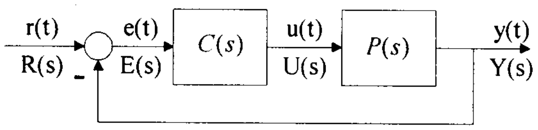
SZABÁLYOZÁSTECHNIKA 1. PÓTZÁRTHELYI, A csoport

2011.11.11. 14.15-15.45

Név	Neptun kód	Kurzus, Gyakorlatvezető	Összpontszám

A kérdésekre adott válaszait indokolja!

1. Egy folytonos szabályozási kör hatásvázlata az ábrán látható.



a./ $P(s)=\dfrac{0.01}{s^2}$, $C(s)=\dfrac{1+20s}{1+s}$ mellett vázolja fel a felnyitott kör közelítő Bode diagramját (közelítő amplitúdó-körfrekvencia és fázis-körfrekvencia görbe).

b./ Az ábrán jelölje be a fázistöbbletet. Stabilis-e a zárt szabályozási kör?

c./ Egységugrás alapjel esetén adja meg az u(t) beavatkozójel kezdeti és végértékét!

d./ Mekkora hibával követi a szabályozás az egységugrás, az egységsebesség-ugrás és az egységgyorsulás-ugrás alakú alapjelet? **5 pont** ☐

2. Adja meg a $\dfrac{1}{1+2\xi Ts+s^2T^2}$ kéttárolós lengő tag pólusait $\xi<1$ csillapítási tényező esetén. Ábrázolja a pólusokat a komplex számsíkon. Vázolja fel a Bode amplitúdó-körfrevencia diagramot. Adja meg az amplitúdó értékét az $\omega=1/T$ körfrekvencián. **3 pont** ☐

3. Definiálja a belső stabilitás fogalmát. Egy egységnyi visszacsatolású zárt szabályozási körben a felnyitott kör átviteli függvénye $L(s)=\dfrac{K}{(1+sT)^3}$. Határozza meg a K_{krit} kritikus hurokerősítés értékét. **4 pont** ☐

4. Adja meg az állapotegyenlet alakját. Adja meg az állapotirányíthatóság fogalmát. Állapotirányítható-e az alábbi paramétermátrixokkal adott rendszer: $A=\begin{bmatrix}-0.4 & 0.8\\ 0 & 0\end{bmatrix}$; $b=\begin{bmatrix}2\\1\end{bmatrix}$; $c^T=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}$; $d=0$. **4 pont** ☐

5. Egy folyamat átviteli függvénye $P(s)=\dfrac{2}{s}e^{-sT}$. Bemenőjele $u(t)=\sin\omega t$, a folyamat kimenőjele kvázistacionárius állapotban $y(t)=0.2\sin\left(\omega t-135^\circ\right)$. Határozza meg ω és T értékét. **3 pont** ☐

6. Számítsa ki az $A=\begin{bmatrix}0 & 6\\ -2 & 0\end{bmatrix}$, $b=\begin{bmatrix}0\\ -4\end{bmatrix}$, $c^T=\begin{bmatrix}0 & 5\end{bmatrix}$ és $d=0$ paraméter mátrixokkal adott állapotegyenletű folyamat átviteli függvényét! **4 pont** ☐

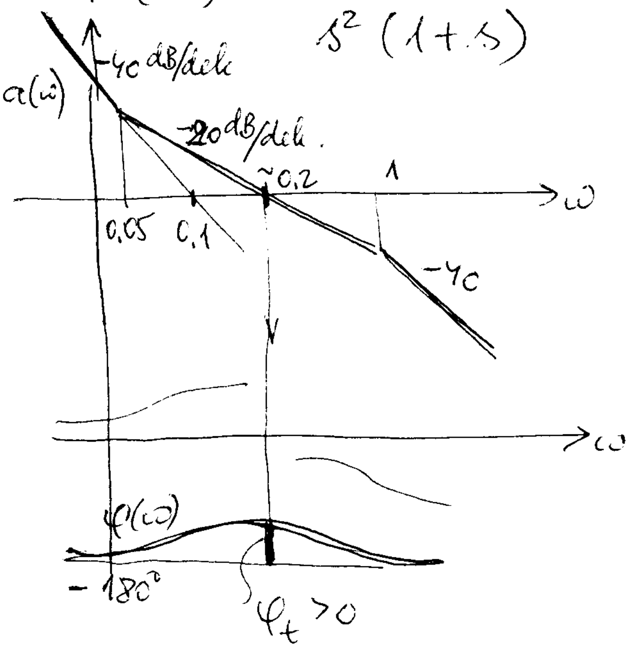
7. Adja meg az érzékenységi függvény és a kiegészítő érzékenységi függvény fogalmát. Mit mutat meg az érzékenységi függvény? **3 pont** ☐

8. Adja meg a *Youla* paraméter definícióját. Legyen a folytonos idejű (FI) folyamat átviteli függvénye $P(s)=\dfrac{1}{1+2s}e^{-20s}$. Adja meg a *Youla*-parametrizálást realizáló szabályozási kört az $R_r(s)=\dfrac{1}{1+2s}$ és $R_n(s)=\dfrac{1}{1+0.5s}$ referencia modellek esetén! Végezze el minden szükséges elem kiszámítását és rajzolja fel a kapott hatásvázlatot! **4 pont** ☐

SZABTECH. 1. PÓTZH A CSOPORT
2011.11.11.
MEGOLDÁS

---

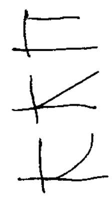
1. a.) $L(s) = \dfrac{0{,}01\,(1+20s)}{s^2\,(1+s)}$



b.) Stabilis. Strukturálisan.
$\varphi_t > 0$.

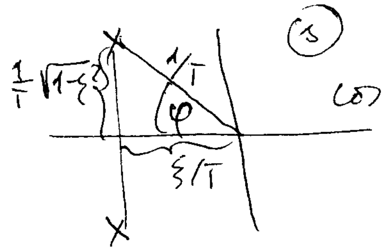
c.) $u(0) = 20$
$u(\infty) = 0$

d.)

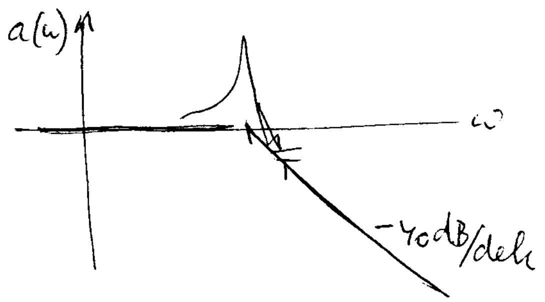


$e = 0$
$e = 0$
$e = \frac{1}{K} = 100$

2.) $s_{1,2} = -\dfrac{\xi}{T} \pm j\,\dfrac{1}{T}\sqrt{1-\xi^2}$



$\cos\varphi = \xi$



$$P(j\omega) = \frac{1}{1-\omega^2T^2+2\xi Tj\omega}$$

$$\left|P(j\omega)\right|_{\omega=\frac{1}{T}} = \frac{1}{2\xi}$$

3.) (Jegyzet 167. old.) Valamennyi bemenőjel és kimenőjel közötti eredő átviteli fv. stabilis.

$$\frac{CP}{1+CP}\,;\quad \frac{P}{1+CP}\,;\quad \frac{C}{1+CP}\,;\quad \frac{1}{1+CP}$$

A Nyquist krit. alapján: $L(j\omega) = \dfrac{K}{(1+j\omega T)^3}$

$$\varphi(\omega_0) = -3\,\mathrm{arctg}\,\omega_0 T = -180^\circ$$

$$\omega_0 T = \sqrt{3}$$

$$\left|L(j\omega_0)\right| = \frac{K_{krit}}{\left(\sqrt{1+\omega_0^2T^2}\right)^3} = 1 \Rightarrow K_{krit} = 8$$

4.) $\dot{X} = AX + bu$
$y = c^T X + du$

Állapotirányítható, ha az állapotváltozók egymástól függetlenül eljuttathatók a kezdeti állapottól egy megadott végállapotba.

$M_{co} = [\, b \quad Ab \,]$ rangja n

$$\det \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} = 0$$ Nem állapotirányítható.

5.) $\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2} - \omega T = -\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} \Rightarrow \omega T = \frac{\pi}{4}$

$| \, | = \frac{2}{\omega} = 0.2 \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} \omega = 10 \\ T = \frac{\pi}{40} \end{array}}$

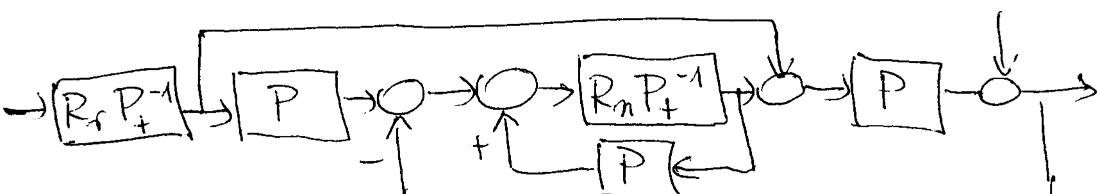
6.) $$P(s) = c^T (sI - A)^{-1} b = [0 \quad 5] \begin{bmatrix} s & -6 \\ 2 & s \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ -4 \end{bmatrix} =$$

$$= [0 \quad 5] \frac{1}{s^2+12} \begin{bmatrix} s & 6 \\ -2 & s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -4 \end{bmatrix} = -\frac{20s}{s^2+12}$$

7.) Érz. fv. $S = \frac{1}{1+CP} = \frac{\Delta T / T}{\Delta P / P}$; Megmutatja, hogy a szakasz relatív megváltozása mennyire befolyásolja az eredő átviteli fv. relatív megváltozását.

kieg. érz. fv. $T = \frac{CP}{1+CP}$; $S + T = 1$.

8.) Youla paraméter: $Q = \frac{C}{1+CP}$; $P = P_+ P_-$; Legyen $Q = P_+^{-1}$



$P(s) = \frac{1}{1+2s} e^{-20s}$ $R_r = \frac{1}{1+2s}$; $R_n = \frac{1}{1+0.5s}$;

$P_+ = \frac{1}{1+2s}$; $P_- = e^{-20s}$; $R_r P_+^{-1} = 1$; $R_n P_+^{-1} = \frac{1+2s}{1+0.5s}$

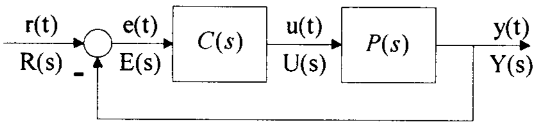
SZABÁLYOZÁSTECHNIKA 1. ZÁRTHELYI, B csoport

2011.11.11. 14.15-15.45

Név	Neptun kód	Kurzus, Gyakorlatvezető	Összpontszám

A kérdésekre adott válaszait indokolja!

1. Egy folytonos szabályozási kör hatásvázlata az ábrán látható.



a./ $P(s)=\dfrac{e^{-5s}}{1+5s}$, $C(s)=k_c\dfrac{1+5s}{5s}$ ($k_c=1$) mellett vázolja fel a felnyitott kör közelítő Bode diagramját (közelítő amplitúdó-körfrekvencia és fázis-körfrekvencia görbe).

b./ Határozza meg azt a k_c értéket, amelynél a fázistöbblet értéke 60°.

c./ Mekkora hibával követi a szabályozás az egységugrás, az egységsebesség-ugrás és az egységgyorsulás-ugrás alakú alapjelet?

5 pont

2. $C(s)=3\left(1+\dfrac{2s}{1+0.5s}\right)$ átviteli függvénnyel adott tag átmeneti függvényének (egységugrás válaszának) analitikus kifejezését! Vázolja fel az átmeneti függvényt a jellegzetes értékek bejelölésével. Adja meg a Bode amplitúdó-körfrekvencia és fázis-körfrekvencia görbéket.

4 pont

3. Adja meg a gyökhelygörbe definícióját. Adja meg az $L(s)=\dfrac{k(s+2)}{s(s+6)}$ hurokátviteli függvényű kör gyökhelygörbéjét.

3 pont

4. Adja meg az állapotegyenlet alakját. Adja meg az állapotegyenlet megoldását az időtartományban.
Egy rendszer **A** állapotmátrixa: $A=\begin{bmatrix}-0.4 & 0\\ 0 & -2\end{bmatrix}$; Kezdeti feltétel: $X=\begin{bmatrix}1\\4\end{bmatrix}$. A bemenőjel: $u=0$.

Mekkora az állapotváltozók értéke a $t=3$ sec időpontban?

4 pont

5. Egy folyamat átviteli függvénye $P(s)=\dfrac{2}{s(1+sT)}$. Bemenőjele $u(t)=\sin\omega t$, a folyamat kimenőjele kvázistacionárius állapotban $y(t)=0.5\sin\left(\omega t-135^\circ\right)$. Határozza meg ω és T értékét.

3 pont

6. A $H(s)=\dfrac{s+2}{s^2+5s+6}=\dfrac{Y(s)}{U(s)}$ átviteli függvénnyel adott rendszerhez származtasson egy irányítható állapotteres leírást!

4 pont

7. Mi az érzékenységi függvény és mit ad meg?

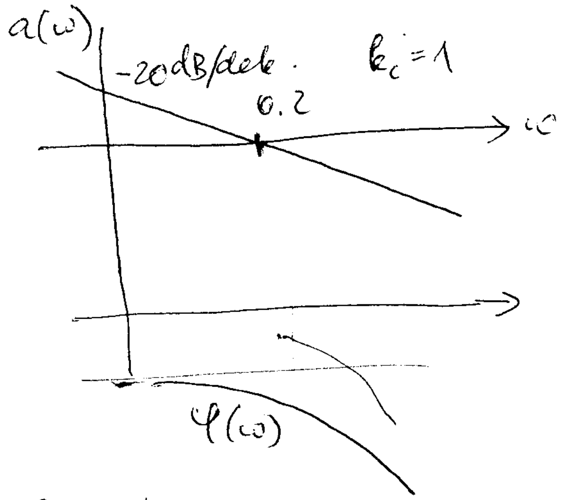
3 pont

8. Adja meg a *Youla* paraméter definícióját! Legyen a folytonos idejű (FI) folyamat átviteli függvénye $P(s)=\dfrac{1}{1+2s}e^{-5s}$. Adja meg a *Youla*-parametrizálást realizáló szabályozási kört az $R_r(s)=\dfrac{1}{1+s}$ és $R_n(s)=\dfrac{1}{1+0.5s}$ referencia modellek esetén! Végezze el minden szükséges elem kiszámítását és rajzolja fel a kapott hatásvázlatot!

4 pont

SZABTECH 1. PÓTZH B CSOPORT
2011. 11. 11.
MEGOLDÁS

1a.) $L(s) = k_c \dfrac{e^{-5s}}{5s}$



b.) $-\dfrac{\pi}{2} - \omega_0 5 = -\dfrac{2\pi}{3}$

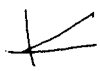
$5\omega_0 = \dfrac{2\pi}{3} - \dfrac{\pi}{2} = \dfrac{\pi}{6}$

$\omega_0 = \dfrac{\pi}{30}$

$|L(j\omega_0)| = 1 \Rightarrow \dfrac{k_c}{5\omega_0} = 1$

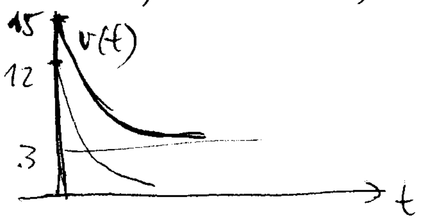
$\boxed{k_c = 5\omega_0 = \dfrac{\pi}{6}}$

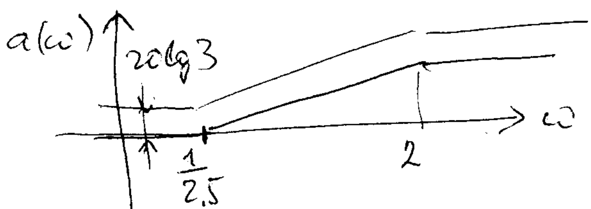
c.)  $\rightarrow e = 0$

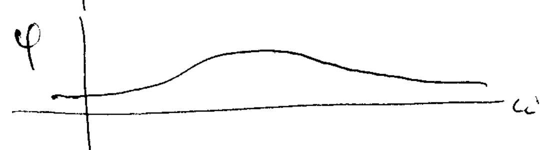
 $\rightarrow e = \dfrac{1}{K} = \dfrac{5}{k_c} = \cancel{5\pi}\ \dfrac{30}{\pi}$

 $\rightarrow e \rightarrow \infty$.

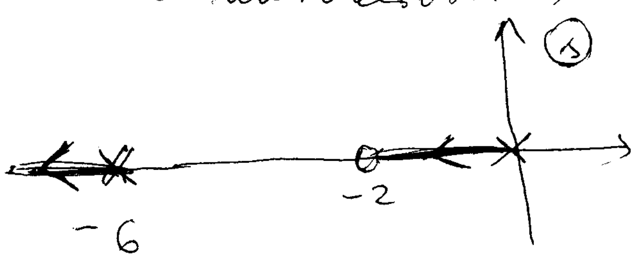
2.) $v(t) = 3 \cdot 1(t) + 12 e^{-2t}$; $C(s) = 3\,\dfrac{1+2.5s}{1+0.5s}$







3.) A gy. h. görbe a zárt szab. kör pólusait (a karakterisztikus egyenlet gyökeit) adja meg, miközben a rendszer egy paramétere (rendszerint a hurokerősítés) 0 és ∞ között változik.



4.) $\dot{X} = AX + bu$

$y = c^T X + du$

$$X(t) = e^{At}X(0) + \int_0^t e^{A(t-\tau)} b\, u(\tau)\, d\tau$$

$$X(3) = \begin{bmatrix} e^{-0.4\cdot 3} & 0 \\ 0 & e^{-2\cdot 3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{-1.2} \\ 4\cdot e^{-6} \end{bmatrix}$$

5.)

$$\varphi(\omega) = -90^\circ - \operatorname{arctg} \omega T = -135^\circ$$

$$\omega T = 1$$

$$|\ \ | = \frac{2}{\omega\sqrt{1+\omega^2T^2}} = 0.5$$

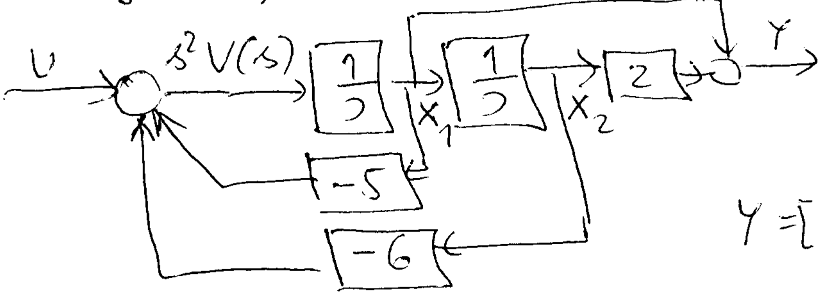
$$\frac{2}{\omega\sqrt{2}} = 0.5 \implies \omega = \frac{4}{\sqrt{2}}\ ; \quad T = \frac{1}{\omega} = \frac{\sqrt{2}}{4}$$

6.)

$$H(s) = \frac{s+2}{s^2+5s+6} = \frac{Y(s)}{U(s)}$$

$$\frac{V(s)}{U(s)} = \frac{1}{s^2+5s+6}\ ; \quad Y(s) = V(s)(s+2)$$

$$s^2V(s) = U(s) - 5sV(s) - 6V(s)$$



$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 & -6 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$Y = [1 \ \ 2] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + 0\cdot u$$

7.) Ld. A csoport.

8.) Ld. a struktúrát az A csoportnál.

$$P(s) = \frac{1}{1+2s} e^{-5s}\ ; \quad P_+ = \frac{1}{1+2s}\ ; \quad P_- = e^{-5s}$$

$$R_r = \frac{1}{1+s}\ ; \quad R_n = \frac{1}{1+0.5s}\ ;$$

$$R_r P_+^{-1} = \frac{1+2s}{1+s}\ ; \quad R_n P_+^{-1} = \frac{1+2s}{1+0.5s}.$$