

ELEMENTI SUSTAVA AUTOMATIZACIJE

1. MEĐUISPIT

Zadatak 1. (5 bodova)

U sustavu automatskog upravljanja položajem alata kao mjerni detektor pomaka koristi se kapacitivni detektor. U svrhu projektiranja linearног regulatora položaja alata potrebno je odrediti pojačanje detektora u radnoj točki $x_0=0.2d$ ako je nominalni kapacitet detektora $0.1\mu F$.

Zadatak 2. (7 bodova)

Objasnite princip rada kapacitivnog mjernog detektora razine. Odredite postotak ispunjenosti spremnika za tekućinu, ako je omjer dielektričkih konstanti $\varepsilon_2/\varepsilon_1=1.75$, a izmjereni kapacitet 60% veći od kapaciteta pri praznom spremniku.

Zadatak 3. (9 bodova)

Skicirajte funkciju shemu pneumatskog detektora razlike tlakova. Objasnite princip djelovanja te navedite njegove prednosti.

Zadatak 4. (4 boda)

Za mjerjenje brzine vrtnje elektromotora koristit će se P/T postupak. Odredite koliko impulsa po okretu mora imati enkoder ako je odnos impulsa iz enkodera i broja osnovnih impulsa $1/100$ pri brzini 1200 min^{-1} uz frekvenciju osnovnih impulsa od 2 MHz . Koliko će iznositi statička pogreška pri brzini 1000 min^{-1} ako se isti enkoder koristi pri P postupku mjerjenja uz period mjerenja od 10 ms ?

STARI ISPITNI I ZADACI

kapacitivni

10/11 ① Pojačanje detektora u $x_0 = 0,2d$ je $C_0 = 0,1 \mu F$

radijalna točka

→ kapacitivni detektor je neLinearnog karaktera pa neće linearizirati u okolini radijalne točke (diferencijalni koeff.) odrediti pojačanje

$$\frac{C_{d+x}}{C_d} = \frac{d}{d+x} = \begin{array}{l} \text{STATIČKO} \\ \text{POJAČANJE} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{DINAMIČKO} \\ \text{POJAČANJE} \end{array}$$

NELINEARNA
KARAKTERISTIKA

lineariziravamo

$$\frac{C(x)}{C_0} = \frac{d}{d+x}$$

$$\frac{\Delta C(x)}{C_0} = -\frac{d}{(d+x_0)^2} \Delta x$$

$$\Delta C(x) = -\frac{d_0}{(d+x_0)^2} C_0 \Delta x$$

$$d_0 = d$$

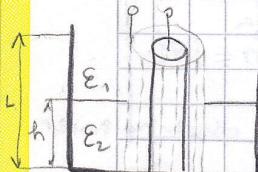
$$x_0 = 0,2d$$

Pojačanje

$$\frac{\Delta C(x)}{\Delta x} = \frac{-d}{(d+x_0)^2} C_0 = \frac{-d}{(1.2d)^2} C_0 = \frac{-0.94 \times 10^{-3}}{d}$$

10/11 ②

KAPACITIVNI MJ. DETEKTOR Razine - konsti cilindrični kondenzator s rešetkastom vanjskom elektrodom uređenju u dielektričnu tlučinu čiji razine uperimo



$$C_0 = \text{kapacitet bez tlučine} = \frac{2\pi L \epsilon_1}{\ln \frac{R_2}{R_1}} = C_0 \rightarrow \text{KAPACITET PRI PRAVOM SPREMINJANIU}$$

= C pravog sp.

$$\frac{2\pi \epsilon_1 (L-h)}{\ln \frac{R_2}{R_1}} + \frac{2\pi \epsilon_2 h}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

$$(\epsilon_1(L-h) + \epsilon_2 h) = C$$

$$C = \text{UKUPAN } C = C_{n-h} + C_h = \frac{2\pi \epsilon_1 (L-h)}{\ln \frac{R_2}{R_1}} + \frac{2\pi \epsilon_2 h}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

$$\frac{C}{C_0} = \frac{\epsilon_1 (L-h) + \epsilon_2 h}{\epsilon_1 L} = \frac{\epsilon_1 L - \epsilon_1 h + \epsilon_2 h}{\epsilon_1 L} = \frac{\epsilon_1 L + h (\epsilon_2 - \epsilon_1)}{\epsilon_1 L} =$$

$$\frac{C}{C_0} = 1 + \frac{h}{L} \left(\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} - 1 \right)$$

$$C = C_0 \left[1 + \frac{h}{L} \left(\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} - 1 \right) \right]$$

$\frac{h}{L} \rightarrow \text{ISPUNJENOST POŠUME}$

$$\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} = 1,75$$

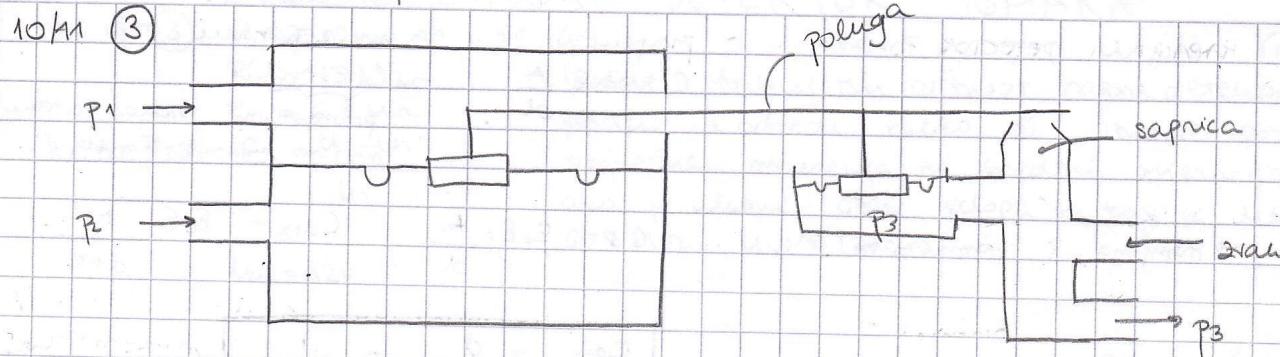
$$\frac{h}{L} = \left(1 - \frac{C}{C_0} \right)$$

$$C = 1,6 C_0$$

$$\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} - 1$$

1. ispunjenost
pošume za tlučinu $- \frac{h}{L} = \frac{1 - 1,6}{1,75 - 1} = \frac{-0,6}{0,75} \quad \frac{h}{L} = 0,8 = 80\%$ ispunjenost pošume je 80%.

PN.DET. DP



- Kako razliku Hallova $\Delta p = p_2 - p_1$ vaste to je poluga blize sapnici, smjeruje se protok talca što dowodi do porasta p_3 talca na relativno detektora. $p_3 \propto p_2 - p_1$. Takođe postoji povratna veta na polugu
- Izlazni Hall p_3 se povećava u velikom pomakom poluge
- Položaj sapnici je proporcionalan kutnom zatvretu poluge

$$\begin{aligned} z &= (p_2 - p_1) k_1 - p_3 k_2 \\ p_3 &= K z \end{aligned}$$

popisane su slike
sapnica

$$K \rightarrow \infty \quad p_3 = (p_2 - p_1) \frac{k_1}{k_2} \rightarrow \text{linearna karaot.}$$

- PREDNOSTI: velika brzina odvoda, mala mirna zona i odgovarajući rezultati

10/11 ④ PIT POSTUPAK

a) $P = ?$

$$n = 1200 \text{ min}^{-1}$$

$$f_c = 2 \text{ MHz}$$

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{1}{100}$$

b) STAT. POG.R = ?

$$P_{\text{post.}}$$

$$n = 1000 \text{ min}^{-1}$$

$$T_D = 10 \text{ ms}$$

$$n = \frac{G_0 S_1}{P T_d} \quad S_1 = n T_D \quad g_s = \frac{g_0}{n}$$

$$n = \frac{G_0 f_c}{P} \frac{s_1}{s_2}$$

$$P = \frac{G_0 f_c}{n} \frac{s_1}{s_2}$$

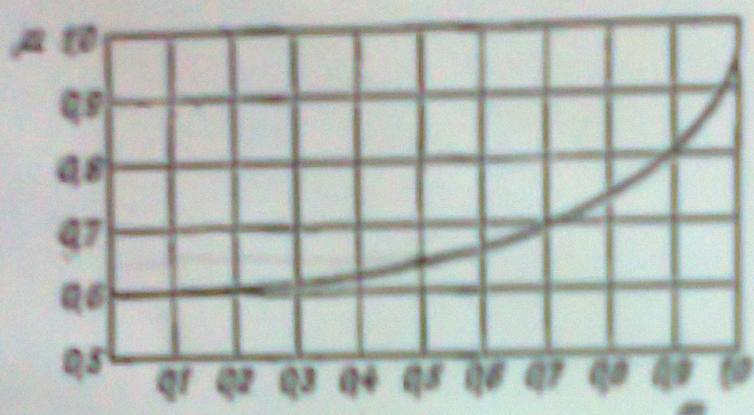
a) $P = 1000 \text{ imp. okre.}$

b) $E_s = 0.6 \%$

2. meduispit

Zadatak 1. (9 bodova)

Objasnite princip rada mjerjenja protoka fluida pomoću mjernog zaslona. Odredite koliko će iznositi izmjerena teoretska vrijednost volumnog protoka vode za mjerni zaslon čija je ovisnost koeficijenta suženja mlaza μ o modulu prigušnice m prikazana Slikom 1. Promjer zaslona je $D = 50$ mm, koeficijent suženja mlaza iznosi 0.65, dok je razlika tlakova na zaslonu 2.5 bara.



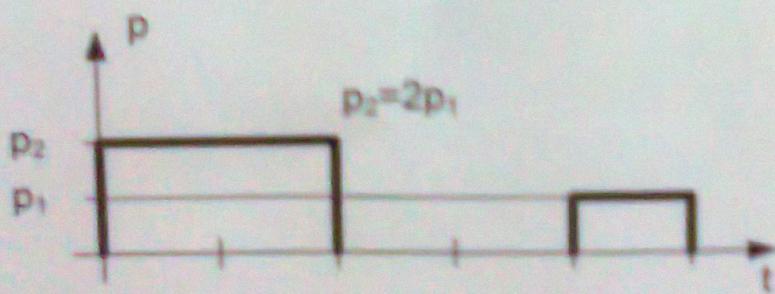
Slika 1. Funkcijalna ovisnost μ o m .

Zadatak 2. (10 bodova)

Nacrtajte funkcionalnu i blokovsku shemu pneumatskog motora i opišite sile koje se javljaju u motoru. Odredite iznos konačnog pomaka ($t \rightarrow \infty$) vertikalno postavljenog proporcionalnog pneumatskog motora ako je ulazni tlak 4 bara, konstanta opruge 100 N/cm, a polujmjer klipa 1 cm. Prednapetost pera iznosi 5 mm, a motor djeluje na radni mehanizam mase 1 kg.

Zadatak 3. (6 bodova)

Nacrtajte odzive (pomake) pneumatskog motora s integralnim ponašanjem i pneumatskog motora s proporcionalnim ponašanjem za zadani dijagram tlaka na ulazu u motor (Slika 2).

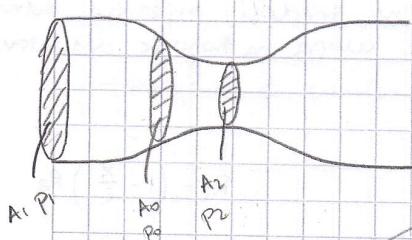


Slika 2. Dijagram tlaka na ulazu u motor.

ZMI

MJERENJE PROTOKA POMOĆU MJERNOG RASLONA

- 1) Sručava se primjer cilja na jednom mjestu
 Σ stat. i danas halova je konst.



$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

$$p_1 - p_2 = \Delta p = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) = \frac{\rho}{2} \left(v_2^2 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 v_1^2 \right)$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \mu \quad \frac{A_0}{A_1} = m \quad \Delta p = \frac{v_2^2 \rho}{2} \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \right)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_1 = \frac{A_2}{A_1} v_2$$

$$A_2 = \mu A_0$$

$$A_1 = \frac{A_0}{m}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{\mu A_0}{A_0} = \mu$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{A_2}{A_1})^2}}$$

$$Q = A_2 v_2 = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \frac{A_2}{\sqrt{1 - (\frac{A_2}{A_1})^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \frac{\mu A_0}{\sqrt{1 - (\mu m)^2}} = Q$$

MASENI PROTOK $M = \rho Q$

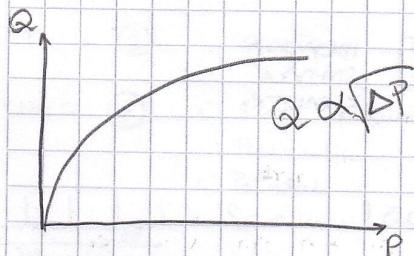
određuju se ispred
priključice

TEORETICKA VREDNOST

PRAKTICKA VREDNOST

Jedinice u obziru i $\frac{Q}{M}$

BRZINSKI KOREKCIJSKI FAKTOR



$$Q = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} A_0 \frac{\mu}{\sqrt{1 - (\mu m)^2}}$$

$$Q = \alpha A_0 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

→ VODNIKI PROTOKA
NESTAGOVITI FL.

PUNOVI / PAKA

$$Q = \alpha E A_0 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

$$\Rightarrow D = 50 \text{ mm} \quad A_0 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi = 1.963 \times 10^{-3}$$

$$\mu = 0.65 \quad \Delta p = 2.5 \text{ bara} \\ = 2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

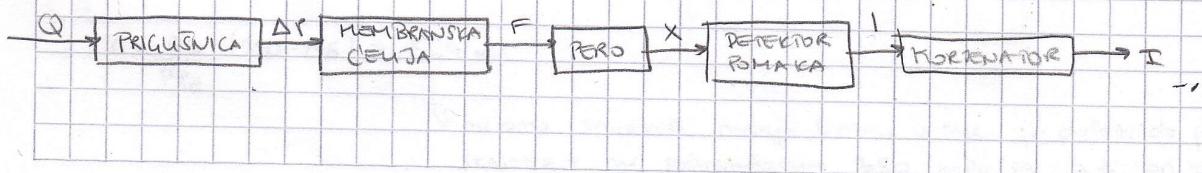
$$Q_T = ? \quad Q = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \frac{\mu A_0}{\sqrt{1 - (\mu m)^2}}$$

$$\text{za } \mu = 0.65$$

$$m = 0.5$$

$$Q = 0.03 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$\rho = 1000$$

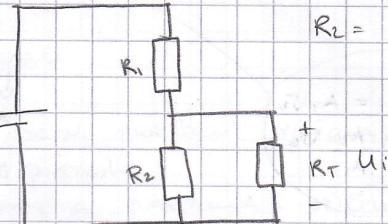
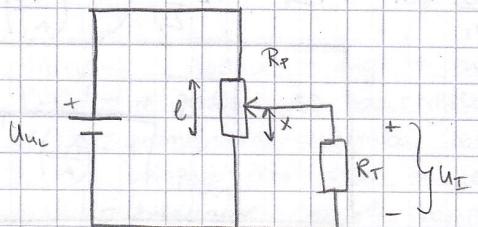


POTENCIOMETARSKI DETEKTOR ROMAKA

12 | 13 (3) $l = 250 \text{ mm}$
 $R_{R1} = 15 \text{ k}\Omega$
 $R_T = 6.8 \text{ M}\Omega$
 POGREŠKA $\varepsilon = \frac{U_2 - U_1}{U_2}$

$U_{me} = 12 \text{ V}$

Izvedi funkciju i kvadratnu ovisnost napona detektora o
 položaju i odredi koliko je izmjeriti postotna
 pogreška mjerjenja na sredini mernog područja
 ako je uklanjan otvor sclopa na toj je detektoru spojen
 $6.8 \text{ M}\Omega$. $U_{me} = 12 \text{ V}$



$R_1 = \left(1 - \frac{x}{l}\right) R_p$

$R_2 = \frac{x}{l} R_p$

$\frac{x}{l} = y$

$R_1 = (1-y) R_p$
 $R_2 = y R_p$

$$U_{12L} = U_{me} \frac{R_2 || R_T}{R_1 + R_2 || R_T} = U_{me} \left[\frac{\frac{R_2 R_T}{R_2 + R_T}}{\frac{R_1 (R_2 + R_T) + R_L R_T}{R_2 + R_T}} \right] = U_{me} \frac{R_2 R_T}{R_1 R_2 + R_1 R_T + R_2 R_T} =$$

$$= U_{me} \frac{\frac{y R_p R_T}{R_T}}{\frac{y(1-y) \frac{R_p^2}{R_T} + (1-y) R_p R_T + y R_p R_T}{1-y+y}} = U_{me} \frac{\frac{x}{l}}{\frac{x(1-x)}{l} \frac{R_p}{R_T} + 1} = U_I$$

$R_p = R_{me}$

IDEALAN SLUČAJ $R_T \rightarrow \infty$

$U_I = U_{me} \frac{x}{l}$

IDEALNA
STATICKA
Karakter.

"SREDINA MERNOG PODRUČJA" $x = 0.5 l$

1) Realan slučaj $U_I = \frac{0.5}{0.25 \frac{R_{me}}{R_T} + 1} U_{me}$ $U_I = 5.996693 \text{ V}$

2) Idealan slučaj $U_I = U_{me} \cdot 0.5$

$U_I = 6 \text{ V}$

$\varepsilon = \frac{U_2 - U_1}{U_2} = 0.0551\%$

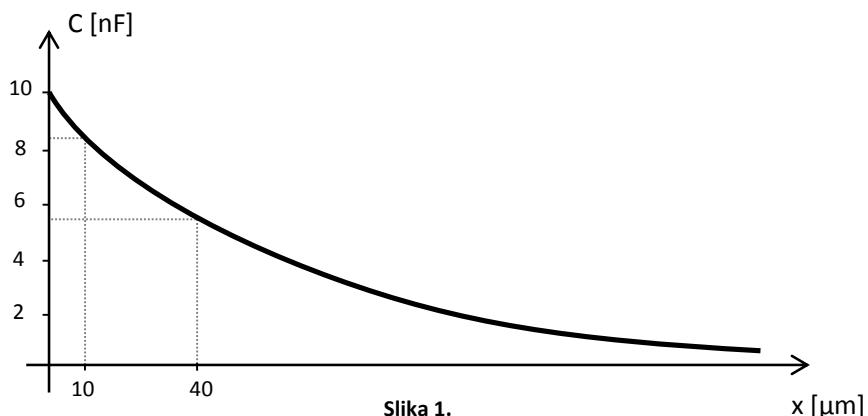
Elementi sustava automatizacije

1. međuispit

2013./2014.

ZADATAK 1: (10 bodova)

Objasnite principe rada induktivnog i kapacitivnog detektora pomaka (statičke karakteristike, matematički izrazi). Odredite statičko i dinamičko pojačanje kapacitivnog detektora pomaka, čija je karakteristika dana *Slikom 1.*, za radne točke $10\mu\text{m}$ i $40\mu\text{m}$ ($d=50\mu\text{m}$).



ZADATAK 2: (10 bodova)

Skicirajte funkcionalnu shemu i objasnite princip rada pneumatskog detektora razlike tlakova.

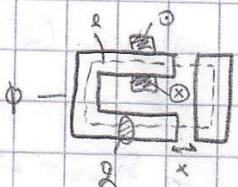
ZADATAK 3: (10 bodova)

Objasnite princip mjerena brzine vrtnje P/T postupkom. Odredite iznos izmjerene vrijednosti brzine vrtnje korištenjem P postupka s enkoderom od 1000 impulsa po okretaju uz period diskretizacije od 10ms , ako se za pohranu broja impulsa koristi 8 bitovni registar, a motor se vrti brzinom 2100 min^{-1} .

2013 / 2014

1

i) IND. DET. ROMAKA



- Raduje temeljno na ovisnosti induktiviteta svitka o Δ magn. otpora
- Robustni i kompaktni / manje osjetljivo na utjecaj okoline od kapac.
- Moraju se zaštiti od utjecaja vanjskog magn. polja
- $\Delta \delta$ mijenja se otpor magn. kruža

$$L = f(\omega, t, \mu)$$

$$L = f(x) = W \frac{\Phi}{I} = W \frac{B_0}{I} \frac{\mu_0 \mu_r H}{l} = W \frac{B_0}{I} \mu_0 \mu_r H \Rightarrow Iw = Hl + 2xH_2 = H_2 \left[\frac{l}{\mu_r} + 2x \right] = Iw$$

$$L = \frac{W_0 \mu_0}{I} \frac{Iw}{\frac{l}{\mu_r} + 2x}$$

$$L = \mu_0 \frac{W^2 g}{\frac{l}{\mu_r} \left(\frac{2x \mu_r}{e} + 1 \right)}$$

$$L = \frac{\frac{W^2 g \mu_0 \mu_r}{l} K_1}{\frac{2x \mu_r}{e} + 1}$$

$$H_t = \frac{Iw}{\frac{l}{\mu_r} + 2x}$$

$$L = \frac{K_1}{1 + K_2 x}$$

$$L \propto \frac{1}{x}$$

ii) KAPACITIVNI DETECTOR POLARICA

- projektiv je na male promjene reda μm
 $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \rightarrow f(\epsilon_r, A, d)$

promjenom svih parametra
može mijenjati C

→ Promjena x : promjenom d

$$C_d = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

$$C_{d+x} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d+x}$$

$$\boxed{\frac{C_{d+x}}{C_d} = \frac{d}{d+x} = \frac{1}{1+\frac{x}{d}}}$$

$$d = 50 \mu\text{m}$$

$$x_1 = 10 \mu\text{m}$$

$$x_2 = 40 \mu\text{m}$$

} STAT. IDIN. POJACANJE = ?

$$x_1 : \frac{C_{d+x_1}}{C_d} = \frac{50}{60} = \frac{5}{6}$$

$$x_2 : \frac{C_{d+x_2}}{C_d} = \frac{50}{90} = \frac{5}{9}$$

} STATISTIKO POJACANJE

$$C_d = 10 \text{ nF}$$

$$C(x) = -C_d \frac{d}{(d+x)^2}$$

$$x_1 : C(x_1) = -\frac{1}{7200}$$

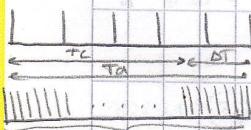
$$x_2 : C(x_2) = -\frac{1}{16200}$$

13/14 ②

identičan 10/11 ③

13/14 ③

- PIT postupak obavlja dobre strane T i T postupak
- Predstavlja standard u industriji
- Početak i kraj mjenjenja sinkronizirani s dolaskom impulsa iz enkodera
- $S_1 \rightarrow$ impulsi iz enkodera



→ RACUNANJE BRAZNE VRTOJE

$$n : n = \frac{30}{T} \quad \omega : \omega = \frac{X}{T_d} = \frac{X}{T_c + \Delta T}$$

$$\rightarrow \text{REZONANSA } M_1, Q_n = \frac{n}{S_1 - 1}$$

(b) bilo pri nizim brazama

$$X = \frac{2\pi}{P} S_1 \quad ; \quad T_d = \frac{S_2}{f_c}$$

$$n = \frac{60 f_c S_1}{P S_2}$$

⇒ P POSTUPAK

$$P = 1000 \text{ imploki}$$

$$T_d = 10 \text{ ms} \rightarrow f_a = \frac{1}{T_d} = 100 \text{ Hz}$$

$$S_{\max} = 255$$

$$8 \text{ biti, registar} \rightarrow 2^8 = 256 - 1 \rightarrow 255 \text{ impulsa može polarizati}$$

$$n = 2100 \text{ min}^{-1}$$

$$n = \frac{60}{P T_d} S_1 \quad S_1 = 350 \rightarrow \text{Treba nam 9-bitni registar}$$

$$n = \frac{60}{P T_d} (350 - 256) = 564 \text{ min}^{-1}$$

(b) mi smo izmjerili manju braznu vrtoje, jer dolazi do prekoracije
registra → mi polarizujemo 350 impulsa ali on zlog
prekoracuje vrtoju u obav 94!