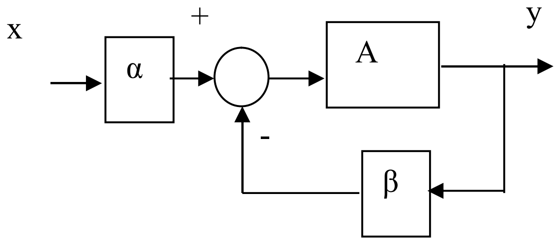
12. Előadás (2017.11.21.)

Visszacsatolás, jelfolyamhálózatban

Alap összefüggések:

$$y = A(\alpha x - \beta\ y)$$



Hurok-átvitel (nyílt hurkú átvitel):

a felvágott hurok átvitelének a -1 szerese: -(-Aβ) = H

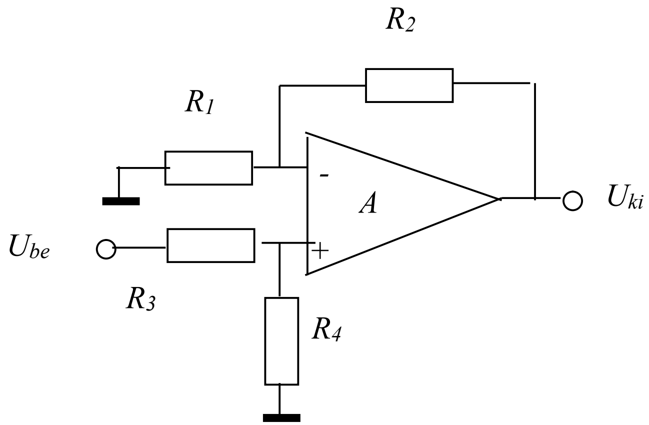
negtív visszacstolású hurok: $H > 0$

Visszacsatolt (zárthurkú) átvitel: $$T = \frac{y}{x} = \frac{\alpha A}{1 + A\beta} = \frac{\alpha}{\beta}\ \frac{A\beta}{1 + A\beta} = T_{id}\ \frac{H}{1 + H}$$

$$T_{id} = \lim_{A \to \infty} T = \frac{\alpha}{\beta} \qquad T = T_{id} \frac{H}{1 + H}$$

Visszacsatolás, Kirchoff hálózatban

Visszacsatolt műveleti erősítő:

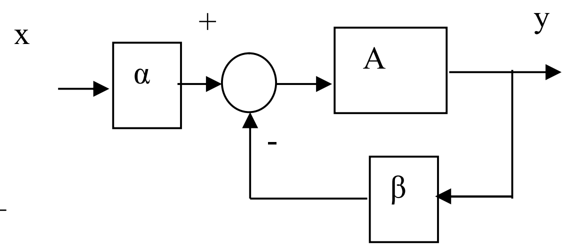


egyenlet:

$$U_{ki} = A(U_+ - U_-) = A\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}U_{be} - \frac{R_1}{R_1+R_2}U_{ki}\right)$$

$$\Updownarrow$$

$$y = A(\alpha x - \beta y)$$



Szerep osztás:

$$A = A\,,\quad \alpha = \frac{R_4}{R_3+R_4},\quad \beta = \frac{R_1}{R_1+R_2},\quad H = A\beta = A\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

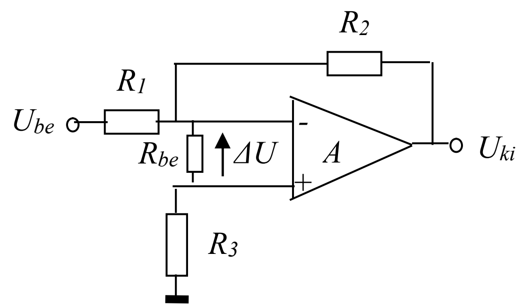
$$T = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = T_{id}\frac{H}{1+H},\qquad T_{id} = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{R_4}{R_3+R_4}\,\frac{R_1+R_2}{R_1}$$

Visszacsatolt műveleti erősítők analízise

Példa2: visszacsatolt műveleti erősítő:

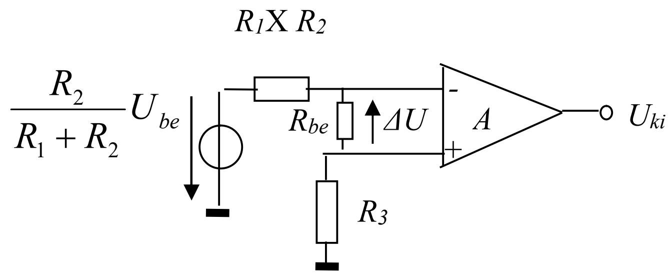
- véges erősítés: A
- véges bemenő ellenállás: R_{be}

$$U_{ki} = A \cdot \Delta U$$

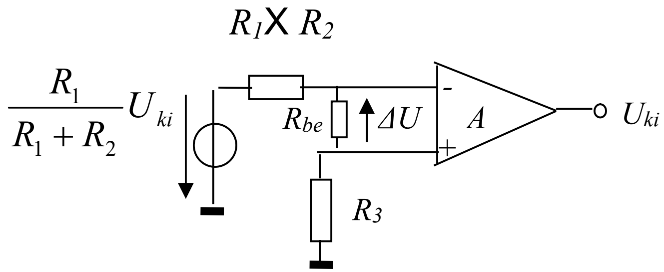


$$\Delta U = \alpha U_{be} - \beta U_{ki}$$

$$\Delta U\Big|_{U_{ki}=0} = -\frac{R_2}{R_1 + R_2}\frac{R_{be}}{R_1 \times R_2 + R_{be} + R_3} U_{be} = \alpha U_{be}$$



$$\Delta U\Big|_{U_{be}=0} = -\frac{R_1}{R_1 + R_2}\frac{R_{be}}{R_1 \times R_2 + R_{be} + R_3} U_{be} = -\beta U_{be}$$



$$\beta = \beta_{id} L_{be},$$

$$ahol \quad \beta_{id}\Big|_{R_{be}=\infty} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \text{ és } L_{be} = \frac{R_{be}}{R_1 \times R_2 + R_{be} + R_3}$$

$$A\beta = A\frac{R_1}{R_1 + R_2}\frac{R_{be}}{R_1 \times R_2 + R_{be} + R_3} = A\frac{R_1 R_{be}}{R_1 R_2 + (R_1 + R_2)(R_{be} + R_3)}$$

$$T_{id}\Big|_{A=\infty} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$T = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = T_{id}\frac{A\beta}{1 + A\beta}$$

Visszacsatolt erősítők stabilitása

Stabilitás vizsgálat: adott nyílthurkú átvitelből következtetés a visszacsatolt átvitelre

Nyílthurkú átvitel $\rightarrow$ zárthurkú stabilitás

$$A(s)\beta(s)=\frac{M(s)}{N(s)}$$

$$\frac{A(s)\beta(s)}{1+A(s)\beta(s)}=\frac{M(s)}{N(s)+M(s)}$$

Algebrai módszer:

- Hurwitz stabilitás vizsgálat: $N(s)+M(s)$ Gyökei a (a visszacsatolt rendszer pólusai) bal félsíkon legyenek!

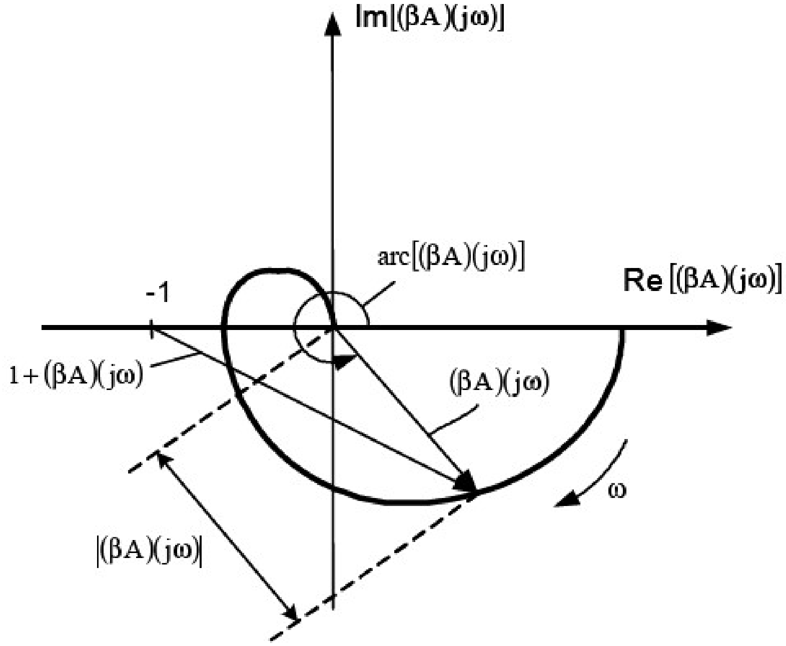
Frekvencia tartományi módszerek:

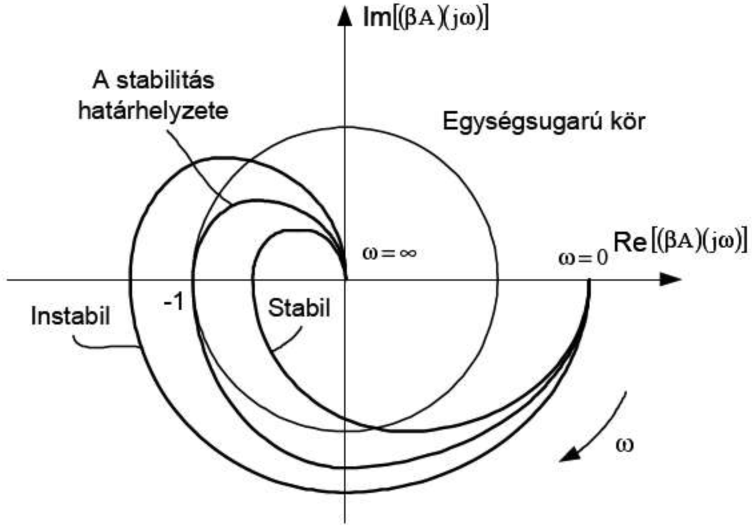
- Nyquist stabilitás vizsgálat $A(j\omega)\beta(j\omega)$ Nyquist diagram alapján
- Bode stabilitás vizsgálat $A(j\omega)\beta(j\omega)$ Bode diagram alapján

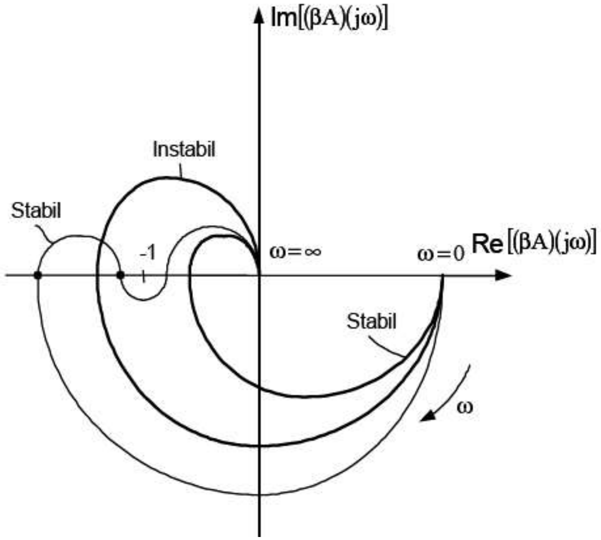
Nyquist stabilitás vizsgálat:

Stabil nyílthurkú átvitel esetén, a zárthurkú rendszer akkor stabil, ha az $A\beta(j\omega)$, ω:0→∞ hurokátvitel Nyquist diagramm nem veszi körül a komplex sík -1 pontját.

–







Bode stabilitás vizsgálat:

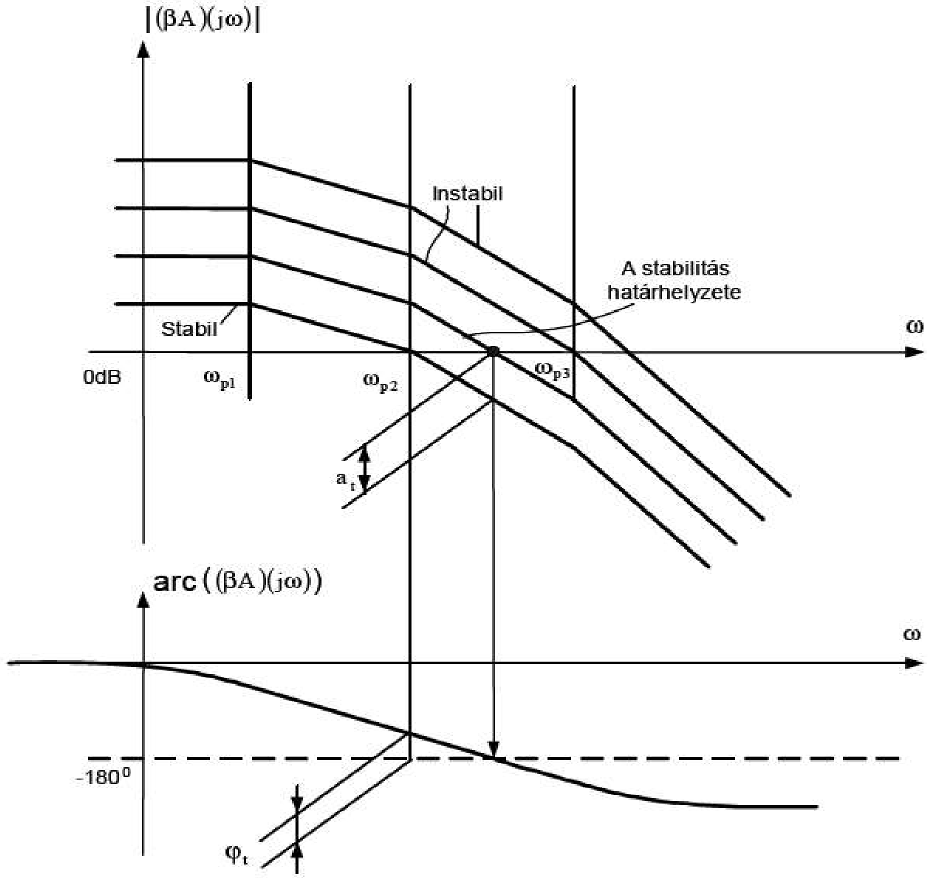
A stabilitás minőségi jellemzői:

- fázis tartalék:

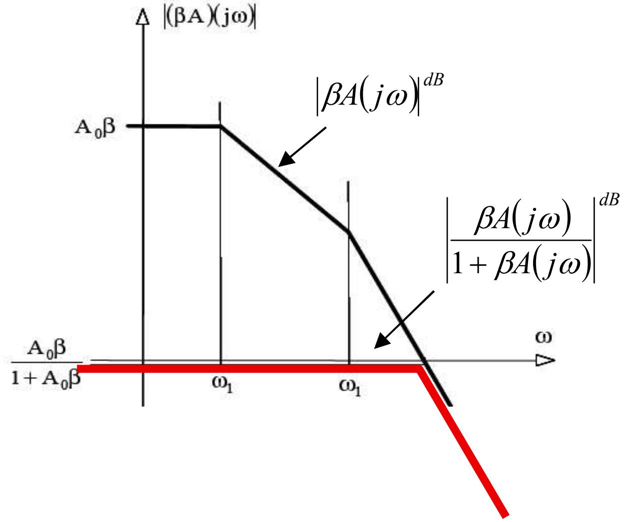
$$\varphi_t = arc(A(j\omega_c)\beta(j\omega_c)) - (-180^{fok}),$$
$$ahol \quad \omega_c : |A(j\omega_c)\beta(j\omega_c)| = 1$$

- erősítés tartalék:

$$a_t = -|A(j\omega_f)\beta(j\omega_f)|^{dB},$$
$$ahol \quad \omega_f : arc(A(j\omega_c)\beta(j\omega_c)) = 180^{fok}$$



Visszacsatolt műveleti erősítők frekvencia függése



Aszimptótikus összefüggés az $|A\beta(j\omega)|^{dB}$ hurokátvitel (nyílt hurok)

és a $\left|\dfrac{A\beta(j\omega)}{1+A\beta(j\omega)}\right|^{dB}$ zárthurkú visszacsatolt átvitel amplitúdó karakterisztikái között:

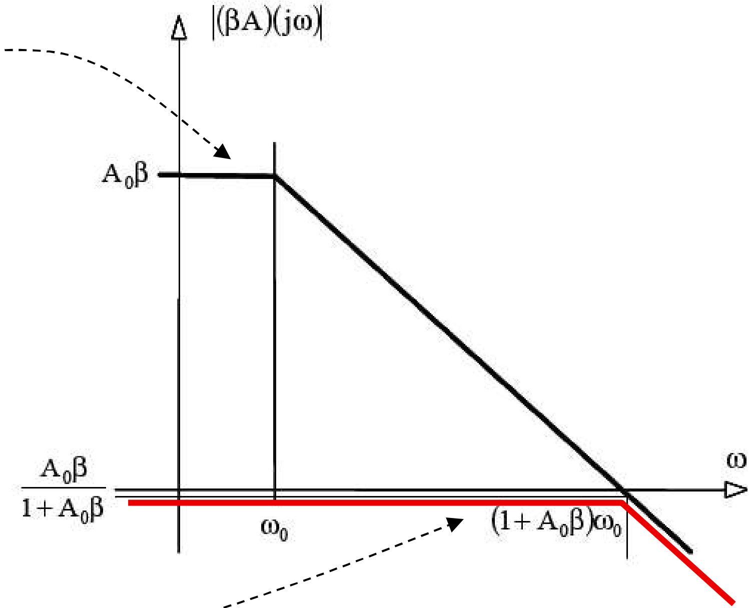
$$\left|\frac{A\beta(j\omega)}{1+A\beta(j\omega)}\right|^{dB} = \begin{cases} 1, & \text{ha} \quad |A\beta(j\omega)| >> 1 \\ |A\beta(j\omega)|, & \text{ha} \quad |A\beta(j\omega)| << 1 \end{cases}$$

Nyílt hurkú átvitel, egy pólus:

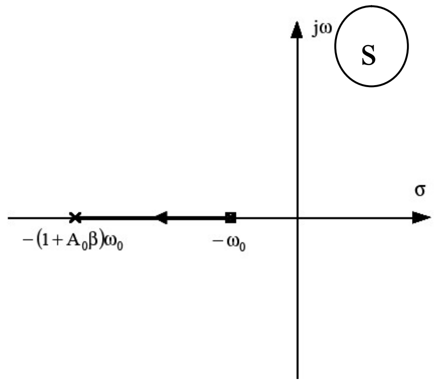
$$A\beta(s) = \frac{A_0\beta}{1+\dfrac{s}{\omega_0}}$$

Zárt hurkú átvitel, egy pólus:

$$\frac{A\beta(s)}{1+A\beta(s)} = \frac{A_0\beta}{1+A_0\beta}\,\frac{1}{1+\dfrac{s}{(1+A_0\beta)\omega_0}}$$



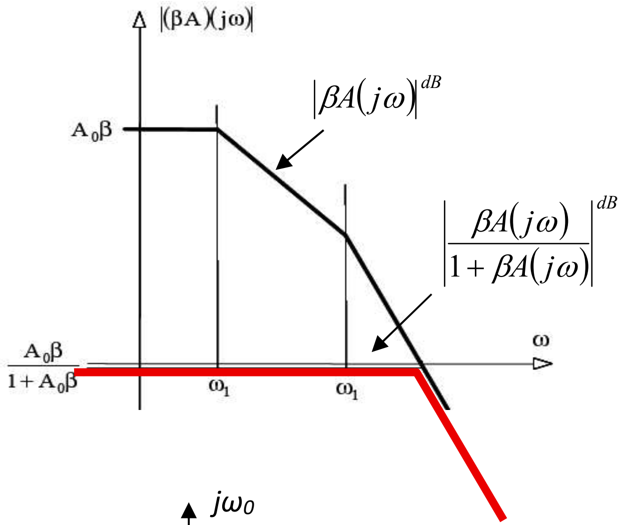
pólus helygörbe:



Visszacsatolt műveleti erősítők frekvencia függése

Nyílt hurkú átvitel(két valós pólus):

$$\beta A(s) = \frac{\beta A_0}{\left(1+\frac{s}{\omega_1}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_2}\right)}$$



A visszacsatolt, azaz zárt hurkú átvitel (tipikusan konjugált kompex póluspár):

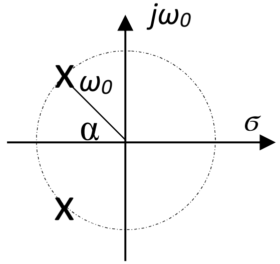
9 $$\frac{\beta A(s)}{1+\beta A(s)} = \frac{\beta A_0}{1+\beta A_0}\frac{1}{1+\frac{1}{1+\beta A_0}\left(\frac{1}{\omega_1}+\frac{1}{\omega_2}\right)s+\frac{1}{(1+\beta A_0)\omega_1\omega_2}s^2} =$$

$$= \frac{\beta A_0}{1+\beta A_0}\frac{1}{1+2\varsigma\frac{s}{\omega_0}+\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2}$$

ahol:

$$\omega_0 = \sqrt{(1+\beta A_0)\omega_1\omega_2} \qquad \varsigma = \frac{1}{2}\frac{\sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1}}+\sqrt{\frac{\omega_1}{\omega_2}}}{\sqrt{1+\beta A_0}\,1}$$

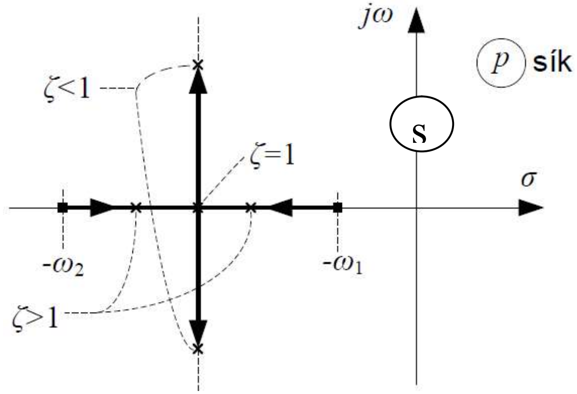
Az ω_o és a $\zeta = cos(\alpha)$ paraméterek jelentése az s-síkon:



Nevezetes ζ csillapítás értékek:

túlcsillapított, ha ζ> 1
kritikus csillapítású, ha ζ=1.
maximális lapos karakterisztikájú, ha $\zeta = 1/\sqrt{2}$
45^0-os fázistartalékú, ha ζ= 1/2.
alulcsillapított, ha ζ< 1/2.

Pólus helygörbe ζ függvényében:



Műveleti erősítők kompenzálása

Adott

- A zárt hurkú (viszacsatolt) átvitel minőségével kapcsolatos követelmény (tipikusan a domináns pólus csillapítását határoza meg):
  - Kritikus csillapítású: $\xi = 1$
  - Maximálisan lapos frekvencia karakterisztika: $\xi = 1/\sqrt{2}$
  - 45 fokos fázis tartalék: $\xi = 1/2$

Meghatározandó

- A nyílthurkú átvitel (tipikusan a műveleti erősítő) legalsó törésponti frekvenciájának értéke