

1 VSEBINA VAJE

- 1) Nariši želeno logaritmično amplitudno frekvenčno karakteristiko $|P_z(j\omega)|$ sledilnega sistema z eno integracijo na osnovi naslednjih podatkov:
 - a) 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 $\sigma_v(t) = 3' = \frac{\omega}{D_\omega}$, 15' pa pospeškovna $\sigma_E(t) = 15' = \frac{\varepsilon_v}{D_E}$
 - b) Za skočno vstopno funkcijo sme prenihanje doseči velikost $\sigma_{\max} \leq 35\%$ in čas trajanja prehodnega pojava $t_p \leq 0.6s$.
 - c) Nespremenljivi del sistema ima prenosno funkcijo oblike
$$P_N = \frac{K_N}{s(1+T_1s)(1+T_2s)(1+T_3s)}$$
, kjer je $K_N = 400/s$, $T_1 = 0.0143s$, $T_2 = 0.005s$, $T_3 = 0.00125s$.
- 2) Za sledilni krmilni sistem z želeno logaritmično frekvenčno karakteristiko iz 1. točke določi zaporedno korekcijsko napravo. Napiši njeno prenosno funkcijo.
- 3) Z modelom na računalniku preveri, ali zasnovani krmilni sistem ustreza zahtevam iz točke 1b.

Slika: Blokovna shema sistema

2 PRERAČUN

1 a)

Najprej moramo iz podatkov v točki 1a določiti ω_K in ω_L . Pomagamo si z enačbo

$$o(t) = \frac{1}{D_\omega} \omega_V + \frac{1}{D_E} \varepsilon_V = 3' + 15' = 18'$$

$$\omega_K = D_\omega = \frac{20^\circ}{3' \cdot s} = 400 / s$$

$$\omega_L^2 = D_E = \frac{20^\circ}{15' \cdot s^2} = 80 / s \Rightarrow \omega_L = \sqrt{80 / s^2} = 8.94 / s$$

Narišemo premico prenosne funkcije zaradi hitrostne komponente odstopka, ki ima ojačanje 0 pri frekvenci $\omega_K = 400 / s$ in naklon -20 dB/dekado. Prav tako lahko potegnemo premico prenosne funkcije zaradi pospeškovne komponente odstopka, ki ima pri frekvenci $\omega_L = 8.94 / s$ ojačanje 0 in naklon -40 dB/dekado (večkratnik -20dB/dek). Odziv gre najprej po premici hitrostne komponente, v sečišču pri $\omega = 0.2 / s$ pa nadaljuje po premici pospeškovne komponente. Tako dobimo odziv sistema pri nizkih frekvencah. Graf ojačanja v odvisnosti od frekvence je narisani v Prilogi 1.

1 b)

Pri srednjih frekvencah dobimo pri prenosni funkciji prehodne pojave. Za določitev odziva pri prehodnem pojavu moramo določiti odrezno frekvenco ω_{OD} . Določimo jo iz zahteve za minimalni čas trajanja prehodnega pojava $t_p \leq 0.6s$ in od maksimalne velikosti prenehanja $\sigma_{\max} \leq 35\%$. Ti dve zahtevi vnesemo v Graf 1:

Graf 1

Laboratorijska vaja 4: Snovanje zelene frekvenčne karakteristike $P_z(s)$ s pomočjo zaporedne korekcije

Dobimo enačbo:

$$t_P = \frac{9\pi}{2\omega_{OD}} \leq 0.6 \text{ s} \Rightarrow \omega_{OD} = \frac{9\pi}{1.2} \approx 22/\text{s}$$

Narišemo lahko premico z naklonom -20dB/dekado skozi ω_{OD} pri ojačanju 0. Prehodni pojav nastopi tam, kjer se premica prehodnega pojava seka z odzivom pri nizkih frekvencah; pri frekvenci $\omega = 3.55/\text{s}$. Naklon prenosne funkcije se zviša nazaj na -20dB/dekado . Tako tudi narišemo prenosno funkcijo.

1 c)

Nespremenljivi del prenosne funkcije lahko zapišemo kot:

$$P_N = \frac{K_N}{s(1+T_1s)(1+T_2s)(1+T_3s)} = \frac{400}{s} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{s}{70}\right)} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{s}{200}\right)} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{s}{800}\right)};$$

Kjer so $\omega_1 = 70/\text{s}$, $\omega_2 = 200/\text{s}$ in $\omega_3 = 800/\text{s}$ lomne frekvence. Pri vsaki lomni frekvenci se naklon prenosne funkcije zmanjša za -20dB/dekado . Nespremenljivi del narišemo na prenosno funkcijo pri nizkih frekvencah (Priloga 1).

Ker upoštevamo še prehodne pojave je zelena prenosna funkcija ob upoštevanju točk a) in b) taka:

$$P_z = \frac{400}{s} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{s}{0.2}\right)} \cdot \frac{\left(1+\frac{s}{3.55}\right)}{1} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{s}{70}\right)} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{s}{200}\right)} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{s}{800}\right)}$$

Na grafu prenosne funkcije se to izvede kot premik nespremenljivega dela na prenosno funkcijo, dobljeno v točki a) in b) kar je narisano v Prilogi 1. Željena prenosna funkcija razklenjenega sistema ima eno integracijo, kot smo tudi zahtevali.

Amplitudni del Bodejevega diagrama prenosne funkcije je prikazan v Prilogi 1.

2.

Prenosno karakteristiko korekcijske naprave določimo iz enačbe

$P_z(s) = P_N(s) \cdot P_{KN}(s)$, iz česar sledi:

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

Določimo še željeno prenosno funkcijo sklenjene zanke:

$$P_{zs}(s) = \frac{P_z(s)}{1 + P_z(s)} = \frac{\frac{400s}{3.55} + 400}{400s \left(1 + \frac{s}{0.2}\right) \left(1 + \frac{s}{70}\right) \left(1 + \frac{s}{200}\right) \left(1 + \frac{s}{800}\right)}$$

Poenostavimo in normiramo s programskim paketom Mathematica:

$$f[s] := \frac{\frac{400 s}{3.55} + 400}{400 s \left(1 + \frac{s}{0.2}\right) \left(1 + \frac{s}{70}\right) \left(1 + \frac{s}{200}\right) \left(1 + \frac{s}{800}\right) + 400 \left(1 + \frac{s}{3.55}\right)}$$

Simplify[f[s]]

$$\frac{2.24 \times 10^6 + 630986. s}{2.24 \times 10^6 + 2.87099 \times 10^6 s + 1.1246 \times 10^7 s^2 + 230214. s^3 + 1070.2 s^4 + s^5}$$

Željena karakteristika sklenjene zanke je torej:

$$P_{zs}(s) = \frac{630986 \cdot s + 2.24 \cdot 10^6}{s^5 + 1070.2 \cdot s^4 + 230214 \cdot s^3 + 1.1246 \cdot 10^7 \cdot s^2 + 2.87099 \cdot 10^6 \cdot s + 2.24 \cdot 10^6}$$

3 ZAKLJUČEK

Zgornjo prenosno karakteristiko sklenjene zanke smo vnesli v program ANA in dobili odziv sistema na skočno funkcijo, ki je prikazan v Prilogi 2.

Ugotovimo, da odziv sistema ustreza zahtevam iz točke 1b)

Pri vaji smo zasnovali prenosno funkcijo krmilnika, da bi zadostili zahtevam pri prehodnem pojavu in izrisali amplitudni del Bodejevega diagrama.