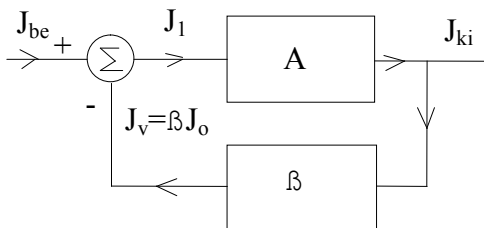


# 1. Fejezet

## Visszacsatolt erősítők

**A visszacsatolás célja:** az erősítő paramétereinek igények szerinti megváltoztatása.

**A visszacsatolás elve** (a J "jel": vagy feszültség, vagy áram):



$$J_{ki} = A J_1$$

$$J_1 = J_{be} - J_v = J_{be} - \beta J_{ki}$$

$$J_{ki} = A(J_{be} - \beta J_{ki})$$

ahonnan:

$$A^* = \frac{J_{ki}}{J_{be}} = \frac{A}{1 + A\beta} = \frac{A}{1 + H}$$

ahol:  $H = A\beta$

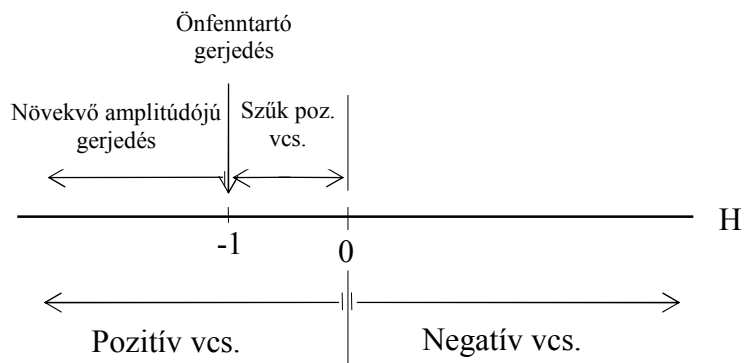
Elnevezések:

nyílt hurkú erősítés:  $A = J_{ki}/J_1$

zárt hurkú erősítés:  $A^* = J_{ki}/J_{be}$

hurokerősítés:  $H = A\beta$

A visszacsatolás minőségileg különböző esetei:



Stabil az erősítő (nem gerjed), ha  $H > -1$ .

Instabil az erősítő (gerjed), ha  $H \leq -1$ .

Miért használunk csaknem mindig negatív visszacsatolást?

Az  $A^*$ -nak mint  $A$  és  $\beta$  függvényének teljes megváltozása:

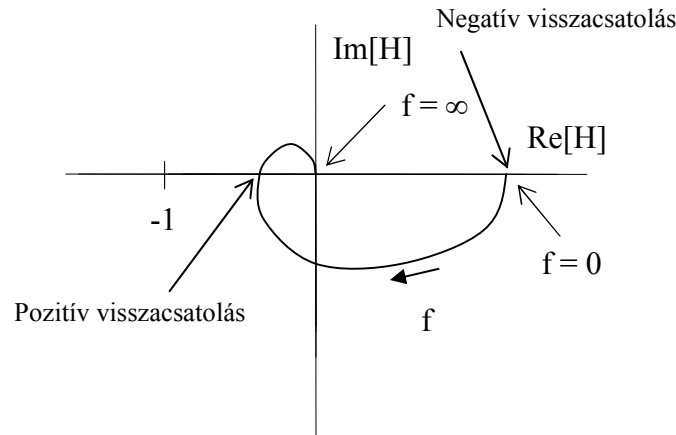
$$\Delta A^* = \frac{1(1 + A\beta) - A\beta}{(1 + A\beta)^2} \Delta A - \frac{A^2}{(1 + A\beta)^2} \Delta \beta$$

Bevezetve relatív hibákat:

$$\frac{\Delta A^*}{A^*} = \frac{1}{1 + A\beta} \frac{\Delta A}{A} - \frac{A\beta}{1 + A\beta} \frac{\Delta \beta}{\beta}$$

Eszerint a nyílt hurkú erősítés relatív hibája  $(1+A\beta)$  arányában csökken, míg a visszacsatolás relatív hibája gyakorlatilag 1:1 arányban kerül át a zárt hurkú erősítés relatív hibájába. Ez az oka annak, hogy csaknem kizárólag negatív visszacsatolást használunk. (A negatív előjelet nem tudjuk kihasználni, mivel a relatív hibák előjele véletlenszerű.)

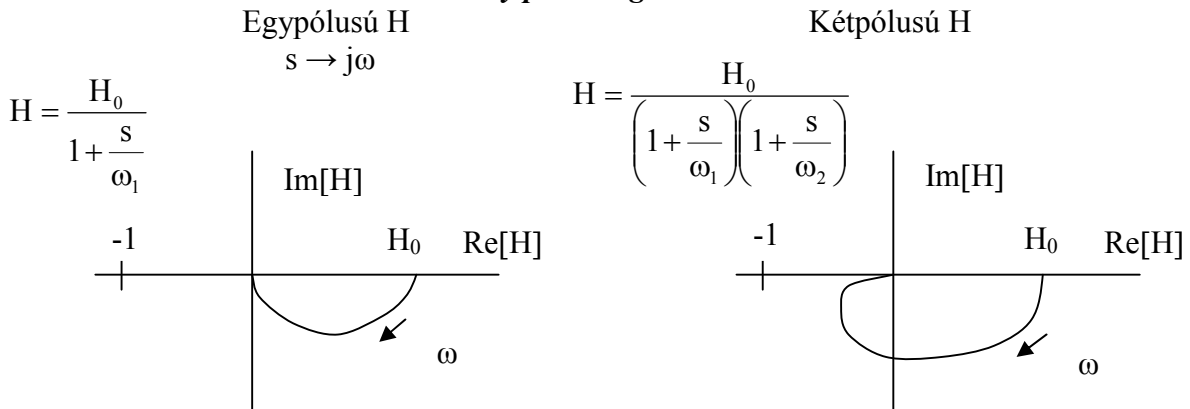
Negatív vagy pozitív visszacsatolásról akkor "jogos" beszélni, ha  $H=A\beta$  valós mennyiség. Általában azonban  $A$  és  $\beta$  is komplex mennyiség, ezért a visszacsatolás szintén komplex, tehát frekvenciafüggő.



**Visszacsatolt erősítők stabilitása**

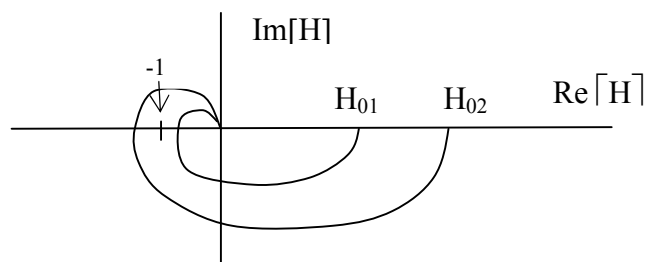
Az egy- és kétpólusú erősítők valós negatív visszacsatolással strukturálisan stabilok.

***Nyquist diagramok***

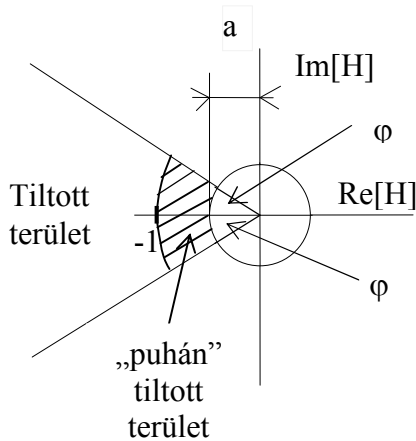


A görbék nem foghatják körül a -1 pontot és át sem mehetnek rajta, ezért strukturális a stabilitás.

A hárompólusú hurokerősítés a  $H_0$ -tól függően körülfoghatja a -1 pontot (esetleg átmehet rajta), ezért itt (és a még több pólusú esetekben) feltételes stabilitásról beszélünk.



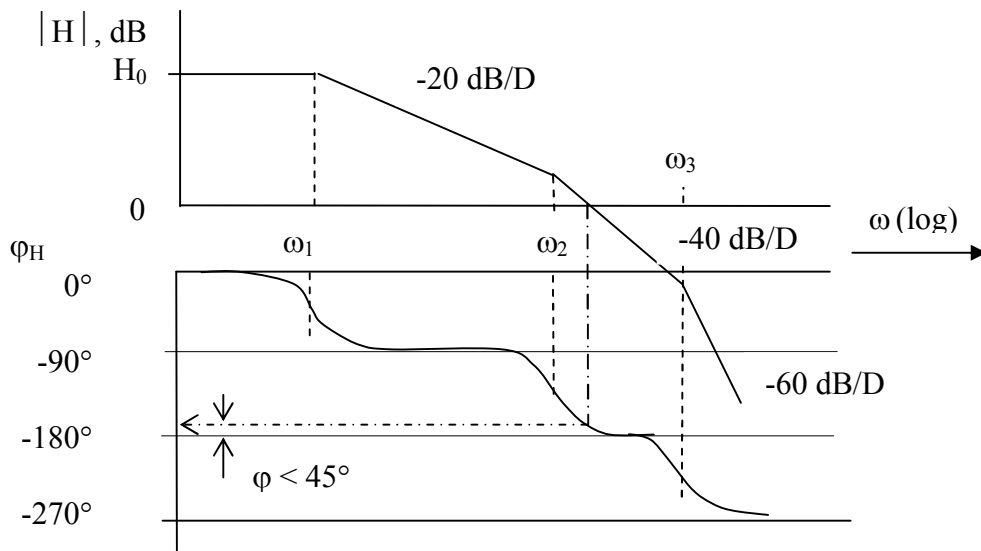
A stabilitási tartalék fogalma:



a: amplitúdó-tartalék  
 φ: fázistartalék

Úgynevezett minimál-fázisú rendszerekben (a legtöbb visszacsatolás ide tartozik) elég az egyik tartalékot használni (a másik ebből meghatározható). Az erősítőknél többnyire a fázistartalékot használjuk.

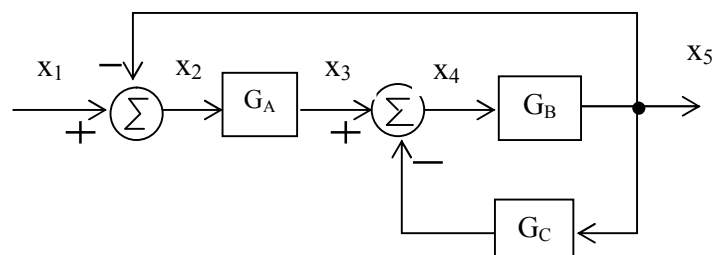
Fázistartalék meghatározása Bode-diagramon:



A Bode-diagram elhelyezkedése φ = 45° esetén.

**MEGJEGYZÉS**

Vizsgáljuk az adott tömbvázlat  $x_5/x_1$  átvitelét! (Valamennyi átviteli tényező pozitív valós.)  
 Ez a „hurok a hurokban” elrendezés.

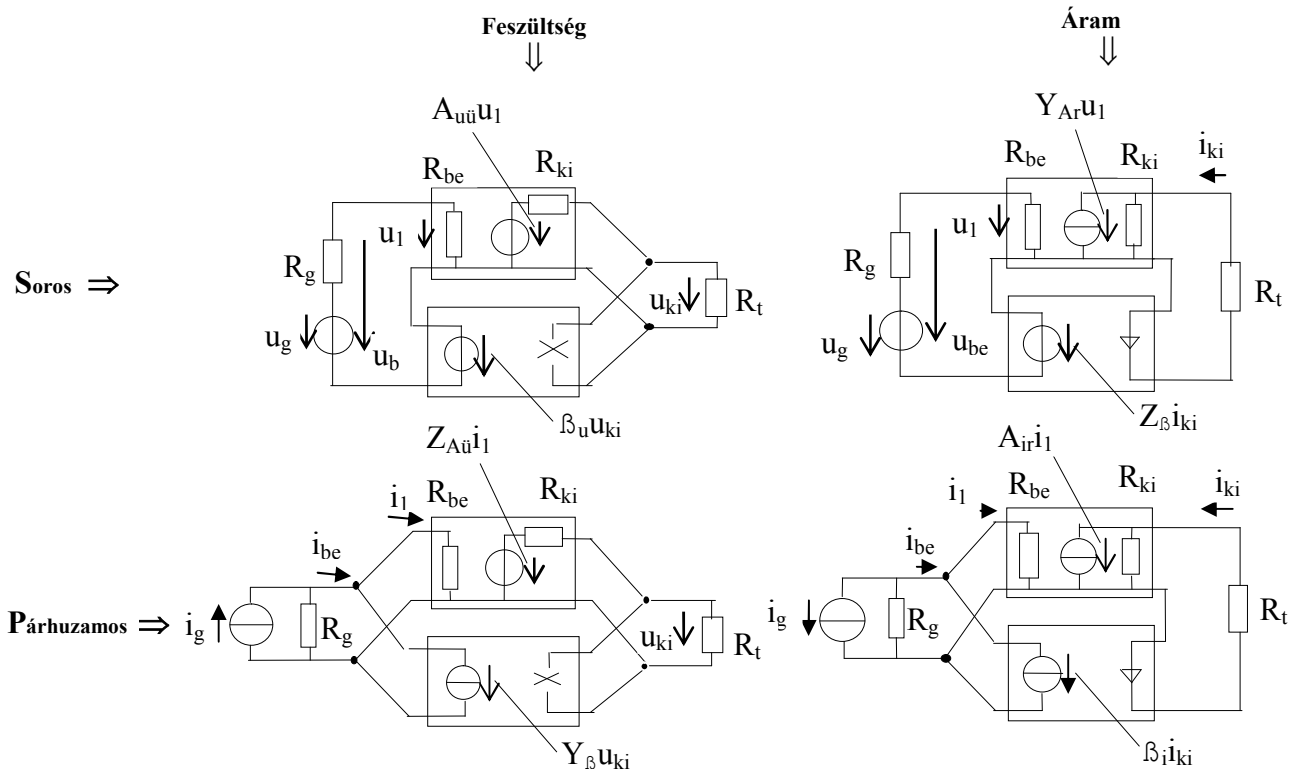


$$\frac{x_5}{x_1} = \frac{G_A \frac{G_B}{1 + G_B G_C}}{1 + G_A \frac{G_B}{1 + G_B G_C}} = \frac{G_A G_B}{1 + G_A G_B + G_B G_C}$$

Látszólag a stabilitás feltétele csupán:  $G_A G_B + G_C G_B > -1$ , vagy  $G_B G_C > -1 - G_A G_B$  de a belső ( $G_B$  és  $G_C$  átviteli tagokból álló) huroknak önmagában is stabilnak kell lennie, aminek feltétele:  $G_B G_C > -1$ , tehát szigorúbb, mint az előző.

**Az aszimmetrikus erősítők visszacsatolásának négy alapesete**

(Az R ellenállások mindenütt helyettesíthetők a megfelelő Z impedanciákkal.)



Az ideális visszacsatoló tag jellemzői:

- Nem terheli az erősítőt;
- A visszacsatolt jelet ideális generátorként szolgáltatja;
- Egyirányú a jelátvitel.

A bemeneti különbségképzőt az összekapcsolás módja (soros) valósítja meg.

**Például soros feszültség-visszacsatolás** esetén:  $u_1 = u_{be} - u_\beta$ , ahol  $u_\beta = \beta_u u_{ki}$ . Ez a visszacsatolás azokra az átviteli jellemzőkre hat, amelyeknek definíciója a bemeneti feszültséget tartalmazza. Alkalmazva az általános esetre levezetett összefüggést, az átviteli jellemzők:

$$A_u^* = \frac{A_u}{1+H}; \quad Y_A^* = \frac{Y_A}{1+H}; \quad \text{de: } A_i^* = A_i \quad \text{és} \quad Z_A^* = Z_A.$$

$$\text{ahol: } H = A_u \beta_u \quad \text{és} \quad A_u = A_{u\ddot{u}} \frac{R_t}{R_{ki} + R_t}.$$

A bemeneti ellenállás:

$$R_{be}^* = u_{be} / i_{be} = (u_1 + H u_1) / i_{be} = (1 + H) u_1 / i_{be} = (1 + H) R_{be}.$$

(Ugyanez a bemeneti ellenállás számításmódja a soros áram-visszacsatolás esetén is. A párhuzamos visszacsatolásoknál pedig:  $R_{be}^* = R_{be} / (1 + H)$ .)

A kimeneti ellenállás:

Az általános definíciót alkalmazzuk:  $R_{ki}^* = -\frac{u_{ki\ddot{u}}}{i_{kir}}$ .

rövidzárás terhelés esetén a visszacsatolás nem működik.

Egyszerűsítő feltételezés:  $R_g = 0$ .

$$u_{ki\ddot{u}} = u_g \frac{A_{u\ddot{u}}}{1 + A_{u\ddot{u}}\beta_u} = u_g \frac{A_{u\ddot{u}}}{1 + H_{\ddot{u}}}, \quad \text{ahol } H_{\ddot{u}} = A_{u\ddot{u}}\beta_u.$$

$$i_{kir} = -u_g \frac{A_{u\ddot{u}}}{R_{ki}} \quad (\text{itt inaktív a visszacsatolás});$$

visszahelyettesítve a definícióba:

$$R_{ki}^* = \frac{R_{ki}}{1 + H_{\ddot{u}}}$$