

**POREĐENJE PNEUMATSKOG I ELEKTROPNEUMATSKOG UPRAVLJANJA U PNEUMATSKIM SISTEMIMA****COMPARISON OF PNEUMATIC AND ELECTROPNEUMATIC CONTROL IN PNEUMATIC SYSTEMS**Ognjen Joković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – Predmet rada jeste poređenje čisto pneumatskog i elektro-pneumatskog upravljanja u pneumatskim sistemima. Analiza oba načina upravljanja izvršena je korišćenjem programskog paketa FESTO FluidSim i to na primeru dva industrijska uređaja. Cilj rada je da se dokaže veća efikasnost elektro-pneumatskog upravljanja u pneumatskim sistemima.

**Ključne reči:** Pneumatika, pneumatski cilindri, pneumatski sistem.

**Abstract** –The subject of this paper is comparison of solely pneumatic and electro-pneumatic control in pneumatic systems. Analysis of both types of control was done by using the FESTO FluidSim program package and on the example of two industrial machines. The goal of the paper was to show the higher efficiency of the electro-pneumatic control in pneumatic systems.

**Keywords:** Pneumatics, pneumatic cylinders, pneumatic system.

**1. UVOD**

Predmet rada su pneumatski sistemi, njihov istorijski razvoj, primena, elementi pneumatskih sistema, struktura i promenljive veličine pneumatskih sistema. U radu su prikazani različiti načini predstavljanja problema od same skice problema pa sve do put-vreme dijagrama koji dodatno definišu kretanje datog sistema. Objasnjeni su takti lanci, tipovi taktnih lanaca i njihovo implementiranje. Obradena su dva primera pneumatskih sistema korišćenjem FESTO FluidSim programskog paketa. Prvi primer predstavlja pneumatski pogonjen uređaj za savijanje limova koji se sastoji od jednog cilindra jednosmernog dejstva koji služi za pritezanje obradka i dva cilindra dvosmernog dejstva koji služe za savijanje. Drugi primer predstavlja pneumatski pogonjen uređaj za odsecanje materijala koji se sastoji od četiri cilindra od kojih su dva jednosmernog dejstva a druga dva dvosmernog dejstva. Primeri su prvo prikazani na šemi sa čisto pneumatskim upravljanjem korišćenjem taktnih lanaca, a zatim i sa elektro-pneumatskim upravljanjem korišćenjem sistema Latchovanja. Analizirana su dva različita načina upravljanja korišćenjem put-vreme dijagrama kreiranim u FESTO FluidSim programu gde je primećen znatno brži odziv

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Slobodan Tašin.

elektro-pneumatskog upravljanja u odnosu na čisto pneumatsko upravljanje. Izvršen je proračun potrebne količine vazduha za dva data primera tako što su izračunate zapremine svih cilindara u jednom hodu ako su cilindri jednosmernog dejstva, a u oba hoda ako su cilindri dvosmernog dejstva.

Konačna potrebna količina vazduha pod pritiskom dobijena je množenjem ukupne zapremine sa brojem ciklusa koji dva data uređaja treba da obave.

**2. PRIMERI PNEUMATSKOG UPRAVLJANJA**

Obradena su dva primera pneumatski pogonjenih uređaja. Prvo su prikazane šeme datih uređaja sa pneumatskim upravljanjem uz pomoć prethodno objašnjenih taktnih lanaca i put-korak dijagrama. Zatim su prikazane šeme sa elektronskim upravljanjem gde je objašnjen sistem Latchovanja.

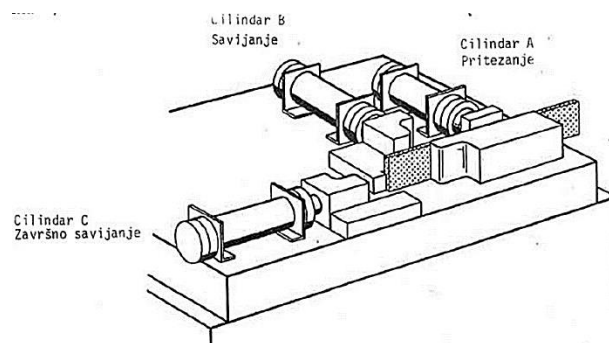
**2.1. Uređaj za savijanje limova**

Pomoću pneumatski pogonjenog uređaja prikazanog na slici 1 vrši se savijanje limova.

Nakon pritezanja obradka pomoću cilindra sa jednosmernim dejstvom A, vrši se savijanje pomoću cilindra sa dvosmernim dejstvom B, a nakon toga se vrši konačno savijanje pomoću cilindra sa dvosmernim dejstvom C. Proces otpočinje nakon aktiviranja ručnog tastera.

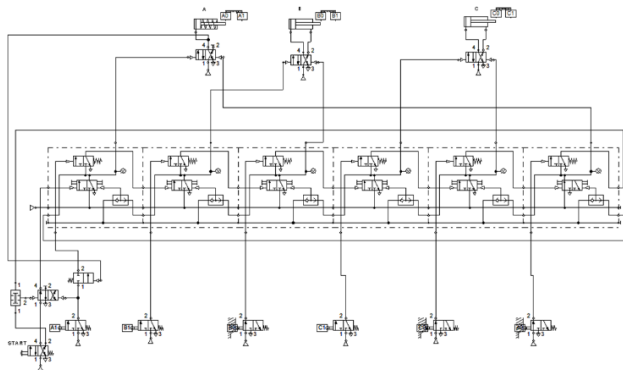
Granični uslovi:

1. U slučaju da je trajno pritisnut START-taster ne sme doći do ponavljanja ciklusa nakon izvođenja poslednjeg kretanja.
2. Cilindar za savijanje B sme da otpočne sa izvlačenjem klipnjače tek onda, kada je cilindar za pritezanje A dostigao krajnji prednji položaj i kada je postignut potrebni pritisak pritezanja, npr 600 kPa.



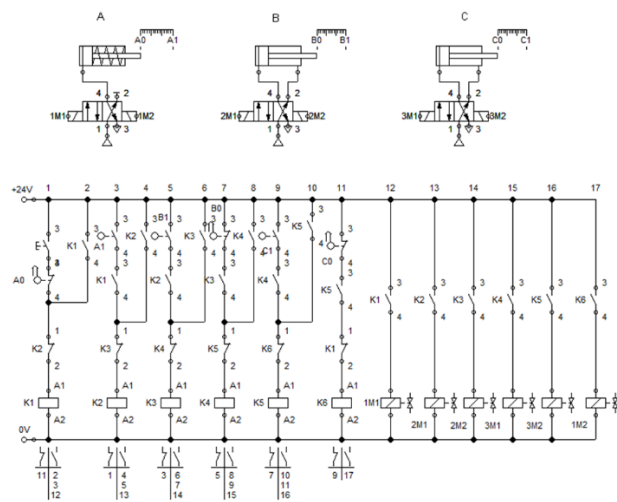
Slika 1. Pneumatski pogonjen uređaj za savijanje limova [1]

Na slici 2 prikazana je pneumatska šema uređaja za savijanje limova sa ugrađenim graničnim uslovima. Šema je urađena u programu FESTO FluidSim. Korišćeno je redosledno upravljanje pomoću taktnih lanaca.



Slika 2. Pneumatska šema za uređaj za savijanje limova

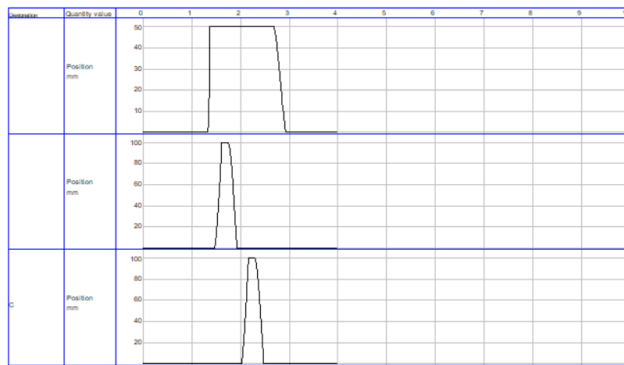
Isti sistem odrađen i preko elektro-upravljanja u FESTO FluidSim programu (slika 3):



Slika 3. Elektro-pneumatska šema uređaja za savijanje limova

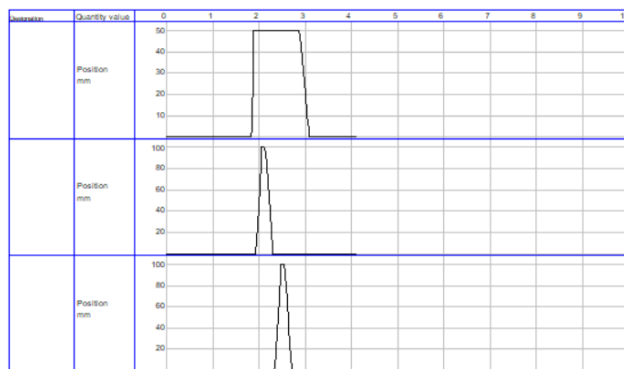
U ovom slučaju proces upravljanja vrši se solenoidnim ventilima koji se pokreću elektronski. Nakon pritiska tastera za start, signal se javlja u prvoj grani i aktivira solenoidni ventil 1M1 koji započinje izvlačenje cilindra A. Nakon što se cilindar A u potpunosti izvuče, aktivira se granični senzor A1 koji daje signal cilindru B da se izvlači i u isto vreme prekida signal u prvoj grani preko *break switch*-a K2. Ovaj postupak se naziva *Latch*-ovanje gde se svaka grana povezuje sa prethodnom i narednom granom i na taj način omogućuje da se neometano obavlja ceo ciklus pokreta bez ikakvog budućeg sudaranja signala koje bi onemogućilo željeni pokret. Nakon što se cilindar B izvuče aktivira se senzor B1 koji daje signal za istovremeno uvlačenje cilindra B i ceo proces se nastavlja na isti način dok se ne završi željeni ciklus.

Sada će se obaviti analiza procesa pomoću put-vreme dijagrama gde će se uporediti pneumatski uređaj za savijanje limova sa pneumatskim upravljanjem i sa elektronskim upravljanjem. Na slici 4 se može videti put-vreme dijagram za pneumatsko upravljanje uređajem.



Slika 4. Put-vreme dijagram za slučaj pneumatskog upravljanje uređajem za savijanje limova

Na slici 5 prikazan je put-vreme dijagram za elektronsko upravljanje uređajem.



Slika 5. Put-vreme dijagram za slučaj električnog upravljanja uređajem za savijanje limova

Nakon što se uporede prethodna dva dijagrama može se zaključiti da je znatno brži odziv signala kod električnog upravljanja iz razloga što je kod pneumatskog upravljanja upravljački signal (stišljiv) vazduh pod pritiskom koji mora da prođe kroz sve pojedinačne elemente taktnih lanaca dok je kod električnog upravljanja upravljački signal električna struja koja se kroz upravljački lanac prenosi znatno brže od vazduha.

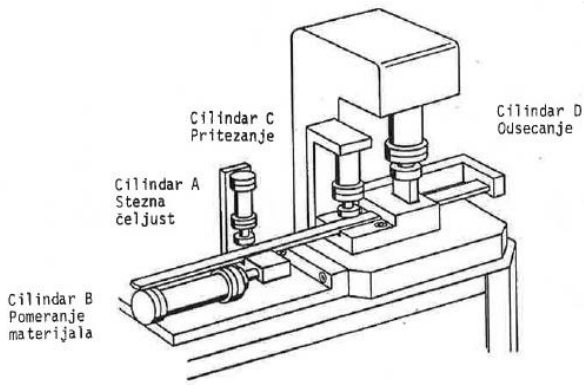
## 2.2 Uređaj za odsecanje materijala

Na uređaju za odsecanje (slika 6) vrši se sečenje šipkastog materijala u komade iste dužine.

Pomeranje materijala koji se seče se izvodi pomoću pneumatskog cilindra B koji vrši hvatanje šipke pomoću stezne čeljusti A. Kada je material pomeren do graničnika, pomoću cilindra C se vrši pritezanje, a stezna čeljust se otvara i cilindar B se pomera u zadnji položaj. Nakon odsecanja pomoću cilindra D, vraća se i cilindar C u početni položaj, tako da može da počne naredni ciklus.

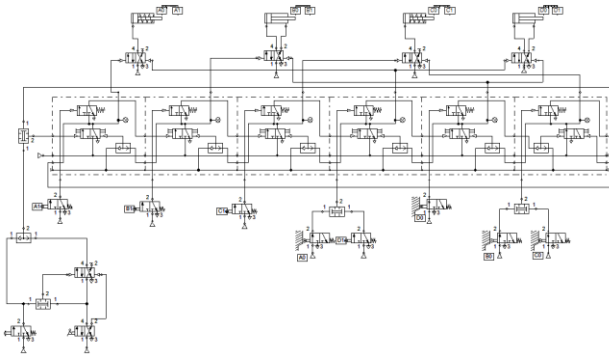
Granični uslovi:

1. Šema mora omogućavati rad u pojedinačnim ciklusima i trajnom ciklusu.
2. Novi ciklus smeđa otpočne tek onda, kada su cilindar B i cilindar C, vraćeni u početni položaj, tj. kada su klipnjače uvučene.



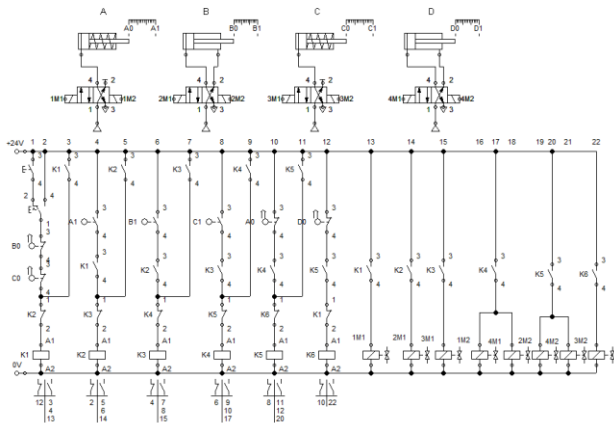
Slika 6. Pneumatski pogonjen uređaj za odsecanje materijala [1]

Na slici 7 prikazana je pneumatska šema uređaja za odsecanje materijala sa ugrađenim graničnim uslovima. Šema je odrađena u programskom paketu FESTO FluidSim primenom taktih lanaca.



Slika 7. Pneumatska šema za uređaj za odsecanje materijala

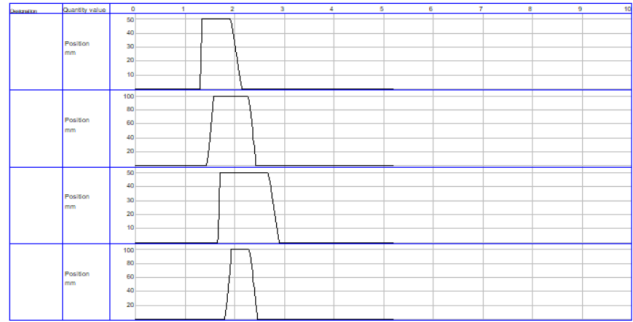
Ceo sistem odrađen i preko elektro-upravljanja u FESTO FluidSim programu (slika 8):



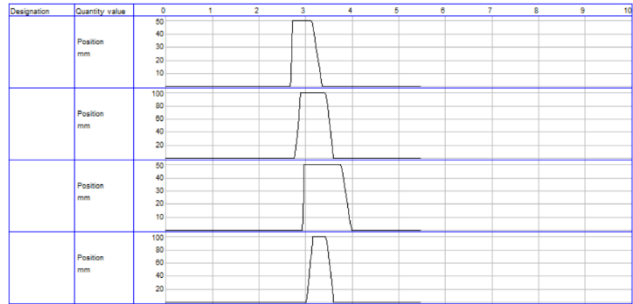
Slike 8. Električna šema za uređaj za odsecanje

Kao što je i u prethodnom slučaju objašnjeno, ceo proces se odvija pomoću solenoidnih ventila, *make* i *break switch*-eva i pomoću *Latch*-ovanja signala u granama.

Kao i u prethodnom primeru uporedna analiza prikazana dva načina upravljanja izvršena je pomoću dijagrama put-vreme. Na slici 9 prikazan je dijagram put-vreme za čisto pneumatsko upravljanje uređajem za odsecanje dok je na slici 10 prikazan put-vreme dijagram za električno upravljanje istim uređajem.



Slika 9. Put-vreme dijagram za pneumatsko upravljanje uređajem za odsecanje



Slika 10. Put-vreme dijagram za električno upravljanje uređajem za odsecanje

Nakon što se uporede prethodna dva dijagrama može se ponovo zaključiti da je znatno brži odziv upravljačkog signala kod električnog upravljanja iz razloga što kod pneumatskog upravljanja signal mora da prođe kroz sve pojedinačne elemente taktih lanaca dok kod elektronskog ne mora.

### 3. PRORAČUN

#### 3.1 Proračun potrebne količine vazduha pod pritiskom za uređaj za savijanje limova

Za početak će se odrediti zapremina cilindra sa strane klipa i klipnjače posebno, zatim će se te dve zapremine sabrati i pomnožiti sa potrebnim brojem ciklusa.

Potrebni podaci za cilindar jednosmernog dejstva A:

- Maksimalni korak  $H = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$
- Prečnik klipa  $D = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$

Pošto jednosmerni cilindar dobija vazduh samo sa strane klipa, za njega je potrebno samo tu zapreminu odrediti. Zapremina će se odrediti preko formule:

$$V = A \cdot H = \frac{(D^2 \cdot \pi)}{4} \cdot H$$

$$V_A = \frac{0,02^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 0,05 = 0,0000157 \text{ m}^3$$

Ukupna zapremina se dobija množenjem sa brojem ciklusa  $n = 300$ .

$$V_{Auk} = V_A \cdot 300 = 0,0000157 \cdot 300 = 0,00471 \text{ m}^3$$

Potrebni podaci za cilindre dvosmernog dejstva B i C:

- Maksimalni korak  $H = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$
- Prečnik klipa  $D = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$
- Prečnik klipnjače  $d = 8 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$

Cilindri B i C su dvosmernog dejstva pa će kod njih biti potrebno odrediti zapremine i sa strane klipa i sa strane klipnjače.

Za ciklus od  $n = 300$  dobija se ukupna količina vazduha za cilindar B.

$$V_{Buk} = 0,0000578 \cdot 300 = 0,01734 \text{ m}^3$$

Za cilindar dvosmernog dejstva C dobija se ista vrednost jer je istih dimenzija kao cilindar B.

$$\begin{aligned} V_{Cuk} &= 0,01734 \text{ m}^3 \\ V_{uk} &= V_{Auk} + V_{Buk} + V_{Cuk} = \\ &= 0,00417 + 0,01734 + 0,01734 = 0,03885 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### 3.2 Proračun potrebne količine vazduha pod pritiskom za uređaj za odsecanje materijala

Kao i kod prethodnog uređaja za početak se određuju količine vazduha za jednosmerne cilindre A i C koji su istih dimenzija kao kod prethodnog uređaja pa se uzima da njihove potrebne količine vazduha za  $n = 300$  ciklusa iznose:

$$\begin{aligned} V_{Auk} &= 0,00417 \text{ m}^3 \\ V_{Cuk} &= 0,00417 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dok potrebne količine vazduha za cilindre dvosmernog dejstva B i D iznose:

$$\begin{aligned} V_{Buk} &= 0,01734 \text{ m}^3 \\ V_{Duk} &= 0,01734 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sada se može doći do ukupne potrebne količine vazduha za uređaj za odsecanje materijala tako što će se sabrati potrebne količine vazduha za prethodna 4 cilindra:

$$V_{uk} = 0,00417 + 0,00417 + 0,01734 + 0,01734 = 0,043 \text{ m}^3$$

## 4. ZAKLJUČAK

Pneumatski sistemi danas zauzimaju jednu od vodećih uloga u svetu moderne automatizacije. U vremenu eksponencijalnog napretka u svetu tehnologije oni opstaju i napreduju zahvaljujući njihovom širokom spektru primene, prilagodljivosti i inovativnošću vodećih kompanija iz ove oblasti.

Dalji razvoj pneumatskih sistema je pod uticajem mikro-elektronike, informacionih tehnologija i primene novih materijala. Upotrebom mikroprocesora se dolazi do ostvarivanja veze između pneumatike i elektronike i omogućava se elektronsko upravljanje pneumatskim sistemima.

Analizom čisto pneumatskog i elektro-pneumatskog upravljanja u data dva primera pneumatskih sistema dolazi se do zaključka da je elektro-pneumatsko upravljanje efikasnije. Poređenjem put-vreme dijagrama za oba slučaja vidi se da je vreme odziva brže kod elektro-pneumatskog upravljanja iz razloga što kod pneumatskog upravljanja signal mora da prođe kroz sve pojedinačne elemente taktnih lanaca dok kod elektronskog signal direktno deluje na solenoidne ventile koji upravljaju aktuatorima.

## 5. LITERATURA

[1] Hasebrink, J.P., Kobler, R. (2006) – Grundlagen der Pneumatischen Steuerungstechnik (Osnovi pneumatskog upravljanja), prevod pod recenzijom Zarić, S. FTN, Institut za industrijske sisteme, Novi Sad.

### Kratka biografija:



**Ognjen Joković**, rođen je u Vrbasu 1994. godine. Mater rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Naftna i gasna tehnika odbranio je 2021. god.