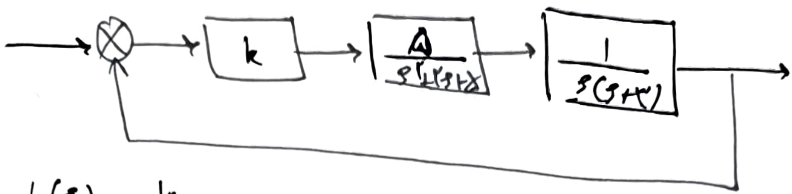
نیکی مهدیان ۴۰۱۲۳۱۵۳

(۱)



$$L(s)=\frac{10}{s(s^2+2s+5)(s+3)}$$ ⟶ تیپ ۱ ⟶ خطا ورودی پله = ۰ ، شیب => ? ، خطا ورودی سهمی = ∞

$$k=\lim_{s\to 0} s\,L(s)=\lim_{s\to 0}\frac{10}{(s^2+2s+5)(s+3)}=\frac{2}{3} \qquad e_{ss}=1.5=\frac{1}{k_v}$$

۳۰ برابر کمتر ⟵ $e_{ss}=0.05$ ⟵ $k_v=20$

با استفاده از lag یک جبران ساز خواهیم داشت $k_c=\frac{k_v}{\frac{2}{3}}=30$ ، $k_1=k_c-1=29$

$$\alpha=\frac{1}{k_c}=\frac{1}{30},\quad \tau=\frac{1}{\omega_c}\sqrt{\left(\frac{k_1}{\varepsilon}\right)^2-1}\xrightarrow{\varepsilon=0.05} 844.2$$

$$C(s)=k_c\cdot\frac{\tau\alpha s+1}{\tau s+1}=30\times\frac{\frac{1}{30}\times 844.2\times s+1}{844.2\times s+1}=30\,\frac{28.14s+1}{844.2s+1}$$

نمودار بودی را دوباره رسم کرده و با مشخص شدن PM و G_m متوجه می شویم در پایداری تداخلی وجود ندارد و با توجه به فرکانس های گذر، بهره و فاز بدون تغییر ~~...~~ در سرعت، خطا ماندگار ۳۰ برابر کمتر شود

(۲)

$\omega_b>10$, $PM\geq 32$ ، ۲ < ۵ = خطا ورودی پله
اندازه نمودار بودی در ابتدا بسیار بزرگ است و فاز = -90 => یک قطب در مبدا

$$20\log\frac{k}{10}=40.2 \Rightarrow k=102.3$$

الف) کنترلگر lead-lag ⟵ افزایش فرکانس گذر بهره

$$\theta=-168\rightarrow PM=180-168=12 \Rightarrow$$ ۲۰ بیشتر شود تا $PM\geq 32$

$$20\rightarrow \alpha=\frac{1+\sin 20^\circ}{1-\sin 20^\circ}=2.03$$

ب) $$\tau=\frac{1}{\omega_m\sqrt{\alpha}}\rightarrow C(s)=\frac{k_c}{\sqrt{\alpha}}\cdot\frac{\alpha\tau s+1}{\tau s+1}=\frac{71.8\times 0.14s+1}{0.07s+1}$$

(۳)

$$G(s)=\frac{e^{-0.4s}}{0.2s+1} \qquad G_c(s)=k_p+\frac{k_I}{s} \qquad M=10 \quad 100e^{\frac{-\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}=10 \quad \zeta=0.592$$

$$PM\approx\zeta=59^\circ \qquad |G(j\omega)|=1 \quad \frac{1}{\omega\sqrt{0.04\omega^2+1}}=1 \qquad \omega_c=0.98\ rad/s$$

$$-0.4\omega\times\frac{180}{\pi}-90-\tan^{-1}(0.2\omega)+180=PM\underset{\omega=0.98}{=}56.47$$

$$59.2-56.47=2.73^\circ=\phi_m$$

$$G_c=\frac{k_p s}{k_I}+1=\tau s+1 \qquad \tau=\frac{\tan\phi_m}{\omega}=\frac{\tan(2.73)}{0.98}=0.0485$$

$k_I=1$

$$k_p s+1=0.0485s+1\longrightarrow k_p=0.048 \qquad t_s=\frac{1}{0.98}=1.02\,s$$

طلا $ €

۴-

$G(s)=\frac{2500K}{s(s+25)}$ if $K=1 \rightarrow G(s)=\frac{2500}{s(s+25)}$

$20\log_{10}|G(s)|=0 \qquad 2500=\omega\sqrt{\omega^2+625} \rightarrow \omega_c=46.9\ \frac{rad}{s}$

Phase $=0-90-\tan^{-1}\left(\frac{\omega}{25}\right) \xrightarrow[\frac{rad}{s}]{\omega_c=46.9}$ phase $=-151.9$

$P_m=180+\text{Phase}=28.1 \rightarrow \phi_m=45-28.1=16.9$, $K_V=\lim_{s\to 0} sG(s)=\frac{2500}{25}=100$

$e_{ss}=0.01$

$\alpha=\frac{1+\sin\phi_m}{1-\sin\phi_m}=1.82 \qquad \tau=\frac{1}{\omega_c\sqrt{\alpha}}=\frac{1}{46.9\sqrt{1.82}}=0.015$

$\rightarrow K_c=|G(j\times 46.9)|=1 \rightarrow C_2(s)=\frac{K_c}{\sqrt{\alpha}}\cdot\frac{\alpha\tau s+1}{\tau s+1}$

$C_1(s)=\frac{1}{1.35}\times\frac{0.027s+1}{0.015s+1}$

حال خطای ماندگار را حساب می‌کنیم:

$K_V=\lim_{s\to 0} sG(s)C_1(s)=\frac{1}{1.35}\times 1\times\frac{2500}{25}=74 \qquad e_{ss}=0.0135$

$\rightarrow e_{ss}=1.35\%$

برای کاهش ess از جبران کننده پس فاز استفاده می‌کنیم: $K_c=\frac{K_{V1}}{K_{V2}}=\frac{100}{74}=1.35$

$\rightarrow K_1=0.35 \rightarrow \alpha=\frac{1}{K_c}=\frac{1}{1.35}=0.73 \rightarrow \tau=\frac{1}{\omega}\sqrt{\left(\frac{K_1}{\epsilon}\right)^2-1}$

$=\frac{1}{46.9}\sqrt{\left(\frac{0.35}{0.75}\right)^2-1}=0.142$

$C_2(s)=1.35\times\frac{0.1s+1}{0.142s+1}$

$G(s)=1.35\times\frac{0.1s+1}{0.142s+1}\times\frac{0.027s+1}{0.015s+1}\times\frac{1}{1.35}\times\frac{2500}{s(s+25)}$

۵) الف) سیستم بدون فراجهش و با سرعت پایین کار می‌کند $\omega_c \simeq \frac{1}{3} = 0.333 \frac{rad}{s}$

ابتدا با کاهش بهره ω_c را کاهش می‌دهیم تا P_m افزایش یابد.

$\omega = 0.333 \frac{rad}{s} \longrightarrow -20\log_{10}|KP| = 35 \longrightarrow KP = 0.018 \longrightarrow P_m = 69.3$

P_m باید 30.8° افزایش یابد

$z = \frac{\tan(30.8)}{\omega c} = 1.8 \longrightarrow \frac{P_m = 100}{\tau s = 9.8}$

اگر $\omega c = 1 \longrightarrow P_m = 39.1 \longrightarrow KP = 0.071 \longrightarrow K = 0.071 \leftarrow K = 23 \leftarrow -20\log_{10}$

$\phi_m = 100 - 39.1 = 60.9 \longrightarrow \tau = \frac{\tan(60.9)}{1} = 1.79$

این طراحی به تناسب ابعاد پیچیده مناسب است

ب) $K_V = 1 \longrightarrow e_{ss} = 1 \,,\, G(s) = (K_P + K_D s)\left(\frac{200}{s(s+1)(s+10)}\right)$

$\lim_{s \to 0} sG(s) = 1 \longrightarrow \lim_{s \to 0} \frac{K_P + K_D s}{(s+1)(s+10)} = \frac{1}{200} \longrightarrow K_P = 0.05$

هرچه K_D افزایش یابد فرکانس گذر بهره نیز افزایش می‌یابد

$\longrightarrow \phi_m = \tan^{-1}\left(\frac{K_D \omega}{K_P}\right) \longrightarrow K_D = 0.5$ بیشترین حاشیه فاز