УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

Наш број: 01.сл
Ваш број:
Датум: 2015-11-19

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 4. редовној седници одржаној дана 29.04.2015. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 13. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 13.1.2.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М 85 прототип нова метода) под називом:

„ДАЉИНСКИ УПРАВЉАНА ПНЕУМАТСКА ОПРУГА“

Аутори техничког решења: Вуле Рељић, др Ивана Миленковић,доц., др Драган Шешлија, ред. проф., Јован Шулц, асис., др Слободан Дудић, доц.

-непотребно изостављено-

Записник водила:	Тачност података оверава: Секретар	Декан
Јасмина Димић, дипл. правник	Иван Нешковић, дипл. правник	Проф. др Раде Дорословачки

НАЗИВ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

ДАЉИНСКИ УПРАВЉАНА ПНЕУМАТСКА ОПРУГА

АУТОРИ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Вуле Рељић, Ивана Миленковић, Драган Шешлија, Слободан Дудић, Јован Шулц

ОБЛАСТ ТЕХНИКЕ НА КОЈУ СЕ ПРОНАЛАЗАК ОДНОСИ

Техничко решење представља ново лабораторијско постројење, које припада области мехатронике. Његова реализација подразумева примену различитих компоненти и више инжењерских дисциплина, као што су пнеуматика, аутоматика и управљање системима, комуникационе мреже и протоколи и програмирање и примена програмабилних логичких контролера (ПЛК). Приказано решење описује принципе управљања на даљину, путем интернета. Поменути експеримент омогућава ученицима упознавање са великим бројем компоненти, које им нису доступне у школи, а које се користе у индустрији и производним процесима.

ТЕХНИЧКИ ПРОБЛЕМ

Како би се корисницима на даљину ставила на располагање постојећа лабораторијска опрема реализована је даљински управљана пнеуматска опруга. Експеримент омогућава практичну примену знања стечених из области система аутоматског управљања (САУ), програмирања и примене ПЛК, комуникационих мрежа и протокола (етернет, серијска комуникација), пнеуматског управљања, машинских елемената (опруге) и упознавање са софтверским пакетом за графичко програмирање под називом *LabView*, помоћу кога је решење и реализовано. Једноставност и поузданост употребе лабораторијског постројења био је основни задатак развијеног техничког решења. Циљ израде лабораторијског постројења јесте да се корисницима омогући разумевање теоријских знања и што детаљније упознавање са елементима и компонентама које се користе у производним процесима у индустрији.

СТАЊЕ ТЕХНИКЕ

Прегледом познатих решења пронађена је апликација „*Spring constant*“, доступна на web страници: http://remotelab.fe.up.pt/vr_spring.html, која је развијена на Универзитету у Порту и функционално подсећа на даљински управљану пнеуматску опругу.

Ова апликација омогућава симулацију рада опруге на тај начин што се управља радом електромотора, а самим тим и системом који тај исти електромотор покреће. Велика разлика и недостатак у односу на развијено техничко решење је та што хардвер сачињава мали број електричних компоненти и што та апликација омогућава кориснику примену стечених знања само из области машинских елемената и управљања радом електромотора.

ИЗЛАГАЊЕ СУШТИНЕ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Реализована даљински управљана пнеуматска опруга омогућава да се корисници на даљину упознају са основним управљачким компонентама које се користе у производним процесима, те да им се прикаже како се реализују основни управљачки системи.

Даљински управљана пнеуматска опруга реализована је коришћењем линеарних пнеуматских актуатора, пнеуматских цилиндара двосмерног дејства (у даљем тексту, цилиндри) и основних

елемената пнеуматских управљачких система, као што су командни разводници, неповратни вентили и слично, помоћу којих је формиран управљачки систем (према претходно урађеној управљачкој схеми), те коришћењем ПЛК, као уређаја за управљање целим системом, и програмског пакета *LabView*, помоћу кога су креиране клијентска и серверска апликација које омогућавају управљање на даљину.

Пнеуматска опруга је замишљена да ради тако да симулира рад механичке опруге (на пример, челичне опруге) при сабијању, под различитим условима. На овај начин могу се симулирати различите врсте опруга, у смислу подешавања параметара којима се описује њихов рад, а то су: модул смицања материјала од кога је опруга израђена, унутрашњи пречник опруге, дебљина зида опруге, број намотаја опруге, елонгација, односно помак опруге из равнотежног положаја.

КРАТАК ОПИС СЛИКА И НАЦРТА

Слика 1 – Даљински управљана пнеуматска опруга

Слика 2 – Токови информација приликом реализације пнеуматске опруге

Слика 3 – Пнеуматска схема опруге

Слика 4 – Клијентска апликација

Слика 5 – Серверска апликација

Слика 6 – Управљачки алгоритам

ДЕТАЉАН ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Техничко решење представља реализацију даљински управљаног експеримента који симулира рад опруге. Цели процес започиње оног тренутка, када крајњи корисник, у својој апкликацији унесе неопходне податке. Покретањем апликације врши се прорачун непходних параметара, који се потом путем интернета шаљу до сервера. Сервер рачунар примљене податке прослеђује даље до ПЛК, који управља целим системом и омогућава симулацију рада опруге. Да би клијент могао визуелно да прати рад целог система, постављена је веб камера са погледом на систем, којој је могуће приступити путем било ког интернет претраживача.

Слика 1 приказује реализовано техничко решење. На слици се виде цилиндри, ознаке DNC-32-100-PPV-A, који симулирају силу која је потребна да се опруга изведе из равнотежног положаја (горњи цилиндар) и опругу (доњи цилиндар). Такође, на слици се виде и наменски креиране алуминијумске спојнице преко којиц су цилиндри међусобно повезани. Веза између цилиндара и спојница остварена је преко завртањсих веза. Спојнице су за носећу конструкцију, израђену од дрвета, повезане такође помоћу завртањских веза. На слици се види и даљински управљан регулатор притиска, ознаке MS6-LRE-1/4-D7-OP-PI-SK5-VK5-VJBE, који поседује следеће карактеристике:

- примарни притисак 0-20 bar,
- секундарни притисак 0,5-12 bar,
- управљачки напон 24 [V] DC,
- улазни сигнали – према стандарду *IEC 611131-2*, и
- аналогни излаз 4-20 mA.

Регулатор притиска је за носећу конструкцију повезан завртањским везама. Регулатор поседује уграђени дисплеј који приказује секундарни притисак ваздуха.

Слика 2 приказује начин на који је реализовано описано техничко решење. Крајњи корисници (у даљем тексту, клијенти) на свом рачунару морају имати инсталирану клијентску апликацију (детаљан приказ апликације биће представљен описом Слике 4.) која омогућава унос параметара којима се описује рад опруге. Након уноса параметара, клијент покреће апликацију и путем интернета до сервера прослеђује вредност притиска на излазу из даљински управљаног регулатора притиска, који је приказан у опису Слике 1. Ту исту вредност, сервер рачунар путем серијске комуникације прослеђује до главног управљачког уређаја, који је у овом случају ПЛК. ПЛК управља целим системом на начин који ће бити детаљно представљен описом Слике 3. Да би клијент могао и визуелно да прати рад целог система, он је, такође, путем интернета, повезан са web камером постављеном испред управљачког система.

Слика 3 приказује пнеуматску схему опруге. Након добијања информације о жељеној вредности притиска од сервера, ПЛК шаље наредбу даљински управљаном регулатору притиска (на схеми означен са 2V3) и поставља његов секундардни притисак (притисак на излазу) на жељену вредност. У том кораку, начин рада ПЛК подразумева следеће: информацију о тренутној вредности притиска, ПЛК добија са аналогног излаза самог регулатора. Поредећи ту вредност са жељеном, ПЛК формулише одговарајуће управљање и преко својих дигиталних излаза покреће електромотор, који је смештен у кућиште регулатора притиска и повезан са њим, у једном смеру (уколико је потребно смањити притисак), односно у другом (уколико је потребно повећати притисак). На тај начин, добија се основно коло САУ, где ПЛК представља регулатор, електромотор актуатор, а регулација притиска управљачки процес.

Када је секундардни притисак на даљински управљаном регулатору подешен на жељену вредност, ПЛК, преко електрично управљаних командних разводника, управља радом цилиндара симулирајући рад опруге. Бистабилни командни разводник 4/2 (на схеми означен са 2V2) током целог циклуса остаје у положају приказаном на слици. На тај начин, клипњачина страна цилиндра, названог „Опруга“, напаја се ваздухом под притиском од 6 bar директно са извора напајања. Клипна страна истог цилиндра напаја се, преко моностабилног командног разводника 3/2 (на схеми означен са 2V1), ваздухом под притиском чија је вредност једнака вредности притиска на излазу из даљински управљаног регулатора. У општем случају, та вредност је мања од 6 bar (ограничена на максимално 5,5 bar у програмском коду за ПЛК), па због тога цилиндар „Опруга“ мирује.

У исто време клипна страна цилиндра „Оптерећење“, се напаја, преко моностабилног командног разводника 3/2 (на схеми означен са 1V1) директно из извора напајања, ваздухом под притиском од 6 bar, и то од тренутка када је постигнута жељена вредност на даљински управљаном регулатору (ПЛК активира командни разводник). Цилиндар „Оптерећење“ се извлачи до свог крајњег положаја и за собом повлачи цилиндар „Опругу“ (збир притисака у клипним странама цилиндара већи је од збира притисака у клипњачиним странама цилиндара). Када цилиндри достигну свој крајњи извучени положај, ПЛК деактивира командне разводнике 1V1 и 2V1, и цилиндри се, под дејством ваздуха под притиском из клипњачине стране цилиндра „Опруга“ враћају у почетни, увучени положај.

На тај начин, горњи цилиндар, назван „Оптерећење“ симулира силу која је потребна да се опруга изведе из равнотежног попложаја, а доњи цилиндар, назван „Опруга“ симулира рад саме опруге.

Слика 4 приказује клијентску апликацију која је реализована у програмском пакету *LabView*. Први податак који клијент мора да унесе је корисничко име и одговарајућа лозинка. Уколико су оба параметра исправно унешена, након покретања апликације, тамнозелена лампица (изнад које пише „Исправни подаци“) ће да промени боју у светлозелену. Уколико је било који од ова два податка неисправан, клијент уопште неће моћи да покрене своју апликацију. Други податак који клијент треба да унесе је IP адреса на којој је подигнут сервер и комуникациони порт на којем сервер слуша долазеће поруке. Адреса коју је потребно унети је 192.168.175.232, а порт 22.

Након тога, клијент уноси параметре којима се описује рад опруге. Ту спадају следећи параметри:

- *G* - модул смицања материјала [N/mm^2] (препоручена вредност је 80.000 [N/mm^2], модул смицања за челик),
- *D* - унутрашњи пречник опруге [mm],
- *d* - дебљина зида опруге [mm],
- *n* - број намотаја опруге.

На основу горе поменутих параметара, прорачунава се коефицијент крутости опруге, према формули 1:

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n} \left[\frac{N}{mm^2}\right] \tag{1}$$

Поред поменутих параметара, клијент уноси и жељену елонгацију – *x* [mm] (помак опруге из равнотежног положаја) и пречник коришћених цилиндара – d_c [mm]. Сила у опрузи прорачунава се према формули 2:

$$F = k \cdot x \; [N] \tag{2}$$

Коначно, притисак на излазу из даљински управљаног регулатора притиска прорачунава се према формули 3:

$$p = \frac{4 \cdot F}{d_c^2 \cdot \pi} \; [bar] \tag{3}$$

Када клијент заврши са уносом параметара, своју апликацију покреће једноставним кликом на стрелицу (уоквирена на слици) или избором опције *Operate/Run* из падајућег менија.

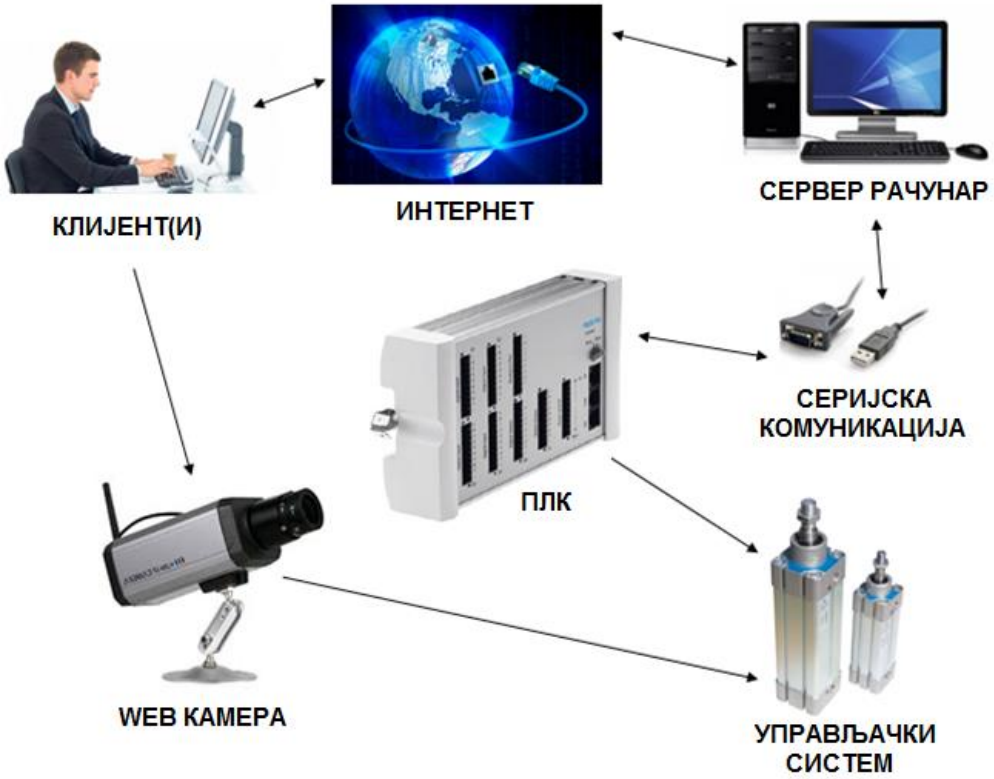
Напомена: Да би клијент успешно покренуо своју апликацију и послао жељени параметар, неопходно је да је претходно покренута и серверска апликација. Уколико то није случај, клијенту ће се на екрану исписати грешка пар секунди након покретања апликације.

Уколико клијент жели да унесе нове параметре, мора зауставити своју апликацију кликом на црвено дугме или избором опције *Operate/Stop* из падајућег менија, затим унети нове податке и поново покренути своју апликацију на претходно описани начин. Наравно, за покретање новог циклуса, неопходно је сачекати да се претходни заврши.

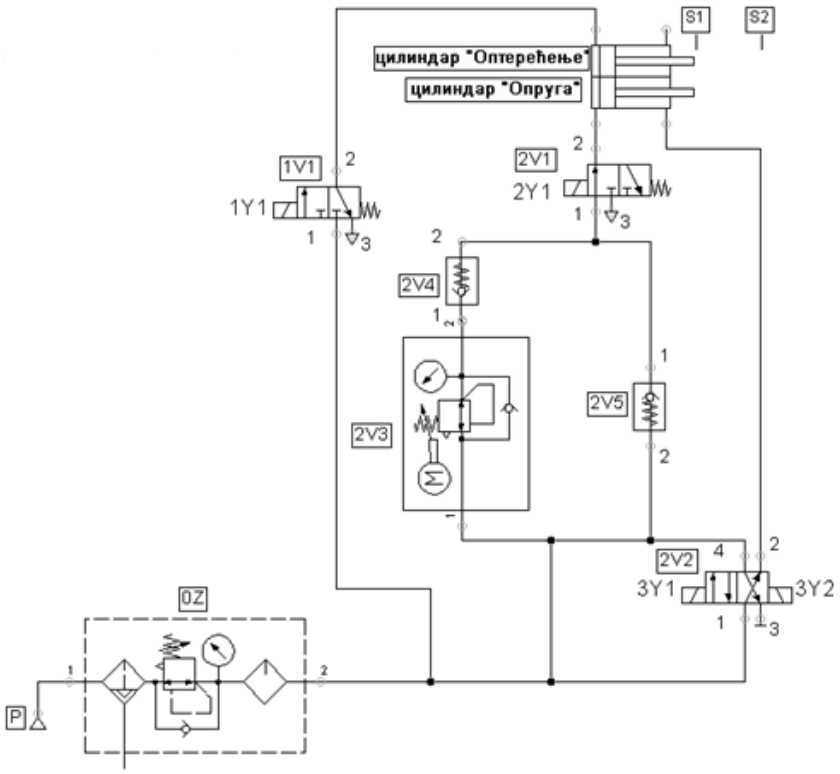
Слика 5 приказује серверску апликацију реализовану у програмском пакету *LabView*, коју је неопходно покренути пре покретања клијентске апликације. Претходно је неопходно унети само два податка: комуникациони порт на којем сервер треба да слуша долазеће поруке (22) и комуникациони порт за серијску комуникацију сервера са ПЛК (који се отвара оног тренутка када се поменути уређаји повежу преко стандардног серијског кабла). Серверска апликација покреће се и зауставља на исти начин као и клијентска.

Слика 6 приказује управљачки алгоритам, на којем се јасно види које програмске инструкције извршава клијентов рачунар, које сервер рачунар, а које ПЛК.

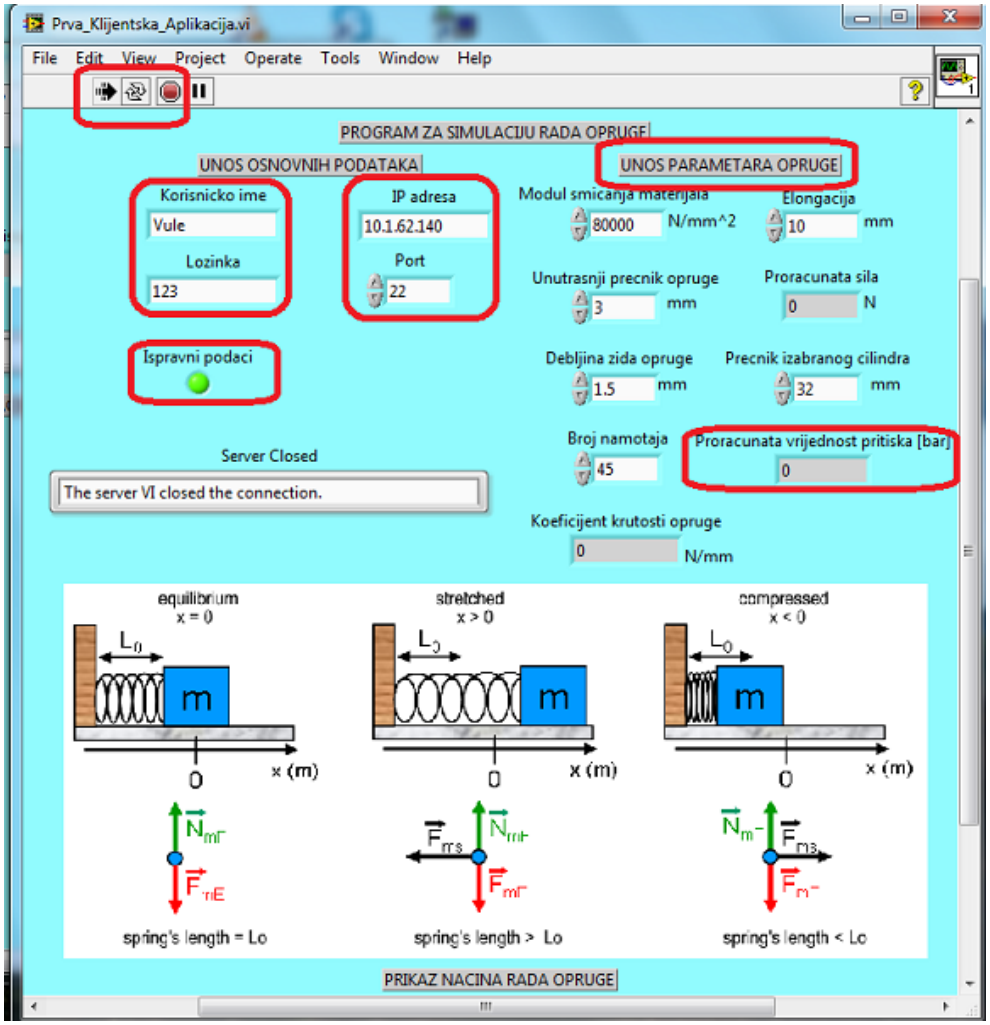
Слика 1.



Слика 2.



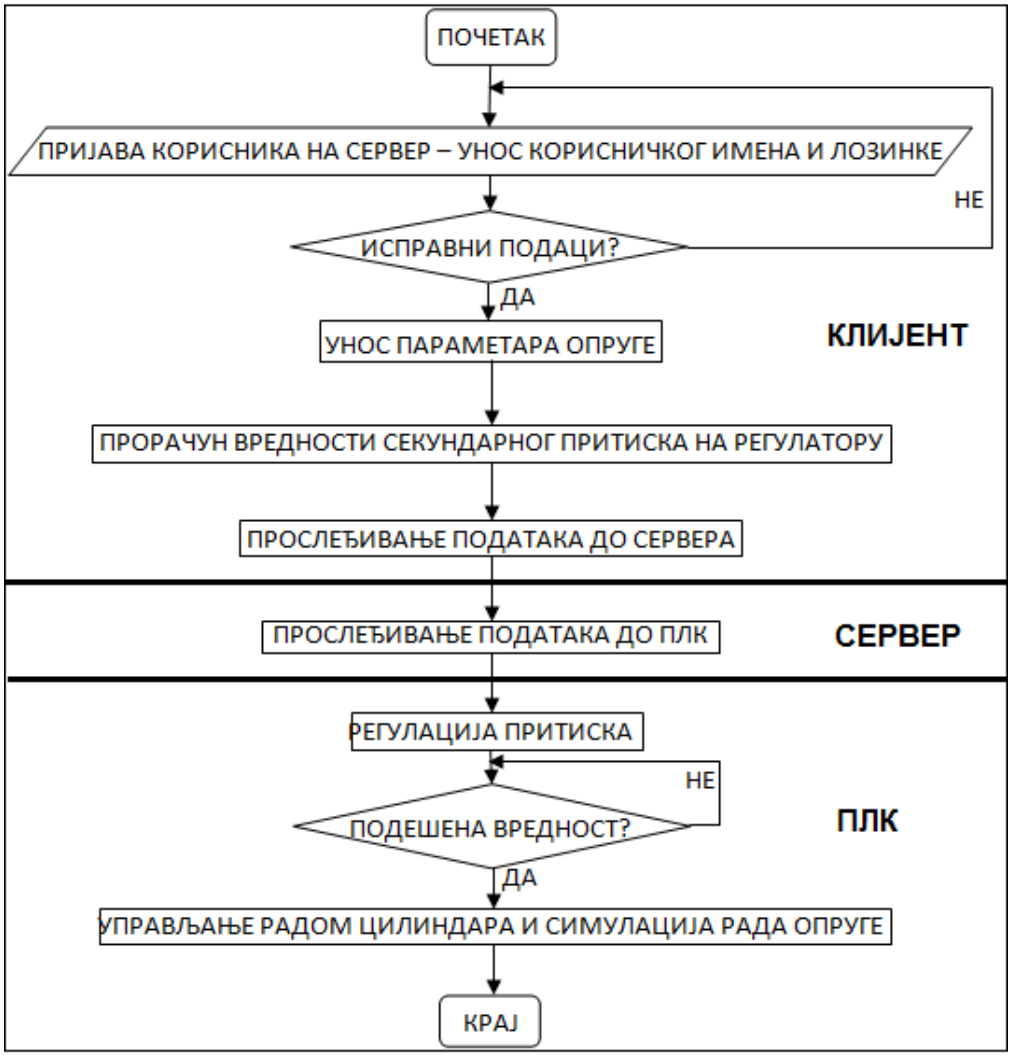
Слика 3.


Prva_Klijentska_Aplikacija.vi
File Edit View Project Operate Tools Window Help
PROGRAM ZA SIMULACIJU RADA OPRUGE
UNOS OSNOVNIH PODATAKA
UNOS PARAMETARA OPRUGE
Korisnicko ime
Vule
Lozinka
123
IP adresa
10.1.62.140
Port
22
Modul smicanja materijala
80000
N/mm^2
Elongacija
10
mm
Unutrasnji precnik opruge
3
mm
Proracunata sila
0
N
Ispravni podaci
Debljina zida opruge
1.5
mm
Precnik izabranog cilindra
32
mm
Broj namotaja
45
Proracunata vrijednost pritiska [bar]
0
Server Closed
The server VI closed the connection.
Koeficijent krutosti opruge
0
N/mm
equilibrium
x = 0
stretched
x > 0
compressed
x < 0
m
x (m)
0
spring's length = Lo
spring's length > Lo
spring's length < Lo
PRIKAZ NACINA RADA OPRUGE

Слика 4.


Cetvrta_Serverska_Aplikacija.vi
File
Edit
View
Project
Operate
Tools
Window
Help
PODATAK KOJI SE PRIMA I SALJE
Port
0
Primljeni podatak
0
Podatak koji se zapisuje
ZAUSTAVI INTERNET KONEKCIJU
Stop
Client Closed
The client VI closed the connection.
PARAMETRI SERIJSKE KOMUNIKACIJE
Komunikacioni port
COM1
Podesavanja
baud rate
9600
data bits
8
parity
None
stop bits
1.0
flow control
None
0
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
НОВИ САД

Слика 5.



Слика 6.

НАЧИН ИНДУСТРИЈСКЕ ИЛИ ДРУГЕ ПРИМЕНЕ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Реализовано техничко решење погодно је за примену на часовима практичне наставе у свим стручним школама које међу својим образовним профилима имају профил техничар мехатронике, али и у школама које образују и само аутоматичаре и програмере.

RECENZIJA TEHNIČKOG REŠENjA

1. OSNOVNI PODACI O REŠENjU

- **Naziv tehničkog rešenja:** Daljinski upravljana pneumatska opruga
- **Imena autora tehničkog rešenja:** Vule Reljić, Ivana Milenković, Dragan Šešlija, Jovan Šulc, Slobodan Dudić
- **Odgovorno lice:** Dragan Šešlija, seslija@uns.ac.rs
- **Ustanova:** Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu
- **Kategorija tehničkog rešenja: M85** Prototip, nova metoda, softver, standardizovan ili atestiran instrument, nova genska proba, mikroorganizmi

2. EVALUACIJA TEHNIČKOG REŠENjA

- **Tehnički problem:**

  Realizacija daljinski upravljane pneumatske opruge omogućava korisnicima na daljinu pristup laboratorijskoj opremi koju poseduje Fakultet tehničkih nauka i praktičnu primenu znanja stečenih iz oblasti sistema automatskog upravljanja, programiranja i primene programabilno logičkih kontrolera, industrijskih komunikacionih mreža i protokola, pneumatskog upravljanja i slično.

- **Kratak opis tehničkog rešenja:**

  Daljinski upravljana pnematska opruga sastoji se od dva pneumatska cilindra dvosmernog dejstva, od kojih jedan simlura silu potrebnu da se opruga izvede iz ravnotežnog položaja, a drugi samu mehaničku oprugu. Upravljanje na daljinu omogućeno je na sledeći način: korisnik, odnosno klijent u svojoj aplikaciji, koja je izrađena u programskom paketu *LabView*, unosi parametre kojima se opisuje rad opruge. Ti parametri su redom: unutrašnji prečnik opruge, broj namotaja opruge, debljina zida opruge i modul smicanja materijala od kojeg je opruga izrađena. Pored toga, klijent unosi i željeno izduženje opruge, odnosno pomak iz ravnotežnog položaja. Nakon ovog koraka, klijent podatak od interesa, a to je pritisak na izlazu iz daljinski upravljanog regulatora pritiska, prosleđuje do servera putem interneta. Server taj isti podatak serijskom komunikacijom prosleđuje do programabilnog logičkog kontrolera koji upravlja sistemom na taj način što reguliše pritisak na izlazu iz daljinski upravljanog regulatora pritiska, a zatim nakon toga, upravlja radom pneumatskih cilindara koji simuliraju rad opruge.

- **Kvalitet objašnjenja rešenja:**

  Tehničko rešenje je opisano jednostavno i precizno, a objašnjenje je propraćeno izborom odgovarajućih slika i algoritama.

- **Kvalitet rezultata dobijenih tehničkim rešenjem:**

  Osnovni cilj autora rešenja da se učenicima srednjih stručnih škola, posebno onih koje među svojim obrazovnim profilima imaju profil tehničar mehatronike, omogući praktična primena stečenih znanja, u potpunosti je ispunjen. Rešenje je funkcionalno, jednostavno i pouzdano i predstavlja odličan primer mehatroničkog sklopa , pošto u sebi povezuje primenu znanja iz više inženjerskih disciplina.

3. OPŠTA OCENA REŠENjA

- Rešenje je pouzdano i jednostavno za upotrebu.

4. PRIMEDBE NA TEHNIČKO REŠENJE

- Nemam primedbi i predlažem da se rešenje prihvati.

Da li se tehničko rešenje prihvata (Da ili Ne): **Rešenje se prihvata.**

Recenzent

dr Ljubomir Miladinović, red. prof.
Mašinski fakultet, Beograd
Beograd, 06.03.2015.

RECENZIJA TEHNIČKOG REŠENJA

Naziv tehničkog rešenja:	Daljinski upravljana pneumatska opruga
Autori tehničkog rešenja:	Vule Reljić, Ivana Milenković, Dragan Šešlija, Slobodan Dudić, Jovan Šulc
Organizacija:	Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Kategorija tehničkog rešenja:	**M85** Prototip, nova metoda, softver, standardizovan ili atestiran instrument, nova genska proba, mikroorganizmi

OBRAZLOŽENJE

Na osnovu uvida u dokumentaciju i pregleda tehničkog rešenja utvrđeno je sledeće:

1. Tehničko rešenje pripada polju tehničko-tehnoloških nauka, oblasti mašinstvo i industrijski softver.
2. Tehničko rešenje se koristi u realizaciji daljinski upravljanog eksperimenta, koji simulira rad opruge.
3. Problem koji se tehničkim rešenjem rešava:

   Daljinski upravljana pneumatska opruga omogućava korisnicima na daljinu da steknu uvid u rad same opruge. Pneumatska opruga simulira rad mehaničke opruge (na primer, čelične opruge) pri sabijanju, pod različitim uslovima. Na ovaj način mogu se simulirati različite vrste opruga, u smislu podešavanja parametara kojima se opisuje njihov rad: modul smicanja materijala od koga je opruga izrađena, unutrašnji prečnik opruge, debljina zida opruge, broj namotaja opruge, elongacija, itd.
4. Opis sistema:

   Proces simulacije započinje onog trenutka, kada krajnji korisnik, u svojoj apklikaciji unese neophodne podatke. Pokretanjem aplikacije vrši se proračun nephodnih parametara, koji se potom putem interneta šalju do servera. Server računar primljene podatke prosleđuje dalje do PLK, koji upravlja celim sistemom i omogućava simulaciju rada opruge.
5. Tehničke karakteristike sistema:

   Sistem se sastoji od dva pneumatska cilindra. Jedan cilindar simulira silu koja je potrebna da se opruga izvede iz ravnotežnog položaja, dok drugi simulira rad opruge. Upravljanje sistemom vrši se programabilno logičkim kontrolerom. Sila cilindra podešava se radnim pritiskom u samom cilindru, a preko daljinski upravljanog regulatora pritiska. Sistem obuhvata i klijentsku i serversku aplikaciju koje su razvijene u programskom paketu *LabView*.

Na osnovu svega navedenog predlažem da se tehničko rešenje pod nazivom „Daljinski upravljana pneumatska opruga" PRIHVATI.

Recezent

dr Vladislav Blagojević, docent
Mašinski fakultet, Niš
Niš, 06.03.2015.