



Korišćenje daljinski upravljane pneumatske opruge u nastavi¹

Vule Reljić², Predrag Vidicki³, Brajan Bajčić², Dragan Šešlija² i Jovan Šulc²

²Fakultet tehničkih nauka, Katedra za mehatroniku, robotiku i automatizaciju,
Novi Sad, Srbija

³Fakultet tehničkih nauka, Katedra za proizvodne sisteme, organizaciju i menadžment,
Novi Sad, Srbija

e-mail yuketa90@uns.ac.rs

Rezime: U radu je prikazana primena novog didaktičkog sredstva - daljinski upravljane pneumatske opruge u nastavi na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na studijskim programima Mehatronika i Industrijsko inženjerstvo. U radu su date osnovne teorijske podloge i opis razvijenog eksperimenta, odnosno, prikazani su rezultati studentskog vrednovanja vezani za dizajn, kvalitet korišćenja i rezultate primene predstavljenog udaljenog eksperimenta.

Ključne reči: udaljeni eksperimenti; pneumatska opruga; vrednovanje

1. UVOD

Daljinske laboratorije su postale veoma značajne za veliki broj visokoškolskih ustanova, posebno onih koje obučavaju učenike i studente u oblasti mehatronike [1] i industrijskog inženjerstva. Pristup savremenoj laboratorijskoj opremi je neophodan preduslov za kvalitetan nastavni i naučno-istraživački rad. Daljinski pristup laboratorijskim postojenjima je od posebnog značaja institucijama koje nisu u mogućnosti da samostalno obezbede adekvatnu opremu ili ne mogu da, u smislu upotrebne vrednosti, opravdaju značajne investicije u istu. Daljinski pristup laboratorijama je veoma značajan i za često marginalizovanu grupu osoba sa posebnim potrebama, za koje je to možda i jedini način pristupa. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je, kroz učešće u Nerela Tempus projektu [2], uspeo da obezbedi neophodnu opremu i instalira nekoliko eksperimentalnih postojenja sa mogućnošću daljinskog pristupa a u nastavku rada je prikazan jedan od razvijenih eksperimenata.

2. OPIS EKSPERIMENTA

Daljinski upravljana pneumatska opruga se koristi za simulaciju rada mehaničke opruge pri sabijanju pod različitim uslovima korišćenjem pneumatskih cilindara dvosmernog dejstva [3]. Različiti uslovi dobijaju se promenom parametara kojima se opisuje rad opruge. Da bi se

¹ 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).

to postiglo, neophodno je posedovati određena teorijska znanja.

2.1. Teorijske osnove

Sila u opruzi proračunava se prema Hukovom zakonu, primenom formule 1:

$$F = k \cdot x \quad [N], \quad (1)$$

gde je k koeficijent krutosti opruge a x elongacija ili pomak iz ravnotežnog položaja. Koeficijent krutosti opruge zavisi od geometrijskih karakteristika opruge i materijala od koga je opruga napravljena i proračunava se primenom formule 2 [4]:

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3} \left[\frac{N}{m} \right], \quad (2)$$

gde je G modul smicanja materijala od koga je opruga napravljena, D unutrašnji prečnik opruge, d debljina opruge a n broj namotaja opruge. Sa druge strane, sila koju stvara vazduh pod pritiskom u pneumatskom cilindru proračunava se prema formuli 3:

$$F = p \cdot A \quad [N], \quad (3)$$

gde je p pritisak u izvršnom delu pneumatskog sistema a A površina poprečnog preseka cilindra, koja se proračunava primenom formule 4:

$$A = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \quad [m^2]. \quad (4)$$

Sa d_1 je označen prečnik pneumatskog cilindra. Izjednačavajući silu u opruzi sa silom u pneumatskom cilindru, pri čemu se zanemaruje uticaj sile trenja, dobija se da se, pri transformaciji sile u pritisak, odnosno mehaničke u pneumatsku energiju, pritisak u klipnoj strani pneumatskog cilindra proračunava primenom formule 5:

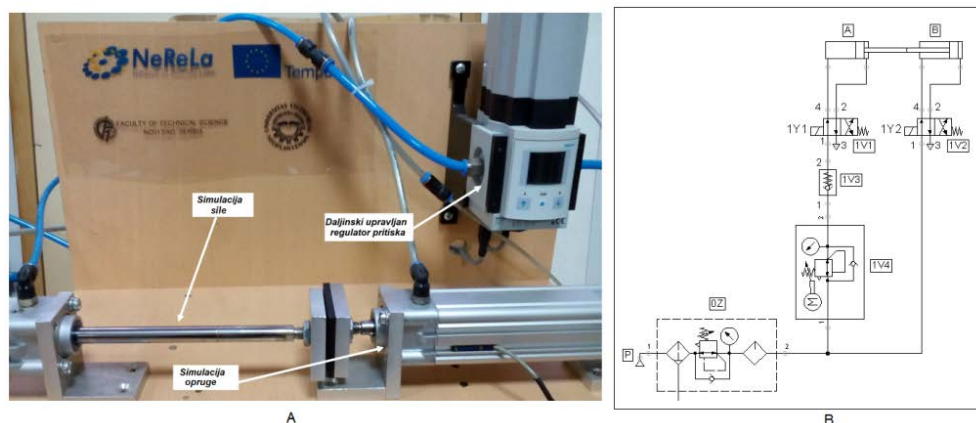
$$p = \frac{G \cdot d^4 \cdot x}{2 \cdot \pi \cdot d_1^2 \cdot D^3 \cdot n} \quad [Pa]. \quad (5)$$

2.2. Opis eksperimenta i aktivnosti za izvođenje istog

Praktična realizacija daljinski upravljanje pneumatske opruge prikazana je na slici 1a. Za upravljanje oprugom koristi se programabilni logički kontroler (PLK) koji, prema unapred definisanom algoritmu (napravljenom na osnovu upravljačke šeme koja je prikazana na slici 1b), upravlja radom pneumatskih cilindara dvosmernog dejstva i omogućava simulaciju rada opruge.

Sa upravljačke šeme može se videti da su, u početnom položaju, monostabilni, električno upravljani razvodni ventili (1V1 i 1V2) aktivirani. Vazduh pod pritiskom od 6 bar se, direktno iz izvora napajanja, dovodi do klipnjačine strane cilindra B, i on se nalazi u krajnjem uvučenom položaju. Preko daljinski upravljano regulatora pritiska, vazduh pod pritiskom manjim od 6 bar (što zavisi od podešenosti regulatora), dovodi se do klipne strane cilindra A, i on se nalazi u izvučenom položaju. Kada PLK deaktivira razvodni ventil 1V2, vazduh pod pritiskom od 6 bar se dovodi iz izvora napajanja do klipne strane cilindra B i on se izvlači

potiskujući klipnjaču cilindra A ka uvučenom položaju. Na taj način, cilindar B simulira silu koja je potrebna da se opruga izvede iz ravnotežnog položaja. Vazduh u klipnoj strani cilindra A se sabija (ne postoji mogućnost da se ispusti u atmosferu zbog nepovratnog ventila postavljenog između razvodnog ventila 1V1 i regulatora pritiska 1V4) i na taj način cilindar A simulira mehaničku oprugu. Kada PLK, nakon tačno definisanog vremenskog intervala, ponovo aktivira razvodni ventil 1V2, cilindar A se izvlači potiskujući klipnjaču cilindra B, koji se vraća u početni, krajnji uvučeni položaj. Ovim je zaokružen jedan ciklus simulacije rada mehaničke opruge.



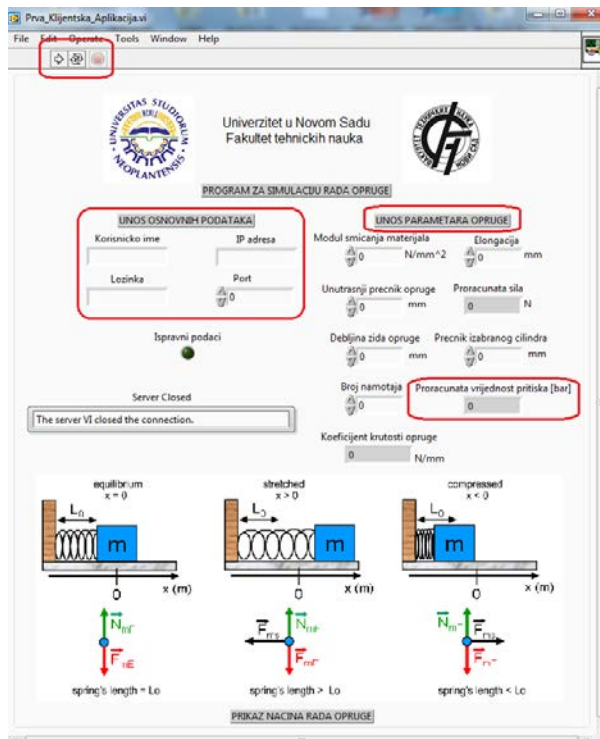
Slika 1. A) Praktična realizacija pneumatske opruge B) Elektropneumatska upravljačka šema

Upravljanje na daljinu omogućeno je korišćenjem aplikacija napisanih u LabVIEW softverskom paketu. Korisnici na daljinu (klijenti) moraju posedovati klijentsku aplikaciju, čiji je izgled prikazan na slici 2, na svom računaru te korisničko ime i lozinku, koja se dobija slanjem zahteva na mejl. Klijenti, nakon unosa parametara kojima se opisuje rad opruge, u svojoj aplikaciji dobijaju proračunatu vrednost pritiska u radnom delu upravljačkog sistema. Ta vrednost se, preko interneta, prosleđuje do računara koji služi kao sprega između klijenta i PLK. Server primljeni podatak, uloliko je ispravan, prosleđuje do PLK putem serijske komunikacije. Nakon prijema podataka PLK upravlja radom pneumatskih cilindara prema prethodno opisanom algoritmu i na taj način se izvršava postupak upravljanja na daljinu. Da bi klijenti mogli uživo da prate proces simulacije rada mehaničke opruge, neposredno ispred sistema postavljena je veb kamera.

3. REZULTATI PRIMENE UDALJENOG EKSPERIMENTA

Na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, daljinski upravljana pneumatska opruga je korišćena kao udaljeni eksperiment u nastavi na studijskim programima Mehatronika i Industrijsko inženjerstvo u okviru predmeta Komponente tehnoloških sistema i Automatizacija procesa rada, respektivno, u okviru nastavne jedinice Osnove pneumatskih sistema. Pre izvođenja eksperimenta studenti su od predmetnog nastavnika dobili osnovne teorijske podloge i neophodna objašnjenja. Udaljenom eksperimentu, postavljenom u laboratoriji, studenti su pristupali preko interneta pojedinačno ili u paru i po završetku eksperimenta svaki student je popunio evaluacioni upitnik. Ukupno 60 studenata je popunilo

upitnik, 37 studenata Mehatronike i 23 studenta Industrijskog inženjerstva.



Slika 2. Klijentska aplikacija

Evaluacioni upitnik se sastoji od 15 pitanja i prostora predviđenog za komentare [5-6]. Odgovori na pitanja su brojevi od 1 do 5 koji se upisuju na predviđeno mesto, gde je: 5 - potpuno se slažem i 1 - uopšte se ne slažem. Pitanja u upitniku se mogu podeliti u tri kategorije. U prvoj kategoriji su pitanja vezana za dizajn samog eksperimenta, odnosno da li je eksperiment pripremljen na odgovarajućem tehničkom nivou, koliko je jednostavan za razumevanje i korišćenje, koliko je korisno i razumljivo priloženo uputstvo i da li eksperiment omogućava prikupljanje i skladištenje neophodnih eksperimentalnih rezultata.

Druga grupa pitanja je vezana za iskustvo i kvalitet korišćenja daljinskog eksperimenta i sadrži pitanja o jednostavnosti korisničkog interfejsa, brzini odziva na komande, kvalitetu vizuelnog prikaza i pojavljivanju problema i zastoja u izvršavanju eksperimenta. Treća grupa pitanja je usmerena na rezultate primene, korišćenja eksperimenta, odnosno da li je eksperiment pomogao studentu da bolje razume teorijske osnove, ciljeve i ishode nastavnog modula, da li mu je pomogao da bolje iskoristi i upozna laboratorijsku opremu i da li bi želeo da koristi udaljene eksperimente i u drugim nastavnim jedinicama.

Zbirna ocena za dizajn eksperimenta je 4,69/5. Studenti Mehatronike su dizajn ocenili sa 4,72/5 a studenti Industrijskog inženjerstva sa 4,65/5. Uvidom u pojedinačna pitanja može se primetiti da su studenti Industrijskog inženjerstva značajno lošije od kolega sa Mehatronike ocenili pitanje o jednostavnosti razumevanja i korišćenja eksperimenta i pitanje o razumljivosti pisanog uputstva, što implicira nedostatak adekvatnih predznanja iz predmetne

oblasti.

Zbirna ocena za iskustvo, odnosno, kvalitet korišćenja daljinskog eksperimenta je 4,75/5. Studenti Mehatronike su kvalitet korišćenja ocenili sa 4,83/5 a studenti Industrijskog inženjerstva sa 4,67/5. Studenti Industrijskog inženjerstva su značajno lošije od kolega sa Mehatronike ocenili pitanje o jednostavnosti korisničkog interfejsa i dva studenta Industrijskog inženjerstva su imala određene tehničke probleme u izvođenju daljinskog eksperimenta.

Zbirna ocena za rezultate primene daljinskog eksperimenta je 4,63/5. Studenti Mehatronike su iskazali veću želju od studenata Industrijskog inženjerstva da koriste udaljene eksperimente, dok su studenti Industrijskog inženjerstva, verovatno zbog slabijeg prethodnog znanja, iskazali da im je predmetni eksperiment više pomogao u razumevanju teorijskih podloga.

Ukupni rezultati studentske evaluacije prikazani su u tabeli 1.

Tabela2. Zbirni rezultati studentske evaluacije

Dizajn eksperimenta	II	MEH
Udaljeni eksperiment je jednostavan za razumevanje i korišćenje.	4,57	4,76
Udaljeni eksperiment je pripremljen na odgovarajućem tehničkom nivou.	4,70	4,73
Pisano uputstvo je razumljivo i od pomoći.	4,39	4,76
Pre početka rada dobio sam adekvatna objašnjenja od nastavnika	4,96	4,97
Eksperiment omogućava prikupljanje i pamćenje eksperimentalnih rezultata.	4,65	4,41
Kvalitet korišćenja		
Korisnički interfejs udaljenog eksperimenta je jednostavan za upotrebu.	4,70	4,95
Brzina odziva na akcije korisnika u eksperimentu je zadovoljavajuća.	4,61	4,73
Kvalitet vizuelnog prikaza u toku izvođenja eksperimenta je zadovoljavajući	4,74	4,68
Tokom rada sa udaljenim eksperimentom nije bilo problema niti zastoja.	4,65	4,97
Rezultati primene		
Udaljeni eksperiment mi je omogućio bolje shvatanje teorijskih osnova, ciljeva i ishoda nastavnog modula	4,70	4,65
Udaljeni eksperiment mi može pomoći da bolje razumem i koristim laboratorijsku opremu.	4,52	4,57
Želeo/la bih da koristim udaljeni eksperiment i u drugim lekcijama	4,61	4,73

Najčešći pozitivni komentari studenata su vezani za mogućnost daljinskog pristupa

eksperimentu i pomoć u razumevanju teorije, dok su negativni komentari usmereni na nemogućnosti istovremenog pristupa eksperimentu od strane više korisnika i nemogućnost izvršioca eksperimenta da samostalno otkloni eventualni kvar na eksperimentalnom postrojenju. Nekoliko studenata je u delu upitnika za komentare predložilo razvoj mobilne aplikacije za korišćenje udaljenih eksperimenata.

4. ZAKLJUČAK

Daljinski upravljana pneumatska opruga je eksperiment namenjen učenicima srednjih škola i studentima tehničkih fakulteta, prvenstveno usmerenjima koja se bave automatizacijom. Predviđeno je da se realizacijom ovog eksperimenta učenik/student obuči u osnovama pneumatskih sistema, osnovama sistema automatskog upravljanja, osnovama programiranja i primene programabilnih logičkih kontrolera i osnovama teorije opruga te da shvati suštinu pojma transformacije sile u pritisak, odnosno mehaničke u pneumatsku energiju.

Na osnovu pozitivne ocene eksperimenta od strane studenata i pozitivnih komentara zbog mogućnosti upravljanja na daljinu i pomoći u razumevanju teorije, zaključuje se da je eksperiment u potpunosti ispunio očekivanja i kao takav postao značajno didaktičko sredstvo za izvođenje nastave na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Eksperiment mogu koristiti i studenti drugih usmerenja, kao što su automatika i upravljanje sistemima, proizvodno i konstrukciono mašinstvo i slično.

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] Veb stranica projekta: <http://www.nerela.kg.ac.rs/>
- [3] 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
- [4] Miltenović, V. (2009). *Mašinski elementi – oblici, proračuni, primena*, Mašinski fakultet, Niš
- [5] Damnjanović, Đ., Peulić, A., Krneta, R. (2016). *The Usage of FPGA Altera DE2 Platform for Remote Experimentation*, XXII skup Trendovi razvoja: „Nove tehnologije u nastavi“, Zlatibor: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, pp. 91-94
- [6] Antić, S., Peulić, A., Damnjanović, Đ., Krneta, R. (2016.) *C# Application for Stepper Motor Control in Remote Experiment*, XXII skup Trendovi razvoja: „Nove tehnologije u nastavi“, Zlatibor: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, pp. 95-98