

JEDNO REŠENJE UREĐAJA ZA UPRAVLJANJE NA DALJINU PNEUMATSKIM KLIZNIM VENTILOM

ONE SOLUTION OF DEVICE FOR REMOTE CONTROL OF PNEUMATIC SLIDE VALVE

Emilija Marcikić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je prikazano idejno rešenje sistema za daljinsko upravljanje pneumatskim kliznim ventilom. Opisani su hardverski i softverski deo sistema, prikazane su šeme povezivanja komponenti i dat je algoritam rada sistema. Hardverski deo sistema čine komponente izrađene tehnologijom 3D štampe i elektro – upravljačke komponente. Softverski deo sistema čini mobilna aplikacija i Arduino upravljački kod. Na kraju rada, izneti su zaključci i predlozi za unapređenje sistema.

Ključne reči: *Upravljanje na daljinu, Pneumatika, Ventil*

Abstract – This paper presents the conceptual solution of a pneumatic slide valve. The hardware part of the system is described, the connection diagrams of the components are shown and the system operation algorithm is given. The hardware part of the system consists of the components made with 3D printing technology and electrical control components. The software part of the system consists of a mobile application and Arduino control code. At the end of the paper, conclusions and suggestions for improving the system were presented.

Keywords: *Remote control, Pneumatic, Valve*

1. UVOD

Daljinsko upravljanje je neophodan deo savremene proizvodnje i integrisano je u okviru promena pri implementaciji Industrije 4.0.

U pametnim fabrikama ljudi, proizvodi, mašine i podaci su u stalnoj komunikaciji [1].

Pneumatske komponente i sistemi poseduju sposobnost prilagođavanja novim tehnologijama, a samim tim mogu i ostvariti adekvatnu vezu sa računarskim i elektronskim tehnologijama u eri koju karakteriše ogroman razvoj u ovim oblastima. Ova veza je nazvana „digitalna pneumatika“. Ona omogućava jedan modularni hardverski element, zajedno sa odgovarajućom upravljačkom elektronikom i odgovarajućim softverkim rešenjem, u zamenu za veliki broj pojedinačnih komponenti i na taj način se ostvaruje veliki broj funkcija. Daljinsko upravljanje se često primenjuje kod pneumatskog upravljanja sistemom.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Jovan Šulc, vanr. prof.

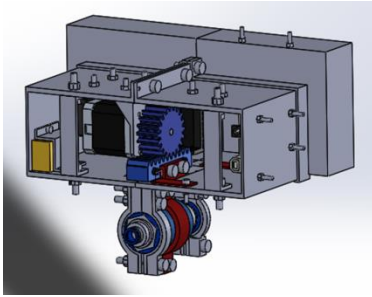
Posebno je važno u situacijama kada komponente nisu lako dostupne, a obavezno je kada su aktuatori teško dostupni ili nebezbedni. Ovim pristupom upravljanja pneumatskim sistemom, moguće je zatvoriti dovod komprimovanog vazduha, regulisati brzinu pogona, zatvoriti ili otvoriti ventile, regulisati pritisak u sistemu itd. Na taj način razvijen je novi pristup, što stavlja fleksibilnost proizvodnih sistema u prvi plan u skladu sa specifičnim, individualnim zahtevima kupaca, skraćuje se proizvodni ciklus i smanjuje se potrošnja energije. Prethodno navedene karakteristike sistema su u skladu sa aktuelnim trendovima industrijske proizvodnje, koji su definisani uvođenjem koncepta Industrije 4.0:

- mogućnost proizvodnje više različitih vrsta proizvoda unutar iste proizvodne linije,
- fleksibilne veličine serija koje se mogu spustiti na nivo od jednog proizvoda po seriji,
- skraćeno vreme odgovora na individualne, specifične zahteve kupaca,
- optimizacija proizvodnje uštedom energije, materijala i novca,
- omogućavanje kontinuirane razmene informacija između svih uređaja u proizvodnoj liniji i
- postizanje koncepta umreženih „pametnih“ fabrika [2].

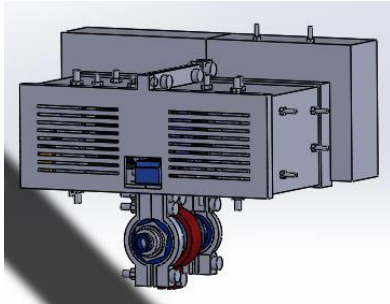
2. RAZVOJ UREĐAJA ZA UPRAVLJANJE NA DALJINU PNEUMATSKIM KLIZNIM VENTILOM

Jedna od opštih namena kliznog ventila je da služi za otvaranje i zatvaranje dovoda vazduha pod pritiskom, od kompresora ka grani sistema u kojoj je potreban. Proces otvaranja i zatvaranja se vrši ručno (manuelno) menjanjem krajnjih položaja. Kada je ventil otvoren, vazduh pod pritiskom se slobodno kreće od kompresora ka određenoj grani sistema. Kada je ventil zatvoren, onemogućen je protok vazduha pod pritiskom ka sistemu, a zbog odzraza koje se nalaze na samom ventilu omogućeno je rasterećenje sistema.. Ovi ventili se često nalaze na teško pristupačnim mestima, te se iz tog razloga javlja potreba za implementacijom daljinskog upravljanjem.

Kreiranjem 3D modela, predstavljeno je jedno idejno rešenje uređaja. Uređaj predstavlja sprega mehaničke konstrukcije i kliznog ventila za potrebe realizacije upravljanja na daljinu kliznim ventilom. 3D model je realizovan u softveru *SolidWorks*, i prikazan je na Slikama 1 i 2.



Slika 1. 3D model uređaja za upravljanje kliznim ventilom na daljinu



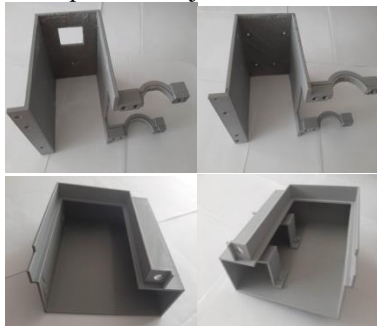
Slika 2. 3D model uređaja za upravljanje kliznim ventilom na daljinu, sa poklopcem na kućištu

2.1. Komponente uređaja

2.1.1 Komponente izrađene 3D štampom

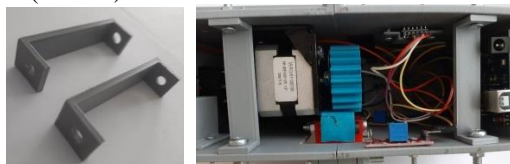
Komponente čiji su 3D modeli dizajnirani pomoću *SolidWorks* softvera, izrađene su pomoću 3D štampača. Za izradu komponenti, kao materijal, korišćen je PLA filament.

Sve komponente sistema smeštene su u kućište, koje je izrađeno 3D štampom i sastoji se iz četiri dela (Slika 3).



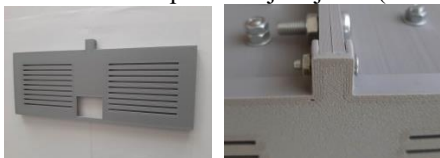
Slika 3. Kućište uređaja

Da se delovi kućišta usled težine i rada komponenti, ne bi savijali, izrađeni su i držači koji dodatno učvršćuju kućište (Slika 4).



Slika 4. Držači kućišta

Sa prednje strane kućišta postavlja se poklopac, koji na sebi ima otvore za hlađenje komponenti sistema i koji se za ostale delove kućišta pričvršćuje vijkom (Slika 5).



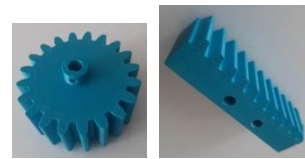
Slika 5. Poklopac kućišta

Pri projektovanju kućišta, ideja je bila da ono bude pričvršćeno tj. da ima oslonac samo na nekim delovima pneumatskog ventila, bez da ima dodatni oslonac na distributivnom vodu, na kojem je postavljen klizni ventil ili na nekom zidu u blizini. S obzirom da su na ventilu dostupni za montažu samo šestougaoni delovi, izrađena su 3D štampom dva prstena, koji omogućavaju da držači kućišta budu kružnog oblika, zarad lakše montaže (Slika 6).



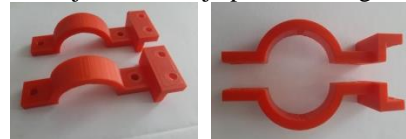
Slika 6. Šestougaoni prstenovi

Za pretvaranje rotacionog kretanja osovine motora, u linearno kretanje kliznog dela ventila, korišćeni su zupčanik i zupčasta letva (Slika 7), takođe izrađeni 3D štampom.



Slika 7. Zupčanik i zupčasta letva

Veza između zupčaste letve i kliznog dela ventila su dva dela (Slika 8) izrađena 3D štampom, koji su dizajnirani da se pričvrste elementi i uspešno prenesu kretanje. Prenosom tog kretanja, izvršava se funkcija opisanog sistema, otvaranje i zatvaranje pneumatskog ventila.



Slika 8. Delovi koji povezuju zupčastu letvu i klizni ventil
Sklop montiranih delova, ventila i zupčaste letve, pomoću delova koji ih povezuju, prikazan je na Slici 9.



Slika 9. Sklop kliznog ventila sa zupčastom letvom

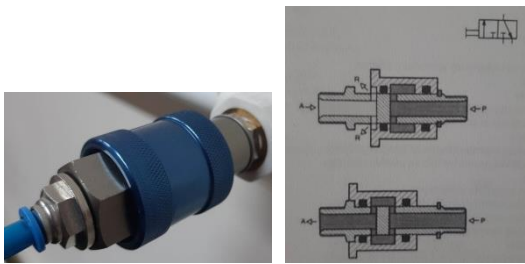
Za potrebe pričvršćivanja *Bluetooth* modula i baterija od 9V i 11.1V za kućište, izrađeni su držači prikazani na Slici 10.



Slika 10. Držači za baterije i Bluetooth modul

2.1.2 Pneumatski klizni ventil

Pneumatski klizni ventil, koji se koristi u ovom radu, je HSV 04. Ovaj klizni ventil je bistabilni 3/2, ručno aktiviran, koji se obično ugrađuje linijski, u pravcu snabdevanja vazduha pod pritiskom. Na Slici 11 je prikazan izgled kliznog ventila, njegov symbol i poprečni presek.



Slika 11. Pneumatski klizni ventil, simbol i poprečni presek

2.1.3 Koračni motor

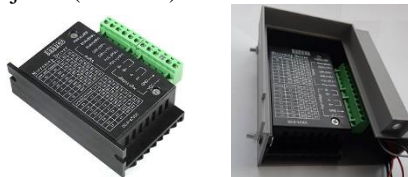
Kao izvršni element sistema, upotrebljen je koračni motor *Nema 17*. (Slika 12). On omogućava pretvaranje rotacionog u linearno kretanje.



Slika 12. Koračni motor *Nema 17*

2.1.4 TB6600 drajver

Upravljanje radom koračnog motora, vrši se pomoću TB600 drajvera (Slika 13).



Slika 13. TB6600 drajver

TB6600 drajver poseduje mogućnost podešavanja mikrokoraka i izlazne struje. Podešavanje se vrši pomoću prekidača na samom drajveru. Za potrebe ovog sistema, drajver je podešen na jedan ceo korak tj. da motor pri jednom obrtaju napravi 200 koraka, a da je izlazna struja 1A.

2.1.5 Arduino UNO

Kao mikrokontroler u okviru ovog sistema, upotrebljen je Arduino UNO mikrokontroler (Slika 14).



Slika 14. Arduino UNO

2.1.6 Bluetooth modul HC-05

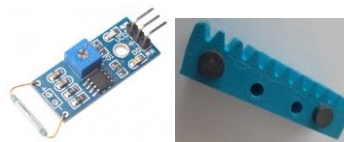
Komunikacija između razvijene korisničke (mobilne) aplikacije i mikrokontrolera, vrši se posredstvom Bluetooth modula HC-05 (Slika 15).



Slika 15. Bluetooth modul HC-05

2.1.7 Arduino reed magnetni senzor

Da bi mikrokontroler mogao da pošalje povratnu informaciju mobilnoj aplikaciji o trenutnoj poziciji kliznog ventila, koriste se reed magnetni senzori. Senzori se aktiviraju približavanjem magneta, koji su pričvršćeni na zupčastoj letvi (Slika 16).



Slika 16. Arduino reed magnetni senzor i magneti na zupčastoj letvi

2.1.8 Baterije

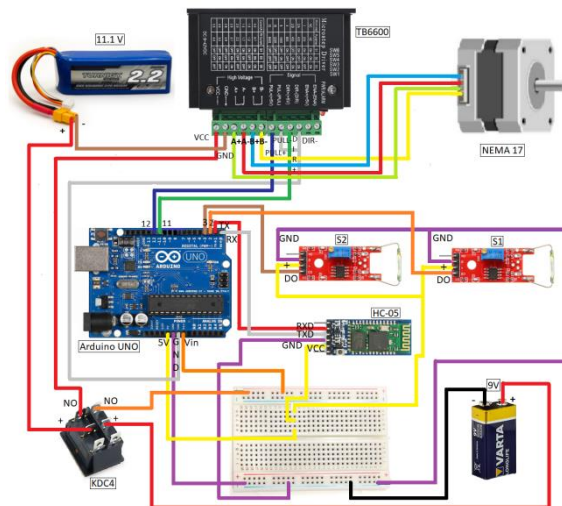
Da bi se ostvarila mobilnost sistema, kao izvor napajanja elektro – upravljačkih komponenti, upotrebljene su baterije od 9V (alkalna) i 11,1V (LiPo 2200 mAh 3S 40C) (Slika 17).



Slika 17. Baterije od 9V i 11,1V

2.2 Upravljačka šema

Na Slici 18 je prikazana šema povezivanja elektro – upravljačkih komponenti.



Slika 18. Šema povezivanja komponenti

3. ALGORITAM UPRAVLJANJA

Algoritam ovog sistema se zasniva na komunikaciji između aplikacije, kreirane u *MIT App Inventor* razvojnom okruženju i *Arduino* mikrokontrolera, čije su funkcije definisane u *Arduino* razvojnom okruženju, C/C++ programskim jezikom.

Kada korisnik pokrene aplikaciju na mobilnom telefonu, prvo je potrebno da se izvrši povezivanje sa *Arduino Bluetooth* modulom. Kada su telefon i *Arduino Bluetooth* modul povezani, u okviru aplikacije se ispisuje tekst „POVEZANO SA PNEUMATSKIM VENTILOM“. Da bi korisnik znao u kojoj je poziciji ventil u tom trenutku, potrebno je da u okviru aplikacije pritisne na dugme „Trenutna pozicija“. Aplikacija šalje *Arduino* okruženju upit o trenutnoj poziciji, a *Arduino* šalje povratnu informaciju, na osnovu toga koji reed senzor je u tom trenutku aktiviran. Ako je aktiviran reed senzor s_1 ventil je otvoren, ako je aktiviran reed senzor s_2 ventil je zatvoren, a ukoliko ni jedan reed senzor nije aktiviran, ventil se nalazi u međupoziciji. Ta povratna informacija se ispisuje u okviru aplikacije. Kada korisnik, u zavisnosti

od trenutne pozicije ventila, pritisne dugme „OTVORI“ ili „ZATVORI“, *Arduino* dobija signal da izvrši otvaranje ili zatvaranje pneumatskog ventila, pokretanjem koračnog motora. Koračni motor pravi određeni broj koraka, rotacijom osovine u smeru kazaljke sata ili suprotno od toga, u zavisnosti od zadate komande. Nakon izvršene naredbe tj. nakon što motor napravi određeni broj koraka, na osnovu toga koji *reed* magnetni senzor je aktiviran, *Arduino* šalje informaciju aplikaciji u kom položaju se nalazi ventil. Informacija o trenutnom položaju ventila se ispisuje u okviru aplikacije.

4. KORISNIČKA APLIKACIJA

Aplikacija kojom se vrši upravljanje sistemom putem mobilnog telefona sa Android platformom, je izrađena pomoću *MIT App Inventor* – a. U okviru *MIT App Inventor* – a postoje dva radna okruženja, *Designer* i *Blocks*. U okviru okruženja *Designer*, formira se izgled aplikacije (*GUI*). U okviru okruženja *Blocks*, programira funkcionalnost aplikacije. U ovom okruženju nije potrebno pisati programski kod, već se programiranje vrši pomoću dodavanja i kombinovanja već definisanih blokova funkcija i komandi, u zavisnosti od potrebe konkretne aplikacije. Nakon definisanja izgleda i funkcije aplikacije, potrebno je generisati *QR* kod, koji se skenira mobilnim telefonom, da bi se omogućilo instaliranje aplikacije. Početni prozor aplikacije „Master“ je prikazan na Slici 19.



Slika 19. Korisnička aplikacija

5. ARDUINO UPRAVLJAČKI KOD

Upravljački kod je definisan u okviru *Arduino* razvojnog okruženja i njime je obezbeđena komunikacija *Arduino* mikrokontrolera sa aplikacijom na mobilnom telefonu i upravljanje koračnim motorom, koji vrši otvaranje i zatvaranje pneumatskog ventila.

6. ZAKLJUČAK

Jedan od procesa u okviru pneumatskih sistema, kojim je moguće upravljati na daljinu, jeste puštanje komprimovanog vazduha u sistem ili deo sistema, odnosno otvaranje i zatvaranje kliznog ventila koji je posrednik između distributivnog voda koji dolazi od kompresora i dela sistema do kog je potrebno sprovesti vazduh pod pritiskom.

U okviru ovog rada, prikazano je idejno rešenje uređaja za daljinsko upravljanje pneumatskim kliznim ventilom, koji ima ulogu pomenutog posrednika u sistemu vazduha pod pritiskom.

Na osnovu analize rada sistema, rezultata testiranja i problema koji su se javljali pri razvoju sistema, doneti su zaključci i predlozi za dalje istraživanje i razvoj sistema.

Prvi predlog za unapređenje se odnosi na dizajn kućišta sistema, koji se izrađuje 3D štampom. Potrebno je dizajnirati modularnije kućište, koje bi omogućilo lakši pristup elektro komponentama i olakšalo montažu sistema.

Drugi predlog za unapređenje se odnosi na način komunikacije sistema sa mobilnom aplikacijom. U okviru ovog sistema komunikacija se vrši *Bluetooth* tehnologijom, što omogućava daljinsko upravljanje sistema sa malih rastojanja, zbog ograničenja u pouzdanom radu na većim rastojanjima koje ova tehnologija poseduje.

Treći predlog za unapređenje se odnosi na napajanje sistema. Da bi se obezbedio pouzdaniji rad sistema, potrebno je implementirati sistem za merenje napona i obaveštavanje korisnika o trenutnim vrednostima, da bi se pravovremenom moglo izvršiti punjenje ili zamena baterija, bez narušavanja kvaliteta rada sistema.

Četvrti predlog za unapređenje se nadovezuje na prethodni, treći predlog i reč je o istraživanju da li i u kolikoj meri se baterije troše kada je sistem uključen, ali se ne vrši upravljanje radom sistema, odnosno ne vrši se otvaranje ili zatvaranje ventila.

Idejnim rešenjem sistema koje je predstavljeno u ovom radu, ispunjeni su zahtevi predstavljeni pri definisanju zadatka rada. Obezbeđeno je daljinsko otvaranje i zatvaranje ventila, upotrebom baterija kao izvora napajanja obezbeđena je mobilnost sistema i obezbeđen je način montaže sistema koji ne zavisi od dodatnih potpornih površina, već se oslanja samo na površine samog kliznog ventila.

Za izradu predstavljenog idejnog rešenja, odnosno hardverskog dela sistema, potrebno je izdvojiti oko 140 eura.

7. LITERATURA

- [1] Brajan Bajči, Slobodan Dudić, Jovan Šulc, Vule Reljić, Dragan Šešlija, Ivana Milenković: *Using Remotely Controlled One – Way Flow Control Valve for Speed Regulation of Pneumatic Cylinder*, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, 25 July 2018.
- [2] Vule Reljić, Dragan Šešlija, Ivana Milenković, Brajan Bajči, Slobodan Dudić, Jovan Šulc: *Concept of remotely controlled digital pneumatic system in accordance with Industry 4.0 approach*, 5th Experiment International Conference, University of Madeira, Funchal, Madeira, Portugal, 12–14 June 2019.

Kratka biografija:



Emilija Marcikić rođena je u Novom Sadu 1998. godine. Fakultet tehničkih nauka, smer Industrijsko inženjerstvo, upisala je 2017. godine. Diplomski rad iz oblasti Automatizacija procesa rada odbranila je 2021. godine. Iste godine upisala je master studije na Industrijskom inženjerstvu, usmerenje Automatizacija procesa rada. kontakt: emilijamarcikic11@gmail.com