

AUTOMATSKO UPRAVLJANJE II

① Utjecaj periode / frekvencije PWM signala na ponašanje aktuatora

Negativan efekt korištenja PWM upravljača je pulsiranje izlaza aktuatora.

Pulsiranje zavisi od:

1. Periode / frekvencije PWM signala (na visokim frekvencijama je najmanje pulsiranje)
 2. Popunjenost d PWM signala (najbolji slučaj za $d=50\%$)
 3. dinamike aktuatora (najmanje pulsiranje za spore aktuatora)
- Kada aktuatori proizvode mehaničko kretanje (solenoidi, motori, ...) frekvencije 20Hz do 20kHz izazivaju zvučne šumove ("vrisak").

Termički aktuatori i termički procesi su pogodni za PWM upravljanje jer imaju velike vremenske konstante.

② Značaj pojačanja senzorskog signala za kvalitetno ponašanje sistema.

Senzorski signali mogu biti: naponski ili strujni.

Naponski signal → osjetljiv na promjenu opterećenja kao i promjenu dužine ili parametara prenosnih vodova; koriste se u većini standardnih primjena.

Strujni signal → teži generisati od naponskog

Za pojačanje signala potrebni su kvalitetni instrumentacioni pojačavači. Utječu na dvije stvari: pojačanje rezolucije niznog signala i poboljšanje odnosa korisni signal / šum.

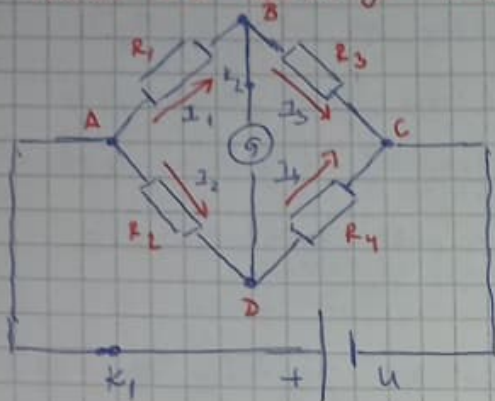
③ Statistička tačnost senzora.

Statistička tačnost opisuje maksimalnu grešku koja se može očekivati u stacionarnom stanju. Greška se izražava u postocima mjernog opsega njegovog izlaza. Ispazuje se u odnosu na idealni senzor. Određuje se u postupku kaliibracije (jedan ili više ciklusa).

4. Mjerenje sile ako je otpornost pomoćna promjenjiva. (WITSTONOV MOST)

U slučaju kada se ^{otpornost} koristi kao pomoćna promjenjiva u sistemu za mjerenje sile, to može biti ostvareno primjenom Witstonovog mosta ili Tomsonovog mosta.

MOST ZA MJERENJE ISTOSMJERNE STRUJE:



$R_1, R_2, R_3, R_4 \rightarrow$ vezani serijski

Između A i C je izvor konstantnog napona U .

Između B i D je galvometar (G)

Ukoliko kroz G protiče struja most nije balansiran.

USLOV RAVNOTEŽE:

$$I_1 = I_3 \quad I_2 = I_4$$

Da bi struja kroz galvometar bila nula:

$$U_{AB} = U_{AD}$$

$$R_1 I_1 = R_2 I_2$$

Pošto je grana C zajednička za R_3 i R_4 mora biti

$$U_{BC} = U_{DC}$$

$$R_3 I_3 = R_4 I_4 \Rightarrow R_3 I_1 = R_4 I_2$$

$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \quad / \because (R_3 I_3 = R_4 I_4)$$

$$\frac{R_1}{R_3} \times \frac{R_2}{R_4} \Rightarrow R_1 R_4 = R_3 R_2$$

Mjerenje otpornosti Vitstonovim mostom sastoji se u traženju ravnoteže mosta kada je jedna grana mosta nepoznate otpornosti, a ostale grane su poznatih promjenjivih otpornosti. Kada se mjeri sila koristi se Vitstonov most sa senzorom otpora koji se mijenja pod utjecajem sile.

$R_1, R_3 \rightarrow$ poznati otpornici sa poznatim vrijednostima

$R_2 \rightarrow$ promjenjivi otpornik (senzor) čija vrijednost varira pod utjecajem sile koja se mjeri

$R_4 \rightarrow$ pomoćni otpornik. Obično se koristi za kalibraciju mosta

5) Uloga pojačanja senzorskih signala za tačnije dobivanje vrijednosti mjernih veličina.

ODGOVOR NA PITANJE 3 +

ključne uloge pojačanja senzorskih signala

1. Povećanje osjetljivosti → Senzori često proizvode male električne signale kao odgovor na promjene u mjernim veličinama (temperatura, pritisak). Pojačanje ovih signala omogućava detekciju i mjerenje vrlo malih promjena u veličini, čime se povećava osjetljivost sistema.
2. Smanjenje šuma → Elektrostati uređaji i senzori su podložni elektromagnetnom šumu i drugim vrstama smetnji. Pojačavanje signala i filtriranjem nepotrebnih frekvencija može se smanjiti utjecaj ovih smetnji i poboljšati tačnost mjerenja.
3. Povećanje dinamičkog opsega → omogućava sistemu da mjeri širi opseg vrijednosti mjernih veličina (posebno korisno kada se očekuju široke varijacije u mjernoj veličini).
4. Kompensacija gubitka signala → Signali se često gube tokom prijenosa i obrade. Pojačanje može da ~~kompenzuje~~ kompenzuje ove gubitke i očuva integritet signala.
5. Poboljšanje razlučivosti → U nekim primjenama, visoka stopa preciznosti je od suštinskog značaja. Pojačanjem signala, može povećati preciznost i omogućiti preciznija mjerenja.
6. Kalibracija senzora → Pojačanje se može koristiti u procesu kalibracije senzora, kako bi se postigla tačnost mjerenja. Kalibracione vrijednosti se često koriste za skaliranje izlaznih signala senzora u stvarne fizičke vrijednosti mjernih veličina.

6. Mjerenje protoka tečnosti pomoću rotametara.

Rotometar → uređaj koji se koristi za mjerenje protoka tečnosti ili gasa u cijevima. Radi na principu promjene pozicije plutajuće kugle ili šipke unutar staklene ili plastične cijevi u zavisnosti od protoka fluida. Ova promjena pozicije vizuelno pokazuje korisnicima brzinu protoka.
Koraci za mjerenje tečnosti pomoću rotametara:

1. PRIPREMA ROTOMETRA → provjeriti da li je rotometar ispravno instaliran i kalibriran, očistiti cijevi, provjeriti oštećenja
2. POSTAVLJANJE → postaviti gdje je potrebna kontrola tečnosti
3. KONTROLA USLOVA → uslovi okoline (temperatura i pritisak) moraju biti stabilni, jer mogu utjecati na preciznost.
4. OČITAVANJE MJERENJA → na osnovu pozicije kugle ili šipke može se očitati brzina protoka sa skalom koja se nalazi duž cijevi, rotometar (skala može biti linearna ili logaritamska)
5. KALIBRACIJA → rotometar mora biti kalibrisan radi tačnosti mjerenja (upoređivanje očitane vrijednosti sa stvarnim vrijednostima protoka i korekcija)
6. VRIJEDNOSTI PROMJENJIVIH → promjenjivi faktori (temperatura i pritisak) mogu se mijenjati tokom vremena.

Također je uzeo u obzir i održavanje i kalibraciju, tip tečnosti (dizajnirani za rad sa određenim tipom), ispunjavanje cijevi (pravilan oblik), sigurnost, redundantnost (radi neprekidnog nadzora), zaštita od zamrzavanja i korozije, prateći instrumenti (uparivanje rotometra sa dodatnim instrumentima radi daljinskog praćenja).

7) Dinamička tačnost senzora

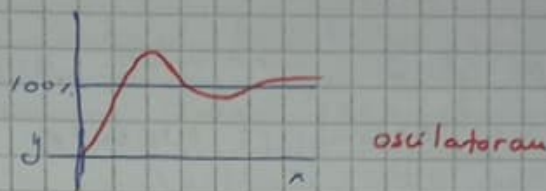
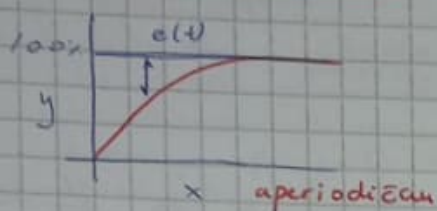
$$e(t) = y(t) - y_s(t)$$

Dinamička elementa se opisuje diferencijalnom jednačinom:

$$\sum_{i=1}^n a_i \frac{d^i y}{dt^i} = \sum_{i=1}^m b_i \frac{d^i x}{dt^i}$$

ili funkcijom prijenosa $Y(s) = G(s)X(s)$

Odstočni odziv je dobar pokazatelj dinamike elementa



Parametri odstočnog odziva uključuju:

→ osjetljivost statički idealnog senzora (koeficijent prijenosa)

$$G(s) = \frac{K(s-z_1)(s-z_2)(s-z_n)}{(s-s_1)(s-s_2)(s-s_n)} = \frac{K(T_1s+1)(T_2s+1)\dots(T_ns+1)}$$

$$G(0) = \frac{b_0}{a_0} = K$$

→ određivanje funkcije prijenosa na osnovu odstočnog odziva i obrnuto

$$G(s) = \frac{P(s)}{Q(s)} = \frac{b_ms^m + \dots + b_1s + b_0}{a_ns^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_1s + a_0}$$

Vremenska konstanta: $G(s) = \frac{1}{Ts+1}$

8) Ultrazvučno mjerenje protoka

12. 2024.

⇒ tehnika koja se koristi za precizno mjerenje brzine protoka tečnosti ili gasa korištenjem ultrazvučnih talasa. Ova tehnika se koristi u hemijskoj, naftnoj, medicinskoj i energetskoj industriji.

Komponente uključuju: ultrazvučni prijemnik (detektuje talase), ultrazvučni predajnik (emituje talase), te par ultrazvučnih senzora postavljenih preko cijevi kojim protazi tečnost.

Predajnik emituje visokofrekventne ultrazvučne talase u tečnost ili gas. Talasi se šire kroz fluid i putuju prema prijamniku. Brzina ^{zvuka} kojom talas putuje

zavis od karakteristika fluida (gustine, temperaturnih promjena).
M Zavisnost od smjera protoka fluida je brzina kretanja ultrazvučnih talasa. Ako se talas kreće u pravodu, oni će se brže kretati, nego uavodu. Kao rezultat utjecaja brzine protoka na ultrazvucne talase, dolazi do promjene frekvencije talasa koj se vraćaju prijemniku.
(**DOPPLEROV EFEKT**). Na osnovu ^{promjene učestalosti} ~~brzine~~ Dopplerovog efekta može se izračunati brzina protoka.

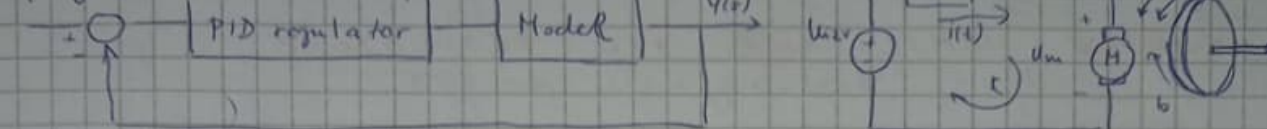
PREDNOSTI ULTRAZVUČNOG MJERENJA:

- beskontaktno mjerenje (nema direktnog kontakta sa fluidom)
- preciznost
- neinvazivnost (ne oštećuje cijevi ili fluid)
- pogodnost za razne fluidne medije

Ultrazvučno mjerenje protoka je široko primjenjivo i korisno u mnogim industrijama gdje je potrebno tačno i pouzdano mjerenje brzine protoka fluida.

23.5.2023.

1. Odrediti odziv sistema ($Y(s)/X(s)$) prikazanog na slici, da Model sistema prikazan na slici 2, ukoliko se upravlja je vrši PID regulatoru. Parametre PID regulatora odrediti na osnovu funkcije Modela koristeći Ziegler-Nichols metodu za upravljanje u zatvorenoj petlji, sa nulnim početnim uslovima



Potrebno je

- analitički rešavajući Laplasove transformacije datih modela, m file,
 - Simulink upotrebom blokova "Controlled FWH Voltage" i "H-Bridge".
- DC motor proizvodi 15 W mehaničke snage pri 4000 obrtaja u minuti, a brzina bez opterećenja iznosi 3000 obrtaja u minuti kada je priključen na napon od 12V. Proameniti vrijednosti potrebne da bi se pri navedenom naponu od 12V ostvarilo 3000 obrtaja u minuti. $R=200\Omega$, $L=1H$, $k_t=0,025$ Nm/A, $k_m=0,21$ V/rad/s, $I_L=0,007$ kgm²
- i b) predstaviti koristeći subplot (2,1,x)

$$V_b = k_b \cdot \omega(t)$$

$$1. V_m - R i(t) - L \frac{di(t)}{dt} - V_b = 0$$

$$V_m = R i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + k_b \omega(t) \quad / \times$$

$$V_m(s) = R I(s) + L s I(s) + k_b \omega(s)$$

$$2. \frac{d\omega(t)}{dt} \cdot I_L = k_t \cdot i(t) \quad / \times$$

$$s \omega(s) \cdot I_L = k_t I(s) \quad / k_t$$

$$I(s) = \frac{I_L}{k_t} s \omega(s)$$

$$V_m(s) = I(s) (R + Ls) + k_b \omega(s)$$

$$V_m(s) = \frac{I_L}{k_t} s \omega(s) (R + Ls) + k_b \omega(s)$$

$$V_m(s) = \omega(s) \left(\frac{I_L R}{k_t} s + \frac{I_L L}{k_t} s^2 + k_b \right)$$

$$G(s) = \frac{\omega(s)}{V_m(s)} = \frac{1}{\frac{I_L R}{k_t} s + \frac{I_L L}{k_t} s^2 + k_b} = \frac{1}{56s + 0,28s^2 + 0,21} = \frac{1}{0,28s^2 + 56s + 0,21}$$

$$x_1 = i(t) \Rightarrow x_1' = \frac{di(t)}{dt}$$

$$x_2 = \omega(t) \Rightarrow x_2' = \frac{d\omega(t)}{dt}$$

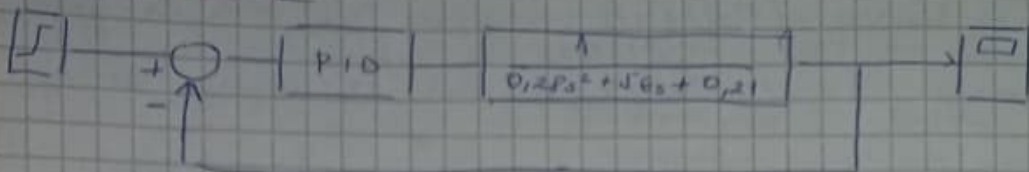
$$x_1' = \frac{V_m}{L} - \frac{R}{L} x_1 - \frac{k_m}{L} x_2$$

$$x_2' = \frac{k_t}{I_L} x_1$$

$$\begin{bmatrix} x_1' \\ x_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & -\frac{k_m}{L} \\ \frac{k_t}{I_L} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} V_m = \begin{bmatrix} -200 & -0,21 \\ 3,57 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} V_m$$

preko prostora stanja

SIMULINK



~~MANUAL~~ NAMJEŠTANJE PID REGULATORA

Ako je zadana frekvencija ili perioda

$$K_u = \frac{1}{\varphi}$$

$$K_p = 0,6 \cdot K_u$$

$$K_i = 0,6 \frac{K_u}{T}$$

$$K_d = 0,125 \cdot K_u T$$

kritični pojačivač

Ako nema φ ili T , a zadane K_u i K_t :

$$K_p = K_u$$

$$K_i = 0,6 K_u$$

$K_d \rightarrow$ namjestiti

M FILE

1. definiranje funkcije modela $G(s)$

$$num = 1;$$

$$den = [0.2 \ 5 \ 0.2];$$

$$G = tf(num, den);$$

2. parametri PID regulatora

$$K_p = 1;$$

$$K_i = 1;$$

$$K_d = 1;$$

} staviti vrijednosti

$$pid_Controller = pid(K_p, K_i, K_d);$$

$$closedLoop = feedback(pidController * G, 1);$$

3. Simulacija odziva sistema na step-odziv

$$t = 0.01:10;$$

$$r = 1;$$

$$[y, t] = step(closedLoop, t);$$

figure;

$$plot(t, r * ones(size(t)), 'r--', t, y, 'b');$$

$$title('Odziv sistema');$$

$$xlabel('Vrijeme');$$

$$ylabel('Odziv sistema');$$

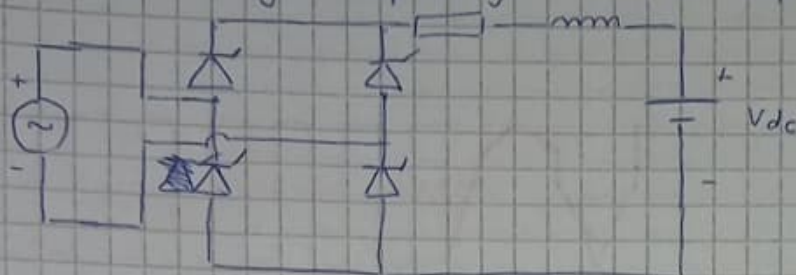
$$legend('Referentni signal', 'Odziv sistema');$$

figure;

$$step(closedLoop);$$

$$title('Odziv u zatvorenoj petli');$$

- 2a) pmovalni mostni tiristooski ispravljač prikazan na slici. Zadano je: $V_{rms} = 120 \text{ V}$, $f = 60 \text{ Hz}$, $R = 2 \Omega$, $L = 10 \text{ mH}$, $V_{dc} = 80 \text{ V}$. Potrebno je odrediti:
- snagu koja apsorbira istosmjerni naponski izvor
 - snagu koja apsorbira omski otpornik opterećenja



12.2024. god.

a) $P_{dc} = I_o \cdot V_{dc}$ $V_m = V_{rms} \sqrt{2} = 120\sqrt{2} \text{ V}$

$V_o = V_{dc} + I_o R$

$V_o = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2 \cdot 120\sqrt{2}}{3,14} = 108,1 \text{ V}$

$I_o R = V_o - V_{dc} \quad | : R$

$I_o = \frac{V_o - V_{dc}}{R} = \frac{108,1 - 80}{2} = 14,05 \text{ [A]}$

$P_{dc} = 14,05 \cdot 80 = 1124 \text{ [W]}$

b) $P = I_{rms}^2 \cdot R$ $I_n = \frac{V_n}{Z_n}$

$I_{rms} = \sqrt{\sum I_{n,rms}^2}$ $Z_n = |R + j\omega_n L|$

$V_n = \frac{2V_m}{\pi} \left(\frac{1}{n-1} - \frac{1}{n+1} \right)$

$\omega = 2\pi f = 376,8 \text{ rad/s}$

$n = 2$

$V_2 = \frac{2V_m}{\pi} \left(\frac{1}{2-1} - \frac{1}{2+1} \right) = 108,1 \cdot 0,66 = 72,1 \text{ V}$

$Z_2 = |R + j \cdot 376,8 \cdot 2 \cdot 0,01| = |2 + j7,53|$

$Z_2 = \sqrt{4 + 56,8} = 7,8 \Omega$

$n = 4$

$V_4 = \frac{2V_m}{\pi} \left(\frac{1}{4-1} - \frac{1}{4+1} \right) = 108,1 \cdot 0,155 = 14,4 \text{ V}$

$Z_4 = \sqrt{4 + 221,16} = 15,2 \Omega$

$I_2 = \frac{V_2}{Z_2} = \frac{72,1}{7,8} = 9,25 \text{ A} \Rightarrow \frac{I_2}{\sqrt{2}} = 6,56 \text{ A}$

$I_4 = \frac{V_4}{Z_4} = \frac{14,4}{15,2} = 0,94 \text{ A} \Rightarrow \frac{I_4}{\sqrt{2}} = 0,66 \text{ A}$

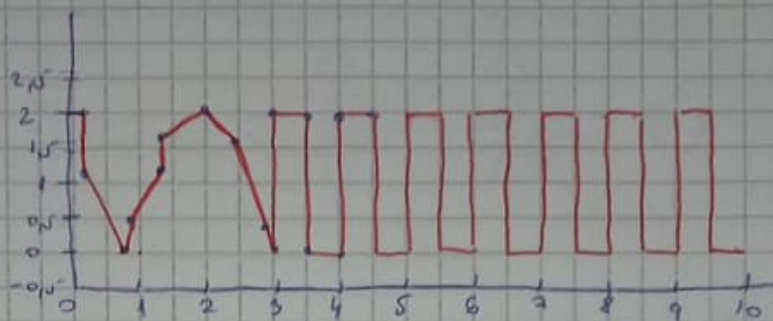
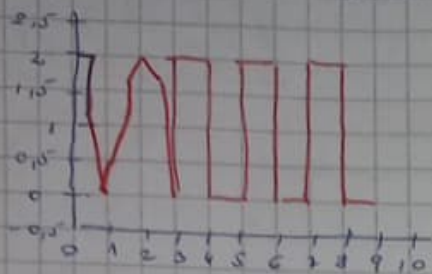
$I_{rms} = \sqrt{I_o^2 + I_2^2 + I_4^2} = \sqrt{197,4 + 43 + 0,43} = 15,5 \text{ A}$

$P = I_{rms}^2 \cdot R = 480,5 \text{ W}$

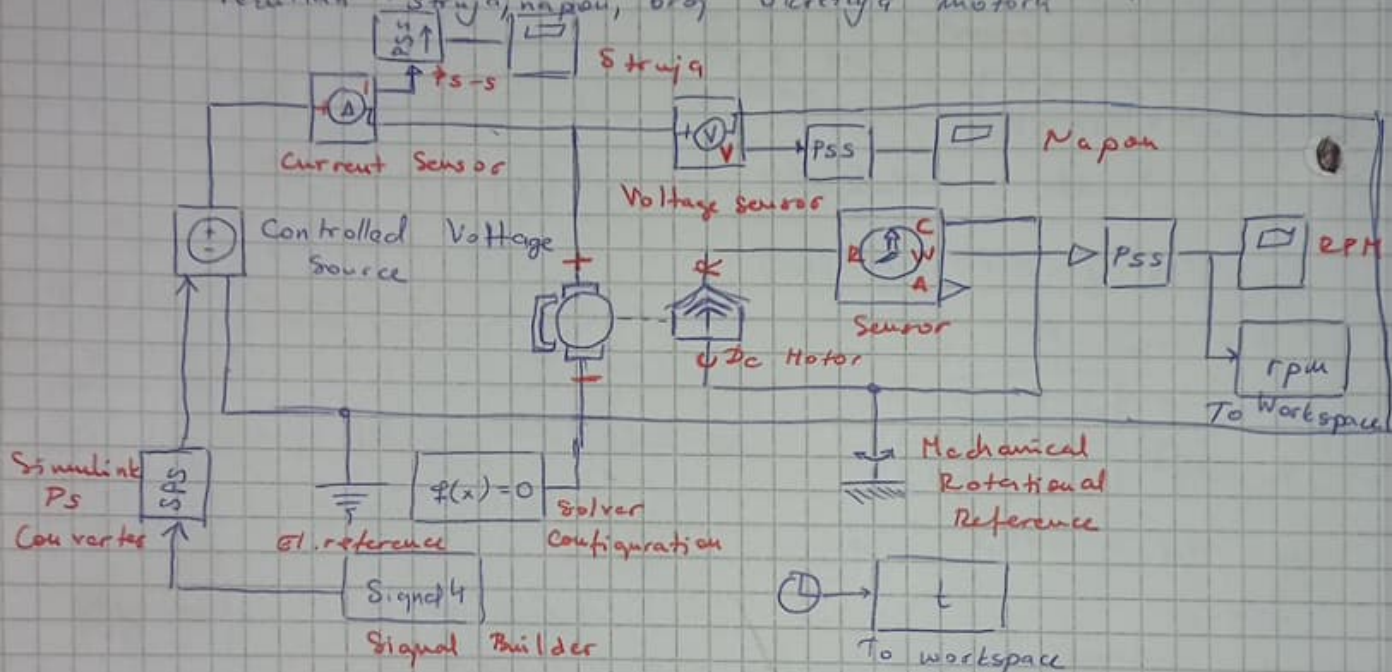
30.6.2023.

1.2.2024.

- 1) Kreirati električni model, te prikazati upravljanje istostrujnim motorom ukoliko se na ulaz dovodi promjenjivi napon. Prikazan na slici. Solver funkcija je ode4s.



Parametri: Otpor armature: 100Ω, Induktivnost armature 12μH
Izlazni rezultati: struja, napon, broj okretaja motora



- 2) Vratak 25.0.

1.2.2024.

- 3) Za savijanje lima koristi se cilindar jednosmjernog djelovanja. Pritiskom na taster cilindar se uvlači, savija lim, i otpuštanjem tastera cilindar se vraća u prvobitni položaj (uvlači se). Signal za izvlačenje i uvlačenje zadaje se ručnim tasterom. Dok je taster pritisnut cilindar se pomjera 25mm i kada 10cm savijaju komponentu. Pritisak dobiva je 6 bara.
a) silu stezanja koju može ostvariti cilindar jednosmjernog djelovanja, ako sila povratne opruge iznosi 15% sile na ključu i faktor $k=0,75$
b) zapreminski protok zraka za 4 ciklusa u minuti, koji se dobiva u cilindar jednosmjernog djelovanja sveden na atmosfersko stanje zraka pritiska 3 bara.
c) nacrtati i označiti pneumatske šeme upravljanja ukoliko se upravljanje vrši direktnim i indirektnim načinom

$$d = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$$

$$h = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$A_1 = \frac{d^2 \pi}{4}$$

$$A_1 = 0,0005$$

$$p_{dob} = 6 \text{ barq} = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$a) K = 0,75$$

$$F = F_1 - F_0$$

$$F_0 = 0,15 F_1 \text{ sila na klipjanci}$$

$$F = F_1 - 0,15 F_1 = 0,85 F_1$$

$$F = K \cdot A_1 \cdot p_{dob} \cdot 0,85 = 0,75 \cdot 0,0005 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,85$$

$$F = 0,0019125 \cdot 10^5 = 191,25 \text{ N}$$

$$b) Q = \eta V \frac{P_2}{P_1}$$

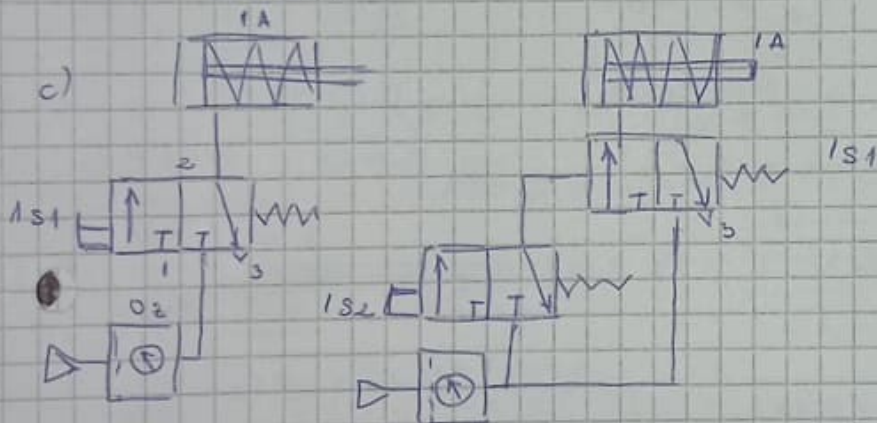
$$V = n A_1 = 4 \cdot 0,0005 = 0,002$$

$$n = 4$$

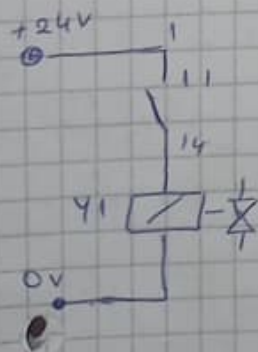
$$Q = 4 \cdot 0,002 \cdot \frac{39 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^5} = 0,024 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$P_2 = P_1 + p_{dob} = 3 + 6 = 9 \cdot 10^5$$

$$P_1 = 3 \text{ barq}$$



direktno

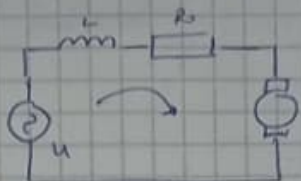
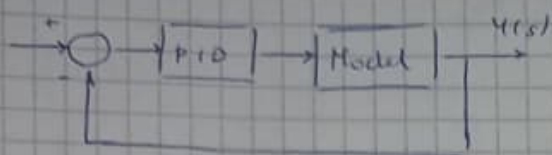


indirektno



17.2.2023

1. Odrediti odziv PID regulatora. Parametre odrediti na osnovu jednadžine Modela koristeći Ziegler - Nichols metodu



$$U = 3V, K_L = 0,12, R = 300, K_b = 0,212, L = 2, I_L = 0,005$$

$$G(s) = \frac{W(s)}{U(s)}$$

$$U = L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) + K_b w(t) / \propto$$

$$U(s) = Ls I(s) + R I(s) + K_b w(s)$$

$$\frac{dw(t)}{dt} \cdot I_L = K_t i(t) / \propto$$

$$s W(s) I_L = K_t I(s) \rightarrow I(s) = W(s) \frac{I_L s}{K_t}$$

$$U(s) = I(s) (Ls + R) + K_b w(s)$$

$$U(s) = W(s) \frac{I_L s}{K_t} (Ls + R) + K_b w(s)$$

$$U(s) = W(s) \left(\frac{I_L s}{K_t} Ls + \frac{I_L s}{K_t} R + K_b \right)$$

$$U(s) = W(s) \left(\frac{L \cdot I_L}{K_t} s^2 + \frac{R \cdot I_L}{K_t} s + K_b \right)$$

$$U(s) = W(s) \left(\frac{2 \cdot 0,005}{0,12} s^2 + \frac{300 \cdot 0,005}{0,12} s + 0,212 \right)$$

$$U(s) = W(s) \cdot (0,083 s^2 + 12,5 s + 0,212)$$

$$G(s) = \frac{W(s)}{U(s)} = \frac{1}{0,083 s^2 + 12,5 s + 0,212}$$

$$G(s) = \frac{K}{0,083 s^2 + 12,5 s + 0,212} = \frac{K}{1 + \frac{K}{0,083 s^2 + 12,5 s + 0,212}}$$

$$G(s) = \frac{K}{0,083 s^2 + 12,5 s + 0,212 + K} = \frac{K}{0,083 s^2 + 12,5 s + 0,212 + K}$$

$$Y(s) = 0,083 s^2 + 12,5 s + 0,212 + K$$

s^2	0,083	0,212 + K	0,212 + K > 0
s	12,5	0	$K > -0,212$
s^0	0,212 + K		

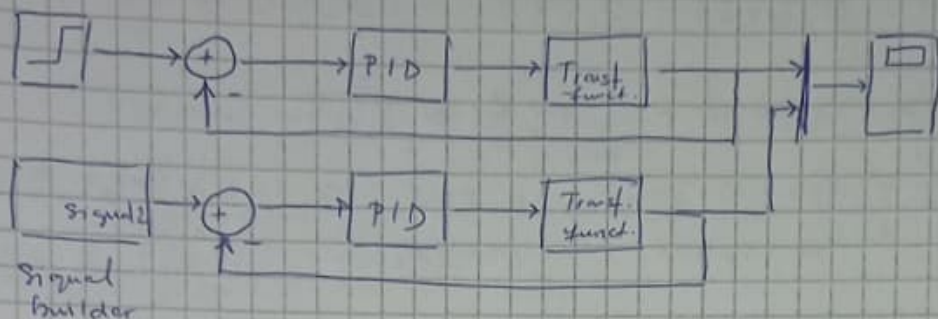
$$T = \frac{1}{40}$$

	K_p	T_i	T_D
PID	0,2	2,1	0,52

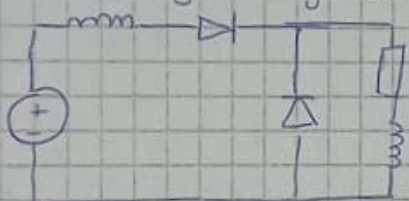
$$L = t_1 - t_0$$

$$T = t_2 - t_1$$

SIMULINK:



2. Prikaži je polutalasni ispravljač sa povratnom diodom koji ima efektivnu vrijednost napona nazivnog napona 120V, frekvenciju 60Hz, induktivitet 15mH, ugao $\theta = 0,646$ rad, $\alpha = 0,785$ rad, $\omega J = 0,754$ rad. Potrebno je odrediti struju opterećenja, struju kroz diodu, ugao komutacije te srednju vrijednost izlaza napona.



$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$$\omega J = \omega \frac{L}{R} / Z$$

$$Z \omega J = \omega L$$

$$Z = \frac{\omega L}{\omega J} = \frac{376,8 \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{0,754} = 7,5 \Omega$$

$$Z = \sqrt{(7,5)^2 + (376,8 \cdot 15 \cdot 10^{-3})^2}$$

$$Z = \sqrt{56,25 + 31,95} = 9,4$$

$$I_L(\omega t) = \frac{V_m}{Z} [\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{\frac{\alpha - \omega t}{\omega J}}]$$

$$\beta = \omega t$$

$$I_L(\beta) = \frac{V_m}{Z} [\sin(\beta - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{\frac{\alpha - \beta}{\omega J}}]$$

$$= \frac{120\sqrt{2}}{9,4} [\sin(\beta - 0,646) - \sin(0,785 - 0,646) e^{\frac{0,785 - \beta}{0,754}}]$$

$$= 18,05 (\sin(\beta - 0,646) - 0,002 (2,93 - e^{\frac{\beta - 0,785}{0,754}}))$$

$$\sin(\beta - 0,646) - 0,002 (2,93 - e^{\frac{\beta - 0,785}{0,754}}) = 0$$

$$\sin(\beta - 0,646) - 0,005 + 0,002 e^{\frac{\beta - 0,785}{0,754}} = 0$$

$$\sin(\beta - 0,646) + 1,14 + 0,002 \frac{e^{\frac{\beta - 0,785}{0,754}}}{0,754} = 0 \quad \beta = 0,785$$

$$0,754p - 0,487 + 0,86 + 0,002p = 0$$

$$0,756p = -0,373$$

$$p = -0,5$$

Newton - Raphson metoda
(produkt)

$$\sin(p - 0,646) - 0,005 + 0,002e^{\frac{p}{0,754}} = 0$$

$$f(p) = \sin(p - 0,646) - 0,005 + 0,002e^{\frac{p}{0,754}}$$

$$f'(p) = \cos(p - 0,646) + 0,002e^{\frac{p}{0,754}} \cdot \frac{1}{0,754}$$

$$p = \frac{f(p)}{f'(p)} = \frac{\sin(p - 0,646) - 0,005 + 0,002e^{\frac{p}{0,754}}}{\cos(p - 0,646) + 0,002e^{\frac{p}{0,754}} \cdot \frac{1}{0,754}}$$

$$p =$$

$$\sin(p - 0,646) = \sin p \cos 0,646 - \cos p \sin 0,646$$

$$= \sin p - \frac{\cos p \cdot 0,01}{\text{zaokruženo}}$$

$$\sin p - 0,005 + 0,002e^{\frac{p}{0,754}} = 0$$

zaokruženo

$$\sin p + 0,002e^{\frac{p}{0,754}} = 0$$

$$2a \quad p=0 \rightarrow 0$$

$$f(x) = \sin p$$

Metoda bisekcije

x u intervalu 2 do 6 \Rightarrow sredina: 4

2 RADIJANI (RADENO SA STEPENIMA)

$$\sin(4 - 0,646) - 0,005 + 0,002e^{\frac{4}{0,754}} = 0$$

$$0,052 - 0,005 + 0,002 \cdot 201,35 = 0$$

$$0,052 - 0,005 + 0,4 = 0,447$$

0,4 greška

$$x > 4 \Rightarrow 3,5$$

$$\sin(3,5 - 0,646) - 0,005 + 0,002e^{\frac{3,5}{0,754}} = 0$$

$$0,044 - 0,005 + 0,00002 = 0,039$$

NEKAKO SE DOĐE DO $p = 3,78$

PREKO .M FILE

$$x = 0:0,1:2\pi$$

$$y_1 = \sin(x - 0,646)$$

$$y_2 = 0,002 \exp(-x/0,754)$$

plot(x, y1)

hold on

plot(x, y2)

qinput

$$I_0 = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{V_m}{2} \left[\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{-\left(\frac{\omega t - \alpha}{\omega \tau}\right)} \right]$$

$$I_0 = \frac{(69,7)}{29,51} \int_{0,785}^{3,78} \underbrace{\sin(\omega t - 0,646)}_{I_1} - \underbrace{\sin(0,785 - 0,646) e^{-\frac{(\omega t - 0,785)}{0,754}}}_{I_2}$$

$$I_1 = \int \sin(\omega t - 0,646) = \left| \frac{\omega t - 0,646}{\omega} = t \right| = \int \sin t = -\cos t$$

$$= -\cos(\omega t - 0,646) \Big|_{0,785}^{3,78} = -(\cos 3,134 - \cos 0,139)$$

~~for 0,134 t~~

$$= -(-0,99 - 0,99) = +1,98$$

RADIJANI!

~~$\sin(\omega t - 0,785)$~~

$$I_2 = \int 0,138 e^{-\frac{\omega t}{0,754}} \cdot 2,83 d\omega t = 0,4 \int e^{-\frac{\omega t}{0,754}} d\omega t$$

$$= \left| -\frac{\omega t}{0,754} = t \right| = -0,4 \cdot 0,754 \int e^t dt = -0,3 e^t$$

$$= -0,3 e^{-\frac{\omega t}{0,754}} \Big|_{0,785}^{3,78}$$

$$= -0,3 (0,006 - 0,35) = 0,103$$

$$I_0 = \sqrt{1,71} (+1,98 - 0,103) = \underline{10,8 \text{ A}}$$

$$I_{D1} = \frac{I_0 \sqrt{2}}{\pi} = 4,86 \text{ A}$$

$$I_{D2} = I_0 - I_{D1} = 5,94 \text{ A}$$

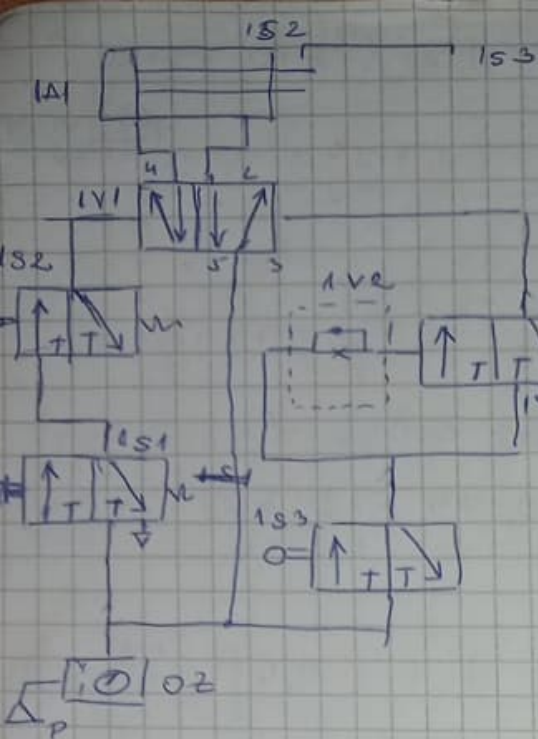
$$\varphi = \arccos\left(1 - \frac{I_0 \omega \tau}{V_m}\right) = \arccos(1 - 0,36) = \arccos 0,64$$

$$= 50,2^\circ$$

$$V_0 = \frac{V_m}{2\pi} (1 + \cos \varphi) = 27,02 \cdot 1,64 = 44,3 \text{ V}$$

3. Za savijanje lima koristi se cilindar sa slike. Po pritisku na taster, cilindar se izvlači i zadržava u tom položaju 30s, a onda se vraća u početni položaj. Vraćanje cilindra zadržuje početni položaj mora biti izdržano i u slučaju da je taster aktiviran. Nori signal za pokretanje treba da je moguć samo onda ako se taster koji je prethodno bio aktiviran ponovo otpusti, ako je cilindar u svom zadnjem krajnjem položaju.





OZNAKE	BROJ	NAZIV
P	1	Pumpa za dovod zraka
O2	1	Kompresor
1S1, 1S4	2	3/2 razvodnik, normalno zatvoren
1V1	1	5/2 razvodnik, aktiviran porastom pritiska
1S2	2	3/2 razvodnik sa razlicom
1S3	1	Prizusno nepovratni ventil
1V2	1	
1A1	1	rezervoar

31.8.2023

1. Uraden 17.7.2023
2. Uraden 17.7.2023.

3.