

Razvoj delovne postaje za didaktične namene načrtovanja, implementiranja in krmiljenja pnevmatskih sistemov

Vito TIČ, Aleš KROŠEL

Izvleček: Sodobni sistemi avtomatizacije proizvodnih procesov še vedno v veliki meri temeljijo na uporabi pnevmatike. Zaradi njenih pglavitnih prednosti, kot so nizka cena namestitve, enostavna uporaba, varno in zanesljivo delovanje v širokem temperaturnem območju, minimalno vzdrževanje, ter nenazadnje sama čistost medija in komponent, je zelo težko nadomestljiva z drugo obliko avtomatizacije. Zaradi pogoste uporabe pnevmatskih sistemov v industrijski avtomatizaciji je ključnega pomena, da bodoči tehnični kader primerno podučimo o njihovem ustreznem načrtovanju, implementaciji in krmiljenju. Na tržišču dostopna didaktična oprema za učenje pnevmatike in avtomatizacije omogoča le podajanje posameznih osnovnih znanj iz tega področja, medtem ko smo morali za didaktične namene realne industrijske rabe sodobnih pnevmatskih sistemov razviti lastno pnevmatsko delovno postajo.

Ključne besede: pnevmatika, didaktika, delovna postaja, krmiljenje

■ 1 Uvod

Avtomatizacija proizvodnih procesov je gonilo napredka in razvoja proizvodno naravnanih podjetij, kjer je, še posebej za višje izobražen kader, pomembno, da dobi specifične sposobnosti ter spretnosti snovanja, implementacije in vodenja avtomatiziranih naprav in procesov. Žal je didaktična oprema, ki se uporablja v izobraževalnih ustanovah običajno preproste narave (prikaz delovanja in krmiljenja posameznih komponent), zato je lahko prehod izučenega tehničnega kadra v realno industrijsko okolje zelo zahteven. Omenjeno vrzel smo

skušali zapolniti z zasnovo in izdelavo kompleksnejše didaktične postaje, ki v celoti temelji na uporabi realnih industrijskih komponent in predstavlja avtomatizirano delovno postajo na osnovi uporabe pnevmatskih sistemov.

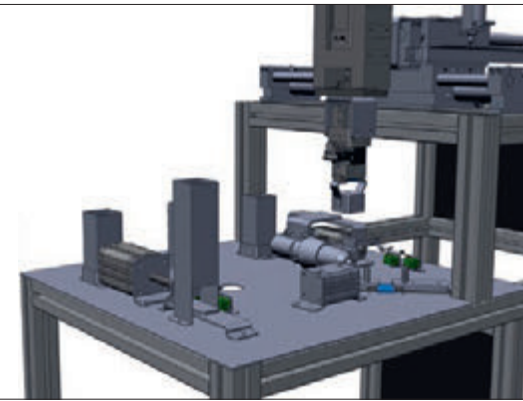
■ 2 Zasnova delovne postaje

Delovna postaja je zasnovana na podlagi izbranega obdelovalnega cikla. Obdelovanci so naloženi v zalogovniku, iz katerega jih na prevzemno mesto potiska dvosmerno delujoči valj. Prenos obdelovanca iz prevzemnega mesta na delovno mesto vrši 3-osni pnevmatični manipulator, sestavljen iz treh posameznih linearnih pnevmatskih osi, ki premike obdelovanca izvaja s pomočjo pnevmatskega prijemala z možnostjo zasuka. Po premiku obdelovanca iz prevzemnega

mesta na obdelovalno mesto sledi njegovo vpenjanje v klešče enosmerno delujočega pnevmatskega prijemala.

Osrednja tehnologija obdelave je bila izbrana z ozirom na ponovljivost procesa brez ponovne izdelave obdelovancev. Torej, enaki obdelovanci se lahko uporabijo večkrat, ne da jih zavržemo oz. izdelamo nove. Kot primerna procesa obdelave sta bila izbrana vrtanje, kjer je poleg proženja pnevmatske linearne osi treba sprožiti še vklop vrtalne enote preko releja, ter žigosanje, ki ga opravlja enosmerno delujoči valj. Pri tem se, odvisno od zasnovanega krmilja, lahko opravi samo ena izmed izbranih operacij, ali pa se opravita obe. Zaradi vrtljivega prijemala na manipulatorju pa lahko posamezni proces ponovimo še na drugi strani obdelovanca. Po obde-

Doc. dr. Vito Tič, univ. dipl. inž.,
Aleš Krošel, oba Univerza v Mariboru,
Fakulteta za strojništvo



Slika 1. 3D model in simulacija delovanja delovne postaje

lavi manipulator poskrbi za prenos obdelovanca na ustrezno izmetno mesto. Izmetnih mest je več in izbiro tako prepusti uporabniku ali zastavljeni nalogi.

Na ta način nam zasnovana delovna postaja omogoča visoko stopnjo prilagodljivosti pri snovanju krmilja; od najenostavnejših krmilnih ciklov, kjer upravljamo le 3 osi: uporabnik ročno vloži obdelovanec na delovno mesto, sledi vrtnje, žigosanje ter izpenjanje in ročno odstranjevanje obdelovanca; do zelo kompleksnih krmilnih ciklov, kjer upravljamo 9 osi: izmet obdelovanca iz zalogovnika, prevzem in prenos na delovno mesto, obe operaciji obdelave, izpenjanje in zasuk obdelovanca za 180°, ponovno vpenjanje in izbrana obdelava, izpenjanje ter prenos na ustrezno izmetno mesto, kjer štejemo mesta do zapolnitve.

Osnovni koncept postaje in njene delovanja je bil nadalje razvit in zasnovan v programskem okolju SolidWorks, s pomočjo katerega smo izdelali preprosto simulacijo gibanja skozi delovni proces in na ta način lažje uskladili posamezne pomike vseh 9-ih osi. Na osnovi končnega 3D modela so se izdelale delavniške risbe in načrti, ki so bili potrebni pri izdelavi in sestavljanju.

■ 3 Konstrukcija delovne postaje

Sama konstrukcija, na katero je nameščen triosni pnevmatični manipulator, ki služi za prenašanje

obdelovancev, je sestavljena iz aluminijastih profilov. Pod manipulatorjem se nahaja pločevina na katero so pritrjene vse ostale enote, ki opravljajo funkcijo podajanja, shranjevanja in obdelave. Pnevmatске cevi iz ventilskega otoka, kakor tudi električni vodniki do posameznega krmiljenega elementa, so speljani po kanalih, in po potrebi po kabelski verigi, s čemer je doseženo in prikazano ustrezno varovanje vodnikov in cevi pred morebitnimi poškodbami, zapletanjem ali opletanjem.

■ 4 Raznolikost uporabljenih komponent

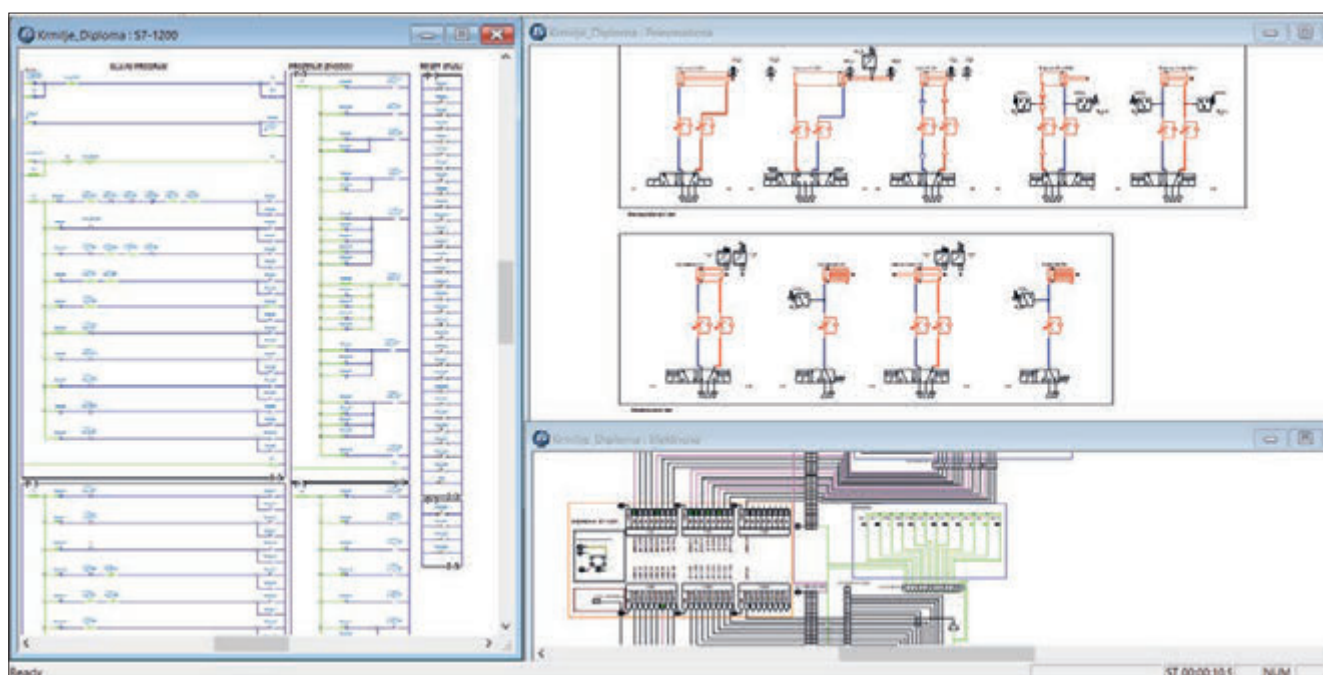
Pri snovanju pnevmatskega in električnega sistema smo želeli uporabiti in prikazati kar se da veliko število raznolikih komponent. Zato je na delovni postaji uporabljenih več različnih tipov končnih stikal, odvisno od možnosti in primernosti namestitve. Tako za povratne informacije o gibih in končnih položajih krmiljenih osi služijo mehanska, induktivna, magnetna ter tlačna stikala, ki vsaka s svojimi specifičnimi lastnostmi omogočajo ustrezno indikacijo stanja. Namreč, vseh stanj ne moremo zaznati le z eno vrsto končnih stikal, na primer: z mehanskim končnim stikalom je praktično nemogoče zaznati, ali je prijemalo zaključilo proces vpenjanja obdelovanca.

Nameščen 3-osni manipulator je sestavljen iz dveh linearnih pnevmatičnih osi ter enega pnevmatičnega valja z dodatnim vodilom, kar omogoča prikaz in primerjavo dveh različnih izvedb pnevmatičnih osi. Na končnih položajih linearnih osi X in Y se nahajajo pnevmatični blažilniki, ki blažijo sicer sunkovito ustavljanje v krajnih legah. Omenjeni osi imata tudi vgrajena induktivna končna stikala za zaznavanje končnih pozicij. Le-ta nam omogočajo enostavno zasnovanje krmilja, prav tako pa se ni potrebno ozirati za izvedbo pritrditve stikal, kot je to pogosto potrebno pri klasičnih mehanskih končnih stikalih. Valj z dodatnim vodilom na Z osi ima vgrajena drugi tip brezkontaktnih končnih stikal, in sicer miniatura magnetna stikala, ki se namestijo v utor na valju. Prednost omenjenih stikal je vsekakor njihova vsestranska uporabnost ter enostavna namestitve.

Prenos obdelovancev vrši manipulator s pomočjo pnevmatičnega prijemala, ki poleg prijema obdelovanca omogoča tudi njegov zasuk za 180°. Indikacijo zaključka omenjenih operacij je praktično nemogoče izvesti z mehanskim končnim stikalom, saj je prostor za namestitve zelo omejen. Zato smo uporabili tlačna stikala, ki nam poleg nastavljive preklapne točke tudi prikazujejo trenutni tlak v posameznemvodu. Ostale funkcije pa vršijo raz-



Slika 2. Uporabljena oprema – realne industrijske komponente



Slika 3. Sočasna simulacija delovanja pnevmatskega sistema, električnega dela s krmilnikom ter pripadajočega programa

lični enosmerno ali dvosmerno delujoči valji, ki imajo dograjena nizkocenovna stikala, s katerimi smo želeli ponazoriti neprimernost uporabe tovrstnih stikal v industrijskem okolju.

Predstavljenih devet pnevmatskih osi je krmiljenih s pomočjo sodobnega in kompaktnega ventilskega otoka Festo VTUG. Ventile na ventilskem otoku je mogoče krmiliti s proženjem posameznih 24 V tuljav na ventilih, ali pa preko posebnega komunikacijskega vmesnika, ki se dogradi na ventilski otok in omogoča krmiljenje preko ProfiNet povezave. Zato smo fizične povezave izvedli na način, da je mogoče proženje bodisi s pomočjo digitalnih izhodov na krmilniku, bodisi preko ProfiNet industrijske komunikacije med ventilskim otokom in krmilnikom.

■ 5 Električni del

Vsi električni vodniki so speljani v elektro-omarico, ki je nameščena stransko na zadnjem delu manipulatorja. Z možnostjo pregleda vezav med samim obratovanjem naprave je omogočena tudi diagnostika napak in s tem povezane didaktične vsebine. Tako lahko uporabniki

spoznajo kako ustrezno preveriti posamezne krmilne signale in kako sistematično pristopiti k odkrivanju okvar na krmilni enoti. Povezava krmilnih signalov iz elektro-omarice do krmilnika je izvedena preko dveh DB-25 konektorjev, s čemer smo omogočili priklop delovne postaje na različna posamezna učna mesta oz. krmilnike, ki se uporablja pri didaktičnem delu.

Za krmiljenje procesa je prav tako uporabljena sodobna industrijska enota, tj. programabilni logični krmilnik Siemens S7-1200, ki nam omogoča enostavno, kompaktno, predvsem pa zanesljivo izvedbo krmilja. Zaradi premajhnega števila digitalnih vhodov ter izhodov smo krmilniku dodali še razširitveni modul, medtem ko smo vmesnik človek-stroj (HMI) izvedli s pomočjo barvnega zaslona na dotik. Uporaba takšnega industrijskega HMI zaslona predvsem olajša upravljanje z napravo in nadgradi uporabniško izkušnjo oz. vizualizacijo stanja sistema.

■ 6 Snovanje in simulacija krmilja

Celotno krmilje je bilo zasnovano v programskem okolju Auto-

mation Studio, ki nam omogoča izdelavo pnevmatične, električne in programske sheme ter njihovo povezavo in simulacijo delovanja. Pnevmatično shemo naprave sestavlja sedem dvosmernih ter dva enosmerna valja, ki jih krmilijo ustrezni potni ventili. Poleg običajnih bista bilnih 3/2 in 5/2 potnih ventilov, smo za Y os manipulatorja uporabili tudi 5/3 monostabilni ventil z zaprto mirovno lego, ki nam omogoča pozicioniranje navedene osi tudi v njenih srednjih legah. Pri tem seveda lahko tudi prikažemo eno izmed slabosti pnevmatskih linearnih osi, tj. stisljivost zraka in njegov vpliv na hitrost ustavljanja, prenehaj ter natančnost pozicioniranja. Vsi valji imajo dograjene tudi enosmerne dušilke na izpustni strani, ki nam omogočajo nastavljanje hitrosti posameznega giba.

Pnevmatičnemu krmilnemu sistemu je sledila izdelava električne sheme krmilja, kjer smo poudarek namenili nazornosti in urejenosti sheme, ki nam bo omogočala kasnejše diagnosticiranje in/ali spreminjanje krmilja. V električno shemo je kot osrednji element dodan programabilni krmilnik, na vhode in izhode katerega so povezani krmilni signali preko dveh DB-25 pri-

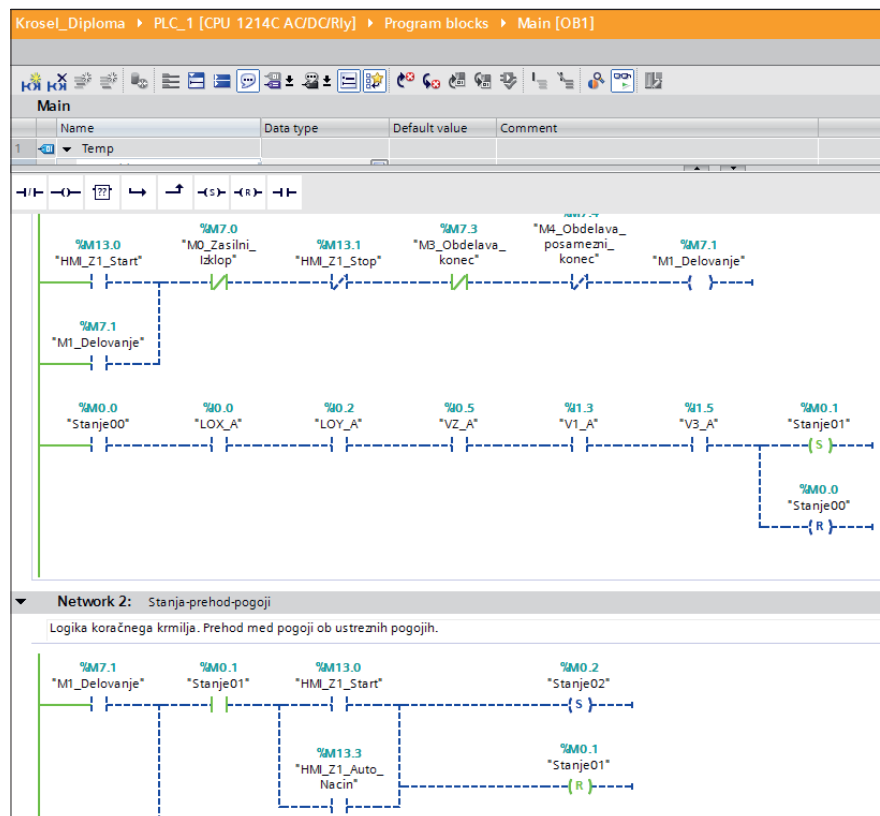
ključkov. Prav tako pa je, v primeru uporabe ProfiNet komunikacije, nakazana uporaba le-te. Vsi izvršni elementi električne sheme so preko oznak povezani s pnevmatično shemo in tvorijo delujoč simulacijski sistem. Na ta način aktiviranje stikala v pnevmatični shemi povzroči sklenitev kontakta v električni shemi, ter obratno, napajanje tuljave na elektromagnetnem ventilu povzroči prekrmljenje ventila.

Sledila je izgradnja tretjega dela simulacije, in sicer zasnova programa na krmilniku v lestvičnem diagramu, saj nam programske okolje omogoča sočasno oz. povezano simulacijo delovanja pnevmatskega sistema, električnega dela ter krmilnega programa. Na ta način smo izdelali program za en obratovalni cikel delovne postaje in ga nato preizkusili.

Med simulacijo nam program prikazuje krmilna stanja ventilov, tlačne in izpustne vode, aktivnost končnih stikal, električne signale na krmilni shemi ter samo izvajanje programskega dela. Omogoča tudi koračno oz. postopno izvajanje simulacije ter njeno začasno ustavitev, kjer si lahko podrobneje ogledamo posamezne električne, pnevmatične in logične signale.

■ 7 Izdelava krmilja TIA Portal

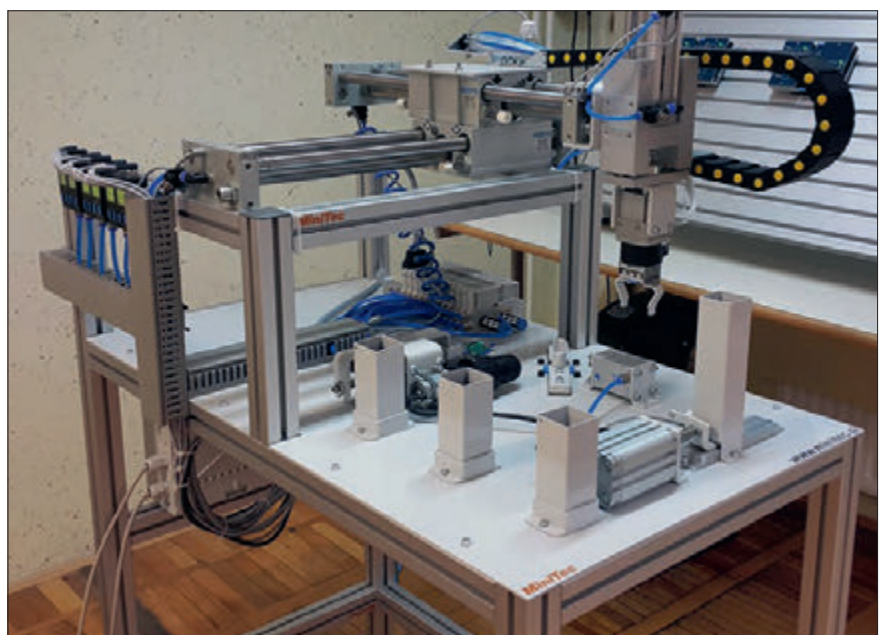
Uporabljen simulacijski program Automation Studio žal ne omogoča neposrednega prenosa krmilnega programa v Siemens TiaPortal, tj. programsko okolje za programiranje krmilnikov Siemens. Zato je bila potrebna ponovna izdelava krmilnega programa v TiaPortal-u, kjer je bilo treba definirati tudi vso uporabljeno strojno opremo, od samega krmilnika, do dodanih vhodno/izhodnih enot ter HMI zaslona. Tudi ta segment naprave služi didaktičnim namenom, saj se uporabniki srečajo z osnovnimi nastavitvami in povezavami med strojno in programsko opremo, kot so npr. vnos ustreznega IP naslova posamezne komponente, vzpostavitev ProfiNet komunikacije z ventilskim otokom, dodajanje in uporaba HMI zaslona, itd.



Slika 4. Programiranje delovne postaje v TIA Portal (lestvični diagram)

Krmilni program je bil izdelan v lestvičnem diagramu in nudi uporabniku enostaven pregled nad krmiljenjem naprave, še posebej ob uporabi funkcij »online« in »watch«, kjer lahko uporabnik opazuje izvajanje programa v realnem času. Skladno z zasnovano koračno verigo lah-

ko uporabnik na ta način enostavno odkriva in diagnosticira morebitne napake v krmilnem programu ali na električnem oz. pnevmatičnem delu naprave, kjer so mu v pomoč predhodno predstavljene pregledne sheme. V sklopu didaktičnega dela lahko tako izvedemo različne nalo-



Slika 5. Izdelana delovna postaja za didaktične namene

ge, kot so npr. iskanje okvarjenega, poškodovanega električnega vodnika, napačna nastavitve preklopnih točk tlačnih stikal, itd.

Uporabnik izvajanje krmilnega programa oz. samo delovno postajo upravlja s pomočjo barvnega zaslona na dotik. Ta nam omogoča enostavno prikazovanje podatkov, krmiljenje ter nastavljanje raznih parametrov obdelovalnega cikla. Zasnovan vmesnik temelji na večih menijih, v katerih lahko nastavimo željeno obdelavo posameznega obdelovanca (vrtanje ter žigosanje na eni in drugi strani) in njegovo izmetno mesto. Izbiro lahko pred-nastavimo za šest obdelovancev, kolikor jih gre v saržer.

Poleg opisanega krmilja obdelovalnega cikla je bilo potrebno dodati še meni »Varni zagon«, ki nam omogoča zagon naprave iz neznanega položaja. Pri tem se delovna postaja s sekvenco varnih gibov postavi v začetni položaj. Za namene diagnosticiranja in odpravljanja napak pa smo dodali še dva menija, ki nam omogočata neposredno upravljanje krmilnika – prikaz stanja na vhidih ter postavljanje izhodov.

8 Zaključek

Predstavljena delovna postaja bo služila didaktičnim namenom pri učenju načrtovanja, implementiranja ter krmiljenja sodobnih pnevmatskih sistemov, kakor tudi njihovega vzdrževanja in diagnosticiranja napak. Naprava je v celoti izdelana iz industrijskih komponent, s čemer bodo uporabniki dobili boljši stik z realnimi aplikacijami, s kakršnimi se bodo potem tudi srečali v delovnem okolju.

Pri zasnovi delovne postaje smo se osredotočili na čim večjo raznolikost uporabljenih komponent na vseh področjih. Tako smo za zaznavanje opravljenih gibov oz. končnih leg posameznih osi uporabili različne tipe stikal, od mehanskih, induktivnih, magnetnih, pa vse do tlačnih stikal. Prav tako smo uporabili različne vrste linearnih osi, eno- in

dvo-smerno delujoče valje, 3/2, 5/2 ter tudi 5/3 potne ventile z mono- in bi-stabilnim delovanjem. Sodobno delovno postajo zaključuje naj-sodobnejši krmilni sistem Siemens, ki ga lahko z ventilskim otokom Festo povežemo direktno preko digitalnih izhodov, ali pa preko ProfiNet povezave, ter seveda uporaba HMI zaslona na dotik.

Primernost naprave za didaktično delo predstavlja tudi nadgradljiv delovni cikel postaje, ki ga je mogoče prilagoditi stopnji razumevanja uporabnika. Glede na zastavljeno nalogo, lahko uporabnik upravlja samo posamične osi oz. manjše število sklopov osi (npr. obdelovalni cikel brez uporabe manipulatorja), ter nato postopoma nadgrajuje kompleksnost sistema in krmiljenja. Delovna postaja nam prav tako omogoča izvedbo didaktičnih vsebin vzdrževanja mehatronskih sistemov na osnovi izdelanih shem in krmilnega programa, ki zajema vse funkcije sistema v enem delovnem procesu. Možno je izvajanje diagnostike delovanja ter iskanje raznih okvar na sistemu, kot so neustrezne nastavitve ter poškodbe vodnikov ali stikal – elementov, ki so v industrijskem okolju največkrat

podvrženi okvaram. Uporabniku lahko predstavimo nevarnosti, ki jih takšna naprava prinaša v delovno okolje in kako jih odpraviti, kakšni so vzroki in kako izboljšati samo načrtovanje, vzdrževanje in uporabo, da naprava obratuje skozi celotno življenjsko dobo zanesljivo, natančno, predvsem pa varno.

Čeprav delovna postaja predstavlja zaključeno celoto, namenjeno predvsem didaktičnemu delu, pa ne izključuje možnosti nadgradenj. Tako bi bilo smiselno vsaj eno izmed osi manipulatorja nadgraditi z zveznim (proporcionalnim) potnim ventilom, s katerim bi lahko dosegli različne hitrosti pomika osi. Z nadaljnjo dograditvijo zveznega merjenja položaja te osi, pa bi lahko izvedli še zaprto-zančno regulacijo. Prav tako pa razmišljamo o vgradnji varnostne tehnike, kjer načrtujemo nadgradnjo delovne postaje z zaprtim delovnim prostorom, vrati z varnostnimi stikali ter varnostno zaveso.

Viri

- [1] Krošel A.: *Načrtovanje, izdelava in krmiljenje namenskega pnevmatičnega manipulatorja. Diplomsko delo, Maribor 2016*

Development of a workstation for didactic purposes of designing, implementing and controlling pneumatic systems

Abstract: Modern automation systems in manufacturing are still largely based on pneumatics. Due to its main advantages, such as low installation cost, ease of use, safe and reliable operation in wide temperature range, minimal maintenance, and cleanliness of air and components, it practically cannot be replaced with another form of automation. On account of frequent use of pneumatic systems in industrial automation, it is crucial to educate and train the technical staff about proper design, implementation and control of pneumatics. Commercially available didactic equipment for teaching pneumatics and automation systems only allows individual fundamental skills to be given, whereas for more demanding didactics, such as real industrial pneumatic systems, we had to develop our own workstation.

Keywords: pneumatics, didactics, workstation, open-loop control