV

Vsi že govorijo o *Industrijskem internetu o stvareh (IIoT - Industrial Internet of Things)* in mnoga podjetja se trudijo izkoristiti prednosti, ki jih ponuja. Uveljavljeno nemško podjetje s področja pnevmatike je zato na lanskem Hannoversem sejmu že predstavilo njihov pametni analizator pnevmatičnih naprav SPA (*Smart Pneumatics Analyzer*). Uporabniki analizator lahko priključijo na obstoječe omrežje stisnjenega zraka in trajno uporabljajo analizo osnovnih parametrov pnevmatične naprave na določenem stroju, kot so poraba stisnjenega zraka, morebitna puščanja itd.

»Z digitalizacijo pnevmatičnega okolja SPA zagotavlja uporabniku, da neposredno izkorišča možnosti in prednosti, ki jih nudi industrijski internet stvari (IIoT) na strojih in napravah samo z nekaj preprostimi koraki« - trdi *dr. Michal Britzger*, višji vodja področja digitalnih transformacij pri Aventics-u. Priročni kovček vsebuje pametni pnevmatični monitor (*Smart Pneumatics Monitor - SPM*), serijsko enoto za vzdrževanje (*AS maintenance unit*) in zaslon za vizualizacijo podatkov.

SPM zaznava delovne parametre sistema, analizira podatke in uporabniku prikaže procesirane informacije, npr. za vzdrževanje. Vsi podatki z ventilov in vhodno-izhodnih modulov oz. stanje vezja se zajemajo v mikroprocesorju in se procesirajo z matematičnimi algoritmi. Podjetje, ki izdeluje analizatorje, je te algoritme oblikovalo na temelju lastnih izkušenj, razvoja in uporabe svojih pnevmatičnih sestavin in naprav. Na temelju lastnih izkušenj in želja uporabnikov nadaljuje z razvojem analizatorja.

Več na spletnih straneh: www.hydraulicspneumatics.com



Pametni analizator pnevmatičnih naprav - Aventics: SPA

Vir:

Anonim: Smart Pneumatic Analyser Offers Easy Entry into IIoT - *Hydraulics & Pneumatics* 71 (2018) 8 - str. 13.

SET HOMA ZA HITRO POMOČ



HENNLICH

www.hennlich.si

Črpalka s setom za črpanje vode iz kleti, garaž, ...

- priročen zaboj kot zaščitni koš
- premer trdih delcev do 20 mm
- 10 m pletene cevi z gasilskim priklpom C
- pretok do 11,5 m³/h
- višina vodnega stolpca do 7,3 mVŠ



Pokličite nas: **041 386 003**

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj

INTERAKTIVNA LABORATORIJSKA APLIKACIJA S KOLABORATIVNIM ROBOTOM IN HOLOGRAFSKIM VMESNIKOM MEŠANE RESNIČNOSTI HOLOLENS NA PRIMERU VIJAČENJA

Saša Stradovnik, Rok Pučko, Aleš Hace

Izveček:

Večina kolaborativnih robotskih aplikacij, ki jih dandanes srečamo v industriji, je še vedno načrtovana klasično za izvajanje točno določenih ponavljajočih se nalog. Interakcija med robotom in človekom navadno ni vključena v izvedbo naloge, saj je lahko za človeka nevarna. Z razvojem kolaborativnih robotskih sistemov se ponuja možnost, da se lahko tudi človek s svojo kreativnostjo aktivno vključuje v delovni proces, kar omogoča večjo prilagodljivost robotske aplikacije, ki jo sicer z običajno robotizacijo težko dosežemo. V članku opisujemo nov način intuitivnega sodelovanja med robotom in človekom, kjer kot obliko naravne in učinkovite interakcije uporabimo fizični stik med njima ter interaktivno komunikacijo preko holografskega vmesnika. Demonstracija je narejena na primeru eksperimentalne laboratorijske aplikacije vijachenja, kjer so uporabljeni kolaborativni robot Universal Robot UR3e in spremljajoče tehnologije kolaborativnih robotskih sistemov, kot je vmesnik mešane resničnosti. Tega smo razvili z namenom virtualne parametrizacije in simulacije robotske naloge v realnem delovnem prostoru robota.

Ključne besede:

kolaboracija človek – robot, kolaborativni robot, fizična interakcija človek – robot, mešana resničnost, robotsko vijachenje

1 Uvod

Kolaborativne robotske aplikacije omogočajo, da je človek aktivno vključen v proizvodne postopke na načine, kot jih avtomatizacija s klasično robotiko za zdaj še ne dopušča. Razlogov za to je več. S klasično robotizacijo pogosto ne moremo popolnoma avtomatizirati sistema ali pa to ni ekonomsko upravičeno. Z vključevanjem človeka v proces pa lahko dosežemo bolj optimalno izvedbo, saj lahko uporabimo njegovo spretnost, inteligenco, kreativnost, sposobnost zaznavanja in odločanja, ki nam s trenutno razvojno stopnjo robotskih tehnologij še ni na voljo.

Tehnična specifikacija ISO/TS 15066 kot sestavni del standarda ISO 10218 definira 4 varnostne metode oz. ravni za sodelovanje med človekom in robotom [1, 2]. Aplikacija je lahko kolaborativna, če omogoča takšno načrtovanje robotizacije, da je raven tveganja

za človeka sprejemljiva. Kolaborativnost na podlagi ročnega vodenja (ang. »Hand-guiding operation«) in omejene mehanske moči in sile (ang. »Power&force limiting«) zahtevata uporabo kolaborativnega robota.

Za naravno interaktivno sodelovanje človeka s kolaborativnim robotom je potreben intuitivni komunikacijski vmesnik. Ta vmesnik lahko vključuje različne tehnologije, s katerimi človek sodeluje z robotom: varna fizična interakcija, tehnologija oboogatene resničnosti, tehnologija prostorskega zaznavanja s 3D kamero itd.

Obogatena resničnost (ang. Augmented Reality, AR) je tehnologija, ki lahko realni svet prekrije z dodatnimi digitalnimi informacijami in tako omogoča prepletanje resničnega in virtualnega sveta, kar v naprednejši obliki pogosto imenujemo tudi mešana resničnost (ang. Mixed reality, MR). Aplikacije mešane resničnosti se razvijajo predvsem v smeri grafičnega prikazovanja 3D virtualnih objektov v prostoru, vključujejo pa tudi prostorsko predstavitev zvočnih signalov, zajem vhodnih podatkov iz okolja preko kretenj, prepoznavo objektov in glasov ter njihovo lokalizacijo. Ti dve tehnologiji prinašata v kombinaciji s kolaborativnimi robotskimi sistemi številne

Saša Stradovnik, mag. inž., Rok Pučko, mag. inž.,
izr. prof. dr. Aleš Hace, univ. dipl. inž., vsi Univerza
v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalni-
štvo in informatiko

nove, izboljšane možnosti komunikacije med robotom in človekom, ki so bile do sedaj omejene zgolj na našo domišljijo. V ta namen so bile razvite aplikacije [3], ki uporabljajo obogateno resničnost predvsem za prikaz procesnih parametrov in navodil za človeka, prikaz opozorilnih sporočil ter vizualizacijo nevarnih območij pri aplikacijah, ki si jih delita človek in robot. Prav tako se razvijajo tudi aplikacije [4–6] interaktivnega programiranja robotov z uporabo obogatene resničnosti, kjer je uporabljena predvsem projekcijska obogatena resničnost. Ta tehnologija omogoča prikaz 2D interaktivnih objektov samo na delovni površini. Vsem navedenim aplikacijam je skupno, da z uvedbo navedenih tehnologij želijo zmanjšati mentalne obremenitve človeka in se približati bolj intuitivnemu delu z roboti.

V članku predstavljamo nadgradnjo projekcijske obogatene resničnosti v kolaborativnih robotskih aplikacijah z interaktivnim vmesnikom mešane resničnosti s hologrfskimi očali. Predlagani naprednejši pristop k snovanju kolaborativne robotske aplikacije prikazujemo na konceptnem hibridnem delovnem mestu, kjer si delovni prostor in nalogo delita človek in robot. Interaktivni vmesnik MR smo uporabili za fleksibilno parametrizacijo in virtualno simulacijo robotske naloge, za uporabo katerega ne potrebujemo posebnega znanja o programiranju robotov. Kombiniramo ga lahko z intuitivnim fizičnim vmesnikom, ki omogoča neposredno fizično interakcijo med človekom in robotom. Ta je načrtovana tako, da je za človeka varna in omogoča prilagajanje robotske naloge preko kinestetičnega učenja z demonstracijo takrat, ko robotu ne uspe uspešno izvršiti dela robotske naloge. Za demonstracijo predlaganega koncepta v laboratorijskem okolju smo izbrali proces vijačenja, ki je pogosto v industriji montaže in ima odličen potencial za kolaborativno robotizacijo [7–9], saj vključuje različno zahtevne elementarne operacije, ki jih lahko učinkovito razdelimo med robota in človeka v sodelovalni nalogi na hibridnem delovnem mestu.

2 Kolaborativno vijačenje

V laboratorijski robotski kolaborativni aplikaciji vijačenja uporabljamo industrijskega kolaborativnega robota UR3e proizvajalca Universal Robots [10]. Zadnji sklep tega robota je neskončno vrtljiv, kar smo izkoristili kot vijačnik. Predmet sodelovalne naloge je vijačenje vijakov v predvidene navojne luknje nekega izdelka. Razdelitev nalog med robotom in človekom je določena glede na zmožnosti in razpoložljivosti prvega in drugega, kot je prikazano v *tabeli 1*. Naloga robota je priviti vstavljene vijake do predpisanega navora, človek pa v tej aplikaciji vstavlja vijake na pravilna mesta, hkrati pa lahko tudi:

- ▶ vizualno pregleda vijake in poškodovane ali neustrezne odstrani,
- ▶ pomaga robotu tako, da del naloge opravi človek sam (npr. človek zavijači nekaj vijakov, ven-

Tabela 1 : Razdelitev nalog človek – robot

Naloga	Izvajalec	Vrednost
	Človek	Robot
Vstavljanje vijakov	✓	
Vijačenje	✓	✓
Meritev navora		✓

dar ni nujno, da jih privije do konca, saj je to lahko fizično naporno),

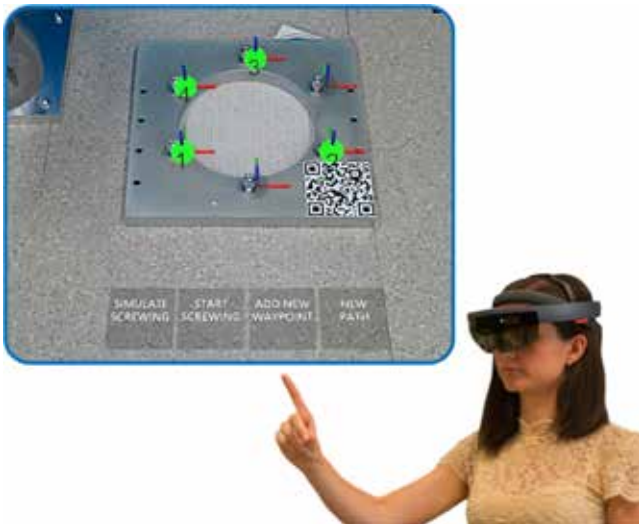
- ▶ fleksibilno definira potek robotske naloge (npr. določi zaporedje vijakov z vmesnikom MR),
- ▶ če robotu ne uspe izvršiti neke operacije (npr. ugotovi manjkajoči ali neustrezno vstavljeni vijak) lahko ustrezno adaptira robotsko nalogo oz. program.

Laboratorijska postavitve robotske celice hibridnega delovnega mesta prikazuje *slika 1*.

Za opravljanje naloge je človeku na voljo interaktivni in intuitivni komunikacijski vmesnik, ki je zasnovan na očalih MR HoloLens in fizični interakciji človek – robot. *Slika 2* prikazuje uporabnika in njegov pogled skozi očala MR – pogled zajema delovno mesto, ki je obogateno z vnaprej določenimi virtualnimi objekti, s katerimi lahko fleksibilno definira potek robotske naloge. Fizična interakcija človek – robot je zasnovana na detekciji dotika, kot prikazuje *slika 3*, in človeku nudi intuitiven način posredovanja določenih infor-



Slika 1 : Laboratorijska postavitve hibridne delovne celice



Slika 2 : Vmesnik MR (HoloLens).



Slika 3 : Fizična interakcija človek - robot.

Tabela 2 : Opis signalizacije.

Opis	Signalizacijski obroč
Svetlo modro obarvan obroč signalizira, da robot čaka na zagon vijačnega cikla.	
Svetlo modro obarvan rotirajoči prekinjeni obroč signalizira avtonomno vijačenje po predhodno definirani robotski nalogi.	
Rumeno obarvan obroč signalizira, da je robot v stanju kinestetičnega vodenja. Preklop v to stanje se je zgodil zaradi detekcije dotika.	
Vijolično obarvan obroč signalizira, da je robot v stanju sprotno adaptacije programa (izvede se s kinestetičnim vodenjem). Preklop v to stanje se je zgodil zaradi detekcije odstopanja od predvidenega normalnega poteka vijačenja.	

macij robotu (npr. človek lahko enostavno adaptira določen del robotskega programa).

Na vrh robota smo namestili signalizacijski obroč YouRing, ki delno nadomešča uporabniško konzolo robota. Obroč ima vgrajeno funkcijsko tipko ter svetlobno in zvočno telo. Svetlobna signalizacijska stanja za našo kolaborativno aplikacijo so podrobno opisana v tabeli 2.

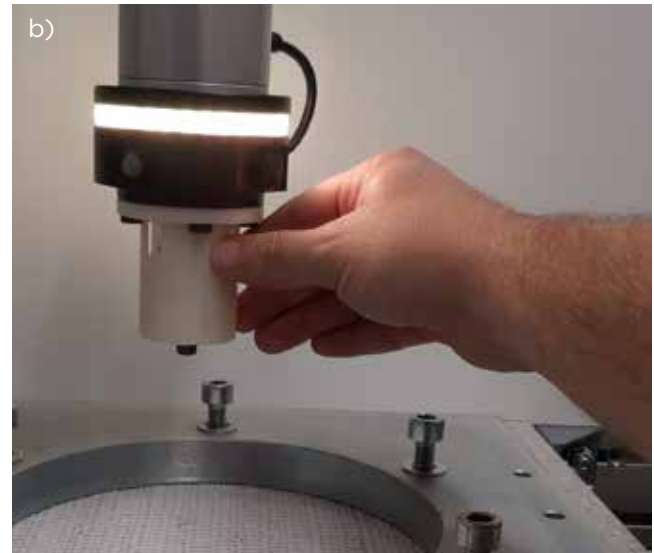
2.1 Robotski program

Robotski program omogoča:

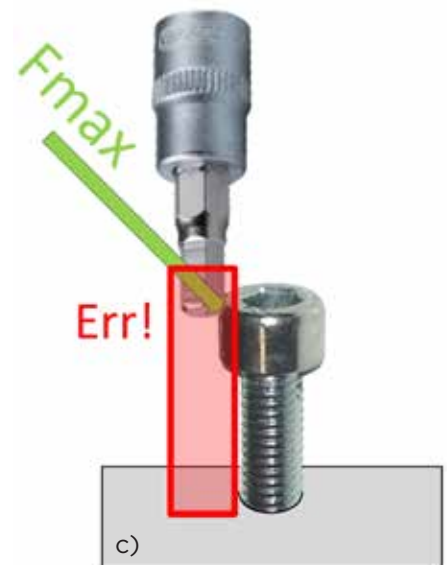
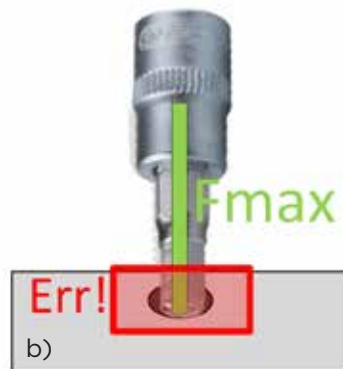
- ▶ avtonomno delovanje po določenem vrstnem redu vijačenja na podlagi predhodno definirane poteka naloge (z vmesnikom MR),
- ▶ detekcijo določenega odstopanja od predvidenega normalnega poteka vijačenja,
- ▶ sprotno adaptacijo robotskega programa (sprotno učenje operativnih točk),
- ▶ vmesnik med človekom in robotom na podlagi fizične interakcije.

Proces robotiziranega vijačenja lahko začne človek tako, da preko vmesnika MR definira potek robotske naloge in potem sproži izvajanje te naloge. Vijačni cikel je definiran od trenutka, ko robot začne z vijačenjem, do trenutka, ko zavijači zadnji definirani vijak.

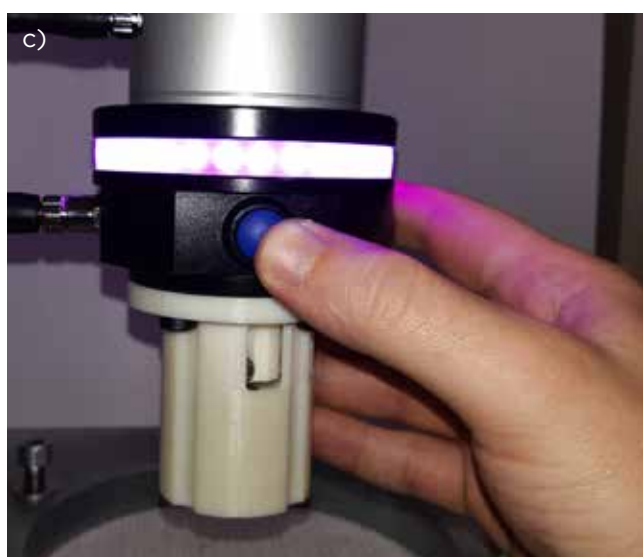
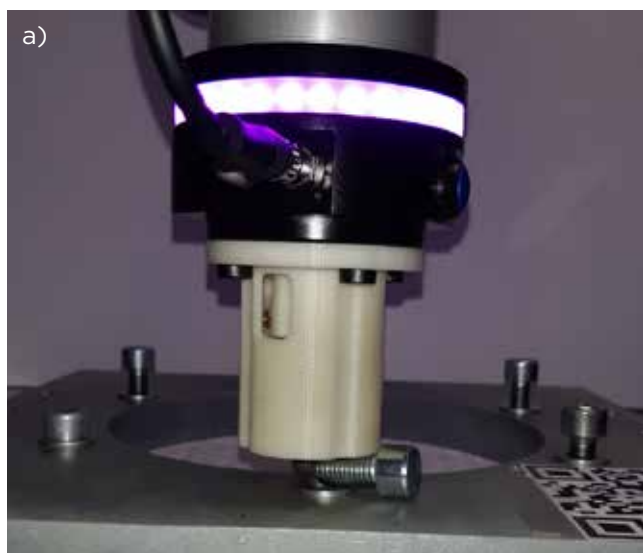
Človek lahko med vijačnim ciklom po potrebi začasno robota ustavi. Pri tem se lahko uporabi vmesnik fizične interakcije, ki je vključen v robotski program in ima natančno definiran odziv robota. V našem primeru smo ob detekciji dotika predvideli začasno zaustavitev izvajanja robotskega programa s preklpom v kinestetični način premikanja robota. Preklop v kinestetični način je enostaven in intuitiven. Po začasni prekinitvi se lahko sproži nadaljevanje izvajanja robotskega programa. Postopek je prikazan na sliki 4.



Slika 4 : Detekcija dotika s preklopom v kinestetično vodenje: a) človek se dotakne robota b), kinestetično vodenje – človek lahko robota prosto premika v določenem območju delovnega prostora, c) človek lahko sproži nadaljnje izvajanje robotskega programa.



Slika 5 : Zaznavanje prisotnosti in pravilnega položaja vijaka; a) robot zazna vijak na pričakovanem mestu, b) robot zazna odsotnost vijaka, c) robot zazna napačno pozicijo



Slika 6 : Detekcija odstopanja: a) robot zazna silo dotika z vijakom, ki ni na pričakovanem mestu, b) adaptacija robotskega programa – človek nauči robota na novi položaj vijaka, c) človek lahko sproži nadaljnje izvajanje robotskega programa.

Robotski program je načrtovan tako, da sprti diagnosticira morebitna odstopanja na določenih delih procesa vijčenja. Program zaznava morebitno odsotnost vijaka na vijčnem mestu in prav tako morebitni spodrslijaj pri vijčenju vijaka (npr. položaj vijaka ni takšen, kot ga robot pričakuje ali pa je vijak postavljen poševno ipd.). Zaznavanje odstopanja od predvidenega poteka procesa je zasnovano na principu tipanja okolice z vgrajenim senzorjem sile na vrhu robota. Robot pozicionira vijčno orodje nad vijak in se začne gibati proti glavi vijaka. Odstopanje določi na podlagi položaja, v katerem zazna silo, kot je prikazano na *sliki 5*.

Pri zaznanem odstopanju se robot ustavi in preklopi v kinestetični način premikanja ter hkrati to ustrezno signalizira človeku preko signalizacijskega obroča. Človek ima nato možnost umakniti robota in ga s kinestetičnim vodenjem naučiti na novi položaj vijaka, kot je to prikazano na *sliki 6*.

2.2 Varnostne omejitve

V kinestetičnem načinu vodenja lahko človek premika robota v omejenem delovnem prostoru. Te omejitve predstavljajo enega od varnostnih funkcij kolaborativnega robota. V našem primeru smo omejili položaj orodja z mejnimi ravninami, kot prikazuje *slika 7*, ter tudi rotacijo vijčnega orodja tako, da se prepreči njegova usmeritev proti človeku.



Slika 7 : Varnostna omejitev delovnega prostora – rdeče obrobljen in svetlo poudarjen kvader predstavlja prostor, v katerem je lahko orodje robota.



Slika 8 : Zaščitna zaustavitev robota blizu mejne ravnine.

Če človek med kinestetičnim vodenjem orodje robota pripelje v bližino ene od mejnih ravnin, najprej začuti odbojno silo. Če kljub odbojni sili nadaljuje in doseže mejno ravnino, se avtomatsko sproži zaščitna zaustavitev, o čemer nas robotski sistem obvesti na uporabniški konzoli robota, kot to prikazuje *slika 8*.

3 Interaktivni komunikacijski vmesnik s hologrfskim vmesnikom mešane resničnosti

Zdajšnja tehnologija mešane resničnosti podpira vrsto različnih vmesnikov. Eno izmed bolj intuitivnih komunikacij lahko dosežemo z uporabo naprav, nameščenih na glavi, med njimi pa gotovo izstopajo očala Microsoft HoloLens [11], ki so prikazana na *sliki 9* in smo jih uporabili pri naši laboratorijski aplikaciji vijačenja.

HoloLens je prvi popolnoma samostojni hologrfski računalnik, ki združuje najsodobnejšo optiko in senzorje ter omogoča, da so 3D hologrami postali del našega resničnega sveta. Primarni način komunikacije z uporabnikom temelji na sledenju pogledu, prepoznavi kretenj in glasov. Z usmerjanjem pogleda lahko uporabnik posreduje informacije o tem, kaj gleda, in s tem določi svoje namere. V kom-



Slika 9 : Vmesnik za mešano resničnost HoloLens [11].

binaciji s prepoznavo človekovih kretenj ali govora lahko uporabnik potrjuje svoje namere in proži izvršitev določenih ukazov.

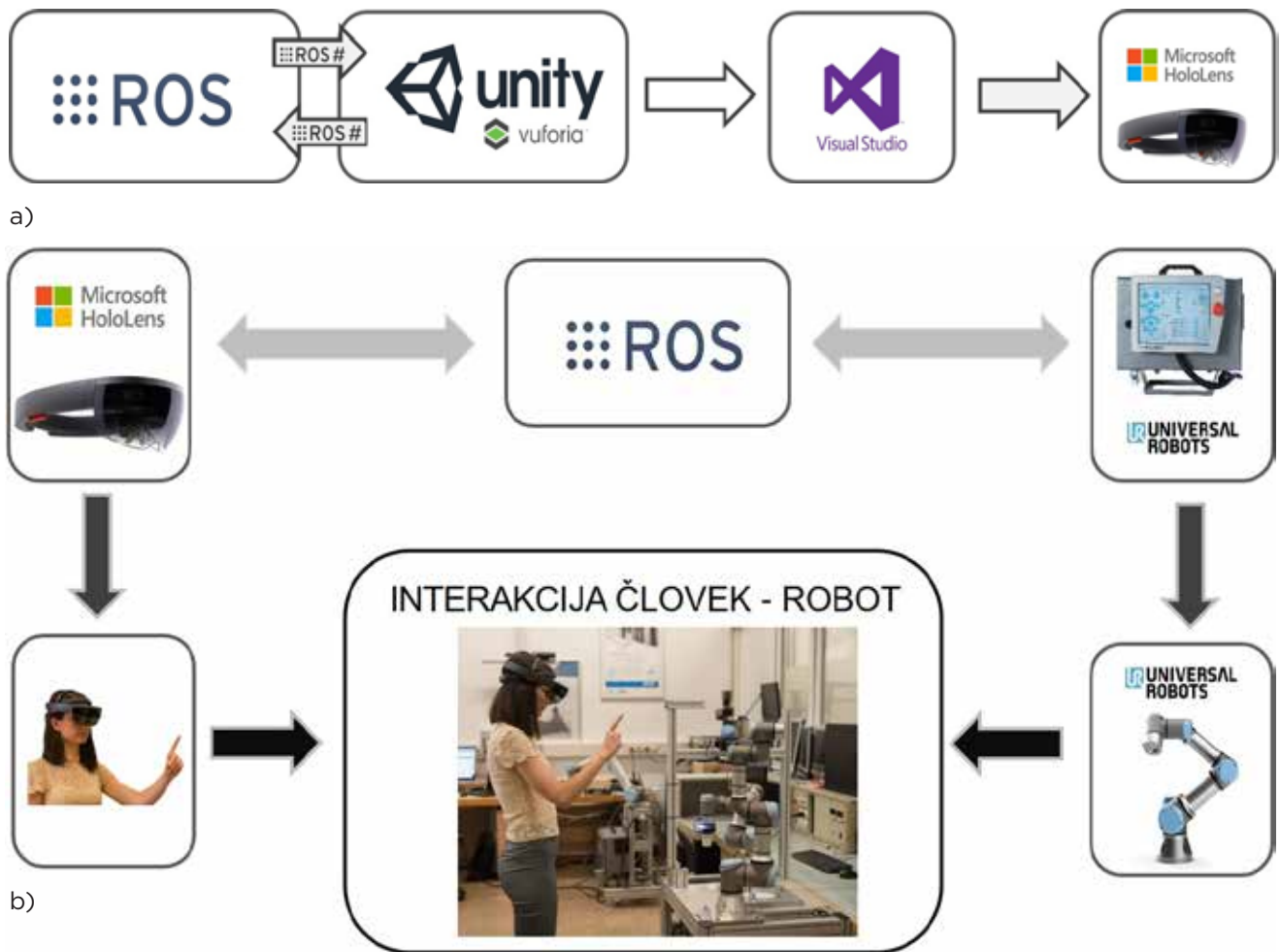
Programska oprema Unity3D [12] je namenjena oblikovanju virtualnih interaktivnih 3D objektov hologrfskega vmesnika. Za integracijo očal HoloLens v robotski sistem smo vključili še ROS [13], robotski operacijski sistem, ki združuje programske knjižnice in orodja, ki pomagajo pri razvoju takšnih robotskih aplikacij. Komunikacija med Unity3D in ROS poteka preko t. i. »rosbridge« in programske knjižnice ROS#, ki omogoča uvoz ali izvoz datotek v .urdf formatu iz ROS v Unity3D ali obratno ter izmenjavo informacije preko t. i. »publisher«-jev in »subscriber«-jev. Komunikacija med robotom in ROS-om poteka preko t. i. komunikacijskega protokola »websocket«, preko katerega pošiljamo podatke o vrstnem redu vijačenja ter poziciji novih točk vijačenja.

Za potrebe razvoja naše laboratorijske aplikacije smo vzpostavili povezavo UR3e - ROS - HoloLens, kot prikazuje *slika 10*.

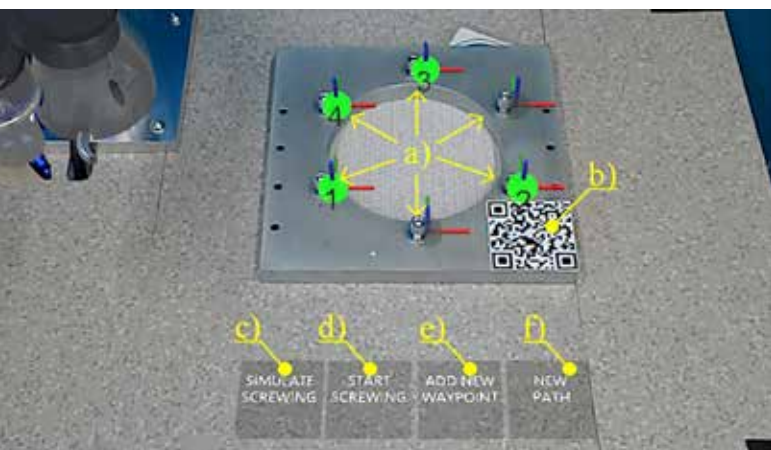
Vmesnik MR, ki je prikazan na *sliki 11*, omogoča definiranje robotske trajektorije ter določitev zaporedja vijačenja. Prostorska poravnava virtualnih objektov glede na realno okolje in objekte v njem je dosežena z uporabo markerja v obliki kode QR. Prepoznavo in sledenje markerjem omogoča knjižnica Vuforia [14], ki jo lahko integriramo v programsko okolje Unity3D.

Pogled skozi hologrfski vmesnik omogoča parametrizacijo robotske naloge s fleksibilnim določanjem zaporedja izvajanja. Hologrfski vmesnik vključuje šest virtualnih gumbov v obliki sfer s koordinatnim sistemom, ki določajo pozicijo in orientacijo posameznega mesta vijačenja. S pogledom na izbrano mesto in s kretljivo izberemo mesto vijačenja in določimo zaporedje izvajanja. Kot povratna informacija o izbiri se vsaka izbrana sfera obarva zeleno. Na njej se izpiše tudi zaporedna številka vijačenja, kot to prikazuje *slika 11*. Pod omenjenimi virtualnimi gumbi so nameščeni še gumbi za začetek simulacije vijačenja, začetek izvedbe vijačenja na robotu, dodajanje novih točk in oblikovanja nove trajektorije.

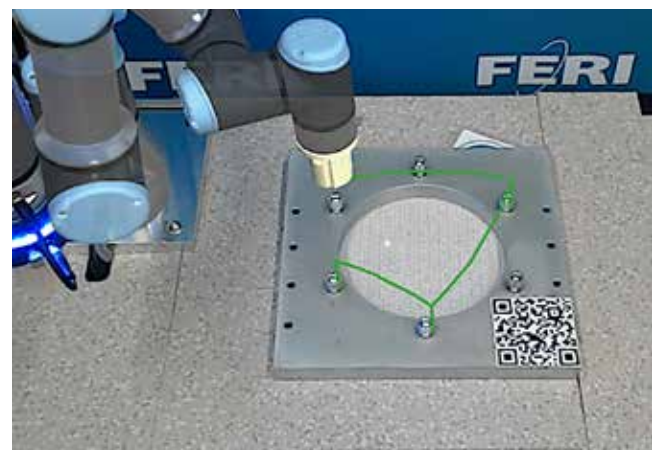
Za validacijo definirane robotske trajektorije lahko hologrfski vmesnik prikaže simulacijo gibanja robota z virtualnim 3D modelom robota, kot je to razvidno na *sliki 12*. Simulacija predvidene robotske trajektorije se izvede pred izvajanjem programa na realnem robotu, da bi prostorsko prikazali pot orodja virtualnega robota v realnem delovnem prostoru realnega robota. Pot ponazarja zelena krivulja, prikazana na *sliki 12*. Virtualna simulacija pomaga pri preverjanju korektnosti sekvence vijačenja, izvedljivosti robotske naloge s stališča dosegljivega delovnega prostora robota ter singularnih točk robota. Namen simulacije je tudi preverjanje kolizij robota z okolico.



Slika 10 : a) Snovanje aplikacije za mešano resničnost z očali HoloLens, b) Struktura aplikacije za mešano resničnost z očali HoloLens.



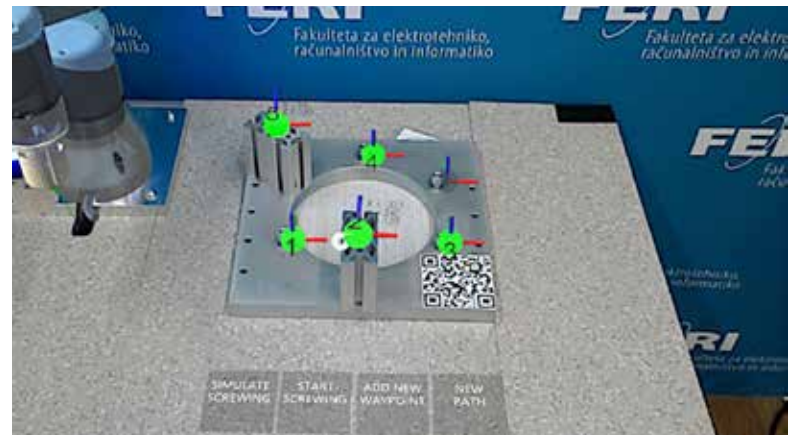
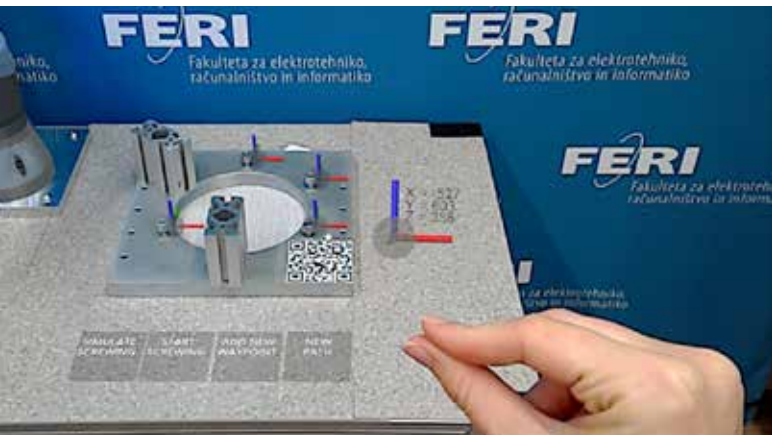
Slika 11 : Vmesnik MR: a) Virtualni gumbi za izbiro mesta vijačenja, b) Marker MR, c) Izvedba simulacije vijačenja, d) Izvedba vijačenja na realnem robotu, e) Dodajanje nove točke, f) Oblikovanje nove trajektorije.



Slika 12 : Holografski virtualni 3D model robota UR3e med izvajanjem simulacije prekriva realno okolje.

Če človek oceni, da je med simulacijo prišlo oz. bi lahko prišlo do kolizije, ima možnost replaniranja robotske naloge. Kolizijam se lahko izogne s ponovno parametrizacijo z drugačnim vrstnim re-

dom vijačenja. Če se na ta način ne more izogniti kolizijam, lahko uporabnik definira nove vmesne točke, ki jim lahko s premikanjem roke spremenjapozicijo, kot je prikazano na sliki 13. Nato jih lahko aktivno vključi v načrtovanje in parametrizacijo nove poti orodja.



Slika 13 : a) Dodajanje novih točk (določanje pozicije s premikanjem roke) b) Kreiranje nove trajektorije.

4 Zaključek

Kolaborativne robotske aplikacije prinašajo v industrijo nove možnosti avtomatizacije proizvodnih procesov. Enostavno jih lahko vpeljemo v procese montaže, ki vključujejo tipične operacije, kot je vijachenje. Pri tem lahko elementarne operacije razdelimo tako, da človek vstavlja vijake v luknje, robot pa jih privijači. Na ta način se bistveno poenostavi naloga robota in tako tudi proizvodna tehnologija, saj zahtevnejši del procesa še vedno z lahkoto opravi človek. V nasprotju s popolnoma avtomatiziranimi sistemi vijachenja se zmanjša potreba po dodatni opremi, ki bi bila namenjena sortiranju, orientiranju in doziranju vijakov do vijahnika, ki je nameščen na robotu. Fizično zahtevnejše naloge vijachenja prevzame robot, medtem ko si s človekom deli delovni prostor. Definiranje robotske trajektorije je fleksibilno do te mere, da omogoča dinamično spreminjanje robotske trajektorije na zelo intuitiven način, saj lahko neposredno prilagaja trajektorijo skoraj vsak uporabnik preko holografskega vmesnika, brez predhodnega znanja o programiranju robotov.

Predstavljena laboratorijska aplikacija združuje nekatere osnovne pomembne elemente, ki so potrebni za razvoj človeku varne in intuitivne kolaborativne aplikacije ter predstavlja nov način interakcije, v katero sta aktivno vključena človek in robot skupaj drug ob drugem v istem delovnem prostoru. Komunikacija med njima poteka interaktivno in na človeku intuitiven in učinkovit način (fizični stik, holografski vmesnik). Očala mešane resničnosti ponujajo možnost naprednejše komunikacije in interakcije človek – robot preko holografskih objektov prav zaradi možnosti prostorskega prikaza in interakcije z virtualnimi objekti, kar je pri sorodnih tehnologijah, kot je npr. projekcijska, težje izvesti. Z vmesnikom mešane resničnosti lahko robotsko nalogo definiramo fleksibilno in pred zagonom preverimo še izvedljivost z virtualnim robotom v realnem okolju.

Video demonstracija interaktivne laboratorijske aplikacije s kolaborativnim robotom in holografskim

vmesnikom mešane resničnosti HoloLens na primeru vijachenja je na voljo na naslovih <https://youtu.be/t1kfek717ek> in <https://youtu.be/REnv4ywydeg>.

Viri

- [1] ISO 10218-1/2:2011: Robots and Robotic Devices Safety Requirements for Industrial Robots Part 1: Robots/Part 2: Robot Systems and Integration.
- [2] ISO/TS 15066:2016: Robots and robotic devices – Collaborative robots.
- [3] G. Michalos, P. Karagiannis, S. Makris, Ö. Tokcalar, and G. Chryssolouris, "Augmented reality (AR) applications for supporting human-robot interactive cooperation" presented at the 48th CIRP Conference on Manufacturing Systems - CIRP CMS 2015 2015.
- [4] Z. Materna, M. Kapinus, V. Beran, P. Smrž, and P. Zemčík, "Interactive Spatial Augmented Reality in Collaborative Robot Programming: User Experience Evaluation," presented at the 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2018.
- [5] S. Erjavec, M. Mihelj, M. Munih, and S. Šlajpah, "Uporaba sodelujočega robota in obogatene resničnosti na primeru aplikacije sestavljanja," Ventil, vol. 3, 2019.
- [6] Guidebook & recommendation for the deployment of HORSE framework for Application Experiments, (<http://www.horse-project.eu/sites/default/files/publications/HORSE-D7.2-v1.00.pdf>).
- [7] Cherubini, A., Passama, R., Fraise, P., Crosnier, A.: A unified multimodal control framework for human-robot interaction, Robotics and Autonomous Systems 2015 vol. 70, str.: 106-115.
- [8] Gerbers, R., Mücke, M., Dietrich, F., Dröder, K.: Simplifying robot tools by taking advantage of sensor integration in human collaboration robots, 6th CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems, Elsevier 2016 vol.

- 44, str.: 287- 292.
- [9] Halme, R., Lanz, M., Kamarainen, J., Pieters, R., Latokartano, J., Hietanen, A.: Review of vision-based safety systems for human-robot collaboration, 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, Elsevier 2018 vol. 72, str.: 111-116.
- [10] Universal Robots, (<https://www.universal-robots.com/>).
- [11] Microsoft HoloLens, (<https://www.microsoft.com/en-US/hololens>).
- [12] Unity3D, (<https://unity3d.com/>).
- [13] ROS, (<http://www.ros.org/>).
- [14] Vuforia, (<https://www.vuforia.com/>).

Interactive Laboratory Screwing Application with a Collaborative Robot and Mixed Reality Glasses HoloLens

Abstract:

Most collaborative robot applications, which can be currently seen in industry, have been designed to perform deterministic repetitive manufacturing tasks. The interaction between a robot and a human is usually not provided in the task execution, since it presents a potential harmful hazard for the human worker. However, the collaborative robot systems provide a possibility to involve a human with his intelligent creativity and motion dexterity into the process workflow, which may improve flexibility of the collaborative robotic application that can be achieved only hardly by a conventional robotization approach. In this paper, we describe a new approach for intuitive collaboration between robot and human worker in which a physical human-robot contact and interactive communication through holographic interface can be used as a natural and intuitive interaction. We demonstrate the proposed approach on the case of the experimental laboratory screwing application with collaborative robot UR3e from Universal Robots, which furthermore enables upgrading with other technologies for facilitating human-robot collaboration such as mixed reality. This holographic interface was developed with the purpose of virtual parametrization and simulation of a robotic task in a real robot workspace.

Keywords:

human-robot collaboration, collaborative robot, human-robot physical interaction, mixed reality, robotic screwing

Zahvala

To delo je bilo delno sofinancirano z raziskovalnim programom št. P2-0028 Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in v okviru projekta ROBOTool-1, OP20.03540, kjer naložbo sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.



IRT 3000
INOVACIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE

SPLAČA SE BITI NAROČNIK



ZA SAMO 50€ DOBITE:

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (10 številk)
- strokovne vsebine na več kot 140 straneh
- vsakih 14 dni e-novice IRT3000 na osebni elektronski naslov
- možnost ugodnejšega nakupa strokovne literature

**UGODNOSTI ZA
NAROČNIKE REVIJ**

Vsak novi naročnik prejme
majico in ovratni trak

NAROČITE SE! ☎ 01 5800 884 ✉ info@irt3000.si 🌐 www.irt3000.si/narocam

Na voljo tudi digitalna različica revije

WWW.IRT3000.COM

INDUSTRIJSKI FORUM **IRT** 2020

NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

Predstavitev strokovnih prispevkov
Strokovna razstava | Aktualna okrogla miza
Podelitev priznanja TARAS

FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

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



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

Portorož, 8. in 9. junij 2020

www.forum-irt.si

Dogodek poteka pod častnim pokroviteljstvom predsednika Republike Slovenije Boruta Pahorja.

VZDRŽEVANJE HIDRAVLIČNIH NAPRAV – 6. DEL

Franc Majdič

V petem delu *Vzdrževanja hidravličnih naprav* smo predstavili posledice neustreznega zagona hidravlične naprave in kako jo po pravilnih postopkih zaženemo prvič ali pa po menjavi hidravlične sestavine. Nepravilni zagon hidravlične naprave pogosto vpliva na prezgodnjo odpoved in zastoje proizvodnje. Utemeljili smo tudi, kako pomembna je kakovostna analiza okvar hidravličnega sistema, saj nam ta prihrani čas in denar.

Povzetek

V tem prispevku bomo najprej predstavili, kako se lotiti odpravljanja okvar. Sledila bo predstavitev skupnih simptomov okvar hidravličnih sistemov: nenavadno povečan hrup, visoke delovne temperature in počasnejše delovne operacije. Omenjeni simptomi se lahko pojavijo ločeno ali pa v kombinaciji. Najprej bomo predstavili, kakšni so vzroki za nesprejemljivo povečan hrup in posledice na hidravlični opremi. Sledila bo predstavitev vzrokov in posledic previsokih temperatur hidravlične kapljevine. Zadnji bo predstavljen simptom upočasnjenih gibov batnic hidravličnih valjev in zmanjšanih hitrosti pogonskih gredi hidravličnih motorjev.

Odpravljanje okvar v teoriji in praksi

Teorija je zelo pomembna, a pogosto smiselna le, če se prenese v prakso. V nadaljevanju bomo pojasnili, kako si pri odpravljanju napak pomagati z osnovnimi zakoni hidravlike. Predstavili bomo na konkretnem problemu – na okvari mobilnega hidravličnega stroja. Odpovedala je hidravlična črpalka in zamenjali so jo z obnovljeno. Po popravilu so zagнали stroj in po besedah vzdrževalcev obnovljena črpalka ni ustvarila tlaka ... Znano je, da črpalka sesa kapljevino iz rezervoarja in jo potiska v tlačni vod hidravličnega sistema (ustvarja pretok). Tlak je le posledica odpora proti pretakanju (koristni odpor – breme in nekoristni – tlačne izgube). Po hitrem vizualnem pregledu ravni olja v rezervoarju okvarjenega mobilnega stroja in pregledu vgradnje je bilo jasno, da črpalka ustvarja pretok. Ob upoštevanju tega dejstva in dejstva, da tok hidravlične kapljevine vedno teče tja, kamor je lažje oz. kamor je manj odpora pri pretakanju, je treba poiskati, kje kapljevina uhaja iz tlačnega dela sistema. Iz dejstva, da pri uhajanju kapljevine s področja z višjim tlakom

Doc. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 1: Dvostopenjski varnostni ventil.

na področje z nižjim prihaja do segrevanja, je zelo priporočljivo uporabiti termo kamero. V nekaj minutah po zagonu je bilo z infrardečo termo kamero ugotovljeno, da je najbolj segret varnostni ventil (slika 1). Dvignili so nastavev varnostnega ventila, a sistemski tlak se ni dvignil. Običajna logična razlaga hidravličarjev je, da se varnostni ventil ne more okvariti. Če bi deloval pravilno, bi moral sistemski tlak narasti, ko dvignemo njegovo nastavev. To seveda drži, če ima varnostni ventil možnost nastavitve (v večini primerov je tako). Po zaustavitvi hidravličnega sistema in demontaži ter razstavljanju varnostnega ventila je bilo ugotovljeno, da se je večji kovinski delec prvotne okvarjene črpalke zagodil med zapornim elementom (batkom) in ohišjem. Tako je olje uhajalo skozi prisilno odprto režo, tlaka pa zato ni bilo možno nastaviti.

Število možnih okvar hidravličnih sistemov je neskončno, zato jih ni mogoče preprosto zapisati in predvideti vseh možnih kombinacij. A iz opisane primera je razvidno, da poznavanje fizikalnega ozadja delovanja hidravličnih sistemov lahko zelo koristi pri odkrivanju vzrokov okvar. Prav tako je pri

odkrivanju okvar zelo pomembna dokumentacija proizvajalca posameznega stroja. Vsekakor je funkcijska hidravlična shema temeljni dokument. Risana mora biti v skladu s standardi ISO 1219-1 in ISO 1219-2. Brez detajlnih kataloških listov hidravličnih sestavin je resno vzdrževanje skoraj nemogoče.

Skupni simptomi hidravličnih okvar in njihovi vzroki

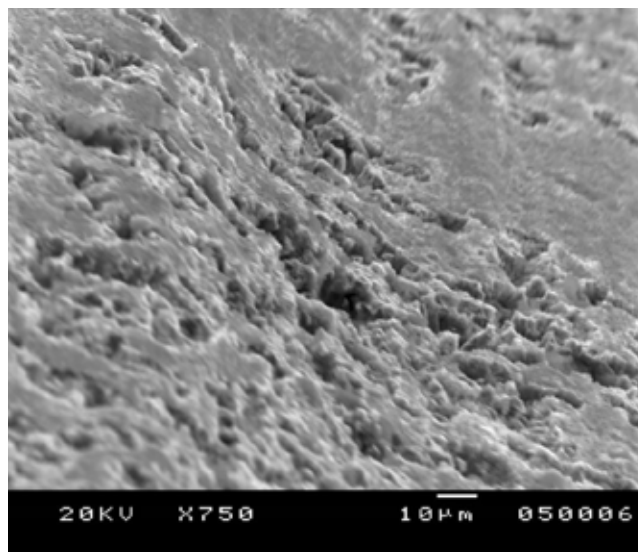
1 Povečan hrup

Povečan hrup je v hidravliki navadno posledica »prezračevanja« hidravlične kapljevine (aeracija) in / ali kavitacije. Aeracija pomeni nezaželen vstop zraka v hidravlično kapljevino, kar povzroča alarmantno bobnenje oz. moteč hrup pri kompresiji in / ali dekompresiji zračnih mehurčkov med pretakanjem skozi hidravlični sistem. Če je težava aeracija, opazimo penjeno kapljevino v rezervoarju ter pogosto moteče – neenakomerno gibanje batnic hidravličnih valjev. Zrak najpogosteje vstopa v hidravlični sistem preko sesalne odprtine črpalke. Na vstopni (sesalni) strani črpalke pogosto nastopa podtlak tudi takrat, ko je raven kapljevine v rezervoarju nekoliko nad sesalnim priključkom črpalke. Nujno je treba preveriti, ali je sesalni vod črpalke v dobrem stanju in ali vsi priključki na sesalnem vodu popolnoma tesnijo (ne smejo spuščati zraka, ki ima izrazito manjšo viskoznost kot hidravlična kapljevina). Gibke cevi na sesalnih vodih pogosto sčasoma postanejo porozne, zato jih je treba redno kontrolirati in vse sumljive zamenjati z novimi. Prav tako je težava, če je raven kapljevine v rezervoarju prenizka, saj se pri sesanju črpalke lahko lokalno ustvari »lijakasta gladina«. Ta pa omogoča zraku, da intenzivno vstopa v kapljevino in dalje v vtočno stran črpalke. Zato je treba redno kontrolirati raven kapljevine v rezervoarju in jo vzdrževati na zgornji dopustni meji (OPOZORILO: pri tem je treba paziti, da so vse batnice hidravličnih valjev uvlečene, saj v nasprotnem primeru lahko nalijemo preveč kapljevine v rezervoar). V nekaterih sistemih lahko zrak vstopa v hidravlično kapljevino preko grednega (rotacijskega) tesnila črpalke. Zaradi omenjenega je priporočena redna kontrola grednih tesnil črpalke, in če puščajo, jih je treba zamenjati. Aeracija zmanjšuje uporabno dobo hidravlične kapljevine, povzroča poškodbe hidravličnih sestavin zaradi slabšega mazanja, pregrevanja in zažiganja tesnil. Da bi preprečili aeracijo zaradi prenizke ravni olja (slika 2) v rezervoarju, lahko namestimo nivojsko stikalo za najnižjo še dopustno raven v rezervoarju. To je še posebej priporočeno pri mobilnih strojih, saj je lahko raven kapljevine nad sesalno odprtino v rezervoarju prenizka zaradi na terenu nagnjenega stroja. Nekateri proizvajalci strojev že sami vgradijo nivojsko stikalo, če pa tega ne storijo, ga lahko namestimo tudi sami.



Slika 2 : Nivojsko stikalo za varnostni izklop hidravličnega sistema (Bosch-Rexroth).

Kavitacija se pojavi, ko je potreba po volumnu kapljevine v kateremkoli delu hidravličnega sistema večja, kot je trenutna oskrba. Do kavitacije pride, ko absolutni tlak v tem delu hidravličnega sistema pade pod uparjalni tlak hidravlične kapljevine. To povzroča formiranje parnih mehurčkov znotraj kapljevine. Mehurčki implodirajo (se stisnejo), ko jih izpostavimo visokemu tlaku. Kavitacija povzroča »trkajoči« hrup. Kavitacija se lahko pojavi kjer koli znotraj hidravličnega sistema. Najpogosteje jo najdemo pri črpalkah. Zamašen sesalni filter ali omejen pretok na sesalnem vodu (stisnjena ali močno upognjena cev, priprt krogelni ventil ...) povzroča uparjanje. Če ima črpalke sesalni filter, preverite, ali je zamašen. Glede na opisane težave na splošno odsvetujemo uporabo sesalnih filtrov. Pri nameščanjem krogljenem ventilu na sesalnem vodu preverite, ali je popolnoma odprt. Na splošno priporočamo



Slika 3 : Kavitacijska erozija znotraj hidravličnega sistema (povečava 750 x).

uporabo krogelnih ventilov na sesalnem vodu z nameščenim električnim končnim stikalom, ki pri nepopolnem odprtju ne dopušča zagona pogonskega elektromotorja. Delno priprt ventil na sesalnem vodu pogosto povzroča tudi vibracije, kar je zunanji znak za nevarnost, da se pojavi kavitacija. Posledice kavitacije so v hidravličnih sistemih lahko zelo resne. Kavitacija povzroča erozijo (odnašanje) kovinskega materiala (*slika 3*), kar uničuje hidravlične sestavine in kontaminira hidravlično kapljevino. V ekstremnih primerih lahko kavitacija povzroči večje mehanske okvare hidravlične črpalke ali motorja. Če želimo preprečiti kavitacijske poškodbe, ustavimo hidravlično napravo takoj, ko se pojavi neobičajen in povečan hrup, in je ne uporabljamo, dokler ne odkrijemo in odpravimo vzroka.

2 Visoka temperatura hidravlične kapljevine

Temperatura hidravlične kapljevine nad 80 °C poškoduje večino hidravličnih tesnil in skrajša njeno uporabno dobo. To pomeni, da je temperatura hidravlične kapljevine nad 80 °C škodljiva in se je moramo izogibati. Temperatura kapljevine je vsekakor previsoka, ko njena viskoznost pade bolj, kot priporočajo posamezni proizvajalci v sistemu uporabljenih hidravličnih sestavin.

Visoko temperaturo hidravlične kapljevine lahko povzroči kar koli, kar zmanjšuje pretok hidravlične kapljevine po sistemu, notranje puščanje itd. Hidravlični sistem največ toplote odda preko rezervoarja. Tudi zato je pomembno, da je raven kapljevine v rezervoarju dovolj visoka. Preverite tudi, da ni ovir za tok zraka mimo rezervoarja, da ta ni s čim založen ali pretirano umazan (oprijeta debela plast masti in nečistoč); hladilni učinek zraka.

Preverite toplotni izmenjevalnik (hidravlična kapljevina / voda ali / zrak), da ta ni zamašen. Zmogljivost toplotnega izmenjevalnika je odvisna od velikosti toka hidravlične kapljevine in sekundarnega – hladilnega medija. Preverite vse sestavine hladilnega sistema in jih po potrebi očistite ali zamenjajte z novimi.

Zmogljivost hladilnega ventilatorja (izmenjevalnik: hidravlična kapljevina / zrak) ali vodne črpalke (izmenjevalnik: hidravlična kapljevina / voda) se najhitreje in najpreprosteje preveri z meritvijo vrtilne hitrosti in primerja s tovarniško podano vrednostjo. To se najpreprosteje izvede z uporabo optičnega tahometra (*slika 4*).

Pomembno je dejstvo, da vsak pojav tlačnega padca znotraj hidravličnega sistema pomeni segrevanje. Pri povečanem notranjem puščanju se sorazmerno poveča tudi segrevanje hidravlične kapljevine, kar lahko postopoma vodi v pregrevanje. To se lahko pojavi kjer koli, kot npr. pri delno poškodovanem batnem tesnilu hidravličnega valja, obrabljenem



Slika 4 : Uporaba tahometra pri meritvi dejanske vrtilne hitrosti pogonskega elektromotorja.

batu in izvrtini potnega ventila ali pri neustrezno nastavljenem varnostnem ventilu. Zelo pomembno je najti nezaželene vire segrevanja in jih odstraniti.

Opozorilo

Temperatura hidravličnih sestavin lahko preseže 90 °C, zato se jih ne dotikajte z golimi rokami. Lahko se resno opečete. Pri iskanju glavnih virov segrevanja hidravličnega sistema uporabljajte merilno opremo, kot npr. infrardečo termo kamero (*slika 5*), ki je brezkontaktna.

Najpogostejši vzrok nezaželenega segrevanja znotraj hidravličnega sistema je napačno nastavljen tlačni omejitveni (varnostni) ventil, ki je nastavljen nižje ali preblizu v primerjavi z nastavitvijo tlaka na tlačnem kompenzatorju črpalke s spremenljivo iztisnino (*slika 6*). Pri nastavitvi tlačnega omejitvenega ventila nižje od tlačnega kompenzatorja črpalke s spremenljivo iztisnino, ta tudi ob potrebi po zmanjšanju pretoka tega ne stori. Takrat ves pretok črpalke teče skozi tlačni omejitveni ventil in pri tem intenzivno segreva hidravlično kapljevino. V tem primeru



Slika 5 : Uporaba infrardeče termo kamere pri lociranju glavnih virov segrevanja znotraj hidravličnega sistema.

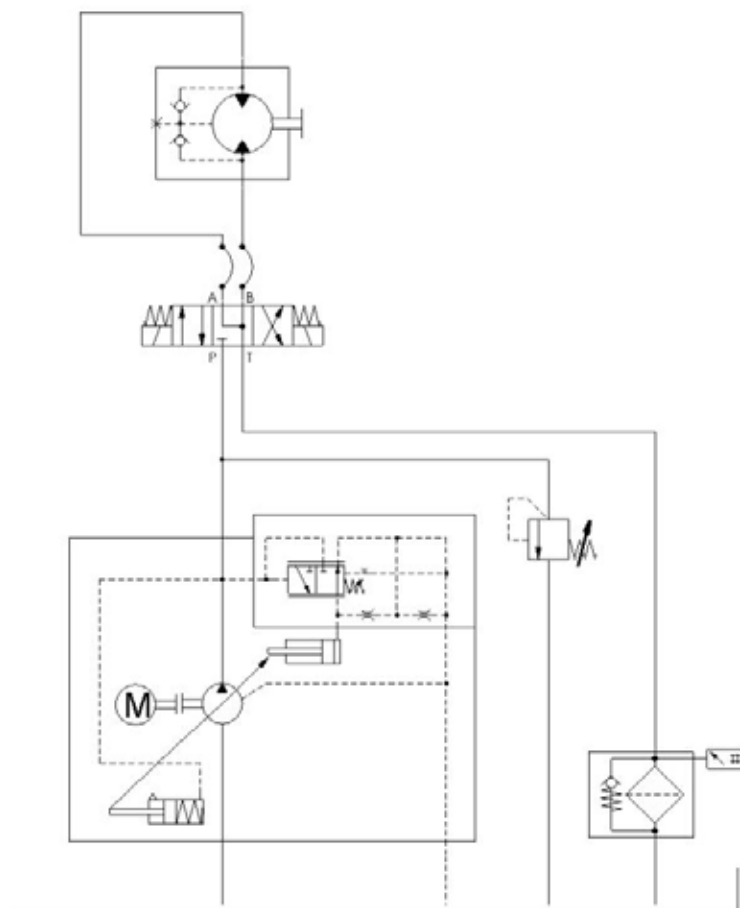
deluje črpalka s spremenljivo iztisinino enako kot črpalka s konstantno - močno segreva hidravlično kapljevino. Da se izogne omenjenim težavam, je priporočeno, da je tlačni omejitveni ventil nastavljen za 10 % višje kot tlačni kompenzator.

Ko se nezaželeni zrak znotraj hidravlične kapljevine stisne, se ta segreva. To pomeni, da aeracija dviguje temperaturno obremenitev hidravličnega sistema in povzroča pregrevanje. Zato je treba preveriti, ali v hidravlični sistem ne vstopa nezaželen zrak.

Kot smo že omenili, kavitacija povzroča formiranje parnih mehurčkov, ki pa se pri visokem tlaku segrejejo in posledično vplivajo na pregrevanje sistema.

Hidravlični sistemi, ki konstantno delujejo pri temperaturah nad 80 °C, imajo neustrezno hlajenje za temperaturo okolice, v kateri delujejo. V tem primeru je potrebno dodatno hlajenje.

Previsoka temperatura hidravlične kapljevine lahko poškoduje tesnila, zmanjšuje njeno uporabno dobo in zaradi majhne viskoznosti ter posledično pretankega mazalnega filma povzroča čezmerno obrabo

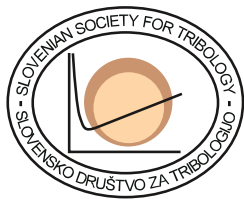


Slika 6 : Shema hidravličnega sistema z ustrezno nastavljenim tlačnim omejitvenim ventilom in tlačnim kompenzatorjem črpalke s spremenljivo iztisinino.

triboloških kontaktov znotraj hidravličnih sestavin. Da se temu izognemo, je priporočena uporaba temperaturnih stikal (*slika 7*), ki izklopijo sistem pri povišani temperaturi. V takem primeru je treba pred nadaljnjim obratovanjem najprej odpraviti vzroke za previsoko temperaturo.



Slika 7 : Temperaturno stikalo za varnostni izklop hidravličnega sistema (Wika).



SLOTRIB 2020

**POSVETOVANJE O
TRIBOLOGIJI,
MAZIVIH IN
TEHNIČNI DIAGNOSTIKI**

JUNIJ 2020

Hotel Slovenija, Portorož

Več informacij dostopnih na:
www.tint.fs.uni-lj.si

KONTAKT

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIJO

**prof. dr. Mitjan Kalin – predsednik SDT
Joži Sterle – tajništvo**

Bogišičeva 8
1000 Ljubljana

Tel.: 01 4771 460
Fax: 01 4771 469

E-mail: jozi.sterle@tint.fs.uni-lj.si

3 Upočasnjeno gibanje aktuatorjev (izvršilnih sestavin)

Zmanjšanje zmogljivosti hidravlične naprave je pogosto prvi indikator, ki pove, da je nekaj narobe. To se navadno odraža v podaljšanih časih posameznih ciklov ali v počasnejšem delovanju hidravličnih aktuatorjev (hidravlični valji, hidravlični motorji, zasučni valji). Zapomniti si je treba, da učinkoviti hidravlični pretok neposredno vpliva na hitrost aktuatorjev. Taka upočasnitev delovanja posameznih aktuatorjev je posledica povečanja notranjega puščanja hidravličnih sestavin opazovane naprave. V takem primeru je treba locirati mesto povečanega puščanja. Tok hidravličnega olja namreč lahko uhaja iz sistema znotraj ali navzven. Zunanje puščanje je navadno posledica poškodbe (razpoka) hidravlične cevi, cevnega priključka ali spoja in se odkrije preprosto. Notranje puščanje pa se lahko pojavi znotraj črpalke, ventilov ali posameznih aktuatorjev. Notranje puščanje lahko identificiramo s termo kamero, še boljše pa z rentgenskim pregledom. Prihodnjic bomo več govorili o tem.

Viri

- [1] Pezdirnik, J., Majdič, F.: Hidravlika in pnevmatika, skripta; Ljubljana, 2011.
- [2] Findeisen, D.: Ölhydraulik, 5. Auflage, Berlin, 2005.
- [3] Casey, B.: Insider secrets to hydraulics, Brendan Casey, West Perth, 2002.

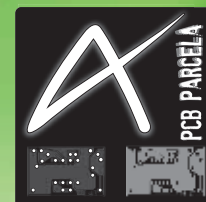


AX ELEKTRONIKA

PCB parcele

Najcenejša izdelava
vašega prototipnega
vezja v Sloveniji!

telefon: 01 549 14 00,
e-pošta: bojan@svet-el.si



AX elektronika d.o.o
Špruha 33
1236 Trzin
www.svet-el.si





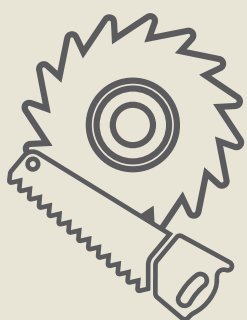
Celjski sejem

CELJSKI SEJEM

31. marec - 3. april 2020



ENERGETIKA INTERKLIMA



LESTECH



TEROTECH

RAZVOJ HIDRAVLIČNE POGONSKE TEHNIKE SKOZI ČAS

5. DEL: HIDRAVLIKA NA PODROČJU GRADBENIŠTVA

Darko Lovrec

Hidravlična pogonska tehnika se je kar hitro uveljavila na področju dviganja ali prenašanja velikih bremen. To področje uporabe je ob zasnovi prve hidravlične stiskalnice kar hitro uvidel Bramah in za lastne potrebe zgradil preprosto dvigalo. Za prenašanje bremen se je specializiral Armstrong, ki je s svojimi najrazličnejšimi hidravličnimi žerjavi, poleg že uveljavljenih hidravličnih stiskalnic, razvijal drugi močan steber razvoja hidravlike, hidravlične dvižne naprave.

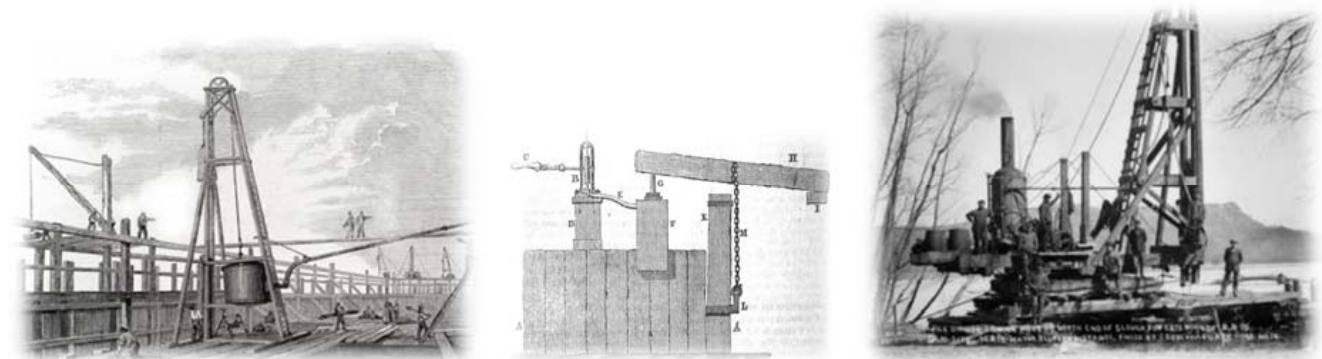
Velika bremena so prisotna tudi na področju gradbeništva, pa naj gre za prenašanje težkih delov ali sklopov konstrukcij ali pa za vtiskanje pilotov v zemljinu pri utrjevanju mehkih rečnih brežin. Tako je hidravlična pogonska tehnika hitro našla še tretje področje uporabe, kjer je izredno močno prisotna še danes – področje gradbeništva. Tu se je hidravlika uveljavila na treh glavnih segmentih: gradnja infracturnih objektov, kot so različni mostovi in viadukti, gradnja visokih zgradb ter gradnja tunelov oz. vrtnanje pod zemljo.

Tudi ta segment so zaznamovale naprave W. G. Armstronga – specialista za dviganje in vrtnje velikih bremen. Tako so številne njegove genialne inženirske stvaritve v uporabi še danes. V tem sestavku bo na kratko predstavljen izstopajoči primer uporabe hidravlične pogonske tehnike na področju gradbeništva.

1 Pohod hidravlike na področje gradbeništva

Uporabnost hidravlike na področju gradbeništva je hitro spoznal že Bramah. Že leta 1810 je zabijal oz. vtiskal lesene stebre, t. i. pilote, v mehko zemljinu rečne ga obrežja. Na ta način so izvajali pripravljala dela za gradnjo temeljev za prvi most Waterloo (orig. Waterloo Bridge), na reki Temzi v Londonu. [1]

Večje pilote, dolžine okoli 6 m, so običajno zabijali ali vtikali posredno, s pomočjo parno gnanih udarnih naprav ali pa kontinuirano s pomočjo stisnjene zraka, manjše pa so vtiskali neposredno, na hidravlični način. Slednji način so uporabljali za gradnjo začasnih jezov oz. bran. Hidravlični način pa je bil uporabljen tudi za odstranjevanje oz. puljenje teh pilotov – *slika 1*. Omenjena primera sodita v skupino uporabe hidravlike za pripravljala dela pri gradnji mostov.



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

Slika 1 : Vtiskanje pilotov s pomočjo parnega stroja (levo) ter Bramahova naprava za puljenje zaježitvenih stebrov (sredina) [2] in tovrstna večja naprava (desno)

2 Dviganje težkih jeklenih konstrukcij - gradnja mostu Britannia

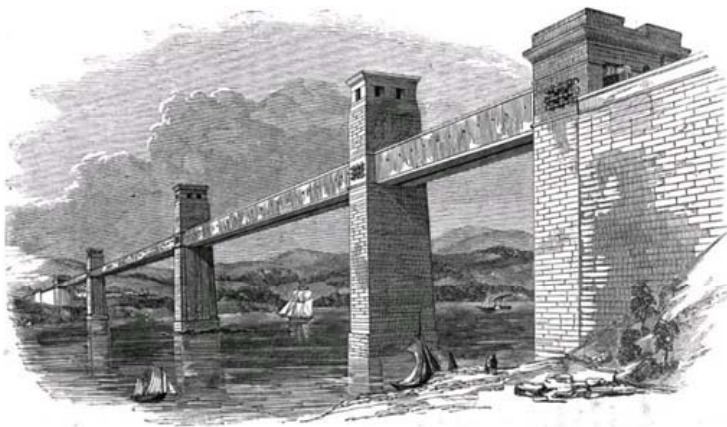
Uporaba hidravlike pri gradnji mostov se je dejansko pričela z razmahom železnice v Angliji, pri čemer je bilo potrebno premostiti soteske in reke z visokimi mostovi. Eden bolj znanih, z gradbeniškega vidika še danes zahtevnejši objekt, je predstavljal železniški most na reki Menai (orig. Menai Straits Railway Bridge oz. Britannia Bridge) - *slika 2*. Most je moral zagotavljati nemoten ladijski promet (v tem obdobju so prevladovale jadnice z visokimi jambori), tako ob nizkem kot ob najvišjem vodostaju reke, ter preko nje nemoten dvotirni železniški promet. Izziv gradnje, več kot 30 m visokega mostu, je bil predan Robertu Stephensonu, sinu Georgea Stephensona, ki je bil eden vodilnih železniških in gradbenih inženirjev tistega časa.

Prvotni viseči most, po mnenju Roberta Stevensona, zasnovan za pešce in vprego, ne bi prenesel obremenitve vlakovne kompozicije. Zato so se odločili nedaleč stran zgraditi most, primeren za železniški promet. Oba mostova na reki Menai prikazuje *slika 2*.



Slika 2 : Litografija mostov na reki Menai; v ospredju viseči most za kopenski promet, v ozadju železniški most Britannia

Gradnja kamnitega dela mostu za gradbince ni bil poseben podvig. Večji problem je bil dvig jeklene konstrukcije mostu na visoko mesto vgradnje in pa sama teža na kopnem izdelanih in sestavljenih segmentov jeklene konstrukcije v obliki škatle - cevi (*slika 3*).



Končni prvotni videz mostu Britannia



Cevna oblika jeklene konstrukcije



Gradnja cevne konstrukcije na kopnem in splavljenje na mesto dviga

Slika 3 : Gradnja mostu Britannia v letih med 1846 in 1850

Glede izvedbe mostu je bilo preučeni veliko idej, a kot najprimernejša oblika je bila revolucionarna, nova cevasta zasnova mostu. Cev bi bila sestavljena iz posameznih segmentov iz kovanega železa, škatlaste oblike – *slika 3*, pri čemer sta bili dve cevi za največja razpona dolžine 140 metrov in dve manjši dolžine 70 metrov. Za vsak razpon sta bili predvideni po dve cevi, po ena za vsak tir. Štiri daljše cevi oz. konstrukcije bi naj zaradi lažje montaže in transporta sestavnih elementov sestavljali na rečnem obrežju (*slika 3*), nakar bi ga s splavi pripeljali na mesto vgradnje (*slika 3*). Krajše konstrukcije bi vgradili kar na licu mesta. Problem, ki je preostal, je bil dvig takšne izredno dolge in težke jeklene konstrukcije na kamnite podporne stebre. To je bilo edino možno na hidravlični način, s hidravlično dvizno tehniko, po principu hidravlične stiskalnice. Tako je v tistem času hidravlika omogočila pionirski način gradnje in same zasnove mostu.

Cevno konstrukcijo, mase okoli 1150 ton, so dvignili v svoj položaj s hidravličnimi dviznimi napravami, s stiskalnicami [4]. Te so bile nameščene na vrhu nosilnih kamnitih stebrov in z verigami iz kovanega železa povezane s konstrukcijo. Dolžina giba bata dvizne naprave je bila popolnoma enaka dolžini členka verige. Tako so lahko, ko je bil gib bata v celoti dosežen, konstrukcijo v tem položaju fiksirali, odstranili povezavo verige s konstrukcijo, bat premaknili v drugi položaj in postopek dviganja ponovili. Ta princip dviganja »s preprijemanjem« se še danes uporablja pri samo-premikajočih se gradbeniških opazih. Zaradi varnostnih ukrepov so prostor pod dvigajočo konstrukcijo začasno zapolnili, kar se je izkazalo modro, saj je nekoč hidravlični sistem odpovedal in konstrukcija je padla, a zaradi podpore le za nekaj centimetrov in ostala nepoškodovana.

V tistem času je tudi izdelava ohišja velikega hidravličnega valja predstavljala poseben izziv. Notranji premer hidravličnega valja je znašal okoli 560 mm, zunanji premer pa okoli 1070 mm, dolžina valja pa nekaj manj kot 3 m. Zmogljivost dvizne naprave je znašala 2000 ton. Za litje ohišja hidravličnega valja so potrebovali 22 ton tekoče kovine, pri čemer so zaradi kapacitete talilne peči morali litje valja izvesti po posebnem postopku, z dolivanjem nove litine ob ohranjanju temperature že vlitnega materiala. Litje je zato trajalo tri dni. Po desetih dneh so lito ohišje očistili in pripravili za nadaljnjo obdelavo.

Dodatni izziv pri dviganju mostne konstrukcije je predstavljalo zagotavljanje vzporednega gibanja, kar so dosegli z mehansko konstrukcijo vitla in zobnikov, ki jih je lahko upravljal en sam človek. Tako je bila pri vsakem gibu valja konstrukcija za približno 1800 mm višje, čas, ki je bil porabljen za en dvig, pa je znašal od 30 do 45 minut.

Po navedbah virov – [4] je dejanska največja masa, ki so jo dvignili na mostu Britannia, znašala 1.144 ton. Količina vode, ki so jo porabili za vsakih 1,8 m

dviga pa je znašala 81,5 litrov. Pri opisu zmogljivosti dvizne naprave so zapisali sledeče: »Tlak 3 tone na krožni palec je enak 3.819 ton na kvadratni palec, kar bi dvignilo steber vode v višino 5,41 milje; ta tlak bi torej zadostoval, da bi vodo vrgel čez najvišje gore na svetu.« Najvišji obratovalni tlak je tako moral znašati okoli 400 bar! Kot izvor energije sta bila uporabljena dva parna stroja, vsak moči po 30 kW. Valj parnega stroja je imel skožno batnico, neposredno povezano s plunžerjem vodne črpalke. [6]

Nadalje so še zapisali (op.: prevod blizu originalnemu zapisu): »Če bi morali dvigniti konstrukcijo mase 2000 ton za 1 funt (1 funt je cca 0,45 kg), potem mora biti ena ročica vzvoda 448000 krat večja od druge; če pa se giblje 1 funt skozi cev velikost 1 palca (1 palec je cca 25 mm), bo konstrukcija dvignjena za le 1/448000 del palca, in da bi dvignili cev na 100 čevljev (1 čevlj cca 304 mm, torej skupno cca 30,5 m), bi opravili pot 83522 milj ... kar bi trajalo 240000 let ... ali pa bi moč, ki jo porabi tisk pri dvigovanju cevi za 100 čevljev, če bi jo uporabila za navadno uro, delovala za obdobje 240000 let...« [4]. S tako podanim zapisom iz tistega časa so želeli poudariti energetske razsežnosti oz. zmogljivost naprave in s tem izreden dosežek inženirstva na področju hidravlike.

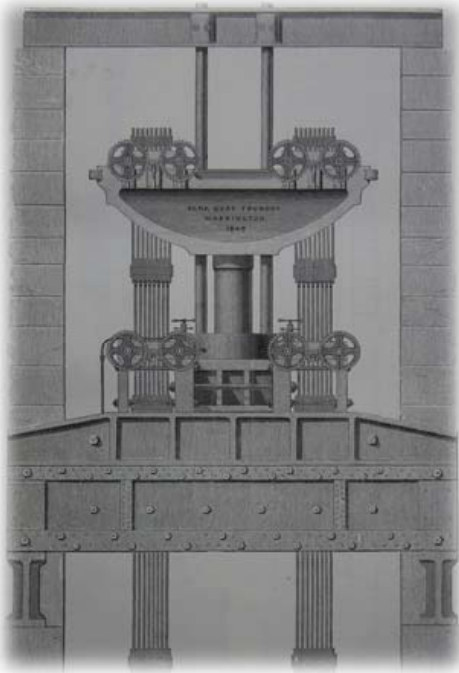
23. maja 1970 je nenamerni požar uničil streho iz katrana in oslabil železno konstrukcijo. Ta se je na treh mestih začela povešati in razpirati. Dolgi razponi so se upognili za 490 mm in za 710 mm, zaradi česar je bil železniški promet prekinjen. Stephensonovo jekleno cevno konstrukcijo so pri obnovi zamenjali z jeklenimi loki, ki se opirajo na armirano-betonsko ploščo. Prvotni zidani stolpi, vzpetine in štirje debeli kamniti levi, ki so varovali konce mostu, so ohranjeni.

Gradnja železniškega mostu Britannia je primer uporabe hidravlične pogonske tehnike, ki je edina omogočala realizacijo zamišljenih zahtevnih postopkov gradnje mostu. Hidravlika je v tem primeru kot »pomožna uporabljena tehnika« omogočila drzni načrt gradbeništva in s tem omogočila nadaljnje širjenje železniške mreže.

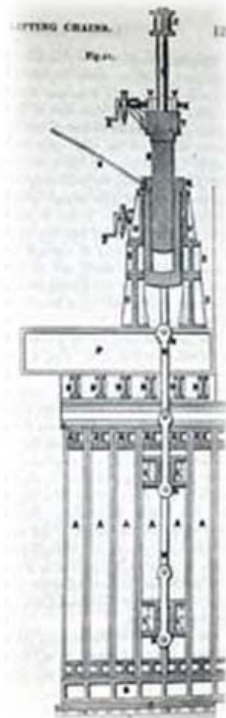
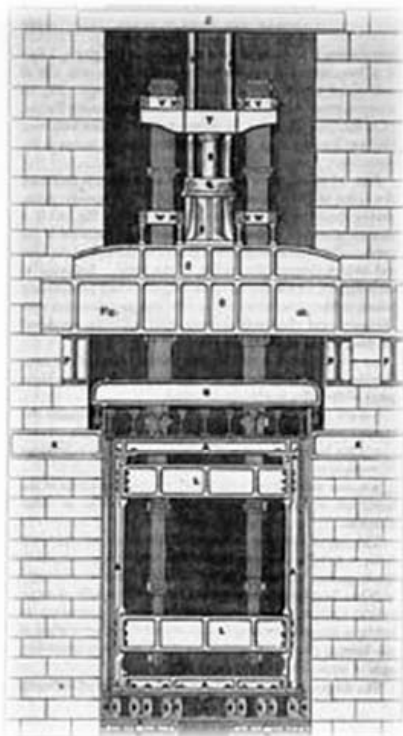
3 Armstrongovi mostovi

Drugi primer uporabe hidravlične pogonske tehnike, a ne v obliki kot pomožna tehnologija, temveč kot aktorika, predstavljajo vrtljivi in dvizni mostovi, ki jih je snoval Sir William Armstrong. Armstrong se je najprej specializiral za raznovrstne hidravlične dvizne naprave, pri čemer so bili v ospredju hidravlični pristaniški žerjavi. Pri teh je za vrtenje žerjavnega stolpa uporabil princip zobnik-zobata letev ali pa hidravlični motor. [7]

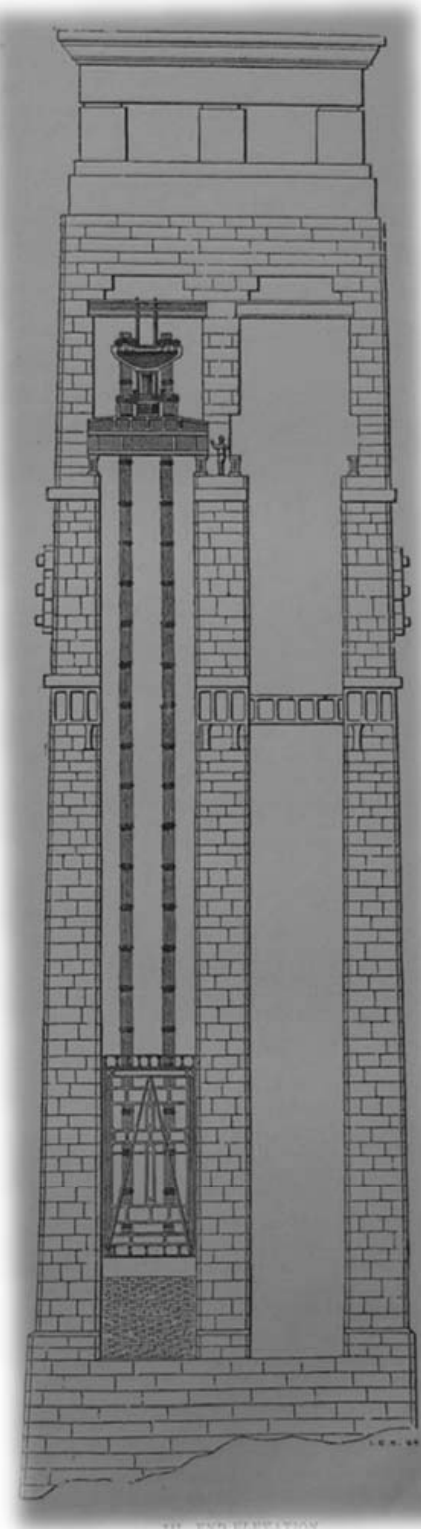
Armstrong je bil rojen in živel v Newcastleu v Angliji, ob reki Tyne. Kot sodelavec Bramaha, inženir,



Hidravlična dvižna naprava



Vpetje jeklene konstrukcije z dvižnimi verigami – pogled spredaj (levo) in s strani (desno)

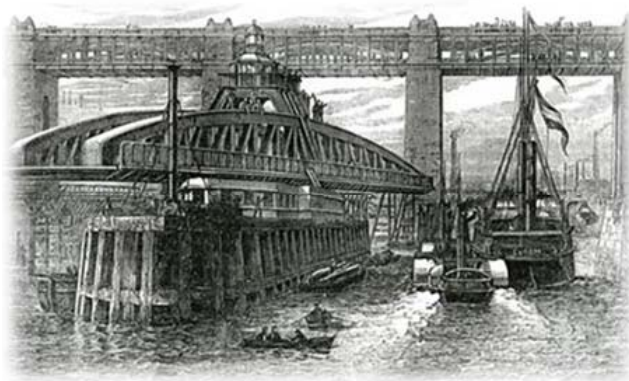


Dviganje jeklene konstrukcije

Slika 4 : Hidravlična naprava za dviganje jeklene konstrukcije mostu Britannia [4], [5]

inovator, gradbenik ter tovarnar, je dobro poznal problematiko rečnega prometa. Zato so bili njegovi prvi projekti vezani na hidravlične pristaniške žerjave. Prav tako je dobro poznal problematiko kopenskega prometa. Za razliko od mostu Britannia,

ki je bil zelo visok in omogočal neprekinjen ladijski promet pod njim, v primeru reke Tyne, ki teče skozi mesto Newcastle, takšna rešitev ureditve rečnega in kopenskega prometa preko mostu ni bila mogoča. Rešitev je videl v zasučnem oz. vrtljivem mostu,



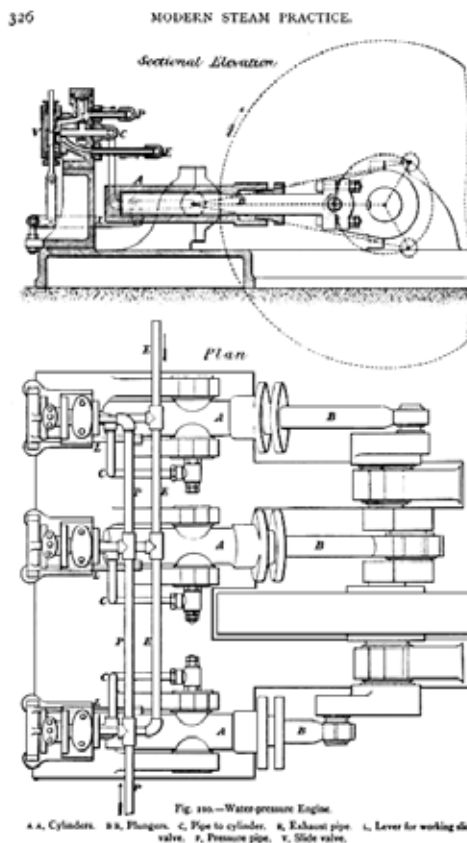
Slika 5 : Zasučni most na reki Tyne v Newcastleu (ob otvoritvi 1876 - levo) ter danes (desno)

nameščenem na osrednjem stebru na sredini reke, ki bi imel možnost zasuka za 90o in tako omogočal plovbo ladjam vzdolž obeh strani mostu. Tako bi lahko ob zasuku mostu sprostili ladijski promet po potrebi ali po določenem urniku. V ta namen so v bližini prvotnega mostu po Armstrongovih načrtih zgradili novega, zasučnega, ki je omogočal plovbo tudi večjim ladjam. Sliko zasučnega mostu, v prvotni obliki in v današnjem videzu, prikazuje *slika 5*.

Hidraulični zasučni most (orig. Newcastle Swing Bridge) je zasnoval in financiral kar sam Armstrong. Dela so se začela leta 1873, prvič je bil uporabljen

za cestni promet 15. junija 1876, za rečni promet pa je bil odprt 17. julija 1876. V času gradnje je bil to največji zasučni most, ki je bil kadarkoli zgrajen. [8]

Za vrtenje mostu je uporabljal svoje, lastno razvite hidraulične motorje, pri čemer je za podporo delovanja - zagotavljanje hidraulične energije, dodatno uporabil še hidraulične akumulatorje. Ti so bili nameščeni 18 m pod nivojem mostu, polnile pa so jih hidraulične črpalke, ki jih je poganjal parni stroj. Sproščeno energijo iz akumulatorja so nato uporabili za premikanje mostu. Hidraulični pogon se za premikanje mostu uporablja še danes, le da črpal-



Slika 6 : Strojnica v vrtljivem delu mostu in detajl opreme (levo), ter načrt hidrauličnega pogonskega motorja (desno)

ke danes poganjajo elektromotorji. Mehanizem, ki se še danes uporablja za premikanje mostu, je še vedno tisti, ki ga je Armstrong prvotno namestil. Videz strojnice mostu z Armstrongovimi tri-cilindriškimi oscilatorno delujočimi hidravličnimi motorji, prikazuje *slika 6*. Na sliki je prikazan še izvorni načrt vodno gnanega hidravličnega pogonskega motorja.

Hidravlični vodni pogon je lahko premikal celoten most dolžine 171 m, z razponom konzolne 85,6 m in z osrednjo vrtilno osjo, ki se lahko zasuče za celih 360 °, tako da plovila lahko plujejo na obeh straneh. Širina mostu znaša 9 m, masa ki jo je potrebno premikati, pa 1500 ton. Najbolj obremenjeno leto delovanja je bilo 1924, ko je bil most zasukan 6000-krat. V današnjem času most zasučejo le občasno, vsako prvo sredo v mesecu, kot »vzdrževalna vaja«.

V tem času je bilo v Angliji v uporabi že skorajda sto vrtljivih in dvižnih mostov, seveda manjših od tega v Newcastleu. Armstrongov koncept premikanja mostov in drugih velikih bremen se je okoli leta 1870 kar hitro prenesel tudi v Evropo. Tu se je za premikanje velikih bremen na hidravlični način, predvsem v gradbeništvu, specializiralo podjetje Hoppe iz Berlina.

Veliko bolj znan most na hidravlični pogon, kot je (bil) največji premični most v Newcastleu, in vsi ostali tovrstni mostovi skupaj, je znameniti londonski Tower Bridge. Ta most sicer ni vrtljiv, temveč ima dva premična, konzolno vpeta kraka, ki ju premika Armstrongov hidravlični pogon – *slika 7*.

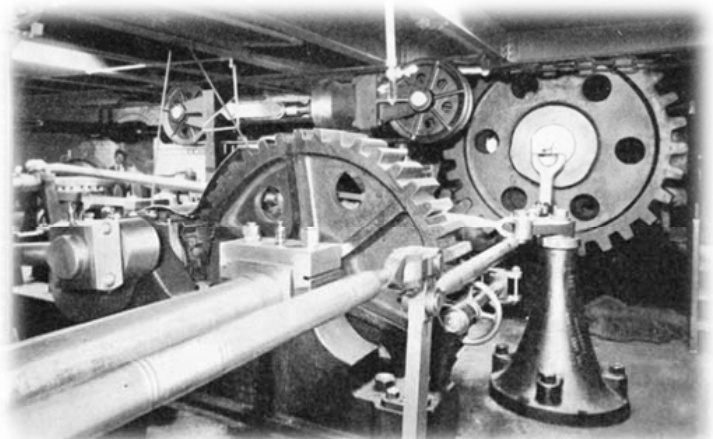
Vir hidravlične energije je bil v zgradbi na južnem bregu reke, kjer sta bila nameščena dva velika akumulatorja, ki sta zagotavljala hidravlično energijo za hidravlične pogonske motorje, delujoče s tlakom okoli 50 bar. Za zmanjšanje potrebne moči za premikanje krakov mostu so uporabili ogromne protiuteži. Za ohranjanje ravnotežja kraka mostu so bile protiuteži, sestavljene iz 290 ton svinca in 60 ton železa, zaprtih v škatlah in nameščenih na skrajnih

koncih nosilcev. Funkcija dvižne naprave je tako zgolj premagovanje vztrajnosti mase 1200 ton in trenja, ki ga povzroča veter na izpostavljene ploskve kraka.

Potrebno energijo sta zagotavljali dve 268 kW parno gnani črpalki, pri čemer je ena vedno služila kot rezerva. Črpalki sta napajali hidravlična akumulatorja v izvedbi z utežmi. Akumulatorja sta imela premer 510 mm in gib 10,7 m, da sta zagotavljala obratovalni tlak okoli 50 bar pa sta bila obtežena z maso 100 ton. Tlačni vodi, ki so vodili do pogona vsakega kraka mostu, so bili napeljeni v dvojni izvedbi, povratni so bili enojni. Vse hidravlične cevi so bile obdane še z ogrevalnimi cevmi, ki so v zimskem času preprečevale zamrzovanje vode v hidravličnih ceveh. Kot hidromotorji so bili vgrajeni vodni motorji s tremi bati, premikanje kraka mostu pa je potekalo na mehanski način preko sistema zobnik zobata letev. Pred hidravličnima motorjema sta tudi bila vgrajena akumulatorja premerov, vsak po 560 mm in giba 5,5 m, ter obremenjena z maso 121 ton.

Hidravlični motorji so bili v redundantni izvedbi – nameščena po dva motorja, a v obratovanju običajno eden. Ti so zagotavljali delovanje mostu tudi v primeru morebitne okvare na enem od motorjev. Redundantna izvedba pogona ni samo zagotavljala varnosti, temveč je omogočala tudi doseganje različnih hitrosti dviganja in tudi izravnavanje sil zaradi vetra.

Vse operacije odpiranja in zapiranja mostu so bile varovane na vse možne načine in za vse scenarije. Ko se npr. kraka združita v vodoravnem položaju, se sorniki, na katere je pritrjen krak mostu, hidravlično zaklenejo v ležišča na drugem listu. Za primere, da bi bilo npr. z mehanizmom za odpiranje in zapiranje karkoli narobe, ali da bi se pojavila kakršnakoli potencialna nevarnost, kaj šele katastrofa, so bili kraki mostu varno fiksirani v navpičnem ali v vodoravnem položaju.



Slika 7 : Dvižni most v Londonu – Tower Bridge in Armstrongova pogonska hidravlika



Slika 8 : Spomenik na Kreuzbergu (levo) in veliki rezervoarji za plin – zadnji z ogromno kupolo, vse v Berlinu (desno)

Celoten postopek odpiranja krakov, ki omogoča prehod ladij, in njihovo ponovno spuščanje za vzpostavitev cestnega prometa, traja le pet minut. Tako se veliki hidravlični dvigali z zmogljivostjo osemnajst potnikov v eni minuti, ki vodita na vrh vsakega stolpa mostu, ki sta med seboj povezana s peš potjo, redko uporabljata. Praksa je pokazala, da je prekinitev prometa tako kratka, da pešci sploh ne uporabljajo dvigal in peš poti, ampak raje počakajo na ponovno spuščanje krakov mostu.

Obratovalna varnost je bila vse do predelave hidravličnega pogona na električnega v letu 1971 na izredno visokem nivoju. Vse do leta 1968 je bila frekvenca odpiranja mostu 13 krat na dan, pri čemer odpiranje mostu vse od posvetitve v letu 1894 dalje ni niti enkrat izpadlo, kar potrjuje izredno zanesljivost Armstrongove hidravlike.

Tower Bridge zaradi svoje konstrukcije, koncepta uravnoteženja mas in manjše potrebe po pogonski moči, dodatnih dvigal za pešce, redundantno izvedbo pogona in ogrevanega napajalnega cevovoda ter številnih varnostnih funkcij, povsem upravičeno štejemo med čudeže inženirstva. Brez hidravličnega pogona ne bi bilo možno premikati 30 m dolgih krakov mostu in zagotavljati številne druge funkcije. Hidravlika je tako v tistem času omogočila številne gradbeniške podvige.

4 Hidravlične naprave kot podpora drugih gradbeniških podvigov

Pri uresničevanju gradbeniških zamisli in podvigov v določenem obdobju razvoja je velik pomen imela hidravlična pogonska tehnika, brez katere gradbeniki svojih naprednih idej v svojem času ne bi mogli uresničiti. Omenili smo že podjetje Hoppe iz Berlina, ki je zelo učinkovito uporabljalo Armstrongove izkušnje in jih prenašalo na različna področja gradbeništva.

Zaradi pomanjkanja prostora so v podjetju Hoppe za lastne potrebe dvignili streho proizvodne hale za eno nadstropje ter dvignjeno streho podzidali, ne da bi bilo pri tem potrebno proizvodnjo prekiniti. Dvig strehe je bil pri tem izveden še na mehanski način, pri nadaljnjih tovrstnih pristopih gradnje pa so uporabljali hidravlične dvižne naprave. Način gradnje z dviganjem strehe je bila pogosto edina možnost gradnje, pri čemer so v vse večji meri uporabili hidravlično tehniko. Na ta način je podjetje Hoppe dvignilo spomenik, postavljen v spomin na nacionalno osvobodilno vojno na Kreuzbergu v Berlinu. Prav tako pa je nov način gradnje našel uporabo pri gradnji velikih rezervoarjev za plin (t. i. gasometri), kjer je bila zaradi lažje gradnje na tleh najprej zgrajena kupolasta streha rezervoarja, nato pa postopoma dvigana ob hkratni gradnji plašča rezervoarja. Oba omenjena objekta, ki sta bila postavljena s pomočjo hidravlične tehnike, prikazuje *slika 8*.

Veliko večjo pozornost kot postavitve spomenika na Kreuzbergu in način gradnje rezervoarjev za plin, je imel način gradnje Eifflovega stolpa v Parizu.



Slika 9 : Poravnavanje ploščadi Eifflovega stolpa med njegovo gradnjo (La Nature, Paris, 1888)

Med gradnjo stolpa so pred fiksiranjem konstrukcije stolpa s hidravličnimi dvigalkami poravnali končano 1. in 2. ploščad – *slika 9*.

Podobne metode so vse pogosteje uporabljali tudi na področjih, kjer je prihajalo do posedanja zemljine, v Nemčiji je to bilo predvsem v Posarju in Porurju. Tak znani primer je posedanje berlinskega mostu (orig.: Berliner Bruecke) v Duisburgu, ki se vije v 3 km dolgem loku kot visoka cesta nad porurkim pristaniščem. S svojo dolžino mostnega dela 1824 metrov spada med najdaljše cestne mostove v Nemčiji. Most se opira na hidravlično prestavljive stebre, ki so jih v preteklih letih večkrat na novo ponastavili, da so na ta način kompenzirali posedanje zemljišča; tudi zaradi namenskega poglobljanja porurskega pristanišča zaradi ladijskega prometa.

5 Hidravlične vrtalne naprave

Izgradnja železniških povezav preko Alp je zahtevala gradnjo številnih predorov. Pnevmatično dleto, kakršnega so uporabljali leta 1853 pri gradnji predora Mont Cenis in leta 1873 pri predoru St. Gotthard, je dobilo učinkovitejšega naslednika v obliki hidravličnega vrtalnega stroja, delujočega po sistemu Brandt. Tega so uporabili pri gradnji naslednjega največjega predora v Alpah – Arlberškega predora. Za strojni pogon so bili prvotno načrtovani udarni stroji po sistemu Ferroux na vzhodni strani, vrtalni stroji po sistemu Brandt pa na zahodni strani

predora Arlberg. Vodstvo gradbeništva je bilo zainteresirano, da lahko po prvem mehanskem vrtanju poda zanesljivo presojo o uporabnosti obeh sistemov. Po presoji bi pri vrtanju na obeh straneh predora uporabiti boljši sistem, a zaradi različne strukture zemlje (skale) ni bilo možno presojati o boljši izvedbi načina vrtanja.

V prid uporabi hidravličnega načina vrtanja je neko odločil dovod zraka, potrebnega za prezračevanje tunela in zaradi pogona pnevmatičnih dlet. Z vedno večjo dolžino tunela se je odločitev vedno bolj nagibala v prid sistemu Brandt. Zaradi vedno večjih izgub pri dovajanju zraka za delovanje pnevmatičnega stroja je bil potreben vedno višji tlak stisnjene zraka na izvoru in kovičene cevi s premerom 22 cm. V primeru hidravličnega vrtalnega stroja pa je bil za delovanje stroja potreben tlak 100 bar, cevi za dovajanje energije pa so bile veliko manjših dimenzij – premera 7 do 8 cm [10]. Dovajanje zraka za ventilacijo predora pri tem ni predstavljalo nekega problema. Razen tega pa je bilo možno vrtalni stroj opremiti z več vrtalnimi glavami, kar je vrtanje predora še pospešilo.

Hidravlične vrtalne stroje je zelo hitro v večjem številu začelo proizvajati podjetje Bratje Sulzer iz Winterthurja, saj so zelo hitro prepoznali njihovo učinkovitost vrtanja v rudnikih. Vrtalni stroji so obratovali s tlakom od 50 do 150 bar in so imeli v povprečju moč 9 kW. Za premikanje naprej v zemljinu ali rudo so uporabljali hidravlični valj, ki se

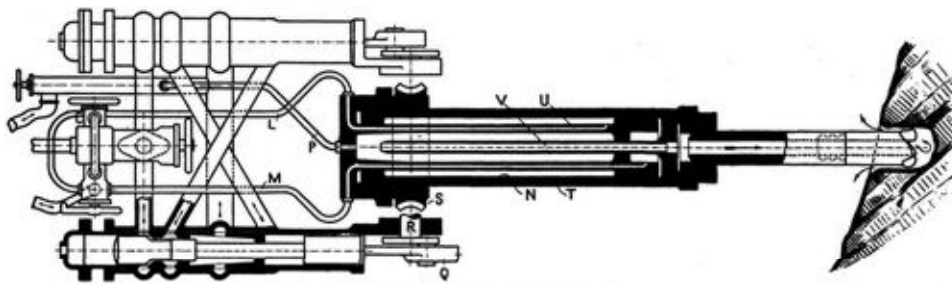
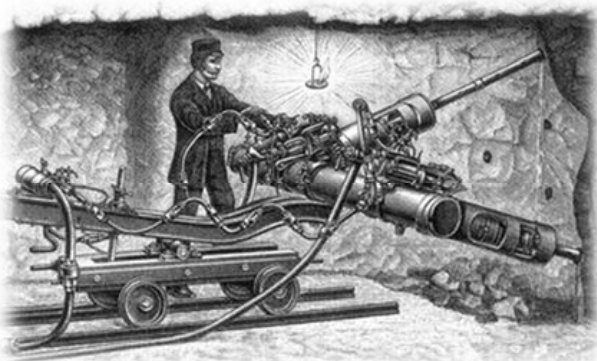
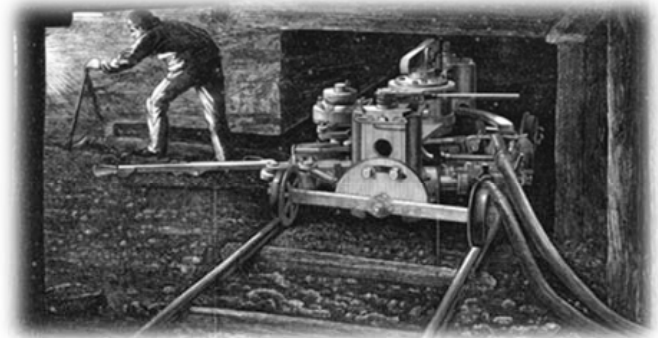


Abb. 250. Bohrmaschine Bauart Brandt.



Vrtanje predora v skalo



Stroj za rezanje premoga »Iron Man«; (Carrett, Marshal & Co, 1867)

Slika 10 : Hidravlični vrtalni stroj izvedbe Brandt (načrt – zgoraj) in na mestu uporabe [12]

je opiral na steber, nameščen za vrtnim strojem. Vrtenje vrtnih glav sta izvajala dva manjša vodna hidromotorja z ročičnim pogonom in dograjenim polžastim gonilom. Hidromotorji so se vrteli s 100 do 300 vrt/min, sam sveder pa s 3 do 10 vrt/min. Pogonsko energijo v obliki vode pod tlakom so dobili po naravni poti z geodetsko višino višje ležečega vodnega zajetja, ali pa s pomočjo črpalk, gnanih s parnim strojem. V slednjem primeru so za enakomerno in varno rabo energije uporabljali še akumulatorske postaje, nameščene med črpalko in vrtnim strojem. Dovod hidraulične energije je potekal po kovanih ceveh dimenzije med 50 in 150 mm. [6] Hidraulični vrtni stroj, delujoč po sistemu Brandt, prikazuje *slika 10*.

Razen za vrtnje predorov, delo v rudnikih in premogovnikih, so se takšne, hidraulično gnane vrtnne naprave, uporabljale tudi za vrtnje lukenj pod cestišči, kanali, železniškimi progami in za podobna dela. Slednje je ponovno predstavljalo novost pri polaganju komunalnih vodov, saj pri tem načinu promet ni bil oviran.

6 Zaključek

Hidraulična pogonska tehnika se je po uveljavitvi na področju stiskalnic in dviznih naprav hitro razširila še na področje gradbeništva. Sprva so bili uporabljeni podobni principi in koncepti gradnje hidrauličnih naprav, kakršni so bili značilni za stiskalnice, kasneje pa so svojo izvedbo prilagodili posameznemu namenu ali nalogi – pojavile so se nove vrste namenskih hidrauličnih naprav.

Hidraulične naprave so se kot koristen pripomoček v gradbeništvu najprej pričele uporabljati pri gradnji mostov kot pomožna tehnika. V določenih primerih pa je bilo napredne in drzne zamisli gradbincev možno uresničiti edino s pomočjo hidraulične. Tako so se kot hidraulične namenske dvigalne naprave uporabljale za dviganje težkih jeklenih konstrukcij (npr. most Britannia) ali pa za premikanje mostov (zasučni in dvizni mostovi – Newcastle Swing Bridge, Tower Brige). Hidraulika je omogočala gradbenikom tudi izvajanje drugih nalog na področju visoke gradnje, npr. kontinuirano gradnjo pod dvignjenim bremenom po principu s podzidavanjem strehe, nameščanje različnih težkih že dokončanih objektov, niveliranje ali/in uravnavanje konstrukcij. Na

področju nizkih gradenj je poleg uravnavanja položaja različnih infrastrukturnih objektov našla glavno področje uporabe pri vrtnju predorov, v rudnikih in premogovnikih ter pri prebijanju lukenj pod transportnimi potmi. Hidraulična pogonska tehnika je tako osvojila novo področje – gradbeništvo.

Viri

- [1] Skempton, A. W. et all.: A Biographical Dictionary of Civil Engineers in Great Britain and Volume 1 – 1500 to 1830, Thomas Telford Ltd, London, 2002, ISBN 0 7277 2939 X, 839 strani
- [2] Salmon, M.: Mechanics Magazine, Volume 13, 1880, London, 448 strani
- [3] N.N.: Raising the Britannia Bridge, The illustrated London news, August 1849, str. 133
- [4] Grace's Guide to British industrial history: 1851 Great Exhibition: Official Catalogue: Class V.: Bank Quay Foundry Co., https://www.graces-guide.co.uk/1851_Great_Exhibition
- [5] Linda Hall Library of Science, Engineering & Technology: Bridges of the British Isles, <https://civil.lindahall.org/dempsey.shtml>
- [6] Weingarten, F.: Die Entwicklung der hydrostatischen Energieuebertragung im 19. und 20. Jahrhundert, o+p Oelhydraulik und Pneumatik, 26 (1982), Nr. 12, str. 873-879
- [7] Lovrec, D.: Razvoj hidraulične pogonske tehnike skozi čas – 4. del: Hidraulične dvizne naprave, Ventil – revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo, ISSN 1318-7279, avg. 2019, letnik 25, št. 4, str. 302-312
- [8] Baker, A.: The World's First Swing Bridge, 2015, <http://www.solarglide.com/media/blog/the-worlds-first-swing-bridge>
- [9] Maidl, B.: Faszination Tunnelbau: Geschichte und Geschichten – ein Sachbuch, Ernst & Sons – A Wiley Brand, 231 strani
- [10] N.N.: Der Bau des Arlbergtunnels 1/2, <http://www.arlbergbahn.at/der-bau-des-arlbergtunnels-teil-1/>
- [11] N.N.: Der Bau des Arlbergtunnels 2/2, <http://www.arlbergbahn.at/der-bau-des-arlbergtunnels-teil-2/>
- [12] von Roehl, F.: Enzyklopedie des Eisenbahnwessens – Gesteinbohrer, <http://www.zeno.org/Roell-1912/A/Gesteinsbohren>



MEHATRONIKA

Prvi priročnik za mehatroniko
v slovenskem jeziku



POKLIČITE
(01) 475 95 35
OBIŠČITE
www.pasadena.si


Mehatronika

- Prevod izvirnika: Fachkunde Mechatronik
- Vezava: trda
- Strani: 624
- Mere: 170 x 240 mm
- ISBN: 9789616361873

Cena: 40,00 EUR

Založba Pasadena d.o.o.

Tehnološki park 20, 1000 Ljubljana
Telefon: (01) 475 95 35
e-pošta: knjige@pasadena.si
www.pasadena.si

 Družite se z nami na družabnih omrežjih!

 **pasadena.si**

PROIZVODNI INFORMACIJSKI SISTEMI NASLEDNJE GENERACIJE

Saša Muhič Pureber, Stanislav Nosirev

Izvelek:

Smernice Industrije 4.0 in povezani principi pametnih tovarn govorijo o pametnih napravah, povezljivosti, prilagodljivosti, analitiki in prediktivnem ukrepanju, umetni inteligenci, podatkovnem rudarjenju, podatkih v oblaku, pametnih storitvah, izdelkih, oskrbnih verigah in podobnem. Te paradigme zaobjemajo proizvodne entitete, proizvode, proizvodne procese in njihovo povezljivost, le redko pa se dotikajo proizvodnih ter nadzornih sistemov samih.

Članek se loteva prav slednjega – nekaterih gradnikov MES / MOM ter sistemov prihodnosti SCADA, katerih oznaka »pametni« več ne opiše zadovoljivo. Govorimo o trajnostnih, celostnih (proizvodnih) informacijskih sistemih / rešitvah, ko interakcija (IT) vzdrževalcev skoraj ni več potrebna. Takšni sistemi bodo sami odkrivali (možnost) napake, jih odpravljali znotraj dovoljenih parametrov ali obveščali odgovorni forum, sami skrbeli za svoj življenjski cikel ter se tudi sami dokumentirali.

V podjetju Inea nekatera od opisanih orodij razvijamo v sklopu programa GOSTOP, ki ga delno financirata Republika Slovenija – Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport ter Evropska Unija – Evropski sklad za regionalni razvoj.

Ključne besede:

industrija 4.0, industrijska avtomatizacija, nadzorni sistemi, trajnostna sistemska platforma, pametne tovarne, MES / MOM, SCADA, tovarne prihodnosti

Paradigma »Industrijska revolucija 4.0« je rezultat nedavnega napredka na področju informacijskih in komunikacijskih tehnologij ter biotehnologij, robotike in umetne inteligence. Osnove te ideje so interoperabilnost (združljivost), virtualizacija, decentralizacija in delovanje v realnem času. Kiber??-fizični?? sistemi, računalništvo v oblaku, internet stvari in tehnologije velikih podatkov postajajo vse bolj priljubljeni v poslovanju, skupaj z vertikalno in horizontalno integracijo, virtualizacijo in digitalizacijo celotnega procesa ustvarjanja vrednosti verige. [1]

Mi razmišljamo in razvijamo še korak naprej; v smeri trajnostnih, celostnih (proizvodnih in energetskih) industrijskih rešitev, ki same odkrivajo (možnost) napake, jih odpravljajo znotraj dovoljenih parametrov ali obveščajo odgovorni forum, same skrbijo za svoj življenjski cikel in se same dokumentirajo. Tako se že intenzivno lotevamo tudi nekaterih smernic Industrije 5.0, saj s takšnimi rešitvami pomagamo optimizirati čas človeških virov, izboljšujemo njihov situacijski odziv na vseh ravneh in dopuščamo več prostora za prispevanje bolj ustvarjalne dodane vrednosti.

V članku se bomo osredotočili na nove tehnologije / rešitve / standarde za povečanje učinkovitosti proizvodnje, izboljšanje kakovosti proizvodov, zmanjšanje stroškov tehnične podpore in tudi izboljšanje kvalifikacije kadrov, vključenih v proizvodni proces.

S takšnimi pristopi lažje rešujemo težave novih, kompleksnejših, vse bolj avtomatiziranih okolij. Naslavljamo predvsem naslednje izzive:

- ▶ manjša interoperabilnost,
- ▶ težje upravljanje sistemskih virov,
- ▶ zmanjšana vidljivost in podaljšan reakcijski čas nadzornih sistemov,
- ▶ kompleksnejše vzdrževanje produkcijskega okolja in posameznih komponent,
- ▶ ter bistveno zmanjšana učinkovitost proizvodnje.

Če produkcijsko okolje ne temelji na pametnih in prilagodljivih platformah znanih večjih ekosistemov, širitev produkcije z dodajanjem novih komponent ali linij postane skoraj nemogoča.

Kaj že ponuja trg

Kot smo že omenili, vse bolj avtomatizirani in hitrejši proizvodni procesi ter vse večja količina dostopnih podatkov porajajo tudi vse večje potrebe po optimizaciji prikazov in potrebnih interakcij opera-

Saša Muhič Pureber, dipl. inž., Stanislav Nosirev, dipl. inž., oba Inea d. o. o., Ljubljana

terjev in vzdrževalcev. V nadaljevanju navajamo nekatere že podprte rešitve, ki boljšajo človeški odziv, manjšajo možnost napak ter krajšajo krivuljo učenja na uporabniških rešitvah.

Študija operatorskega odziva (angl. *Situational Awareness*)

S principi študije operatorskega odziva (angl. *Situational Awareness*) nadgrajujemo uporabniške vmesnike po načelu prave informacije na pravem mestu, prikazane na pravi način. Nekateri večji ponudniki sistemov SCADA in MES (npr. Wonderware by AVEVA) so se teh principov lotili skozi gradnjo knjižnic, objektov z grafikami, grajenih po omenjenih standardih, ki vključujejo predpis barv-



Slika 1 : Princip študije operatorskega odziva (angl. *Situational Awareness*), AVEVA.

ne sheme, logike alarmiranja ter gnezdenje grafik, vse z gledišča ter glavnim ciljem hitrega doseganja željenega rezultata.

Procesno osnovan MES (angl. *Model Driven MES*)

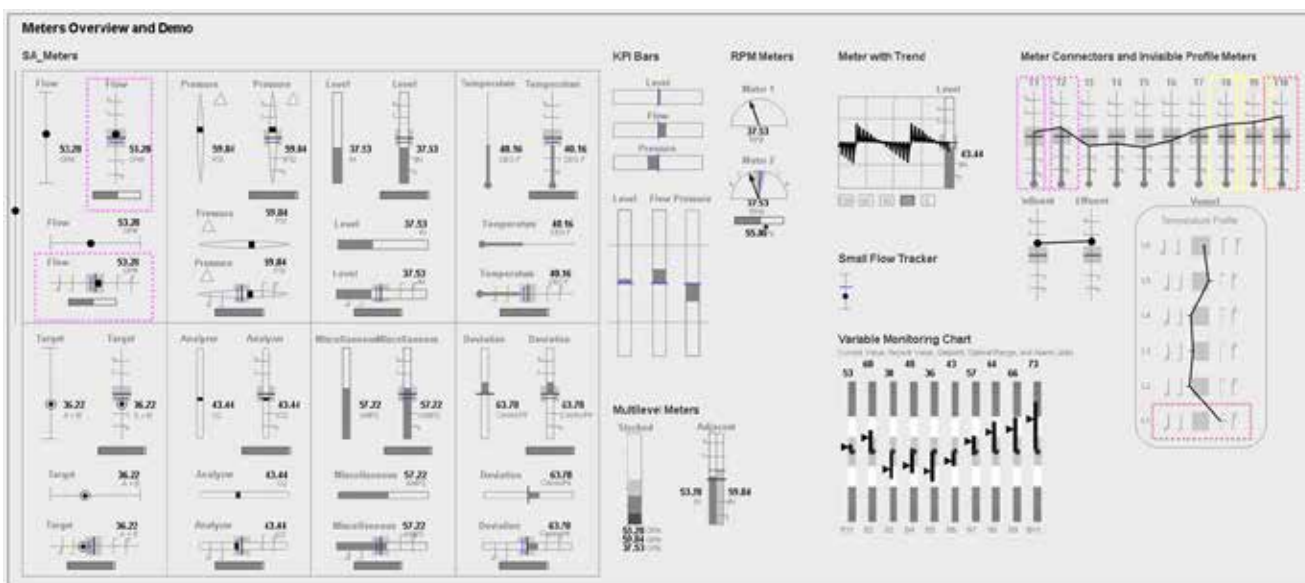
Obilica podatkov ter vse večja dinamika proizvodnih procesov posledično pomeni tudi vse bolj zahtevno vodenje ter upravljanje sistemov SCADA in MES. Poleg prej omenjenih principov za izboljšanje operatorskega odziva lahko uporabljamo tudi optimizacije obvladovanja velike količine procesov, naprav in položajev skozi procesno zasnovano sistemov MES, SCADA in šaržnih sistemov. Takšni uporabniški vmesniki vodijo operaterja skozi proces v odvisnosti od njegove funkcije, pozicije, trenutka v procesu, delovnih nalog ter številnih drugih faktorjev. Takšni vmesniki bistveno skrajšajo čas učenja novih operaterjev, omogočajo sistematskizacijo postopkov ter manjšajo možnost napak.

Manager vitkih klientov

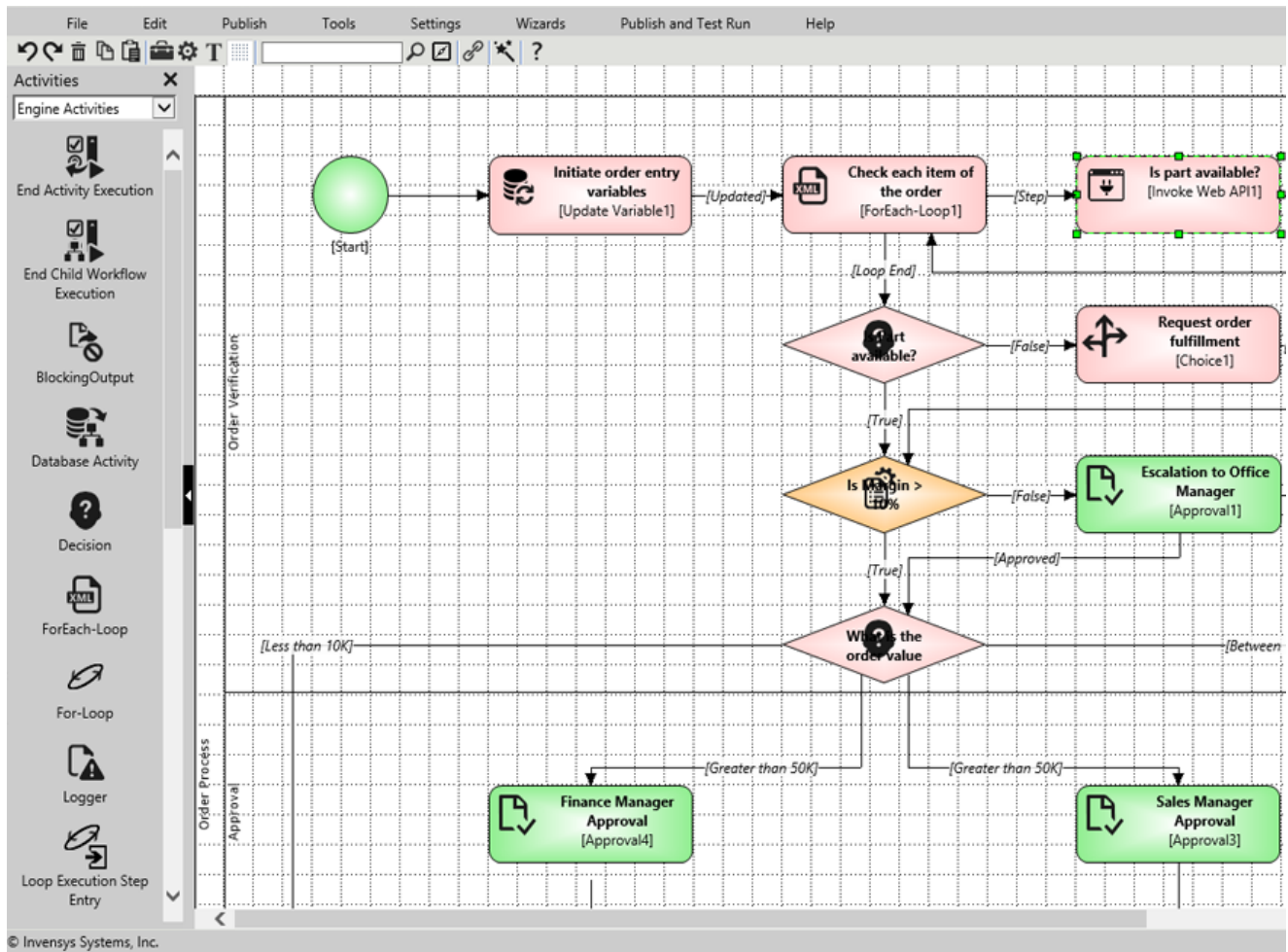
Predvsem v večjih tovarnah, toliko bolj, ko gre za več lokacij hkrati, nadzorni sistem pa je skupen, je zelo dobrodošlo orodje za obvladovanje posameznih aplikacij, sej, in vmesnikov. Sistem lahko uporabniku glede na njegovo vlogo, izmeno, mikropozicijo in / ali lokacijo servira pravilno aplikacijo oz. grafiko. Tudi v tem primeru gre za preprečevanje napak, podporo strmejši krivulji učenja in vsesplošno optimizacijo proizvodnih procesov.

Redundanca in neslišni prekop

Raven podprtosti proizvodnih procesov v posameznem proizvodnem obratu je seveda premo soraz-



Slika 2 : Primer uporabniškega vmesnika po standardu operatorskega odziva (angl. *Situational Awareness*), AVEVA.



Slika 3 : Razvojno okolje uporabniškega vmesnika (angl. Model Driven MES), AVEVA.

merna z nujnostjo zanesljivega delovanja strojne in programske informacijske opreme. Glede na dovoljeno trajanje prekinitve sodobni proizvodni informacijski sistemi ponujajo redundanco na različnih ravneh, od neslišnega preklopa do nekajurnih prekinitvev.

Nadzorni sistem sistema samega

Skupaj s kompleksnejšimi informacijskimi rešitvami v proizvodnji, ki so idealne na skupni platformi, se pojavlja možnost in potreba tudi po centraliziranem nadzoru in upravljanju takšnih rešitev. Nekateri proizvodni sistemi že vsebujejo orodja za nadzor nad sistemskimi parametri strojne in programske opreme, na trgu pa nismo našli orodja / rešitve, ki bi na podlagi rezultatov preverb sistemskih parametrov ponujala tudi izvajanje korektivnih ukrepov. Razvoj gradnikov našega sistema predstavljamo v nadaljevanju članka.

Trajnostna systemska platforma (SSP)

Po analizi ter pregledu stanja pri nekaterih strankah ter na podlagi zbranih znanj in izkušenj in tudi mo-

žnih pametnih rešitev, ki jih ponujajo večji ekosistemi, tudi te smo preizkusili, je nastala ideja razvoja trajnostne systemske platforme. Ta bo omogočala združitve znanih dobrih praks in konsolidacijo pridobljenih znanj in izkušenj ter z neskončno možnostjo nadgrajevanja, fleksibilno integracijo z različnimi ekosistemi in priključitev komponent na različnih ravneh. Podpirala bo standardne komunikacijske protokole ter vključevala možnost samodejnega učenja in pravočasnih samostojnih ukrepov ter tako preprečevanje potencialnih nevarnosti in posledično neželenih zastojev.

Trajnostna systemska platforma (angl. Sustainable System Platform, SSP) je programska oprema, namenjena predvsem tovarnam, kjer kot podporni servis kontinuirano spremlja delovanje nameščenih aplikacij in strojno opremo in ugotavlja nenavadne situacije, kot so stanje redundance in samodejnega preklopa, stanje strežnikov za zbiranje podatkov, zdravo stanje podatkovnih baz, odkrivanje počasnih poizvedb poročil in še bi lahko naštevali. Preko sistema alarmov opozarja na potencialne težave, še predno utegnejo prerasti v kritične položaje, npr. nepravilno delovanje aplikacij ali zastoje pri delovanju strojev.

Osnovne funkcionalnosti

Trajnostna sistemska platforma je zasnovana tako, da se lahko umesti v različna okolja ter omogoča proaktivno vidljivost potencialnih težav, ki se lahko pojavijo pri delovanju aplikacij v tem okolju. Platforma vsebuje:

- ▶ Inteligentna programska orodja
Nadzor delovanja aplikacij in zdravja sistema za pomoč pri vzdrževanju, ki ga izvaja služba IT.
 - ▶ Kontinuirane inovacije
Rešitev omogoča hitrejše odzivanje na spreminjene razmere za opozarjanje in dejavnike okolja ter izvajanje učinkovitejših korektivnih ukrepov.
 - ▶ Integrirani dokumentacijski sistem
Centraliziran dokumentacijski sistem omogoča izdelavo dokumentacije, ki vključuje najnovejše podrobnosti o vključenih integriranih sistemih v produkcijskem okolju na različnih ravneh.
- učinkovito upravljanje s človeškimi viri z avtomatiziranim sistemskim upravljanjem
 - zmanjšanje obsega zelo prioritetnih zahtev
 - poenostavitev diagnostičnega procesa z natančnim obveščanjem in podajanjem opozoril v kontekstu
- ▶ Samodejno odkrivanje in odpravljanje napak
 - fleksibilno konfiguriranje pogojev potencialnih napak in možnih korektivnih ukrepov za njihovo odpravljanje
 - možnost prilagajanja in integracije z drugimi sistemi, ki vključujejo specifične servise za sledenje zdravega stanja ter primerne prožene ali samodejne korektivne ukrepe

Inovativni pristop

Glavne prednostne funkcionalnosti:

- ▶ Povečanje razpoložljivosti sistema ter povečanje dohodka in prihodka v podjetju
 - zgodnje odkrivanje vzrokov za težave, izogibanje negativnim učinkom na poslovanje
 - hitri odzivni časi pri reševanju težav na podlagi natančno določene napake
- ▶ Boljše upravljanje sistemskih virov za izboljšanje učinkovitosti opreme

Po predhodni oceni uvedba SSP zmanjša stroške vzdrževanja in dodatnega izobraževanja in omogoča pravočasno odkrivanje potencialnih težav in neželenih zastojev ter kritičnih napak. Posredovanje izboljšane informacije vzdrževalcem sistema bistveno skrajša čas odprave napake, če se ta pojavi njene.

Literatura

- [1] K. Schwab, The Fourth Industrial, World Economic Forum, Geneva, Switzerland 2016.

Digitization as part of a modern educational process

Abstract:

Industry 4.0 guidelines and associated smart factory principles normally discuss smart devices, connectivity, adaptability, analytics and predictive actions, artificial intelligence, data mining, cloud storage, smart services, smart products, smart supply chain and so on. These paradigms include production resources, entities, products and their connectivity, but do not often touch production or control systems themselves.

This article talks about just those – some MES / MOM and SCADA system building blocks to which the »smart« adjective does not do justice anymore. We are talking about holistic, sustainable (production) information systems / solutions, where the interaction with (IT) maintenance teams is virtually not needed. Described systems will predict the possibility of failures, act on them within the allowed predefined parameters or notify a predefined forum, maintain their own life cycle and document themselves.

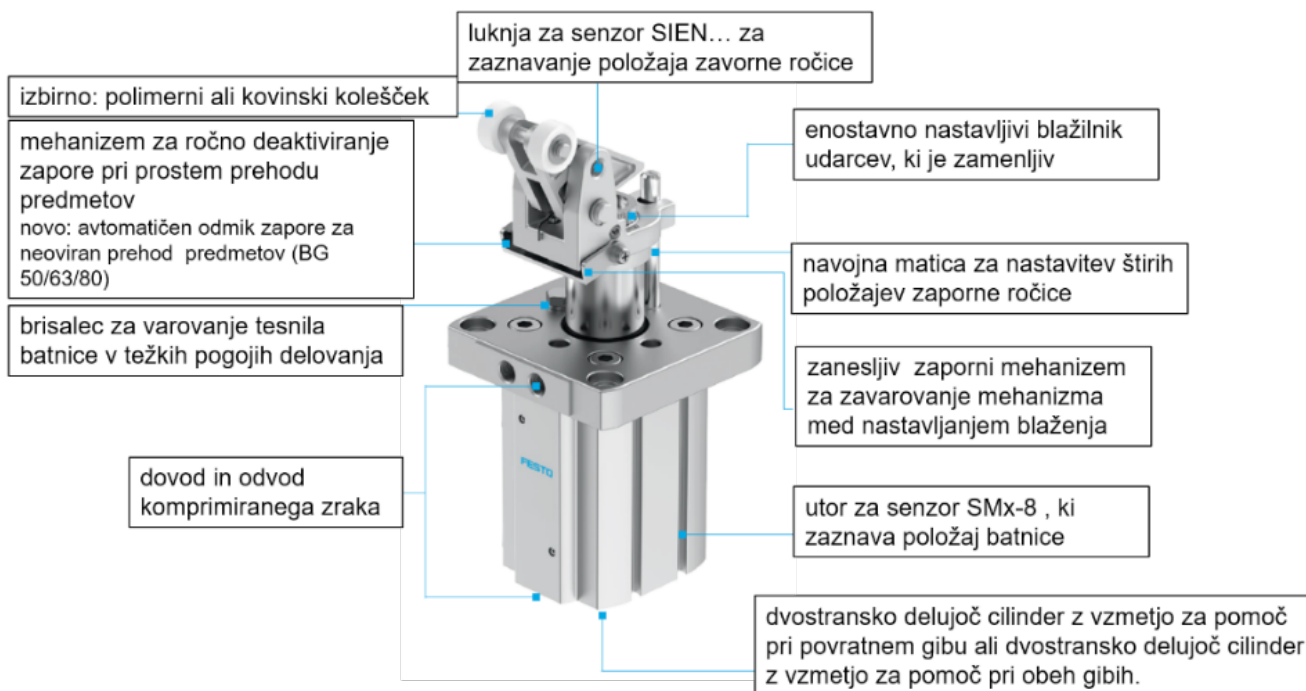
Some of the mentioned tools are being developed in Inea within the framework of the GOSTOP programme, which is partially financed by the Republic of Slovenia – Ministry of Education, Science and Sport, and the European Union – European Regional Development Fund.

Keywords:

Industry 4.0, industrial automation, control systems, sustainable system platform, smart factories, MES / MOM, SCADA, factories of the future

ZAPORNI CILINDER DFST

Novi cilindar DFST podjetja FESTO z blaženjem je idealen tako za premikajoče se predmete na transporterju ali tračnem sistemu v avtomobilski industriji pri montaži majhnih delov kot v lesni ali elektroindustriji, kadar jih je treba zaustaviti, ločiti ali sinhronizirati. Primeren je za številne verzije težkih in občutljivih izdelkov, palet in drugih predmetov in to po razumni ceni.



Deli zapornega cilindra DFST

Zaporni cilindar DFST odlikuje sodobna tehnologija, zanesljivost in trajnost delovanja. V splošnem so njegove značilnice:

- ▶ Mehko zaustavljanje brez tresenja in hrupa predmetov mase od 0 do 800 kg.
- ▶ Zelo učinkovito končno dušenje za prevzemanje velikih energij.
- ▶ Eno- ali dvostransko delujoč cilindar z vgrajeno vzmetjo v eni strani ali obeh straneh.
- ▶ Nastavljivo končno dušenje.
- ▶ Nastavljiva smer zaustavljanja (90°, 180°, 270°).
- ▶ Zaznavanje položaja z induktivnim približevalnim senzorjem SIEN na nihajni ročici ali s senzorjem SME-/SMT-8 na cilindru.
- ▶ Robustna konstrukcija za dolgo življenjsko dobo.
- ▶ Tesnjenje proti umazaniji in vlagi.
- ▶ Stabilno vodilo.
- ▶ Prilagoditev blažilnika udarcev glede na maso na nosilnikih obdelovancev.
- ▶ Blažilnik je mogoče zamenjati v vgrajenem cilindru.
- ▶ Velikosti: premer bata 50 mm, 63 mm in 80 mm

ter dolžina giba 30 mm in 40 mm.

- ▶ Prednost plastičnih kolesčkov je manj hrupa in dušilni učinek na nosilnikih obdelovancev.
- ▶ Prednost kovinskih kolesčkov je robustnost pri prevzemu bremen brez pojava statične elektrike.

Izdelek in vse njegove opcije je mogoče naročiti na www.festo.com/catalogue/dfst

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



SAMOSEŠALNA UNIVERZALNA ČRPALKA ZA RAZLIČNE MEDIJE

Črpalke ZUWA z elastičnim rotorjem so enostavne za vzdrževanje in omogočajo stroškovno učinkovito uporabo. Zaradi elastičnih rotorjev so neobčutljive na trdne delce v medijih in so sposobne premikati tudi trdne delce in prečrpavati visoko viskozne tekočine.

Rotorji (tekači) v črpalkah Zuwa in ohišja črpalke so iz različnih materialov, ki so primerni za raznovrstne tekočine in številna področja uporabe. Črpalke ZUWA (slika 1) so na voljo v več velikostih in so izdelane iz nerjavnega jekla, aluminija ali plastike. Na voljo so rotorji iz materialov NBR, EPDM, CR, FKM, FPM in TPU.

Rotorske črpalke Zuwa se lahko uporabljajo z naslednjimi pogoni: elektromotorji, zračni motorji, jermenski pogoni, hidravlični motorji, električni vrtniki ali akumulatorski vrtniki z adapterjem.

Rotor z elastičnimi lopaticami je nameščen v ekscentrično oblikovanem ohišju, tako da z upogibanjem lopatic rotorja nastaja podtlak, ki sesa tekočino (slika 2). Vrteči se rotor črpa tekočino iz sesalne odprtine proti izhodu črpalke. Na tlačni strani se lopatice rotorja stisnejo in tekočina izteka iz črpalke.

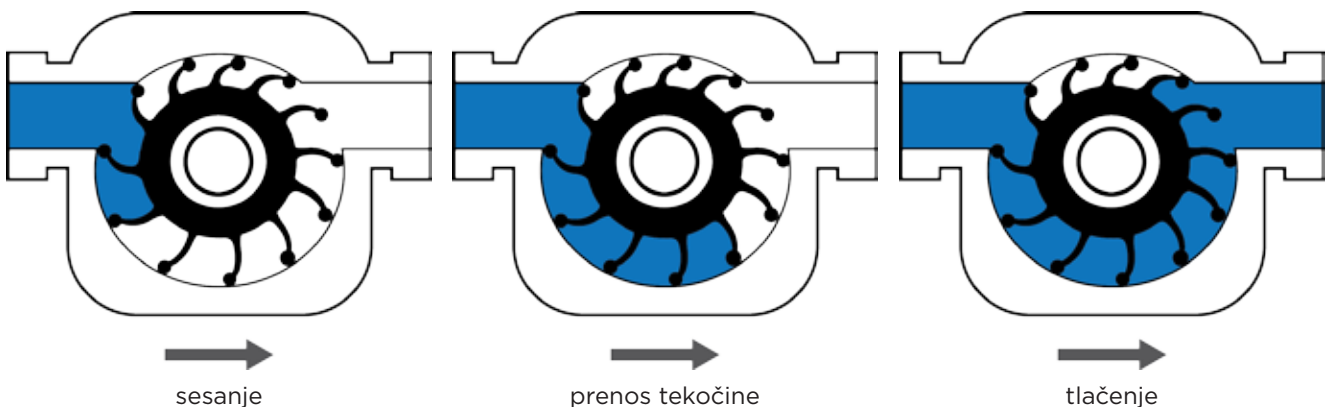
Medij deluje tudi kot mazalno sredstvo rotorja v ohišju. Čas trajanja suhega teka ali polovičnega sesanja je močno odvisen od izvedbe črpalk. V aplikacijah, pri katerih je možen suhi tek, se priporoča vgradnja zaščitne enote za preprečevanje pregrevanja in poškodb črpalk. Dolgotrajno suho delovanje črpalk ni priporočljivo.



Slika 1: Črpalka Zuwa

Vir:

HENNLICH, d. o. o., Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj, tel.: 041 386 003, internet: www.hennlich.si, e-mail: gros@hennlich.si, ga. Mojca Gros



Slika 2: Delovanje črpalke z elastičnim rotorjem.

HITRE ELEKTRIČNE PRITRDILNE ENOTE ZA TIRNA VODILA – LKE

Podjetje Zimmer Group je z več kot 4000 izdelki in več kot 20 leti izkušenj na področju razvoja in trženja vodilni ponudnik linearne tehnike na svetu. Letos predstavljajo zadnji dosežek svoje inovativnosti in svetovno novost – serijo električnih pritrdilnih enot LKE (Slika 1), ki bodo nasledile obstoječo serijo LCE in jo nadgradile s precej izboljšanimi lastnostmi.

Nova serija LKE ima, za razliko od pnevmatičnih rešitev, vgrajeno javljanje stanja (odprto / zaprto) z digitalnim signalom. Kinematika je bistabilne izvedbe z ekscentrično gredjo in mehansko samozaporno funkcijo. Ta v zaprtem stanju skrbi za ohranitev polne zadrževalne sile pri izpadu električnega toka in v stanju brez napajanja (npr., ko je sistem izključen).

Hitri električni pritrdilnik LKE je, ob premieri na trgu, na voljo v štirih velikostih: 15, 20, 25 in 35. Serija LKE ima zelo veliko zadrževalno silo, odvisno od velikosti, tudi do 1800 N. Za odpiranje in zapiranje se uporablja enosmerna napetost 24 V, poraba toka pa je največ 1,5 A. Odlikuje jo velika hitrost. Zapirni čas je okrog 400 ms in je približno sedemkrat krajši kot pri predhodnih modelih (odvisno od velikosti enote).

Enota LKE ima vgrajeno krmilno elektroniko in jo je mogoče preprosto krmiliti z digitalnimi signali.

Stopnjo zatesnitve je po IP64 in enote imajo prilagodljiv kabelski izhod, ki skupaj z ustrezno kabelsko uvodnico omogoča najboljši izkoristek prostora. Enote LKE so zanesljive in imajo dolgo življenjsko dobo – do 500 000 pritrdilnih ciklov, kar zagotavlja največjo zanesljivost v proizvodnji.

Pritrdilne enote so namenjene predvsem električno gnanim linearnim osem in zadržujejo os v danem položaju tudi pri velikih zunanjih obremenitvah, ki za večkrat presegajo sile linearnega pogona.



Slika 1 : Hitri električni pritrdilnik LKE

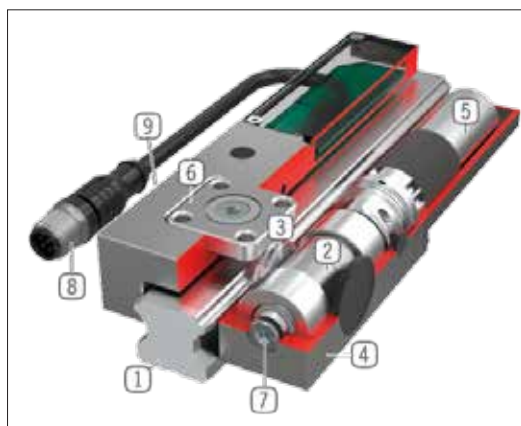
Serija pritrdilnikov LKE je še posebej primerna za aplikacije, pri katerih ni mogoče varovati linearnih osi s pnevmatičnim ali hidravličnim pogonom, kot so čiste sobe ter proizvodnja medicinskih izdelkov in prehrambna industrija. Poleg tega so enote uporabne za vsa področja avtomatizacije montaže, v strojogradnji in avtomobilski industriji (npr. avtonomni montažni otoki).

Hitri pritrdilnik LKE se uporablja tudi za kompenzacijo toleranc pri vodilih – skala na izdelku omogoča izravnavo značilnih odstopkov vodil $\pm 0,05$ mm.

Vse štiri različice enot imajo mehansko odklepanje v sili, ki je pomembna varnostna funkcija. Če je treba pritrdilni element v izrednih razmerah odpreti ročno, pri izključenem sistemu, je to izvedljivo z zunanjim imbusnim vijakom. Pritrdilni element se tako lahko odpre tudi ob izpadu električne energije.

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: ik@inoteh.si, internet: www.inoteh.si



Slika 2 : Zgradba pritrdilne enote LKE.

1. Tirno vodilo.
2. Ekscentrično gonilo za prenos moči med motorjem in vpenjalnimi čeljustmi.
3. Vpenjalne čeljusti se vtisnejo na proste površine tirnih vodil.
4. Ohišje je narejeno iz kemično ponikljanega jekla.
5. Električni pogon zagotavlja pritrdilno silo.
6. Kulisni del omogoča plavajoče uležajenje.
7. Vijak za ročno odpiranje v sili ob izpadu električne energije.
8. Električni priključni kabel za krmiljenje in napajanje.
9. Nastavni vijak za kompenzacijo toleranc vodil.

LINERANI SENZOR POLOŽAJA D-MP

Linearni senzor D-MP je v naboru izdelkov podjetja SMC prvi, ki lahko zaznava položaj batnice pnevmatičnih cilindrov v njihovem celotnem gibu. Izhodna informacija o položaju je lahko kot analogni signal, fleksibilna preklopna točka ali pa kot procesni podatki IO-Link.



Slika 1 : Možnosti prigraditve linearnega senzora D-MP.

Analogni izhodni signal je lahko od 0 do 10 V in od 4 do 20 mA. Merilno območje je od 0 mm do 200 mm. Z enim senzorjem D-MP je mogoče nadomestiti več običajnih senzorjev in s tem zmanjšati število potrebnih komponent.

Ker je linearni senzor D-MP združljiv s podatki IO-Link, omogoča operaterjem dostop do podrobnih podatkov in zaznavanje morebitnih težav z internimi opozorili o napakah. Njegova zasnova »plug & play« z manj zahtevane strojne opreme, prinaša dodatno stroškovno in delovno učinkovitost ter pri programiranju zmanjšuje tveganje za napake.

Preklopna točka ponuja izhod NO in NC ter štiri merilne načine: enojno nastavljivo stikalo, stikalo (reed), okenski način in dvojno nastavljivo stikalo.

Senzor D-MP je zaradi svojih lastnosti in prilagodljivosti primeren za široko paleto aplikacij, kot so meritve različnih parametrov, na primer merjenje dolžin in širin ali pa merjenje globine zaprtih lukenj.

D-MP je najnovejši senzor, ki se pridružuje široki paleti izdelkov SMC in operaterjem v vsakem trenutku zagotavlja natančnost in nadzor.

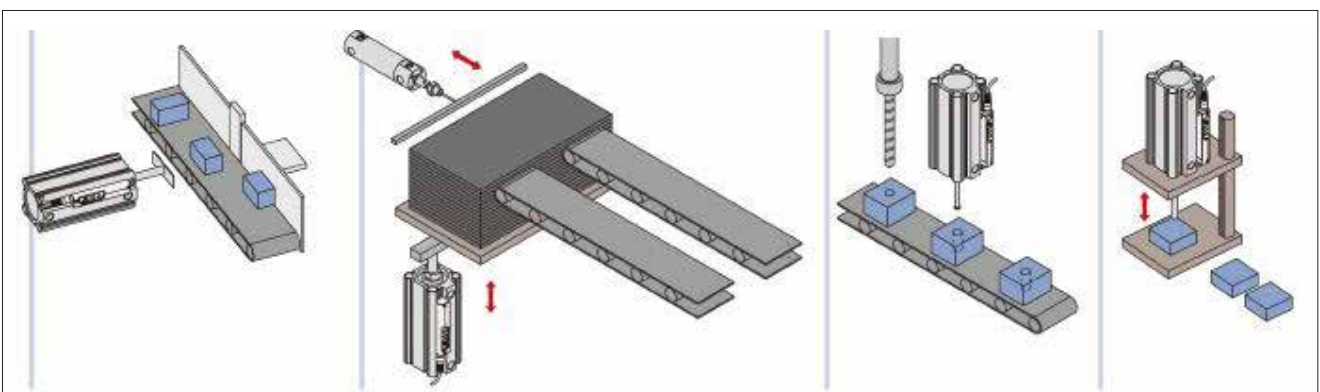
»V podjetju SMC nenehno iščemo načine, kako olajšati življenje in delo uporabnikom naših izdelkov ter optimizirati učinkovitost delovanja. Senzor D-MP je odličen primer, kako se odzivamo na potrebe trga in ustvarjamo kompletne paketne rešitve od pogona in senzorja do aplikacij« je izjavil tiskovni predstavnik podjetja.

Certifikat IP67 senzorju D-MP zagotavlja robustnost in odpornost na agresivna okolja.

Več informacij o senzorju D-MP prejmete na spletni strani podjetja SMC za nove izdelke: www.smc.eu.

Vir:

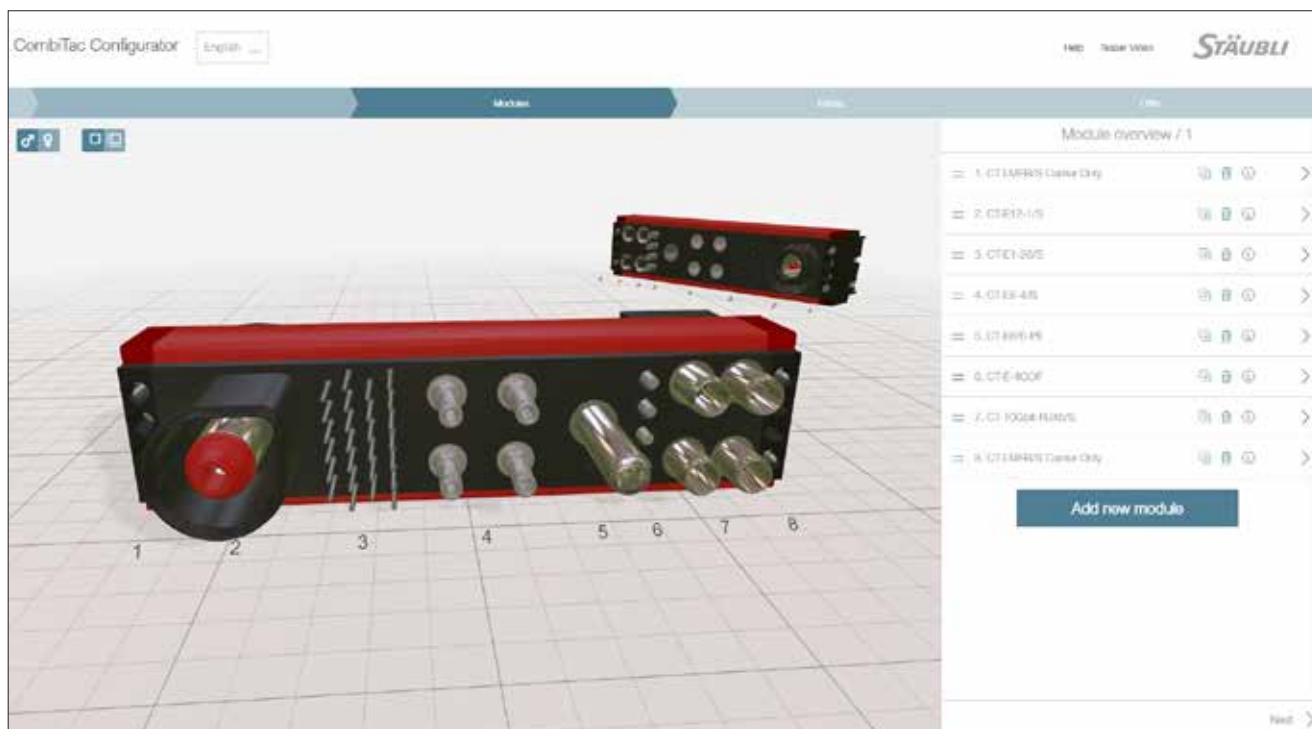
SMC Industrijska Avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7 T, 8210 Trebnje, tel.: +386 7 3885 421 M.: +386 40 471 006, faks: +386 7 3885 415, e-pošta: m.omerzu@smc.si, internet: www.smc.si, www.smc.eu



Slika 2 : Primeri uporabe linearnega senzora D-MP

KONFIGURATOR COMBITAC

Podjetje Stäubli, divizija električni konektorji, predstavlja nov konfigurator – preprosto in modularno orodje, s katerim je mogoče korak za korakom sestaviti povezave glede na lastne zahteve (slika 1)



Slika 1: Novi konfigurator iz divizije Stäubli električni konektorji.

Novi konfigurator poenostavlja proces načrtovanja in izdelave oz. konfiguracije s preprosto povezavo do 3D podatkovnih datotek (npr. 3D step file). Orodje zagotavlja združljivost in preglednost – od načrtovanja, poizvedbe, zagona do prodaje.

Tehnologija prihodnosti je digitalno zagotavljanje skladnosti podatkov. Združevanje vseh vrst digitalnih podatkov o izdelkih in proizvodnji v resničnem svetu je osrednji pogoj za industrijo 4.0.

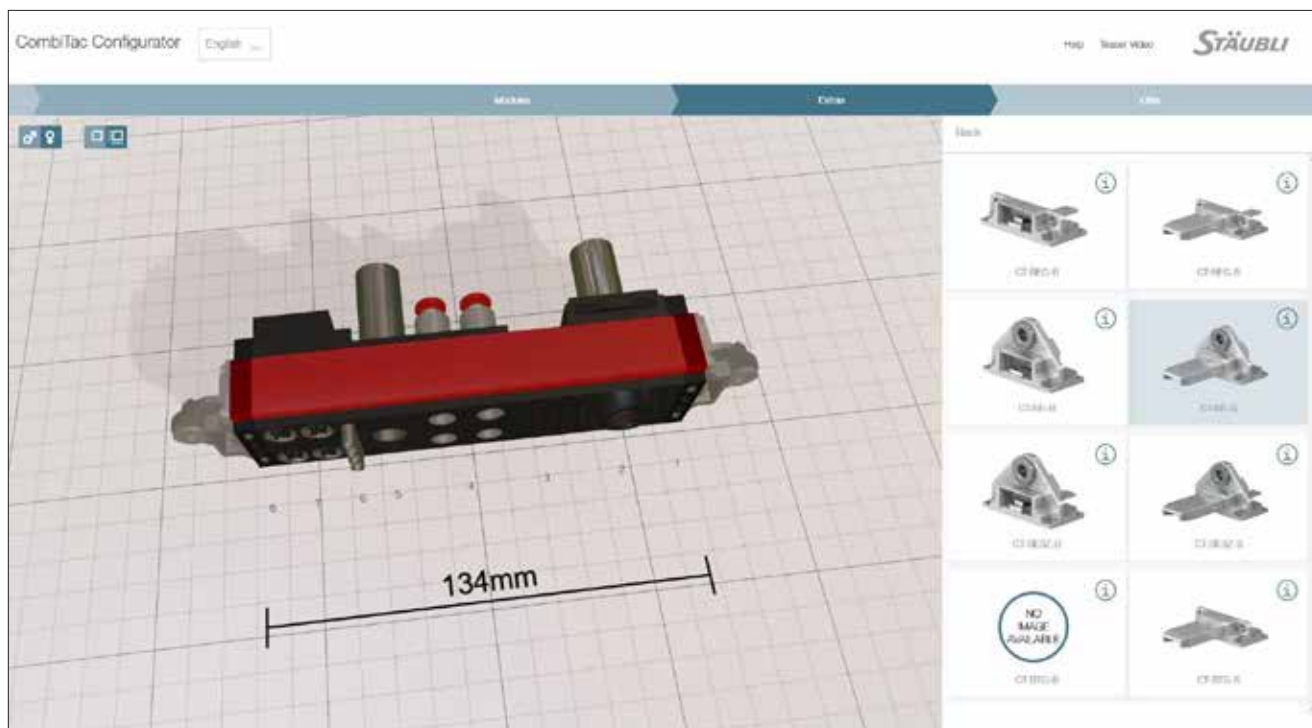
Pri tem zavzema svoje mesto konfigurator CombiTac, ki poleg 3D podatkov ponuja tudi optimizirane procese ter prihranek časa. Uporabniki lahko konfigurirajo modularni sistem priključkov po svoji meri (Slika 2). Zahvaljujoč pametnemu sistemu se nepravilne kombinacije samodejno zmanjšajo na minimum.

Na podlagi »dobro preizkušenega in novo odkritega« je Stäubli celovito preoblikoval konfigurator CombiTac, ki je bil razvit pred 14 leti. Že takrat je bilo to napredno orodje z uporabnimi funkcijami. Različica 2.0 je zdaj še boljša in ne samo vizualno impresivna. Stäubli je popolnoma pre-

novil novi konfigurator CombiTac, skupaj s stranikami in glede na potrebe trga ter sedaj ponuja najsodobnejše orodje, ki ga je mogoče uporabiti v vseh trenutnih brskalnikih. Uporabnikom omogoča nove perspektive, ki lahko zdaj samostojno in brez predhodnega znanja ustvarijo zahtevani CombiTac enostavno in natančno ter prilagojeno individualnim potrebam. Novi dizajn je usklajen s celotno identiteto podjetja in podpira trend usklajenosti podatkov zaradi standardiziranih vmesnikov. Kupcem so na voljo tudi v naprej sestavljeni kabli, ki omogočajo hitro in varno instalacijo.

V podjetju Stäubli se zavedajo, da je treba procese še poenostaviti in avtomatizirati, olajšati sledenje in optimizirati obdelavo naročil. Tudi v prihodnosti bodo še vedno v središču udobje uporabnikov, natančnost, enostavnost sestavljanja in varnost.

Konektorji CombiTac zagotavljajo uporabnikom popoln izkoristek prostora, največjo zanesljivost in prilagodljivost. Široka paleta različnih modulov omogoča konfiguracijo v skladu z natančnimi



Slika 2 : Moduli sistema CombiTac

tehničnimi specifikacijami. Stranki so na voljo več različic ohišja, brezkapljični kontakti in še mnogo več.

Značilnice konfiguratorja CombiTac:

- ▶ uporabniki imajo jasno strukturirana navodila za uporabo,
- ▶ funkcija »Easy-to-go« (intuitivna konfiguracija brez kataloga),
- ▶ izbira komponent v uporabniku prijaznem meniju,
- ▶ vsi relevantni podatki so na voljo in na vpogled kadar koli, tudi po končani konfiguraciji (na primer z orodjem Tooltip),
- ▶ enostavna funkcija povleci in spusti.

Prednosti zaradi dobro premišljenega zunanega videza:

- ▶ realen 3D pogled različnih dimenzij,
- ▶ enostavna in hitra funkcija povečave ter vrtenja,
- ▶ spremljanje sprememb dimenzij konektorja in prostorske razpoložljivosti med samo konfiguracijo,
- ▶ pregleden 3D prikaz (prosojno ohišje) omogoča enostaven monitoring kabelskih povezav,
- ▶ 3D podatkovne datoteke ter seznam posameznih delov.

Vir:

www.staubli.com in www.combitac.com, www.staubli.com, d.kikelj@staubli.com

POSVET AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2019 - ASM '19

4. decembra 2019
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

POVEČANA VARNOST MEHANSKIH TLAČNIH STIKAL SUCO

Mehanska tlačna stikala SUCO se uporabljajo v skoraj vseh industrijskih panogah, v katerih je treba hidravlični ali pnevmatični tlak zanesljivo in varno meriti, spremljati ali nadzorovati (Slika 1). V več desetletjih delovanja po vsem svetu so si mehanska tlačna stikala SUCO pridobila velik ugled. Kupci izdelkov SUCO so uveljavljeni proizvajalci s področij mobilne hidravlike, gradnje strojev in naprav ter medicinske in procesne tehnologije.



Slika 1: Mehanska tlačna stikala SUCO.

Poleg široke palete različnih izvedb, ki jih odlikuje veliko temperaturno območje delovanja (NBR do - 40 °C, FFKM do + 120 °C), imajo stikala SUCO izjemno dolgo življenjsko dobo ter so varovana pred nadtlakom.

S stalno optimizacijo izdelovalnih procesov in komponent je proizvajalcu SUCO uspelo pomembno povečati že tako nadpovprečno odpornost svojih mehanskih tlačnih stikal proti nadtlaku. To je med drugim potrdil zunanji, neodvisni preizkusni laboratorij.

Testirana je bila široka paleta membranskih in batnih tlačnih stikal. Na podlagi rezultatov preskusov je mogoče potrditi nadpovprečne vrednosti odpornosti proti nadtlaku vseh preizkušenih tlačnih stikal. Nekatere serije so zaključile celoten preskusni scenarij s skupno 1,5 milijona ciklov pri različnih ravneh tlaka do maks. 720 bar brez okvare.

Glede na rezultate bo proizvajalec SUCO v prihodnje še povečeval odpornost svojih tlačnih stikal na statični nadtlak. Poleg tega bo v prihodnosti določil tudi vrednosti statičnega porušitvenega tlaka za stikala

velikosti 24 in 27, ki bodo dosegle vrednosti do 1000 barov.

Navadno je porušitveni tlak približno 20-30 % višji od stopnje varnosti pred nadtlakom. Z 1,75-krat večjimi vrednostmi porušitvenega tlaka od stopnje varnosti pred nadtlakom bodo stikala proizvajalca SUCO imela daljšo življenjsko dobo in večjo varnost obratovanja.

Zahvaljujoč temu izboljšanju je proizvajalec SUCO storil velik korak k svoji viziji postati eden vodilnih ponudnikov rešitev na področju nadzora tlaka in pogonske tehnologije. Skupaj z več kot 65 večinoma ekskluzivnimi prodajnimi partnerji zagotavlja tehnično podporo za svoje stranke po vsem svetu.

Več informacij o produktih SUCO dobite pri podjetju INOTEH.

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: gp@inoteh.si, internet: www.inoteh.si

ADAPTERJI REDIMOUNT™

Podjetje Thomson predstavlja poenostavljeno vgradnjo motorjev na linearne enote in precizne linearne aktuatorje Thomson. Adapter RediMount omogoča enostavno naročanje in pritrnitev motorjev. Z iskanjem pravilne prirobnice ni treba izgubljati dragocene časa.



Slika 1 : Adapterji RediMount™
(Vir: www.thomsonlinear.com).

Sistem RediMount je oblikovan tako, da je primeren za vgradnjo na široko paleto različnih tipov motorjev in velikosti reduktorjev. Prigraditev motorja na linearne enote in precizne linearne aktuatorje je sedaj hitrejša in preprostejša kot kadar koli do sedaj.

Predsestavljene modularni set RediMount vključuje :

- ▶ Prirobnico, ki se prilagaja široki paleti različnih motorjev in reduktorjev.
- ▶ Sklopke, ki omogočajo visoke navore.
- ▶ Čepe, vijake in tesnila, potrebna za pritrnitev.

Več informacij o izdelkih proizvajalca THOMSON dobite pri podjetju INOTEH.

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si

 **JAKŠA**
MAGNETNI VENTILI

od 1965

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



www.jaksa.si



Jakša d.o.o., Šlandrova 8, 1231 Ljubljana

T (0)1 53 73 066, F (0)1 53 73 067, E info@jaksa.si

VAKUUMSKO PRIJEMALO piCOBOT®

Prijemalo piCOBOT® proizvajalca PIABje je sedaj na voljo s splošnim električnim vmesnikom in več izvedbami mehanske pritrilne plošče različnih dimenzij v skladu s standardom ISO 9409-1. To omogoča njegovo konfiguracijo za delo s katerim koli sodelujočim robotom - »kobotom« ali z manjšimi industrijskimi roboti. Prijemala piCOBOT® so splošno združljiva z različnimi sodelujočimi roboti. Prvotno je bilo prijemalo certificirano za delo s koboti proizvajalca robotov UR, sedaj pa so na trgu prijemala piCOBOT®, ki so primerna tudi za druge robote.



Slika 1: Vakuumsko prijemalo piCOBOT®.

Z uporabniku prijaznim spletnim orodjem za konfiguracijo lahko kupci izbirajo med splošnim električ-

nim vmesnikom, vključno s standardnim kablom, ali tistim, ki ga predpiše proizvajalec robotov UR. Uporabniki lahko izbirajo tudi med različnimi mehanskimi vmesniki, ki natančno ustrezajo njihovim specifičnim zahtevam in / ali aplikacijam. Prijemalo piCOBOT® zagotavlja varno in učinkovito interakcijo med človekom in robotom ter združuje vakuumsko črpalko in prijemalo, opremljeno s sesalnimi gumami.

Za zagotavljanje optimalne nosilnosti kobota, je masa prijemala piCOBOT® le 720 g. Kljub svoji minimalni masi je prijemalo proizvajalca PIAB še vedno zmožno dvigniti predmete mase do 7 kg. Kompaktna oblika in majhna vgradna višina 69 mm omogočata uporabo tudi v omejenem prostoru. Zasnovan je za največjo fleksibilnost in doseg, širok je 97-142 mm, njegova roka pa se lahko nagne do +/- 15 stopinj.

Več informacij o vakuumskih prijemalih PIAB dobite pri podjetju INOTEH.

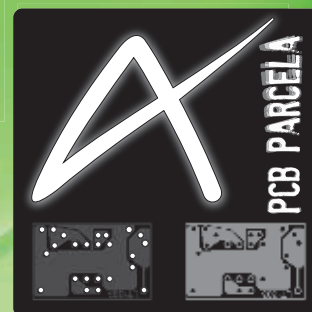
Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si

AX ELEKTRONIKA

PCB parcele

Najcenejša izdelava vašega
prototipnega vezja v Sloveniji!



AX elektronika d.o.o

Špruha 33

1236 Trzin

www.svet-el.si

telefon: 01 549 14 00

e-pošta: bojan@svet-el.si

VRTLJIVA OBRAČALNA OS – HIWIN

Učinkovito premikanje obdelovalnih strojev: inovativno, prilagodljivo, robustno in kompaktno – to so bistveni argumenti za razvoj in izdelavo pogonskih rešitev HIWIN pri specialistu za pogonsko tehnologijo iz Offenburga. Poleg izključno strojnih elementov, kot so profilne tirnice, krogelni navojni pogoni, linearni in navorni motorji, ima podjetje HIWIN v svojem proizvodnem programu sedaj tudi vrtljive obračalne osi (*Slika 1*). Podjetje dobavlja naročnikom posamezne komponente in v celoti montirane dodatne osi.



Slika 1 : Vrtljiva obračalna os.

Z le malo truda so lahko vrtljive obračalne osi z različnimi kodirniki ter ustreznimi vmesniki enostavno vgrajene v vse običajne krmilnike strojev in s tem v vse obstoječe koncepte strojev. Tako postane 3-osni stroj po potrebi enostavno 5-osni stroj. To pomeni dodano vrednost brez dodatnih naporov,

saj sta potrebna le integracija dodatnih osi, pripravljenih za montažo, in njihova priključitev na obstoječi krmilnik.

Vrtljive obračalne osi so opremljene z vodno hlajenimi neposrednimi pogoni serije navornih motorjev TMRW. Pogoni brez vzdrževanja izstopajo s svojimi velikimi navori ter veliko dinamiko v povezavi z natančnim pozicioniranjem. Prilagojene zahtevam obdelovalnih strojev se lahko vrtljive obračalne osi visoke obremenitve, ki se ne sučejo ali prevrnejo, uporabljajo na primer kot četrta ali peta os v rezkalnih strojih HSC, merilnih in laserskih strojih ter v centrih za struženje.

Vir:

HIWIN GmbH, Brücklesbünd 1, 77654 Offenburg, ZR Nemčija, tel.: +49 781 93278-208, faks: + 49 781 93278-90, E-pošta: selina.lohrer@hiwin.de, Internet: www.hiwin.de

NOVI DVOPOLOŽAJNI PROPORCIONALNI SERVOVENTIL PARKER TFP



Ena izmed zadnjih novosti podjetja Parker na področju hidravličnih ventilov je novi dvopoložajni proporcionalni servoventil – Parker TFP. Serija TFP je zasnovana na tehnologiji VCD® (Voice Coil Drive), ki omogoča izboljšanje zmogljivosti in produktivnosti v hidravličnih sistemih. TFP temelji na dosežanjih serijah ventilov TDP in TEP, ki že zagotavljajo odlične karakteristike: velik pretok, natančnost in dinamiko. Za serijo TFP je značilen predvsem popolnoma nov dizajn, ki je optimiziran za doseganje večjih pretokov, kar v praksi pomeni uporabo manjše velikosti ventila, k čemur pripomore tudi integrirani pilotni ventil DFplus.

Vir:

Parker Hannifin Sales CEE s.r.o., Češka Republika – Podružnica Novo mesto, tel.: 07 337 66 50, faks: 07 337 66 51, e-mail: parker.slovenia@parker.com, spletna stran: www.parker.com, Miha Šteger

HLADILNIŠKI SUŠILNIKI STISNJENEGA ZRAKA

Podjetje OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana je usmerjeno v lastni razvoj in proizvodnjo izdelkov na področju filtracije in čiščenja zraka ter plinov. S svojimi izdelki so prisotni po vsem svetu. Pomemben člen v verigi priprave kakovostnega zraka je odstranitev vsebovane vodne pare.

1 O vlažnem zraku

Zrak v atmosferi vedno vsebuje vodo v obliki pare. Termodinamično ga lahko obravnavamo kot zmes dveh komponent: suhega zraka in vodne pare. Kadar govorimo o zračni vlažnosti, moramo razlikovati med absolutno in relativno vlažnostjo. Absolutna vlažnost (X) je razmerje med maso vodne pare (m_v) in maso suhega zraka (m_{sz}) in je neodvisna od temperature in tlaka.

$$X = \frac{m_v}{m_{sz}} [g/kg]$$

Relativna vlažnost (φ) po drugi strani izraža stopnjo zasičenosti zraka z vodno paro. Definirana je kot razmerje med delnim tlakom (p_{vp}) in tlakom nasičenja (p_s) vodne pare.

$$\varphi = \frac{p_{vp}}{p_s} \cdot 100 [\%]$$

Velja Daltonov zakon, po katerem je skupni tlak mešanice (p) plinov v posodi enak vsoti delnih tlakov in tako velja spodnja enačba, kjer je p_{sz} = delni tlak suhega zraka.

$$p = p_{vp} + p_{sz}$$

Delni tlak vodne pare in delni tlak suhega zraka se povišata z dvigom skupnega tlaka. Tlak nasičenja

vodne pare je odvisen od temperature, ni pa odvisen od skupnega tlaka. Relativna vlažnost zraka se poveča, če ga stisnemo ali ohladimo. Delni tlak vodne pare ne more biti višji od tlaka nasičenja. Pri ohlajanju ali stiskanju zraka s 100-odstotno relativno vlažnostjo pride do izločanja vode v kapljeviti obliki. Zaradi opisanega je relativna vlažnost stisnjene zraka vedno visoka. To lahko negativno vpliva na kakovost končnega produkta oz. procesa in zmanjša življenjsko dobo sistema. Stisnjeni zrak je treba pred njegovo uporabo sušiti. Standard ISO 8573 1 definira čistost / kvaliteto zraka za kontaminante.

2 Sušenje stisnjene zraka

Za sušenje stisnjene zraka lahko izkoriščamo več fizikalnih principov. Najpogosteje uporabljamo energija izmed naslednjih tipov sušilnika:

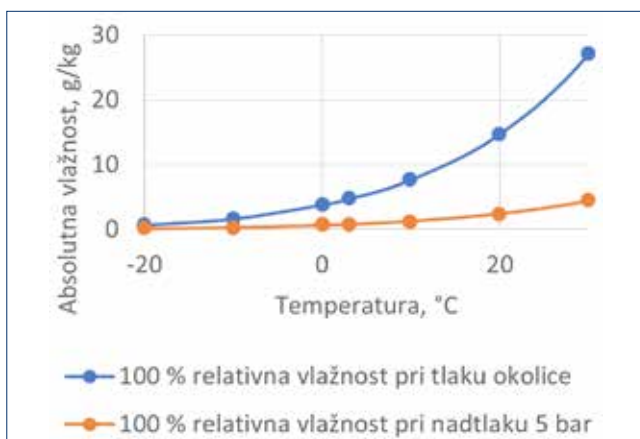
- ▶ Hladilniški sušilniki (točka rosišča 3 °C)
- ▶ Membranski sušilniki (točka rosišča -20 °C)
- ▶ Adsorpcijski sušilniki (točka rosišča -70 °C)

Vsak ima svoje prednosti in slabosti. Membranski in adsorpcijski sušilniki dosegajo točke rosišča pod 0 °C. Za svoje obratovanje porabijo del sušenega zraka, zato so energijsko manj učinkoviti. V splošnem velja, da so hladilniški sušilniki stroškovno in energijsko najboljša rešitev za sušenje stisnjene zraka. Zato so najpogostejša izbira. Uporabljamo jih v vseh standardnih aplikacijah, pri katerih zadošča, da se izogiba kondenzirani vodi in koroziji v napeljavni stisnjene zraka. To je vedno, kadar zadošča doseganje točke rosišča stisnjene zraka 3 °C.

3 Hladilniški sušilniki stisnjene zraka

V hladilniških sušilnikih dosežemo točko rosišča 3 °C z ohlajanjem zraka na 3 °C in odstranjevanjem pri tem kondenzirane vode. Da se to doseže, sta potrebna dva ločena tokokroga, zračni in hladilni. Jedro naprave predstavlja prenosnik toplote 3 v 1, ki združuje 3 funkcije v enem paketu.

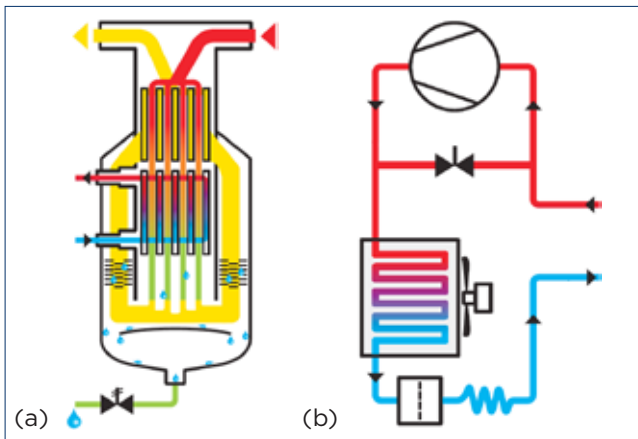
Zračni tokokrog (slika 2 a) je naslednji: Vroč, z vlaggo nasičen zrak, vstopa v prenosnik toplote 3 v 1. V prvem delu poteka prenos toplote zrak - zrak, to je prenos toplote iz vstopajočega zraka na izstopajoči zrak. V drugem delu poteka prenos toplote zrak -



Slika 1: Mehanska tlačna stikala SUCO.

OMEGA AIR

Air and Gas



Slika 2 : Zračni tokokrog (a) in hladilni tokokrog (b) hladilniškega sušilnika



Slika 3 : Hladilniški sušilnik

hladivo, kjer je preko hladilnega sistema zrak ohlajen do temperature $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. V tretjem delu zrak potuje skozi separator kapljevine, kjer se iz zračnega toka odstranijo vse kapljice vode. Nato se hladen zrak vrača skozi prvi del prenosnika toplote 3 v 1. Tam se segreje na temperaturo, ki je približno $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pod temperaturo vstopajočega zraka.

Hladilni tokokrog (slika 2 b) je naslednji: Kompresor sesa plinasto fazo hladiva iz nizkotlačne strani in ga stiska na visokotlačno stran, ki nato vstopa pri visokem tlaku in temperaturi, višji od okolice, v kondenzator. Tam odda toploto v okolico in kondenzira v kapljevito fazo. Slednja vstopa v kapilarno cev, kjer zaradi majhnega preseka cevi in velike dolžine nastopa velik tlačni padec. Zaradi padca tlaka se hladivu zniža temperatura do približno $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nato vstopa v prenosnik toplote 3 v 1 zrak - hladivo, kjer poteka prenos toplote iz zraka na hladivo. V uparjalniku se pred vstopom v kompresor vse hladivo upari. S tem je tokokrog sklenjen. Z obhodnim ventilom vročih plinov, ki sklene tlačno in sesalno stran kompresorja, zagotovimo, da v času majhnih potreb po hlajenju temperatura uparjanja ne pade pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. S tem preprečimo tvorjenje ledu v prenosniku toplote zrak - hladivo.

www.omega-air.si



Oprema za stisnjen zrak



Adsorpcijski sušilniki



Vijačni kompresorji



Generatorji plinov



OMEGA

AIR

OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana

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

info@omega-air.si

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

IN MEMORIAM – DR. HENRI A. WASSEBERGH, DR. MICHAEL MILDE

Kadar pomislim na dr. Wassenbergha in dr. Mildeja, se spomnim španskega pregovora »El saber no ocupa lugar«¹. Njuna odlika in moč je bilo znanje. Bila sta nepogrešljiva na področju mednarodnega letalskega javnega in zasebnega prava.



Prof. dr. Henri Wassenbergh



Prof. dr. Michael Milde

Henri Abraham Wassenbergh se je rodil 16. avgusta 1924 v kraju Hattem na Nizozemskem. Iz prava je diplomiral na Univerzi v Amsterdamu, mednarodno pravo pa je študiral tudi na Sorboni in Inštitutu za visoke študije v Parizu. Študij je nadaljeval na Nizozemskem ter na Univerzi v Leidnu doktoriral leta 1957. Letalstvo ga je že leta 1950 povežalo z Nizozemsko kraljevo letalsko družbo (KLM), v kateri je deloval vse do leta 1989. Od leta 1967 je bil član Komisije za zračni promet pri Mednarodni trgovinski zbornici v Parizu, sodeloval je pri delu Evropskega centra za vesoljsko pravo Evropske vesoljske agencije, deloval je v Mednarodnem inštitutu za vesoljsko pravo Mednarodne aereonavtične federacije, v Mednarodnem združenju letalskih prevoznikov (IATA), v skupini za letalsko politiko francoskega združenja za letalsko pravo ter v Pravnem odboru Mednarodne organizacije civilnega letalstva (ICAO) v Montrealu. Po njem se imenuje tudi asteroid (5765 Wassenbergh-6034

P-L).² Prejel je več častnih naslovov in nagrad³, objavil pa je tudi zelo veliko strokovnih del in članov⁴. Tako študentje na magistrski stopnji ali doktorskem študiju kot tudi kolegi po svetu so ga imenovali kar dr. KLM, mnogi pa so celo menili, da bi mu že, ko je bil še živ, postavili spomenik. Umrl je februarja 2014. Imel sem čast, da sem ga spoznal po letu 1991, ko je že postal Professor Ordinarius. Spodbujal me je, da bi na Inštitutu za letalsko in vesoljsko pravo opravil doktorat. Žal naša življenja ne tečejo vedno tako, kot si želimo, ostal pa je spomin na profesorja, ki je bil neizmerna zakladnica znanja s področja mednarodnega letalskega prava. (Foto dr. Wassenberga iz interneta).

Michael Milde je bil siva eminenca v ICAO. Rodil se je Pragi leta 1931. Na Karlovi univerzi v Pragi je pridobil tri diplome in postal izredni profesor. Češkoslovaško je zapustil sredi leta 1960 in se udomačil v Montrealu. 25 let je služil kot strokovnjak

¹ Eduardo Aparicio, 101 Spanish Proverbs-Understanding Spanish Language and Culture Through Common Sayings, Passport Books, USA, 1998, str. 47.

² Podrobno glej v http://en.wikipedia.org/wiki/Henri_Wassenbergh, <3.9.2019>.

³ Pregled v zgoraj navedeni internetni strani.

⁴ Glej Fenema H. Peter van and Hanneke Hoek. (1992) »Biography of Henri A. Wassenbergh, »Air and space Law: De Lege Ferenda; Essays in Honour of Henri A. Wassenbergh, pp.xiii(<<https://books.google.com/books?Id=fz4VtvUCRIBC&pg=PR14>, <3.9.2019>.

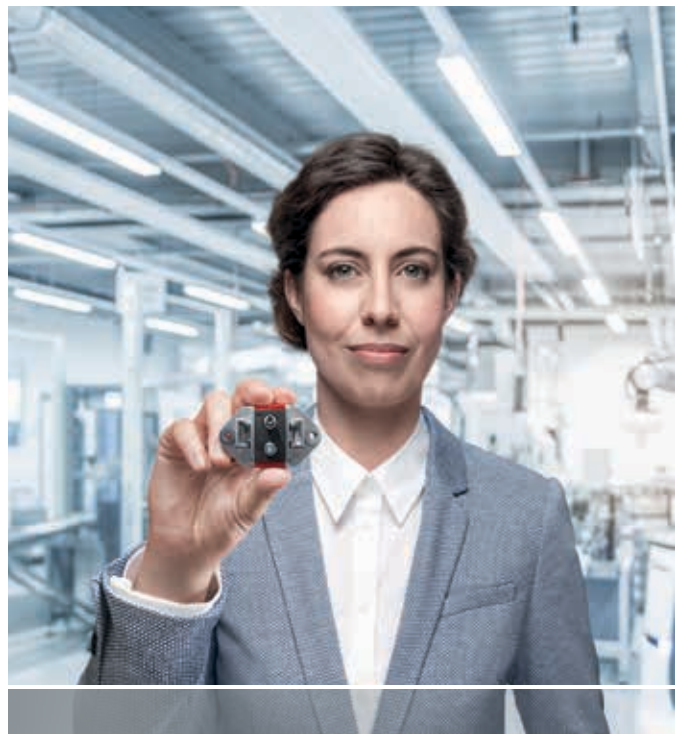
v ICAO kot glavi pravnik, kasneje pa kot direktor Pravnega urada ICAO. To je ena od najvišjih funkcij na področju mednarodnega letalskega prava kjer koli na svetu. Kot tak je pustil prstne odtise na mnogih mednarodnih pogodbah in protokolih, ki so nastale v okviru ICAO. Bil je tudi direktor Inštituta za letalsko in vesoljsko pravo Univerze McGill v Montrealu. Pod njegovim vodstvom je Inštitut prejel prestižno nagrado Edwarda Warnerja, ki jo podeljuje ICAO⁵. Njegovi študentje pravijo, da je bil izobražen, živahen in predan učitelj mednarodnega letalskega in zasebnega prava. Veliko je potoval in svetoval državam in letalskim podjetjem s področij, ki jih je najbolj obvladal, pisal članke in knjige, ki so postale učbeniki prihodnjih strokovnjakov mednarodnega letalskega prava. O njegovi zadnji knjigi smo pisali tudi v VENTIL-u (International Air Law and ICAO, Ventil/December 23/2017/6).

Z njim sem se pogosto srečeval na hodnikih zgradbe ICAO, na sestankih delovnih skupin med zasedanjem Skupščine ICAO. Vedno mi je namenil prijazno besedo in bil pripravljen odgovoriti na vprašanja, povezana z mednarodnimi konvencijami in protokoli. Žal ni imel več časa, da bi obiskal Slovenijo, toda občutek sem imel, da je vesel, da je Slovenija postala članica ICAO.

Zadnjič sva se osebno srečala leta 1999 na Mednarodni konferenci o letalskem pravu v Montrealu, ko sem, kot vodja slovenske delegacije, podpisal Montrealsko konvencijo. Umrli je leta 2018 in v njegov spomin lahko zapišem misel enega njegovih študentov: »You were un très, très grand Monsieur. Vous allez nous manquer terriblement.«⁶ (foto Michael Milde-internet)

⁵ Edward Warner Award je nagrada, ki jo podeljuje ICAO pionirjem in organizacijam, ki so veliko prispevali k razvoju civilnega letalstva. Imenuje se po Edwardu Pearsonu Warnerju, prvemu predsedniku Sveta ICAO.

⁶ <https://www.mcgill.ca/iasl/press/2018-0/michaelmilde>, <3.9.2019>.



MODULARNI KONEKTOR

CombiTac Plug into customization

CombiTac je kompaktna rešitev za vse vaše potrebe: Z njegovo modularno zasnovo konektor prilagodite svojim potrebam. Naš nov spletni konfigurator vam omogoča hitro in enostavno sestavljanje vašega CombiTac-a korak za korakom. Vključuje 3D animacijsko grafiko in vodi uporabnika skozi celoten postopek konfiguracije.

Konfiguracija še nikoli ni bila enostavnejša!

Več informacij:



www.combitac.com



Multi-Contact

MC

STÄUBLI

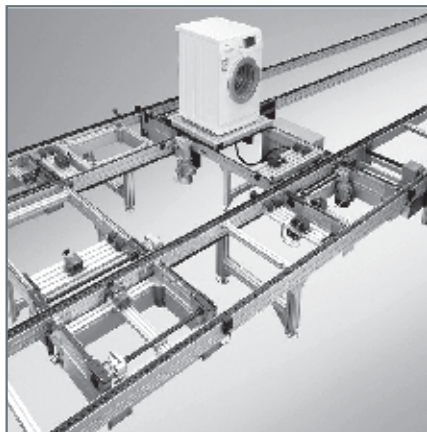
Rexroth

ORGATEX®

LEANPRODUCTS®



BOSCH



OPL

automation

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

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

LITERATURA • STANDARDI • PRIPOROČILA

NOVE KNJIGE

- [1] Casey, B.: **Insider Secrets to Hydraulics** – Po več kot 12 400 prodanih izvodih uveljavljeni avtor v drugi izdaji tega priročnika objavlja edinstveno in zanimivo delo, ki obravnava tako tehnična kot komercialna vprašanja uporabe naprav in strojev s hidravličnim pogonom in krmiljenjem. Poudarek je na vzdrževanju, popravilih in obnovi hidravličnih naprav in sistemov, ne samo na preventivnem vzdrževanju, diagnostiki in popravilih ustreznih sestavin in vezij, ampak tudi njihovi zamenjavi in nabavi rezervnih delov. Vključuje tudi zanimivosti uporabe hidravlike na posameznih področjih tehnike, industrije in gospodarstva. – Več informacij in naročilo na spletnem naslovu: www.hydraulicsupermarket.com/hp.
- [2] Casey, B.: **The Hydraulic Maintenance Handbook** – Uveljavljeni strokovnjak in avtor mnogih priročnikov za različna področja hidravlike je pripravil tudi zanimivo knjigo o vzdrževanju hidravličnih naprav, izhajajoč iz »načela 80/20«. Vodilno načelo izhaja iz zamisli o 80-odstotnem zmanjšanju stroškov zastoja pri delovanju strojev samo z 20-odstotnim povečanjem njihovega vzdrževanja. S tem se močno poveča zanesljivosti njihovega delovanja ob pomembnem znižanju stroškov vzdrževanja. Seveda ob razumevanju načel vzdrževanja in njegovega pomena. Priročnik o vzdrževanju hidravličnih naprav obravnava 15 osnovnih načel, ki zagotavljajo visoko zanesljivost ob minimalnih stroških. Razumevanje in upoštevanje teh načel predstavlja podlago za postopno uveljavljanje sistema vzdrževanja. – Več informacij in naročilo na spletnem naslovu: www.hydraulicssupermarket.com/hp.
- [3] Casey, B.: **The Mobile Hydraulics Handbook** – Med mnogimi knjigami avtorja Brendana Caseya s področja fluidne tehnike so tudi različna dela s področja uporabe in vzdrževanja hidravličnih naprav. Pričujoči priročnik, namenjen predvsem uporabnikom mobilne hidravlike, obravnava sodobne rešitve proporcionalne hidravlike in zanjo primerna elektronska krmilja. Podrobno opisuje ustrezne hidrostatične črpalke, motorje in hidrostatične prenosnike. V 14-tih poglavjih prične z osnovami in hitro preide v obravnavo sodobnih konceptualnih rešitev, od izvedb črpalk z nespremenljivo in spremenljivo iztislino do ustreznih krmilnih sestavin in vezij ter ventilov z zaznavanjem obremenitve. – Več informacij in naročilo lahko opravite na spletnem naslovu: www.hydraulicsupermarket.com/hp.
- [4] Casey, B.: **The Hydraulic Troubleshooting Handbook** – Med ostalimi knjigami uveljavljenega avtorja je tudi priročnik o diagnostiki oz. iskanju napak in motenj pri delovanju hidravličnih naprav. V okviru obravnave 12 osnovnih načel obdela temeljna pravila vzdrževanja takšnih naprav. Iskanje napak in motenj je mogoče tudi, če popolnoma ne obvladujemo delovanja naprave, sistema. Bitveno je, da skrajšamo čas zastojev in zmanjšamo stroške. – Več informacij in naročilo na spletnem naslovu: www.hydraulicsupermarket.com/hp.
- [5] Johnson, J.: **An Electrohydraulic Pump for the Millenium** – Zanimiva knjiga obravnava zasnovo izdelave prototipa, ustrezno elektronsko krmilje in specifična področja uporabe sodobne hidrostatične črpalke. – Zal.: Hydraulics & Pneumatics; več in naročilo na spletnem naslovu: www.hydraulicspneumatics.com/Bookstore.

PPTcommerce d.o.o.

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: info@ppt_commerce.si, www.ppt-commerce.si

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA

PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

www.ppt-commerce.si



EMERSONTM
Process Management



BETTISTM

DantorqueTM

HYTORKTM

Shafer[®]



ZANIMIVOSTI NA SPLETNIH STRANEH

- [1] **Avtentični pogoni za maksimalno produktivnost** – www.voith.com – Na letošnjem Hannoversem sejmu so se obiskovalci pri firmi *Voith* lahko prepričali, kako se pri napravah in strojih lahko prihrani do 70 % energije ob hkratnem povečanju njihove produktivnosti. Pod motom »*Progresivne hidravlične rešitve*« so predstavili hidravlične naprave in sisteme prihodnosti za krmiljenje in regulacijo naprav in strojev. Kot osnova naprednih rešitev so prikazani novi koncepti linearnih pogonov, zobniških črpalk z notranjim ozobjem in regulacijo vrtilne frekvence, diferencialne črpalke v sklenjeni krmilni zanki, servomotorjev in tako naprej. Firma je torej povsem pripravljena na prihajajočo industrijo 4.0.
- [2] **Fluidna tehnika – Navodila za specificiranje delovnih valjev** – www.hydraulicspneumatics.com. – Več strani obsegajoča publikacija obsega izčrpne tehnične informacije o delovnih valjih za hidravlične in pnevmatične naprave. Poleg teoretičnih podlag so opisani značilni zgledi uporabe in specificiranja delovnih valjev s seznamom več kot 290 ponudnikov standardnih izvedb valjev in ustrezne dodatne opreme. V posameznih poglavjih so podrobneje obravnavane naslednje vsebine:
- ▶ teoretične osnove delovnih valjev,
 - ▶ načini pritrjevanja,
 - ▶ pnevmatični valji,
 - ▶ sistem tesnjenja in tesnilke,
 - ▶ zgledi visokozmogljivih valjev za dvigovanje
- in pozicioniranje bremen reda 6 000 ton,
- ▶ seznam več kot 200 dobaviteljev.
- [3] **Hidravlični cevovod sistema »Stauff Line«** – www.stauff.com – Skupina podjetij *Stauff Grupe* od leta 2014 dosledno sledi strategiji biti globalni specialist in dobavitelj sestavin za gradnjo hidravličnih cevovodov. Tako se je uveljavil s svojim sistemom *Stauff Line*, h kateremu poleg kompletnega nabora cevovodov sodi tudi hidravlična cev sama, ki jo v centrih po vsem svetu na CNC-strojih za upogibanje ustrezno oblikujejo in pripravijo za vgradnjo.
- [4] **Odlična vožnja s sistemom vožnje 4.0** – www.tum.de – Vsi govorijo o industriji 4.0. Sodobne skupnosti se zato trudijo ustvarjati pogoje tudi za digitalizacijo na gradbiščih. Katedra za transportno tehniko, tokove materiala in logistiko na Tehniški univerzi v Münchenu sodeluje s podjetji *Holo-Light*, *MTS*, *VEMCON* in *Fitzmeier Cabs* pri iskanju ustreznih rešitev. Oblikovali so projekt »sistem vožnje 4.0« (nem.: *Fahrerleitsystem 4.0*), ki bo lahko pomembno spremenil način dela z mobilnimi delovnimi stroji in vozili na gradbiščih.
- [5] **Odpiranje proste poti za IoT tudi za področje fluidne tehnike** – www.vdma.org – Oglasni slogani iz finančnega sveta so primerni tudi za področje fluidne tehnike. Tako je sedem nemških podjetij, skupaj s svojim združenjem VDMA, na posebni razstavi »O pametnih pogonih in njihovih fluidnotehničnih rešitvah«

OGLAŠEVALCI

- ▶ AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana.....392, 416
- ▶ CELJSKI SEJEM, d. d., Celje.....393
- ▶ FESTO, d. o. o., Trzin..... 349, 428
- ▶ HENNLICH, d. o. o., Podnart377
- ▶ HIWIN GmbH, Offenburg, Nemčija425
- ▶ ICM, d. o. o., Vojnik427
- ▶ IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.)
NORGREN, Lesce..... 349
- ▶ INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija368
- ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana415
- ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje 349
- ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana..... 349
- ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana..... 349, 419
- ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin ..349, 422
- ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.)
Novo mesto..... 349
- ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri.... 349, 350
- ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana349, 423
- ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica.....386, 387
- ▶ STÄUBLI Systems, s.r.o., Pardubice, CZ.....421
- ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana392
- ▶ S3C, d. o. o., Ljubljana 349
- ▶ UL, Fakulteta za strojništvo 352, 359, 392
- ▶ ZALOŽBA Pasadena, d. o. o., Ljubljana..... 403
- ▶ YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica365

(*Smart Power Transmission and Fluid Power Solutions*) na letošnjem Hannoverškem sejmu sprostilo dostop na internet stvari (*IoT - Internet of Things*). Sodelovale so firme: Balluff, Fluidtronics, Argo-Hytos, Bosch-Rexroth, Moog, Brucher Hydraulics in Emerson (Aventics).

- [6] **Pametna pogonska in fluidna tehnika - bit.ly/VDMAFactsheet** - Na »forumu o gibanju in pogonih« (*Forum Motion & Drives*) so na letošnjem Hannoverškem sejmu v okviru VDMA - delovnega področja za fluidno tehniko (*Arbeitskreis »Fluidtechnik Industrie 4.0«*) predstavili najnovejše dosežke z obravnavanega področja. Teme so se nanašale na različne vidike razvoja fluidne tehnike. Obravnavane so: novosti na področju mednarodne standardizacije v okviru ISO; glavni koncepti in platforme industrije 4.0; avtomatizacija procesov zagona naprav in strojev; projekt poenotene platforme odprte komunikacijske arhitekture (*OPC UA - Open Platform Communications-Unified Architecture*) za industrijo 4.0 ter kompleks 14 projektov tako imenovanih »zelenih tovarn« (*Greenfield Plants*).
- [7] **Pogled v prihodnost hidravlike - www.voss-fluid.net** - Na letošnjem Hannoverškem sejmu je firma Voss predstavila svoj pogled na prihodnost razvoja cevni priključkov in cevodovodov za hidravlične naprave, ki zanesljivo ne puščajo. V okviru razstave »*Future World*« so predstavili nadaljnji razvoj sistema *Voss Typ 90 Comfort* za perfektno predmontažno napravo (nem.: perfekte Vormontagegerat), ki naj bi v prihodnje preprečeval vse mogoče montažne napake. Tako naprava sama zaznava, ali je orodje pravilno vloženo ali ima zarezni obroček pravo lego in ali je vgradna dolžina do konca cevi pravilna. Poleg tega je predstavljena tudi nova izvedba vtičnega priključka za hidravlične gibke cevodovode in študija novih izvedb tokovno optimiziranih cevni priključkov.
- [8] **Prihajajo »Coboti« - www.piab.com** - Večina industrijskih robotov mora delovati v zaščitenem okolju, tako da niso nevarni za človeka. Ena od alternativnih možnosti so svetlobne zaščitne zavese oziroma bližinska varnostna zaznavala. Roboti s takšno zaščito, ki se imenujejo tudi »coboti«, so zasnovani in izvedeni tako, da lahko sodelujejo (angl.: collaborate) z ljudmi. Namesto zaustavljanja imajo sofisticiran sistem zaznavanja in zaščite človeka v okolici. To je eden od razlogov za razširjeno uporabo vakuumskih prijemal pri cobotih, ki preprečujejo točke ščipanja med prsti mehanskih prijemal in obdelovanci.

Podjetje *Piab* iz Hingham, Mass. ZDA, je nedavno uvedlo sistem *piCOBOT* z ročičnim vakuumskim orodjem, posebno za uporabo s »coboti«. Sistem je za najnovejše vrste »cobotov« sestavljen iz večstopenjskega generatorja vakuuma in certificirane vtične ročice.

Ponujeni razvojni komplet *piCOBOT*-a je sestavljen iz vakuumske črpalke in enote s kompletom vakuumskih prijemal. Standardni komplet obsega štiri različne stavke sesal, primernih za različne naloge. Toda uporabniki imajo na voljo tudi razširjeno ponudbo sesal za posebne naloge.

HIWIN®

Motion Control & Systems



KROGLIČNA VRETENA

Živimo gibanje.

www.hiwin.si

© Ventil 25(2019)5. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
© Ventil 25(2019)5. Printed in Slovenia. All rights reserved.

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

Volume Letnik 25
Year Letnica 2019
Number Številka 5

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

Ustanovitelj: SDFT in GZS – ZKI-FT
Izdajatelj: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Glavni in odgovorni urednik: prof. dr. Janez Tušek
Pomočnik urednika: mag. Anton Stušek
Tehnični urednik: Roman Putrih

Znanstveno-strokovni svet:

- ▶ prof. dr. Maja Atanasijević-Kunc, FE Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Ivan Bajsić, FS Ljubljana
- ▶ doc. dr. Andrej Bombač, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Peter Butala, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Alexander Czinki, Fachhochschule Aschaffenburg, ZR Nemčija
- ▶ doc. dr. Edvard Detiček, FS Maribor
- ▶ prof. dr. Janez Diaci, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Jože Duhovnik, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Niko Herakovič, FS Ljubljana
- ▶ mag. Franc Jeromen, GZS – ZKI-FT, je upokojen
- ▶ prof. dr. Roman Kamnik, FE Ljubljana
- ▶ prof. dr. Peter Kopacek, TU Dunaj, Avstrija
- ▶ mag. Milan Kopač, POCLAIN HYDRAULICS, Žiri
- ▶ 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 Murrenhoff, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ prof. dr. Gojko Nikolić, Univerza v Zagrebu, Hrvaška
- ▶ izr. prof. dr. Dragica Noe, FS Ljubljana
- ▶ dr. Jože Pezdirnik, FS Ljubljana
- ▶ Martin Pivk, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo, Škofja Loka
- ▶ prof. dr. Alojz Sluga, FS Ljubljana
- ▶ Janez Škrlec, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Poljskava
- ▶ prof. dr. Brane Širok, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Željko Šitum, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Hrvaška
- ▶ prof. dr. Janez Tušek, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hironao Yamada, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice in oglasov: Narobe Studio, d. o. o., Ljubljana
Lektoriranje: Marjeta Humar, Andrea Potočnik
Prelom in priprava za tisk: Grafex agencija | tiskarna
Tisk: Schwarz Print, 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 4771-772 in + (0) 1 2518-567

Naklada: 1.500 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.

Strežni sistem in kartezični roboti s Handling Guide Online

FESTO



**Vsestransko
in natančno
prileganje!**

**Vi potrebujete celovite sisteme.
Vi želite zmanjšati kompleksnost.
Mi smo vaš zanesljiv partner za rešitve.**

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

Natančno prilegajoča, varčna, dinamična in prilagodljiva: ustvarite popolno rešitev z uporabo širokega nabora strežnih sistemov in kartezičnih robotov Festo. Bistveno zmanjšajte svoj napor: Handling Guide Online vam v samo treh korakih omogoča konfiguriranje in naročanje popolnega sistema strege. To vam zmanjša inženirski napor. Vaš sistem boste prejeli v rekordnem času, v celoti sestavljen in preizkušen.

Festo, d.o.o. Ljubljana
Blatnica 8
SI-1236 Trzin
Telefon: 01/ 530-21-00
Telefax: 01/ 530-21-25
Hot line: 031/766-947
sales_si@festo.com
www.festo.si