



## Upravljanje na daljinu pneumatskim kružnim manipulatorom pomoću CompactRIO kontrolera<sup>1</sup>

Vule Reljić<sup>2</sup>, Brajan Bajčić<sup>2</sup>, Jovan Šulc<sup>2</sup>, Dragan Šešlija<sup>2</sup> i Slobodan Dudić<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Fakultet tehničkih nauka/Katedra za mehatroniku, robotiku i automatizaciju, Novi Sad, Srbija

e-mail [yuketa90@uns.ac.rs](mailto:yuketa90@uns.ac.rs)

**Rezime:** *Pneumatski kružni manipulator je novo eksperimentalno postrojenje razvijeno za potrebe ispitivanja različitih upravljačkih metoda i energetske efikasnosti automatizovanih sistema koji kao radni medijum koriste vazduh pod pritiskom i ima mogućnost upravljanja na daljinu, putem Interneta čime postaje značajno didaktičko sredstvo za izvođenje nastave u oblasti pneumatskog upravljanja sa više aktuatora. U ovom radu prikazana je realizacija upravljanja na daljinu pneumatskim kružnim manipulatorom korišćenjem CompactRIO kontrolera čime se eliminiše potreba za postojanjem server računara.*

**Ključne reči:** *kružni manipulator; upravljanje na daljinu; CompactRIO kontroler*

### 1. UVOD

Najnovija istraživanja iz oblasti upravljanja na daljinu realnim fizičkim eksperimentima sve više potvrđuju hipotezu da su daljinske laboratorije od izuzetnog značaja za sve veći broj obrazovnih ustanova, posebno onih koji obučavaju učenike i studente u oblasti mehatronike (Gadzhanov et al., 2014). Već duže vreme takve laboratorije i eksperimentalna postrojenja razvijaju se i na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu prvenstveno u cilju jačanja saradnje između fakulteta i srednjih stručnih škola kako bi se razmenila dragocena iskustva ali i oprema koja onim drugim nije dostupna na licu mesta. Primeri za to su daljinski upravljana pneumatska opruga (Reljić et al., 2015), daljinska laboratorija za merenje tolerancija dužinskih mera (Šulc et al., 2015), daljinski sistem za merenje geometrijskih odstupanja – kružnost (Bajčić et al., 2016) i daljinski upravljani pneumatski kružni manipulator (Reljić et al., 2016). Praktična realizacija svakog od pomenutih uređaja nosi sa sobom svoje specifičnosti a ono što je karakteristično za pneumatski kružni manipulator jeste da je, do sada, za potrebe upravljanja na daljinu bilo potrebno koristiti, pored klijentovog računara, i server računar. On je omogućavao spregu između klijenta i glavnog upravljačkog uređaja –

---

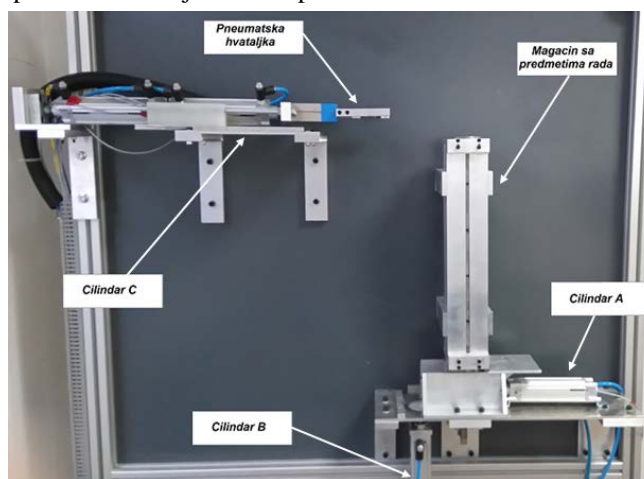
<sup>1</sup> *Ovaj rad predstavlja rezultat aktivnosti u okviru NeReLa projekta “Building Network of Remote Labs for strengthening university-secondary vocational schools collaboration”, No. 543667-TEMPUS-1-2013-1-RS-TEMPUS-JPHES, supported by The Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA).*

programabilnog logičkog kontrolera (PLK). To je i bio glavni nedostatak već postojećeg sistema.

U ovom radu prikazana je realizacija upravljanja na daljinu pomenutim eksperimentalnim postrojenjem korišćenjem CompactRio kontrolera čime se eliminiše potreba za korišćenjem dodatnog server računara, pošto kontroler pored svoje osnove namene, upravljanja sistemom, preuzima i tu ulogu.

## 2. MEHANIČKA KONSTRUKCIJA I NAČIN RADA MANIPULATORA

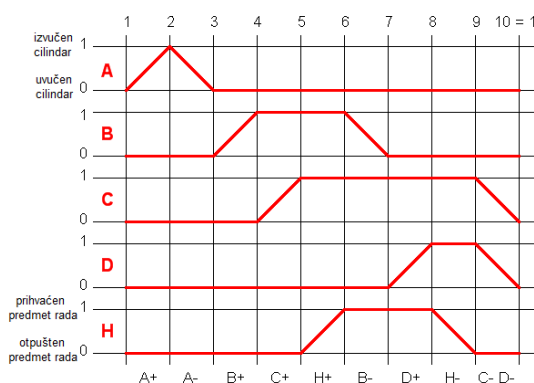
Pneumatski kružni manipulator je novo eksperimentalno postrojenje sastavljeno od većeg broja pneumatskih aktuatora – 3 pneumatska cilindra dvosmernog dejstva (od kojih je jedan višepoložajni i realizovan je pomoću dva pneumatska cilindra dvosmernog dejstva identičnih karakteristika čime su omogućena tri različita položaja) i pneumatske hvataljke koja služi za hvatanje i otpuštanje predmeta rada. Praktična realizacija manipulatora prikazana je na slici 1. Noseća konstrukcija je pravougaona ploča dimezija 1300x1200x15 i izrađena je od PVC-a. Pomoću zavrtnjskih veza povezana je sa ugaonim profilima proizvođača Rexroth Bosch, površine poprečnog preseka 50x50 i na taj način ostvareno je stabilno ravnotežno stanje. Na noseću ploču postavljeni su cilindri, kao i magacin sa predmetima rada i pomoću aluminijumskih profila i zavrtnjskih veza povezani su na istu.



**Slika 1.** Pneumatski kružni manipulator

Predmeti rada su cilindričnog oblika, dimenzija  $\Phi 80 \times 100$  i smešteni su u vertikalnom magacinu za skladištenje. Cilindar A (Slika 1) oznake DNC-30-100-PPV-A, proizvođača Festo, postavljen je horizontalno i pokretanjem njegove klipnjače prema napred izuzima se jedan predmet rada iz magacina. Zbog postojanja nosača iznad cilindra, preostali predmeti ostaju na svojim početnim pozicijama. Kada klipnjača cilindra A dostigne krajnji izvučeni položaj, klipnjača cilindra B (Slika 1), oznake DNC-32-600-PPV-A, proizvođača Festo, pomoću čaure koju nosi na sebi, podiže predmet rada ka gore. Istovremeno sa kretanjem klipnjače cilindra B obavlja se i povratno kretanje klipnjače cilindra A ka krajnjem uvučenom položaju i na taj način se predmeti rada pod dejstvom sile gravitacije spuštaju nadole. Kada klipnjača cilindra B dostigne krajnji izvučeni položaj, klipnjača levog cilindra, oznake DNC-30-100-PPV-A, proizvođača Festo, dela višepoložajnog cilindra C (Slika 1) kreće prema

napred i zaustavlja se ispred predmeta rada. Hvataljka prihvata predmet rada i zahvaljujući kretanju desnog cilindra, oznake DNC-30-100-PPV-A, proizvođača Festo, dela višepoložajnog cilindra C, prenosi ga do vrha vertikalnog magacina. Istovremeno sa ovim korakom obavlja se i povratni hod klipnjače cilindra B ka uvučenom položaju. Nakon otpuštanja, predmet rada se spušta u unutrašnjost magacina. Na kraju, klipnjače i levog i desnog cilindra višepoložajnog cilindra C vrše povratni hod i sistem se vraća u početni položaj. Na taj način je zaokružena kružna operacija i otuda i potiče naziv uređaja. Radi lakše preglednosti načina rada manipulatora, na slici 2 prikazan je dijagram put-korak, pri čemu su levi i desni cilindar višepoložajnog cilindra C na dijagramu označeni redom oznakama C i D. Detekcija krajnjih uvučenih i izvučenih položaja klipnjača pneumatskih cilindara ostvarena je korišćenjem magnetnih rid senzora.



Slika 2. Dijagram put-korak

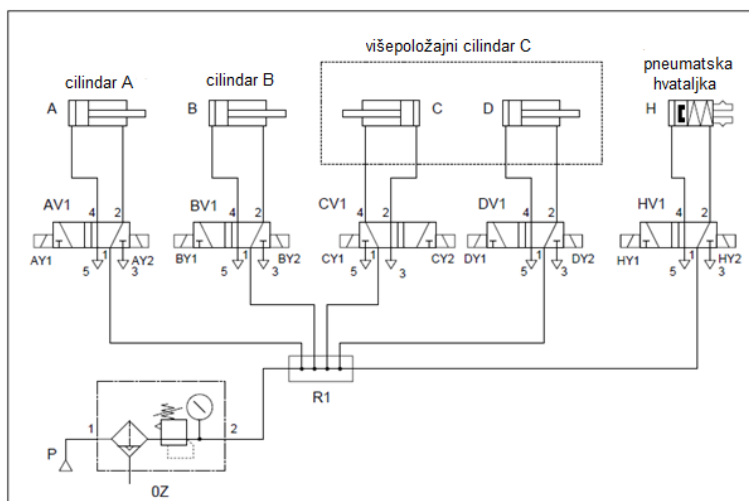
### 3. UPRAVLJANJE NA DALJINU KORIŠĆENJEM COMPACTRIO 9074 KONTROLERA

Za upravljanje manipulatorom iskorišćen je CompactRIO 9074 kontroler proizvođača National Instruments, čiji je izgled prikazan na slici 3. To je modularni sistem koji se sastoji iz 3 osnovna dela: procesor realnog vremena, šasije i I/O modula. Kontroler realnog vremena poseduje visoku snagu procesiranja i obrade podataka što ovakav sistem čini veoma pogodnim za napredne aplikacije upravljanja i velike brzine prenosa podataka. U sebi sadrži procesor brzine 400 MHz. Pored toga, sadrži i mrežni port pomoću koga se obezbeđuje komunikacija kontrolera sa računarom. Mrežna komunikacija sadrži HTTP i FTP protokole. Modularni sistemi rade sa programskim paketom za grafičko programiranje LabVIEW, te je isti i korišćen prilikom realizacije upravljanja. Kontroler sadrži i serijski port RS232 a za napajanje koristi 19-30 VDC. U ovom slučaju, korišćeno je napajanje od 24 VDC.



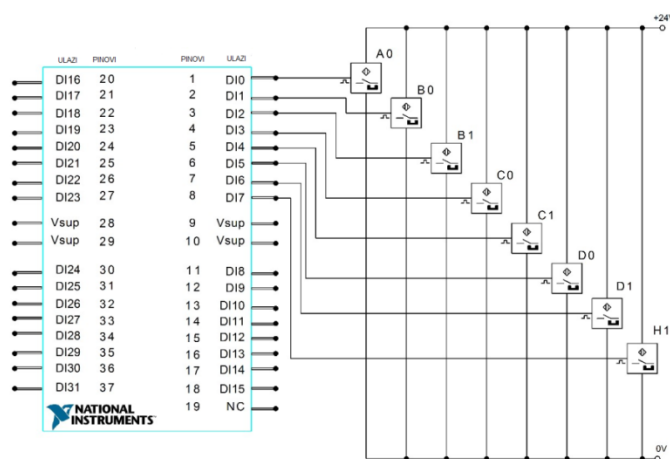
**Slika 3.** CompactRIO 9074 kontroler

Prilikom realizacije upravljanja na daljinu bilo je neophodno uraditi 3 stvari – projektovati i povezati elektropneumatsku upravljačku šemu na osnovu dijagrama put-korak prikazanog na slici 2, podesiti kontroler i povezati njegove ulazne i izlazne module (u ovom slučaju korišćeni su samo digitalni ulazi i izlazi) i napraviti klijentsku aplikaciju za upravljanje na daljinu te isprogramirati način rada kontrolera u realnom vremenu. Elektropneumatska šema nacrtana je u softverskom paketu Fluid Draw i prikazana je na slici 4.

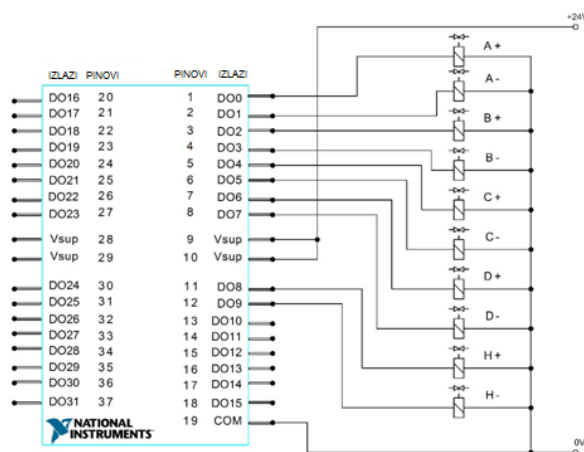


**Slika 4.** Elektropneumatska upravljačka šema

Način povezivanja digitalnih ulaza i digitalnih izlaza sa I/O modulima kontrolera prikazan je na slikama 5 i 6, respektivno. Važno je napomenuti da se pod oznakom A+ (Slika 6) podrazumeva aktiviranje namotaja AY1 (Slika 4) a pod oznakom A- (Slika 6) aktiviranje namotaja AY2 (Slika 4) i tako redom.



Slika 5. Šema povezivanja ulaznog modula kontrolera



Slika 6. Šema povezivanja izlaznog modula kontrolera

Da bi klijent mogao da komunicira sa kontrolerom koji ujedno predstavlja i server, neophodno je da poseduje klijentsku aplikaciju u kojoj u prvom redu definiše IP adresu kontrolera i komunikacioni port. Klijent slanjem odgovarajućih komandi putem interneta, preko kontrolera, na indirektan način upravlja pneumatskim kružnim manipulatorom pošto pokretanje klipnjača cilindara vrši sam kontroler. Klijentska aplikacija je prikazana na slici 7. Prilikom izbora vrste upravljanja klijentu su na raspolaganju 3 opcije – pokretanje jednog ciklusa (Slika 7, dugme START 1 CIKLUS), pokretanje pet ciklusa (Slika 7, dugme START 5 CIKLUSA) i pokretanje automatskog režima rada (Slika 7, dugme AUT). Prekid rada u automatskom režima zadaje se isključivanjem prekidača AUT. U cilju bezbednog rada uređaja u aplikaciju su postavljeni i total stop prekidač (Slika 7, dugme TOTAL STOP), koji dopušta izvršavanje programa a nakon toga postavlja izvršne elemente uređaja u

najbezbedniji položaj po operatera i okolinu, kao i stop prekidač (Slika 7, dugme STOP) koji prekida izvršavanje programa ali tek nakon završetka započetog ciklusa. Ukoliko klijent aktivira bilo koje dve vrste upravljanja istovremeno, ciklus će se izvršiti samo jednom jer je aktivacijom bilo kog upravljanja korisnik upravo to i želeo.

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je praktična realizacija novog eksperimentalnog postrojenja pod nazivom pneumatski kružni manipulator koji predstavlja veoma pogodno didaktičko sredstvo za sve one koji sa bave pneumatskim upavljanjem sa većim brojem aktatora za izvođenje praktične nastave (ukoliko ne poseduju adekvatnu opremu u svojoj obrazovnoj ustanovi ili ukoliko žele da saznaju nešto više o ovoj oblasti) pošto ima mogućnost upravljanja na daljinu, putem interneta. Pored toga, prikazana je mogućnost upravljanja na daljinu istim korišćenjem CompactRIO kontrolera, čime se eliminiše potreba za dodatnim server računarom a što je bio glavni nedostatak već postojećeg sistema. Upotrebom CompactRIO kontrolera olakšano je i samo programiranje upravljačkog dela sistema pošto se umesto, do sada korišćenog, PLK i serijske komunikacije, koristi samo CompactRIO čije programiranje se obavlja u LabVIEW (koji se koristi i za kreiranje klijentske aplikacije) i ne postoji potreba za korišćenjem dodatnih programskih jezika.



Slika 7. Klijentska aplikacija

#### PRIZNANJA

Ovaj rad predstavlja rezultat aktivnosti u okviru NeReLa projekta "Building Network of Remote Labs for strengthening university-secondary vocational schools collaboration", No. 543667-TEMPUS-1-2013-1-RS-TEMPUS-JPHES, supported by The Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA).

**LITERATURA**

- [1] Gadzhanov, S.D., Nafalski, A., Nedic, Z. (2014). *LabVIEW Based Remote Laboratory for Advanced Motion Control*, 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, Polytechnic of Porto, REV 2014, Porto, pp. 130-136
- [2] Reljić, V., Milenković, I., Šešlija, D., Dudić, S., Šulc, J. (2015). *Development of Remote Controlled Pneumatic Spring*, 12th International Scientific Conference "Flexible Technologies" – MMA, Andrevlje: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, pp. 195-198
- [3] Šulc J., Šešlija D., Dudić S., Milenković I. (2014). *Implementation of Remote Laboratory for Measuring Linear Dimensions in the Process of e-Learning*, The 3rd Experiment@International Conference - Exp. at '15, Azores, pp. 65
- [4] Bajči B., Dudić S., Šulc J., Milenković I., Šešlija D., Reljić V. (2016). *Remote System for Measuring Geometric Tolerances: Roundness*, 13. International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation – REV, Madrid: UNED Madrid, pp. 279-280
- [5] Reljić V., Šešlija D., Dudić S., Milenković I., Šulc J., Bajči B. (2016). *Upravljanje na daljinu pneumatskim kružnim manipulatorom*, 22. Trendovi razvoja – TREND, Zlatibor: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, pp. 103-106