

A szabályozással szemben támasztott követelmény:

• a rendszert érő bármilyen zavarást kiküszöbölje, kívánt mértékre csökkentse;

• álljon vissza az eredeti állandósult állapot
vagy
• álljon be az új állandósult állapot.

Stabilitás -instabilitás

Stabil a szabályozás:

- ha állandósult állapotban a szabályozási kör valamely pontjára jelet adva (impulzust) az átmeneti jelenség lezajlása után visszaállnak vagy ahhoz közeleső állandósult állapotbeli értékükre;
- ha állandósult állapotban a szabályozási kör alapjelét megváltoztatjuk (egységugrás - $1(t)$), a szabályozási kör jelei az átmeneti folyamat lezajlása után új egyensúlyi munkapontba állnak be és ott veszik fel állandósult értéküket.

Instabil szabályozás:

- ha a szabályozási kör bármilyen bemenőjel hatására az átmeneti folyamattal olyan állapot áll elő, amely miatt nem lehetséges az eredeti állapotba való visszatérés, a rendszer kimenő jelei minden határon túl nőnek, vagy lengéseket végeznek.

A rendszer struktúrájának kapcsolata a stabilitással

Strukturális stabilitás:

- A rendszer bármely paraméterét tetszőlegesen megváltoztatva a rendszer stabilis marad.
- Ilyen a 0 típusú 1 (0T1), 2 (0T2) tárolós szabályozási kör.

Strukturális instabilitás:

- A rendszer paramétereinek (körerősítés, időállandók) változtatásával sem lehet stabillá tenni.
- Ilyen a 2 típusú 1 (2T1), 2 (2T2) tárolós szabályozási kör.

Feltételes stabilitás:

- A rendszer paramétereink megfelelő megváltoztatásával lehet stabillá tenni.
- Ilyen a 0 típusú 3 (0T3), 1 típusú 2 (1T2), 2 típusú (1T2) 1 tárolós (bizonyos esetekben) szabályozási kör.

Stabilitás vizsgálat Bode-diagramokkal

C - vágási körfrekvencia helye

A - körerősítés

$$\varphi(\omega_c) = -180^\circ$$

$$\varphi_t(\omega_c) = 0^\circ \text{ fázis tartalék}$$

$$\chi_t(-180^\circ) = 0 \text{ erősítés tartalék}$$

a rendszer a stabilitás határán van

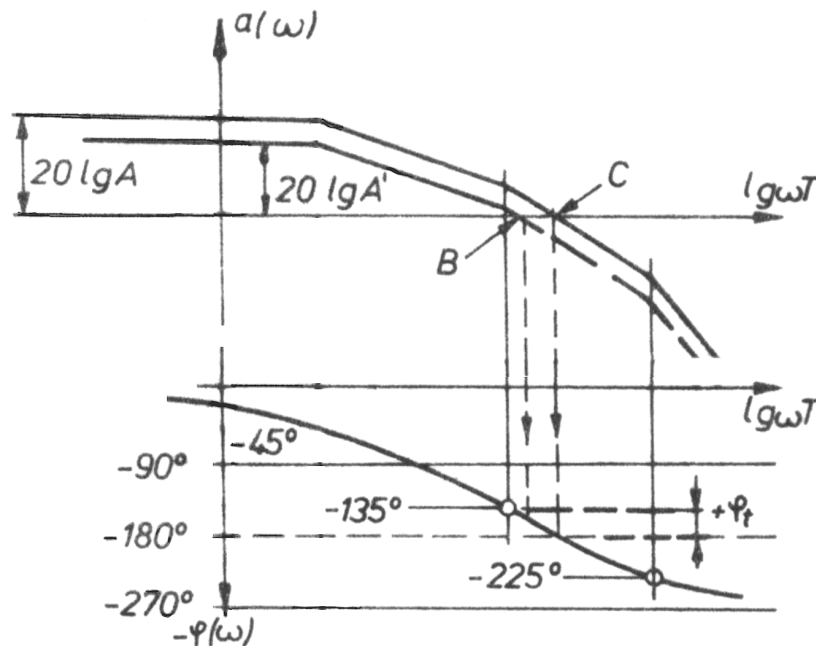
Fázistartalék alapján

$\varphi_t(\omega_c) > 0^\circ$ a rendszer stabil

$$\varphi(\omega_c) > -180^\circ$$

$\varphi_t(\omega_c) < 0^\circ$ a rendszer instabil

$$\varphi(\omega_c) < -180^\circ$$



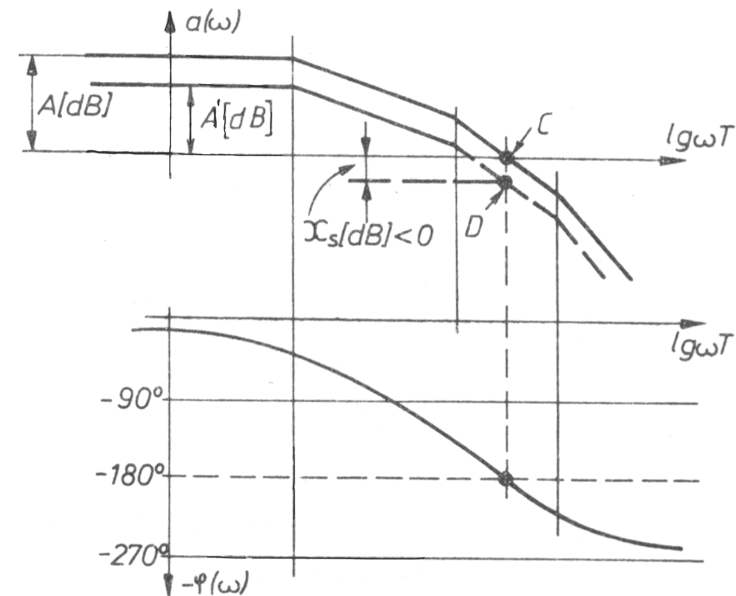
Erősítéstartalék alapján

$\chi_t(\varphi(\omega) = -180^\circ) > 0$ a rendszer stabil

$$20 \lg A(\varphi(\omega) = -180^\circ) < 0$$

$\chi_t(\varphi(\omega) = -180^\circ) > 0$ a rendszer instabil

$$20 \lg A(\varphi(\omega) = -180^\circ) > 0$$



Bode stabilitás tétele

Minimál fázisú az a szabályozási rendszer, amelyben a hurokátviteli frekvenciafüggvény fáziseltolása a lehető legkisebb a benne foglalt energiatárolók számához képest

Minimál fázisú rendszer Bode stabilitása

$a(\omega_c)$ -20 dB/d szakaszra esik

$a(\omega_c)$ -40 dB/d szakaszra esik

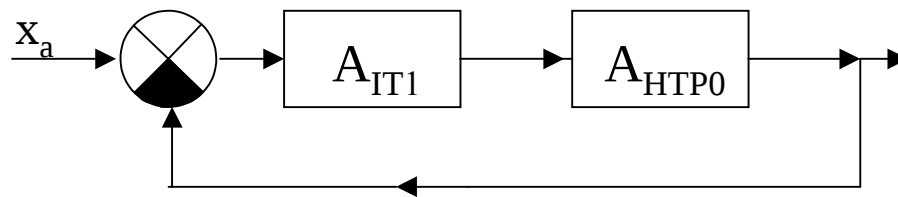
$a(\omega_c)$ -60 dB/d szakaszra esik

a rendszer biztosan stabil

a stabilitás csak a $\varphi(\omega)$ vizsgálatával együtt dönthető el

a rendszer biztosan instabil

Holtidős rendszer stabilitása

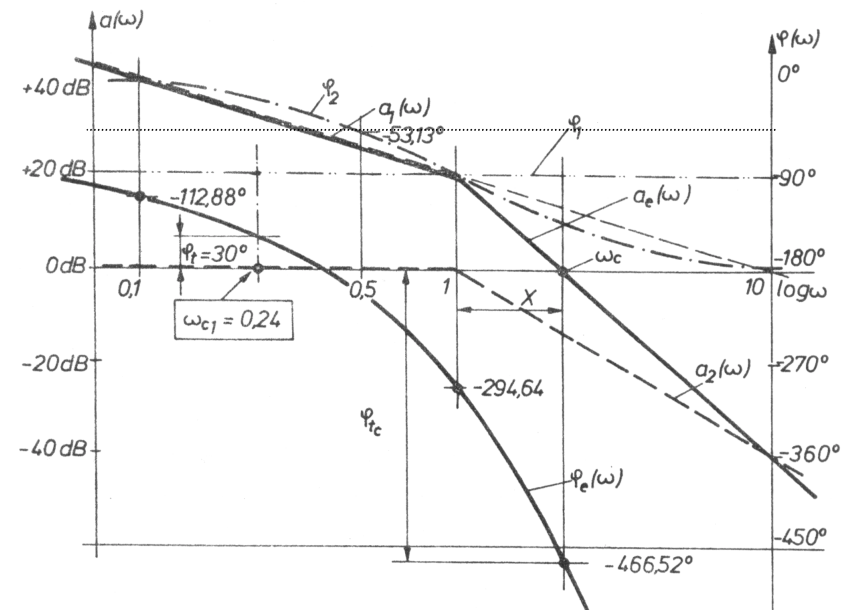
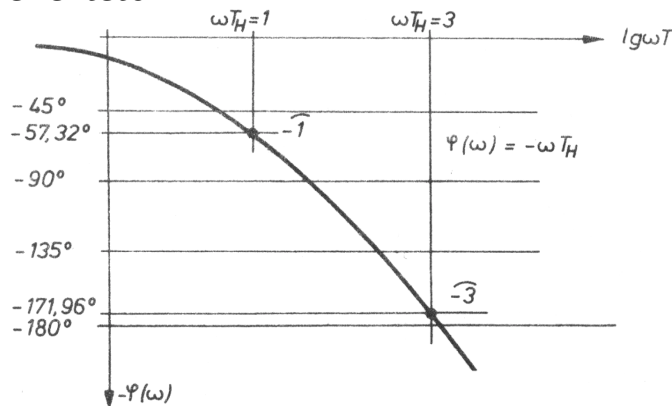


$$K_i = 1/T_i = 10 \text{ [1/s]}$$

$$T = 1 \text{ [s]}$$

$$T_H = 2 \text{ [s]}$$

emlékeztető



A holtidő általában igen nagymértékben veszélyezteti a rendszer stabilitását.

A szabályozási kör értéktartási tulajdonságai

Az értéktartó szabályozás tulajdonságainak elemzését a következő egyenlettel lehet végezni

$$x_h(s) = -\frac{B}{s} s^{i-j} \frac{A_{zs} Z_{zs}(s)}{s^t + KZ(s)}$$

i - a szabályozási kör típusa
j - a zavarbevezetés típusa

ahol $x_z(s) = -\frac{B}{s}$ Az egységugrás alakú zavaró jellemző

A_{zs} - a zavarbevezetési tag átviteli tényezője
 $Z_{zs}(s)$ - a zavarbevezetés típus függvénye

i	j		
	0	1	2
0	$-B \frac{A_{zs}}{1+K}$	$-\infty$	$-\infty$
1	0	$-B \frac{A_{zs}}{K}$	$-\infty$
2	0	0	$-B \frac{A_{zs}}{K}$

Ha $i > j$, akkor

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_h(t) = 0$$

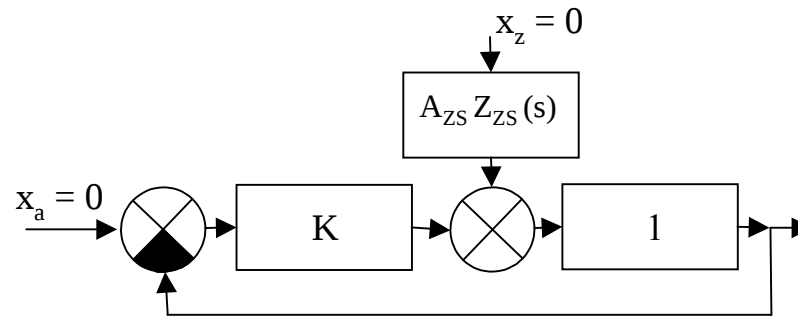
Ha $i = j$, akkor

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_h(t) \neq 0 < M$$

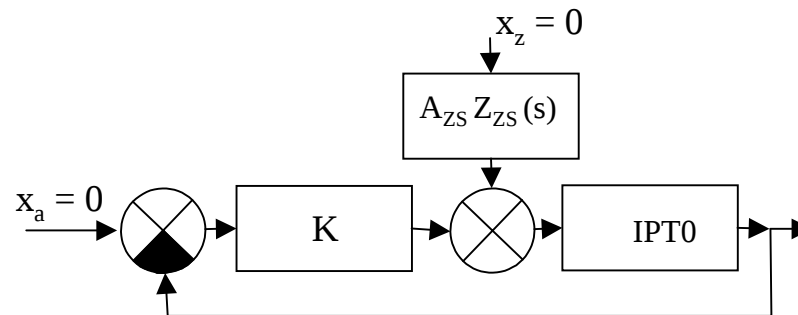
Ha $i < j$, akkor

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_h(t) = -\infty$$

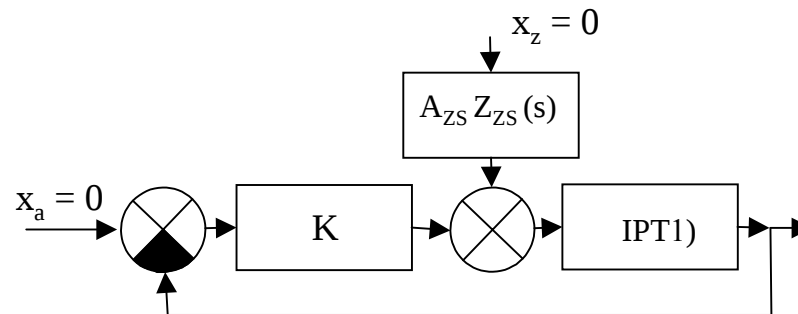
0 típusú értéktartó szabályozás esetén a zavar csökkentés típus bevezetése



$$-B \frac{A_{zs}}{1+K}$$

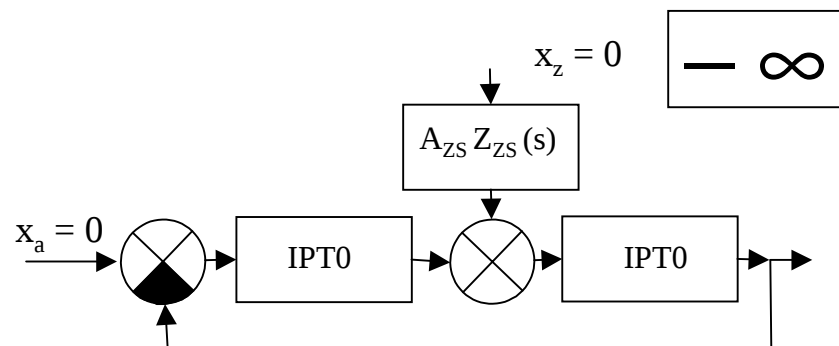
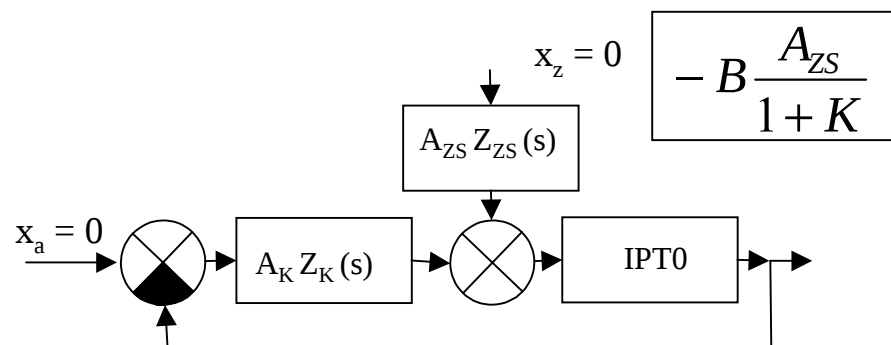
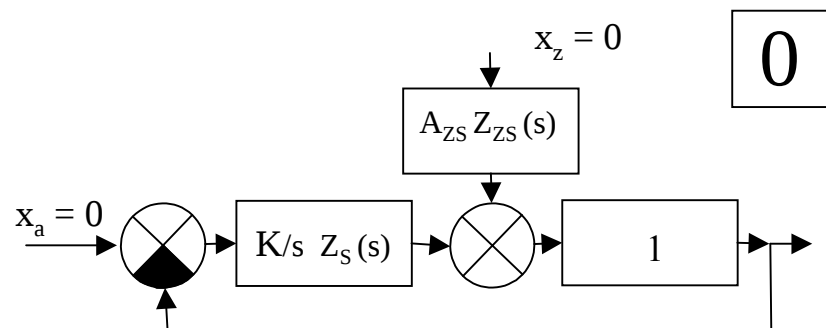


$$-\infty$$

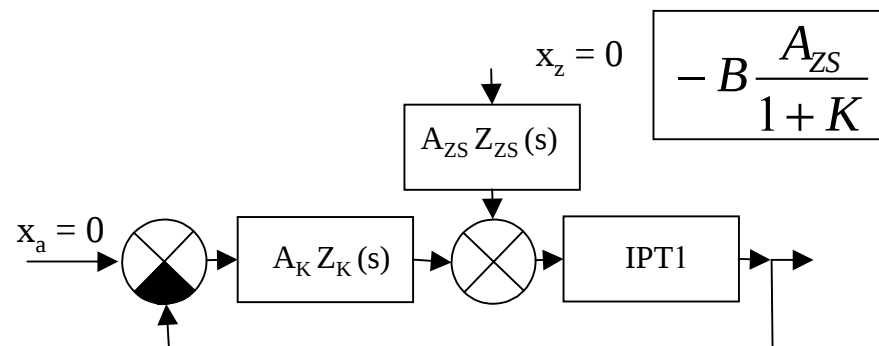
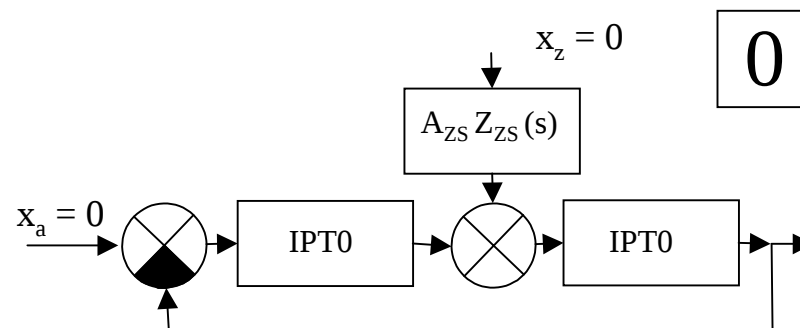
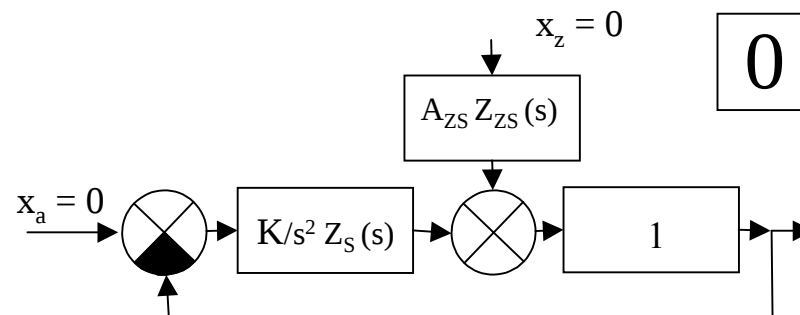


$$-\infty$$

1 típusú értéktartó szabályozás esetén a zavar csökkentés típus bevezetései



2 típusú értéktartó szabályozás esetén a zavar csökkentés típus bevezetései



A szabályozási kör követési tulajdonságai 1.

A követési tulajdonságok alapegyenlete:

i - a szabályozási kör típusa

$$x_h(s) = x_A(s) \frac{s^i + KZ(s) \left(1 - \frac{1}{Z_v(s)} \right)}{s^i + KZ(s)}$$

A követési tulajdonságok függenek a visszacsatoló tag jelátviteli tulajdonságaitól

A visszacsatolás frekvencia független $Z_v(s) = 1$

$$x_h(s) = x_A(s) \frac{s^i}{s^i + KZ(s)}$$

A visszacsatolás egytárolós arányos tag PT1

$$x_h(s) = x_A(s) \frac{s^i - sKT_v Z(s)}{s^i + KZ(s)}$$

ahol $x_A(s) = -\frac{C''}{s}$

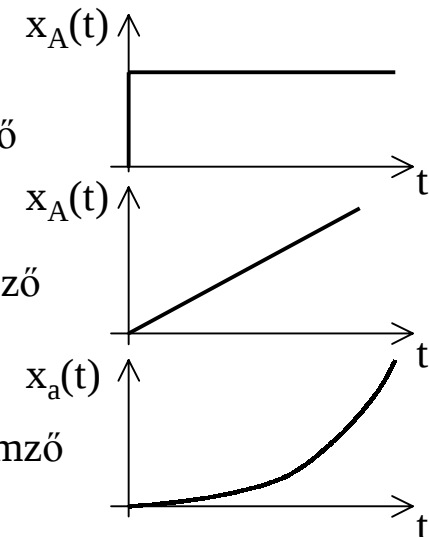
egységugrás alakú zavaró jellemző

$$x_A(s) = -\frac{C'}{s^2}$$

sebességugrás alakú zavaró jellemző

$$x_A(s) = -\frac{C}{s^3}$$

gyorsulásugrás alakú zavaró jellemző

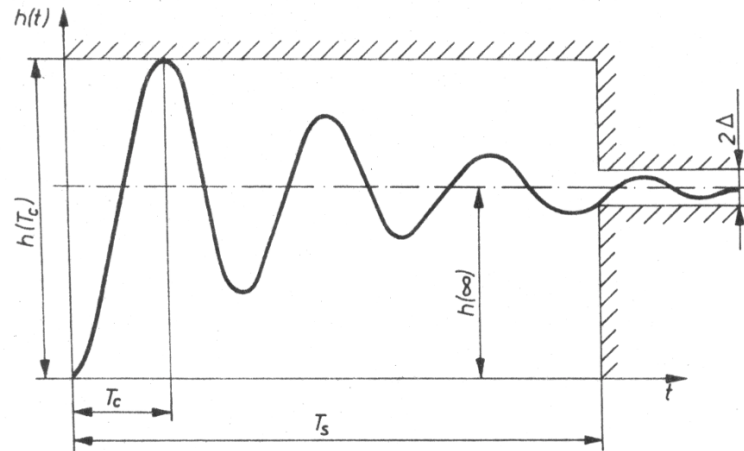


A szabályozási kör követési tulajdonságai 2.

i	$Y_v(s)$	$x_a(s)$		
		$\frac{C''}{s}$	$\frac{C''}{s}$	$\frac{C''}{s}$
0	1	$\frac{C''}{1+K}$	∞	∞
	PT1			
1	1	0	$\frac{C'}{K}$	$-\infty$
	PT1		$C' \left(\frac{1}{K} - T_v \right)$	
2	1	0	0	$\frac{C}{K}$
	PT1		$-C'T_v$	$-\infty$

- **frekvenciafüggetlen visszacsatolás:**
 - hiba nélkül követi a nála kisebb típuszámú alapjelet
 - véges hibával követi a vele megegyező típuszámú alapjelet
- **frekvenciafüggő visszacsatolás jelkésleltető hatása:**
 - 0 típusú szabályozásban nem befolyásolja
 - 1 típusú szabályozásban K és T_v bizonyos értékei estén javítja
- **a követési tulajdonságok javulnak a típuszám és a hurokerősítés növelésével**

Minőségi jellemzők értelmezése az átmeneti függvény alapján



Maximális túllendülés (σ)

$$\sigma = \frac{h(T_c) - h(\infty)}{h(\infty)}$$

Szabályozási idő (T_s)

$$\Delta = \frac{h(T_s) - h(\infty)}{h(\infty)}$$

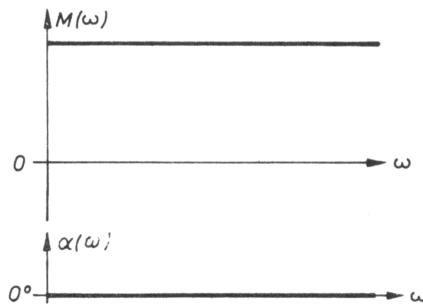
Lengések száma (v)

A szabályozás annál jobb:

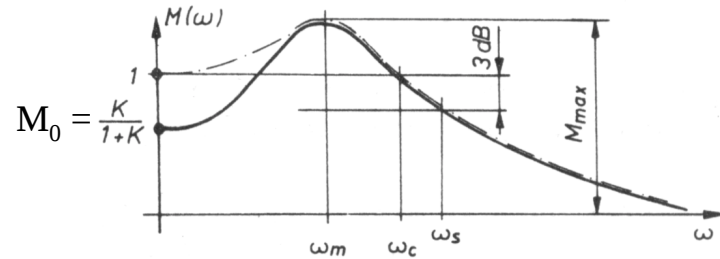
- minél kisebb a **túllendülés** ($\sigma_{\max}$)
- minél kisebb a **szabályozási idő** (T_s)
- minél kisebb a **dinamikus eltérés** (Δ)
- minél kisebb a **lengésszám** (v)

Ezeket a jellemzőket közvetlenül tervezésre felhasználni nem lehet.

Minőségvizsgálat a szabályozási kör frekvencia átvitele alapján

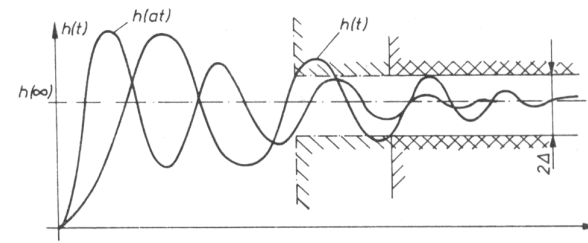


Ideális zárt szabályozás jellemzője



ω_m maximális kiemelés (M_{max}) körfrekvenciája
 ω_c vágási körfrekvencia $M=1$ esetén
 ω_s a -3dB pont körfrekvenciája

Gyorsabb rendszernek kisebb a szabályozási ideje



Gyorsabb rendszernek magasabb a vágási frekvenciája

