

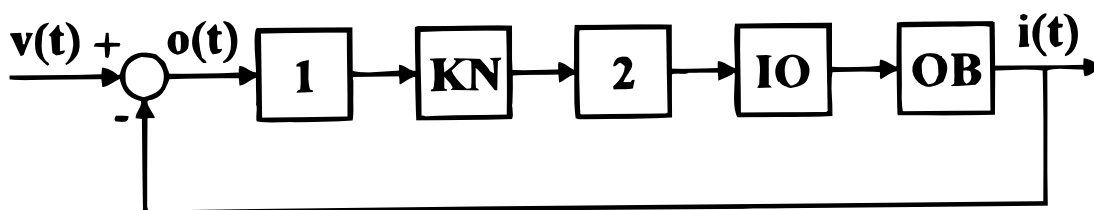
Vaja IV:**Snovanje želene frekvenčne karakteristike $P_z(s)$ s pomočjo zaporedne korekcije**

Kazalo

1	Definicija naloge	3
2	Teoretične osnove	4
2.1	Frekvenčna karakteristika in nomogram.....	4
2.2	Bodejev diagram.....	5
2.3	Čas trajanja in odrezna frekvenca.....	5
2.4	Norme zadostne stabilnosti.....	5
3	Preračun in grafi	6
4	Zaključek.....	7
5	Literatura.....	8
6	Priloga I.....	8
7	Priloga II	8
8	Priloga III.....	8

1 Definicija naloge

- Nariši želeno amplitudno frekvenčno karakteristiko $|P_z(j\omega)|$ sledilnega sistema z eno integracijo na osnovi naslednjih podatkov:
 - Odstopek krmilnega sistema pri $\omega_v = 20^\circ/s$ in $\varepsilon_v = 20^\circ/s^2$ ne sme presegati 18'. K odstopku v stacionarnem stanju 3' prispeva hitrostna komponenta odstopka $\left(o_v(t) = 3' = \frac{\omega_v}{D_\omega}\right)$, 15' pa pospeškovna komponenta $\left(o_\varepsilon(t) = 15' = \frac{\varepsilon_v}{D_\varepsilon}\right)$.
 - Za skočno vstopno funkcijo sme prenihanje doseči velikost $\sigma_{\max} \leq 35\%$ in čas trajanja prehodnega pojava $t_p \leq 0,6s$.
 - Nespremenljivi del sistema ima prenosno funkcijo oblike $P_n = \frac{K_n}{s(1+T_1s)(1+T_2s)(1+T_3s)}$ kjer je $K_n = 400s^{-1}$, $T_1 = 0,0143s$, $T_2 = 0,005s$, $T_3 = 0,00125s$.
- Za sledilni krmilni sistem z želeno logaritmično frekvenčno karakteristiko iz 1. točke določi zaporedno korekcijsko napravo. Napiši njeno prenosno funkcijo.
- Z modelom na računalniku preveri ali zasnovani krmilni sistem ustreza zahtevam iz prve b točke.

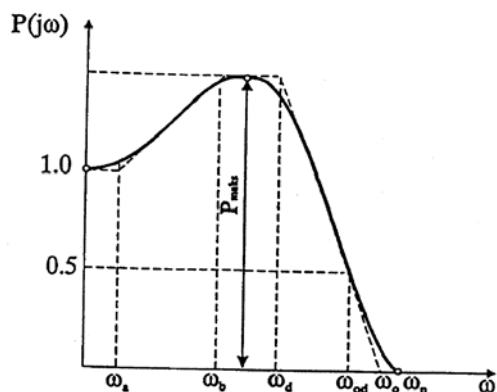


1 – merilnik, KN – korekcijska naprava, 2 – ojačevalnik, IO – izvršilni organ, OB – objekt,

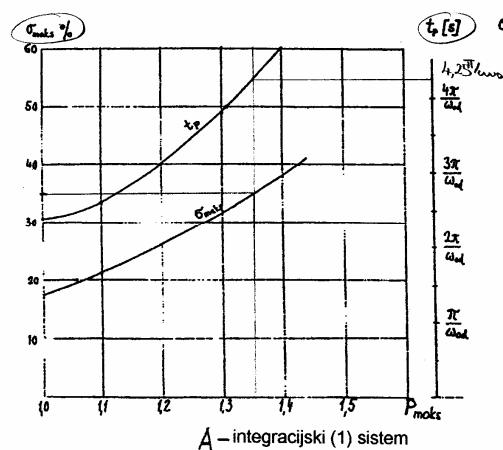
$$P_z(s) = P_1(s) P_{KN}(s) P_2(s) P_{IO}(s) P_{OB}(s) = P_n(s) P_{KN}(s)$$

2 Teoretične osnove

2.1 Frekvenčna karakteristika in nomogram

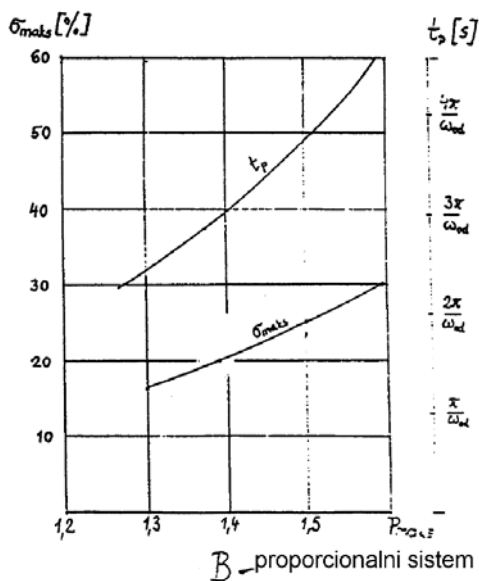


Razbitje realne frekvenčne karakteristike sklenjene zanke na trapeza in pripadajoče frekvence



Nomogram za oceno trajanja prehodnega pojava t_p in prenihanja σ_{max} za $\chi \leq 0.8$; $\chi_a \geq 0.4$; $\lambda \geq 0.5$

A – integracijski (1) sistem



Nomogram za oceno trajanja prehodnega pojava t_p in prenihanja σ_{max} za $\chi \leq 0.8$; $\chi_a \geq 0.4$; $0,1 \leq \lambda \leq 0.5$

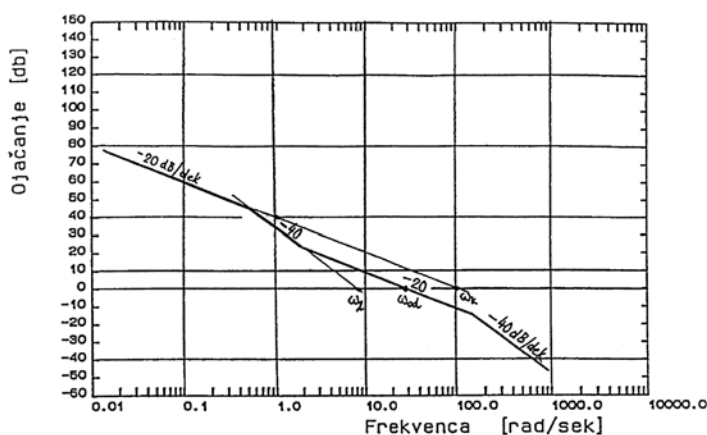
$$\chi = \frac{\omega_d}{\omega_0}$$

$$\chi_a = \frac{\omega_a}{\omega_b}$$

$$\lambda = \frac{\omega_b}{\omega_0}$$

B – proporcionalni sistem

2.2 Bodejev diagram



Amplitudni del Bodejevega diagrama razklenjene zanke $P_R(j\omega)$ ter frekvence ω_k , ω_1 , in ω_{od} za sistem vrste 20-40-20.

Za ta krmilni sistem vrste 20-40-20 velja:

$$D_\omega \approx \omega_k$$

$$D_\varepsilon \approx \omega_1^2$$

$$C_0 = \frac{1}{1+K}; \quad C_1 = \frac{1}{D_\omega}; \quad \frac{C_2}{2} = \frac{1}{D_\varepsilon}$$

2.3 Čas trajanja in odrezna frekvenca

- Za optimalni prehodni proces (najkrajši) je čas trajanja prehodnega procesa podan z enačbo:

$$t_{p_{min}} = 2 \sqrt{\frac{v_0}{\omega_{max}}}$$

kjer je:

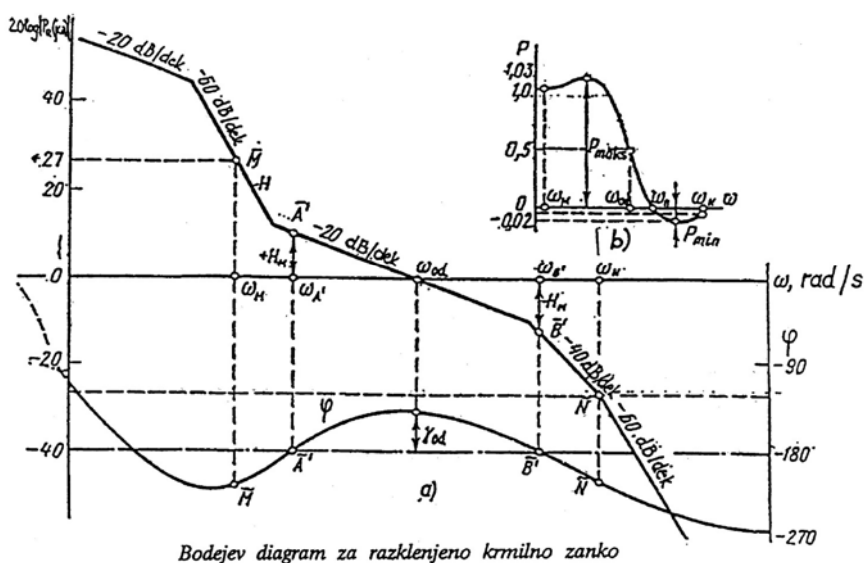
v_0 ... amplituda zahtevane skočne funkcije

ω_{max} ... največji možni pospešek krmiljene veličine $[= i(t)]$

- Optimalna odrezna frekvenca je definirana:

$$\omega_{od_{op}} = \frac{2}{t_{p_{min}}}$$

2.4 Norme zadostne stabilnosti



Bodejev diagram za razklenjeno krmilno zanko

Bodejev diagram za razklenjeno krmilno zanko

Kazalnik stabilnosti

Nomogram

$$\begin{aligned} \gamma_{od} &= 45^\circ \\ H_M &= 16dB \\ -H_M &= 14dB \end{aligned}$$

A

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &\approx 24\% \\ t_p &\approx \frac{3\pi}{\omega_{od}} \end{aligned}$$

B

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &\approx 20\% \\ t_p &\approx \frac{2\pi}{\omega_{od}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{od} &= 30^\circ \\ H_M &= 12dB \\ -H_M &= 10dB \end{aligned}$$

A

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &\approx 45\% \\ t_p &\approx \frac{6\pi}{\omega_{od}} \end{aligned}$$

B

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &\approx 25\% \\ t_p &\approx \frac{4\pi}{\omega_{od}} \end{aligned}$$

3 Preračun in grafi

Sprva določimo vrednosti naslednjih parametrov:

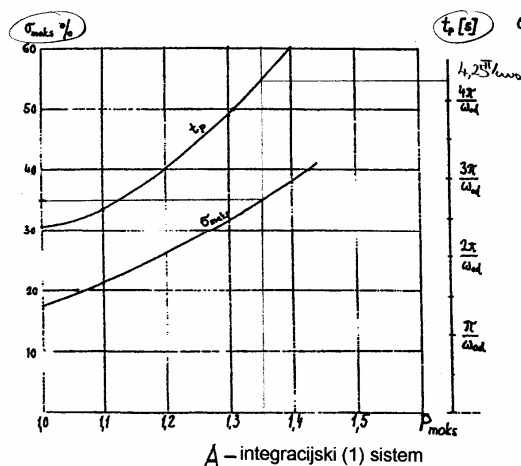
$$D_\omega = \frac{\omega_v}{3'} = \frac{20^\circ/s}{3'} = 400s^{-1}$$

$$D_\varepsilon = \frac{\varepsilon_v}{15'} = \frac{20^\circ/s}{15'} = 80s^{-1}$$

$$\omega_k \approx 400rd/s$$

$$\omega_l \approx \sqrt{D_\varepsilon} \approx 8,94rd/s$$

$$\omega_{od_{op}} = \frac{2}{t_{p_{min}}} \rightarrow \omega_{od_{op}} = \frac{4,25\pi}{0,6} = 22rad/s$$



Za dobljene vrednosti in podatkov iz definicije naloge lahko sedaj narišemo zeleni graf ojačanja v odvisnosti od frekvence. Graf je priložen v Prilogi I. Z njega razberemo pri katerih frekvencah se nam bo ojačanje spremenilo. Te (odčitane) spremembe naklona v Bodejevem diagramu nam predstavljajo odrezne frekvence s pomočjo katerih lahko zapišemo zeleno prenosno funkcijo:

$$P_z(s) = P_n(s) \cdot P_{KN}(s)$$

$$P_z = \frac{400}{s} \frac{1}{(1+s/0,2)} \frac{(1+s/3,55)}{1} \frac{1}{(1+s/70)} \frac{1}{(1+s/200)} \frac{1}{(1+s/800)}$$

nespremenljiva prenosna funkcija pa je oblike:

$$P_n = \frac{K_n}{s \cdot (1+T_1 \cdot s) \cdot (1+T_2 \cdot s) \cdot (1+T_3 \cdot s)} = \frac{400}{s \cdot \left(1 + \frac{1}{70s}\right) \cdot \left(1 + \frac{1}{200s}\right) \cdot \left(1 + \frac{1}{800s}\right)}$$

Določimo še prenosno funkcijo zaporedne korekcijske naprave $P_{KN}(s)$:

$$P_z(s) = P_n(s) \cdot P_{KN}(s)$$

$$P_{KN} = \frac{P_z(s)}{P_n(s)} = \frac{\left(1 + \frac{s}{3.55}\right)}{\left(1 + \frac{s}{0.2}\right)}$$

Ostane nam še točka tri z definicije naloge, ki pravi, da moramo preveriti zasnovani krmilni sistem s pomočjo računalnika. V šoli smo v ta namen uporabili program Ana, obstajajo pa tudi drugi programi, ki so prav tako primerni. V Prilogi II je priložen preračun in izris grafa v Mathematici 5.1.

Da lahko preverimo ustreznost na računalniku moramo enačbo zelene prenosne funkcije sistema preurediti v naslednjo obliko:

$$P_z(s) = \frac{P_z(s)}{1 + P_z(s)}$$

$$P_{zs}(s) = \frac{8,96 \cdot 10^8 + 2,52 \cdot 10^8 s}{8,96 \cdot 10^8 + 2,55 \cdot 10^8 s + 1,13 \cdot 10^7 s^2 + 230214 s^3 + 1070,2 s^4 + s^5}$$

S zapisano zgornjo enačbo narišemo graf, ki nam predstavlja zeleno amplitudno frekvenčno karakteristiko sledilnega sistema (Priloga II,III). Za skočno vstopno funkcijo odčitamo prenihanje $\sigma_{\max}=16,9\%$ ($\Delta=2\%$) in $t_p=0,1315s$. Oba podatka ustrezata zahtevam iz točke 1b.

4 Zaključek

Zasnovali smo zeleno frekvenčno karakteristiko $P_z(s)$ sledilnega sistema z eno integracijo na osnovi podanih podatkov. Ugotavljam, da se odčitane vrednosti z grafa ujemajo s zahtevo iz točke 1b. Izračunal sem tudi R (spodnja slika), ki znaša 9'. Glede na točko 1a bi se morala ta točka gibati okoli 3' kar pomeni da so prisotna odstopanja v sistemu. Možno je, da je stopnja integracije prevelika in se nam zaradi tega "nabere" odstopke pri integriranju. Lahko tudi trdimo, da smo nekaj "zamočili" pri snovanju krmilnega sistema.

5 Literatura

[1] Predloga za četrto vajo pri Tehnični kibernetiki

6 Priloga I

7 Priloga II

8 Priloga III