2006–12–05

Återkopplad förstärkare ⟨fig1⟩

$$\frac{u_{\text{ut}}}{u_{\text{in}}} = F_f = \frac{F}{1+\beta F} = \frac{F}{1-T}$$

$$T = -\beta F, \quad \text{slingförstärkning}$$

Stabilitetsmarginaler

Vi studerar $T(\mathrm{i}\omega) = -\beta F(\mathrm{i}\omega)$ för att utreda stabilitet. Om förstärkaren är instabil för någon frekvens är hela förstärkaren instabil.

DEFINITIONER:

amplitudmarginal: $G_M = -20\log_{10}|\beta F|_{\omega=\omega_\phi}$. Detta säger oss hur mycket förstärkningen kan öka innan vi får självsvängning vid frekvensen ω_ϕ. ω_ϕ är frekvensen då $\arg \beta F = \pi + 2k\pi$.

fasmarginal: $\phi_M = \arg\ \beta F|_{\omega=\omega_G} + 180°$. Detta säger oss hur mycket fasvridningen kan öka innan vi får självsvängning vid frekvensen ω_G. ω_G är den frekvens där $|\beta F| = 1$. ⟨fig2⟩

Uppgift F3

Återkopplad förstärkare:

$$F_f(\mathrm{i}\omega) = \frac{F(\mathrm{i}\omega)}{1+\beta F(\mathrm{i}\omega)}$$

Slingförstärkning $T = -\beta\ F(\mathrm{i}\omega)$. Observera: rent resistiv återkoppling $\Rightarrow \beta$ oberoende av ω. $\beta F(\mathrm{i}\omega)$ har samma fasdiagram som $F(\mathrm{i}\omega)$. Fasmarginal $\phi_m = 45° = \arg \beta F(\mathrm{i}\omega) + \pi$. $\arg \beta F(\mathrm{i}\omega) = -135°$ då $|\beta F(\mathrm{i}\omega)| = 1$, dvs 0 dB. Frekvensen blir $f = f' = 200\,\text{kHz}$. Vi vill ha $|\beta F| \leqslant 0\,\text{dB}$ vid $f = f' = 200\,\text{kHz}$. $|F(\mathrm{i}\,f'\cdot 2\pi)| = 73\text{dB} \Rightarrow \beta_{\max} = -73\text{dB} = 2.24\cdot 10^{-4}\text{ggr}$.

För max β: $|\beta F(\mathrm{i}\omega)|$ ligger 73 dB under $|F(\mathrm{i}\omega)|$-kurvan.

$$|\beta F(\mathrm{i}\omega)|_{\max} = 105 - 73 = 32\,\mathrm{d}B \hat{=} 40\text{ ggr}$$

Total maximal förstärkning:

$$F_{f,\max} = \frac{F_0}{1+\beta F_0}$$

$$20\log_{10} F_{f,\max} = 20\lg F_0 - 20\lg(1+\beta F_0) \approx 20\lg F_0 - 20\lg \beta F_0$$

För max β:

$$20\log_{10} F_{f,\max} = 20\lg F_0 - 20\lg \beta F = 105 - 32 = 73\,\text{dB}$$

För min $\beta\,(\beta = 0)$:

$$20\log F_{f,\max} = 20\lg F_0 = 105\,\mathrm{d}B$$

Uppgift F6 Studera βF för att göra beräkningar på stabiliteten. Ta fram slingförstärkningen $T = -\beta F$ (nollställ insignalkällan, $u_{\text{in}} = 0$). ⟨fig3⟩

$$T = \frac{u_{\text{ut}}}{u'_{\text{ut}}} = -\beta F$$

$$u_{\text{ut}} = u\,F$$

$$u = u_c \cdot \frac{2R}{2R+R} = \frac{2}{3}u_c$$

⟨fig4⟩

$$u_c = u'_{\mathrm{ut}} \cdot \frac{3\,R \| \frac{1}{s\,C}}{R + 3\,R \| \frac{1}{s\,C}}$$

$$u_c = u'_{\mathrm{ut}} \cdot \frac{\frac{3R}{1+3\,s\,R\,C}}{R + \frac{3\,R}{1+3\,s\,R\,C}}$$

$$u_c = u'_{\mathrm{ut}} \cdot \frac{3}{r\,3\,s\,R\,C} = \frac{3}{2}\,u$$

$$u = \frac{2u'_{\mathrm{ut}}}{4(1+s\frac{3}{4}R\,C)} = \frac{u_{\mathrm{ut}}}{F}$$

$$\frac{u_{\mathrm{ut}}}{u'_{\mathrm{ut}}} = \frac{F}{2\left(1+\frac{3}{4}\,s\,R\,C\right)}$$

$$F = \frac{-F_0}{\left(1+\frac{s}{\omega_1}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_2}\right)}$$

Sätt $\omega_0 = \left(\frac{3}{4}\,R\,C\right)^{-1}$.

$$\frac{u_{\mathrm{ut}}}{u'_{\mathrm{ut}}} = -\frac{\frac{F_0}{2}}{\left(1+\frac{s}{\omega_1}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_2}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_0}\right)} = -\beta F$$

Vid $\omega = \omega_c$ ska fasmarginalen $\phi_m = 45°$, alt $\arg\beta F = -135°$ och $|\beta F| = 1$.

$$\arg\beta F = -\arctan\frac{\omega_c}{\omega_0} - \arctan\frac{\omega_c}{\omega_1} - \arctan\frac{\omega_c}{\omega_2}$$

Antag att $\omega_c = \omega_1$ samt $\frac{\omega_c}{\omega_0} \gg 1$, $\frac{\omega_c}{\omega_2} \ll 1$. Då blir $\arg\beta F = -135°$.

Nu till beloppet (kvadrera!)

$$\frac{\left(\frac{F_0}{2}\right)^2}{\left(\frac{\omega_c}{\omega_0}\right)^2\left(\sqrt{2}\right)^2\cdot 1^2} = 1$$

$$\frac{\omega_c}{\omega_0} = \frac{F_0}{2\sqrt{2}}$$

$$\frac{1}{\omega_0} = \frac{3}{4}\,R\,C = \frac{F_0}{2\sqrt{2}\,\omega_c}$$

$$C = \frac{4}{3\,R}\cdot\frac{F_0}{2\sqrt{2}\omega_c} = \ldots = 7.5\mu\mathrm{F}$$

Vilket ger $\omega_0 = \ldots = 2\pi\cdot 0.283$.

Vi hade $\omega_1 = 2\pi\cdot 10^3$, $\omega_2 = 20\,\omega_1$. Alltså stämmer antagandet $\omega_0 \ll \omega_1 = \omega_c \ll \omega_2$.