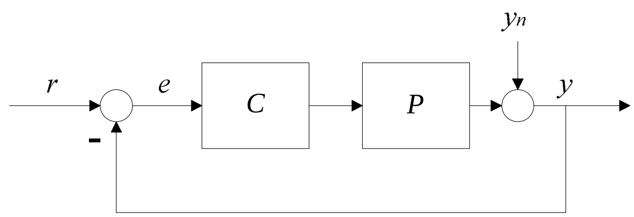
SZABÁLYOZÁSTECHNIKA 1. PÓTZÁRTHELYI
2012.04.06. 14.15-15.45

Név	Neptun kód	Kurzus, Gyakorlatvezető	Összpontszám

1. Egy folytonos szabályozási kör hatásvázlata az ábrán látható:



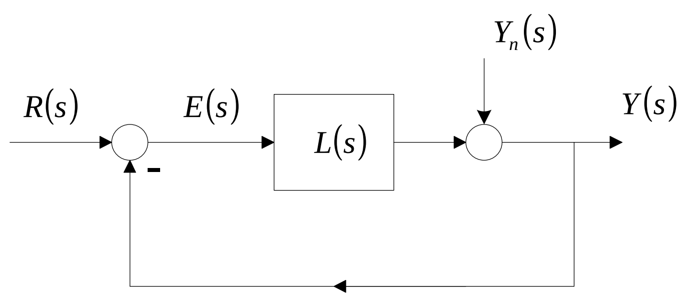
a./ $P(s)=\dfrac{0.1e^{-10s}}{s(1+s)}$, $C(s)=\dfrac{1+s}{1+0.2s}$ mellett vázolja fel a felnyitott kör közelítő Bode diagramját (amplitúdó-körfrekvencia és fázis-körfrekvencia diagram)! Jelölje be az ábrán a vágási körfrekvenciát és a fázistartalékot!
b./ Adja meg a vágási körfrekvencia közelítő értékét!
c./ Stabilis-e a zárt szabályozási kör?
d./ $r(t)=1(t)$ egységugrás alakú alapjel és $y_n(t)\equiv 0$ zavarójel mellett adja meg a hibajel állandósult értékét!

[4 pont]

2. Az alábbi $\{\mathbf{A},\mathbf{b},\mathbf{c},d\}$ állapotteres modell bemenetére egy $u(t)=5\sin(2t)$ gerjesztő jelet adunk. Adja meg az állapotteres modell $y(t)$ kimenőjelének állandósult állapotbeli amplitúdóját! **[4 pont]**

$$\mathbf{A}=\begin{bmatrix}-1 & -1\\ 1 & 0\end{bmatrix} \qquad \mathbf{b}=\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix} \qquad \mathbf{c}^{\mathrm{T}}=\begin{bmatrix}0 & 1\end{bmatrix} \qquad \mathrm{d}=0$$

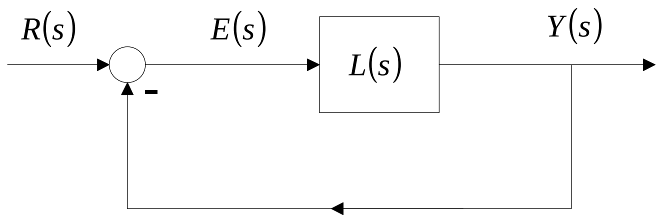
3. Az alábbi zárt szabályozási körben az eredő átviteli függvény (kiegészítő érzékenységi függvény) $T(s)=\dfrac{Y(s)}{R(s)}=\dfrac{s+8}{s^2+6s+8}$.



a./ $r(t)\equiv 0$ alapjelet és $y_n(t)=1(t)$ egységugrás alakú zavarójelet feltételezve adja meg a $\lim_{t\to\infty} e(t)$ állandósult hiba értékét!
b./ $r(t)\equiv 0$ alapjelet és $y_n(t)=t\cdot 1(t)$ egység-sebességugrás alakú zavarójelet feltételezve adja meg a $\lim_{t\to\infty} e(t)$ állandósult hiba értékét! **[4 pont]**

4. Mikor irányítható egy állapotteres realizáció? Hogyan fogalmazható meg az irányíthatóság feltétele az irányíthatósági mátrix segítségével? **[3 pont]**

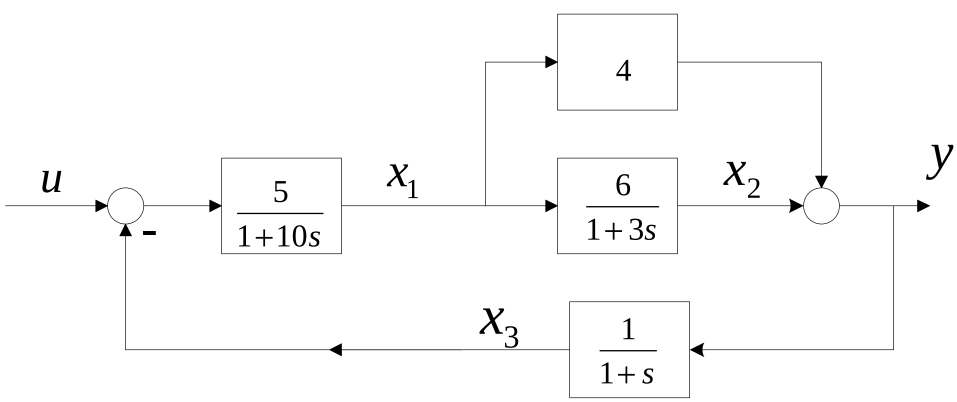
5. Tekintsük az alábbi zárt szabályozási kört, ahol $L(s) = \dfrac{K}{(s+1)^4}$:



Határozza meg $K > 0$ azon értékét, amely mellett a rendszer erősítési tartaléka 2 lesz. Vázolja fel erre az esetre a Nyquist diagramot! **[4 pont]**

6. Mi a gyökhelygörbe? Vázolja fel a gyökhelygörbét, ha egy zárt szabályozási körben a felnyitott kör átviteli függvénye (hurokátviteli függvény) $L(s) = K\dfrac{(s+2)(s^2+2s+2)}{(s+3)(s^2-2s+2)}$! [**4 pont]**

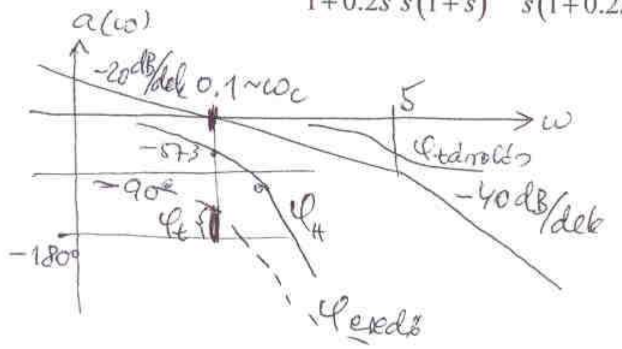
7. Írja fel az ábrán látható rendszer állapotegyenletét az ábrán bejelölt állapotváltozókkal! **[4 pont]**



8. Ismertesse a stabilitás általánosított Nyquist kritériumát! **[3 pont]**

SZABÁLYOZÁSTECHNIKA 1. PÓTZÁRTHELYI
MEGOLDÁSOK

1. a./ $L(s)=C(s)P(s)=\dfrac{1+s}{1+0.2s}\dfrac{0.1e^{-10s}}{s(1+s)}=\dfrac{0.1e^{-10s}}{s(1+0.2s)}$



$\left(\varphi=-90^\circ-\mathrm{arctg}\,0.2\omega-10\omega_c\cdot 180/\pi\right)$

b./ $\omega_c \cong 0.1 \quad \varphi_t \cong 90^\circ-\omega_c T_H \cong 90^\circ-57.3^\circ=32.7^\circ$

c./ Stabilis ($\varphi_t>0$)

d./ $e_\infty=0$ ($j=1$).

2. $$H(s)=\mathbf{c}^{\mathrm{T}}(s\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}\mathbf{b}=\begin{bmatrix}0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}s+1 & 1\\ -1 & s\end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix}=\frac{\begin{bmatrix}0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}s & -1\\ 1 & s+1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix}}{s^2+s+1}=\frac{1}{s^2+s+1}$$

$$\left|H(j\omega)\right|_{\omega=2}=\left|H(j\omega)\right|_{\omega=2}=\left|\frac{1}{-\omega^2+j\omega+1}\right|_{\omega=2}=\left.\frac{1}{\sqrt{\left(1-\omega^2\right)^2+\omega^2}}\right|_{\omega=2}=\frac{1}{\sqrt{13}}$$

$$y_{áll.}=\frac{5}{\sqrt{13}}\sin(2t+\varphi)$$

3. a./ $y_{áll.}=\lim\limits_{s\to 0}(1-T)=\lim\limits_{s\to 0}\left(1-\dfrac{s+8}{s^2+6s+8}\right)=\lim\limits_{s\to 0}\dfrac{s^2+5s}{s^2+6s+8}=0 \quad \Rightarrow \quad e_\infty=0$

b./ $L=\dfrac{T}{1-T}=\dfrac{\dfrac{s+8}{s^2+6s+8}}{\dfrac{s^2+5s}{s^2+6s+8}}=\dfrac{s+8}{s^2+5s}=\dfrac{s+8}{s(s+5)}=\dfrac{8}{5}\dfrac{1+s/8}{s(1+s/5)} \quad \Rightarrow \quad e_\infty=\dfrac{-5}{8}$

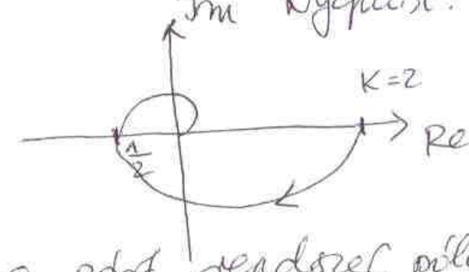
vagy $e_\infty=\lim\limits_{s\to 0}\left[-s\dfrac{1}{s^2}\dfrac{1}{1+L}\right]$, vagy $e_\infty=-\dfrac{1}{K}=-\dfrac{5}{8}$

4. Egy rendszer állapotirányítható, ha: állapotváltozói kezdeti értékeikről egymástól függetlenül eljuttathatók megadott végállapotukba.

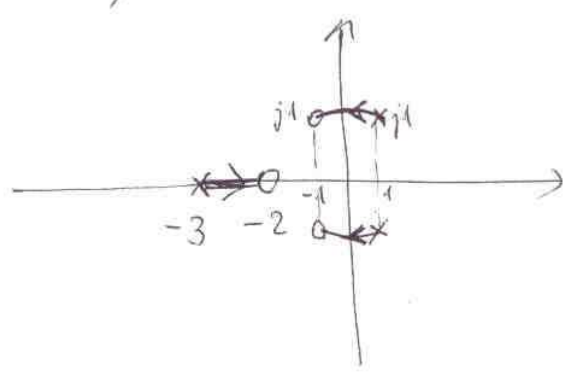
Az $M_c = [\,b \quad Ab \; \dots \; A^{n-1}b\,]$ irányíthatósági mátrix rangja n kell legyen (n az állapotváltozók száma).

5. $L(s) = \dfrac{K}{(s+1)^4} \qquad \omega_\pi : \quad \operatorname{arctg}(\omega)\big|_{\omega=\omega_\pi} = 45^\circ \quad \Rightarrow \quad \omega_\pi = 1$

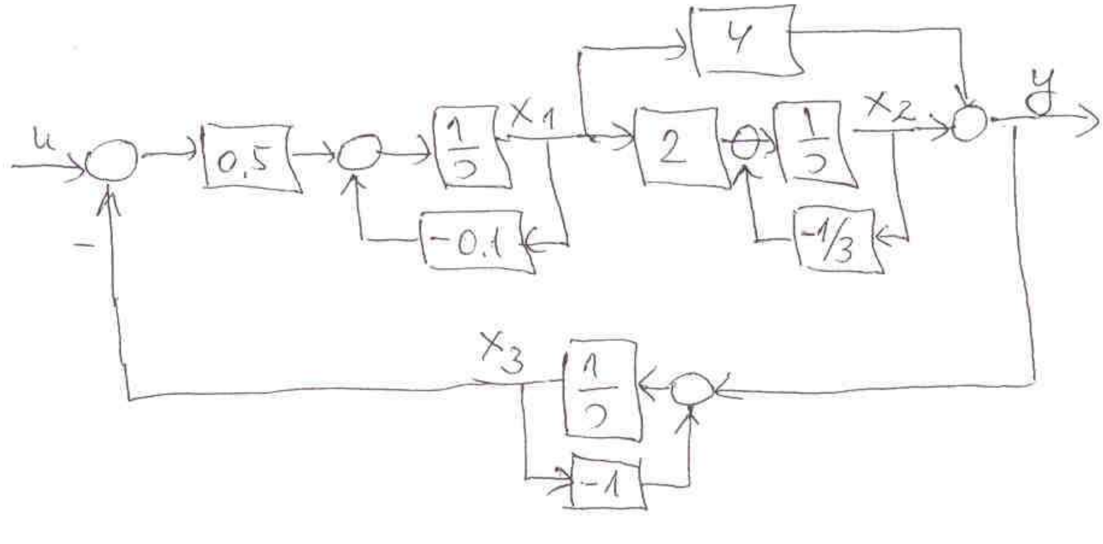
$$\left|L(j\omega)\right|_{\omega=1} = \frac{K}{\left(\sqrt{(1+\omega^2)}\right)^4}\Bigg|_{\omega=1} = \frac{K}{4} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad K = 2$$



6. A gyökhelygörbe megadja a zárt rendszer pólusait (karakterisztikus egyenletének gyökeit) miközben a nyitott kör valamelyik paramétere (rendszerint erősítési tényezője 0 és ∞ között változik).

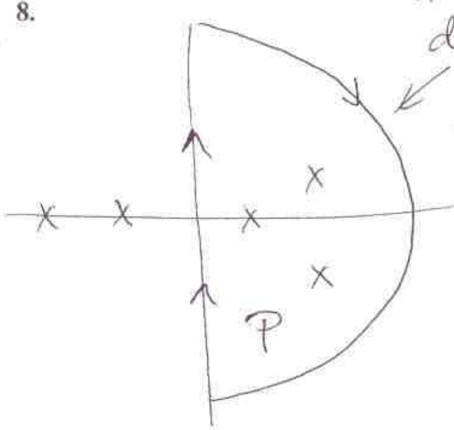


7.

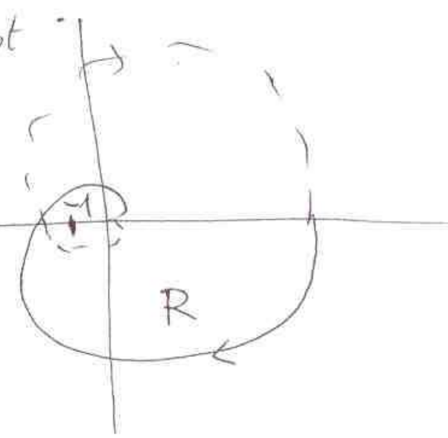


$$\dot{x}_1 = -0.1x_1 - 0.5x_3 + 0.5u$$
$$\dot{x}_2 = 2x_1 - 0.333x_2$$
$$\dot{x}_3 = 4x_1 + x_2 - x_3$$
$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -0.1 & 0 & -0.5 \\ 2 & -0.333 & 0 \\ 4 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$
$$y = \mathbf{c}^T\mathbf{x} = \begin{bmatrix} 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \quad ; \quad y = 4x_1 + x_2$$
$$\mathbf{b} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$
$$d = 0.$$

8.



A teljes Nyquist diagram a görbe leképezése $L(s)$ szerint.



P: A felnyitott kör j.o. pólusainak száma.
R: A teljes Nyquist diagram körülfordulásainak száma a -1 pont körül. (+) (előjelesen).

$R = P - Z$

a karakterisztikus egyenlet j.o. gyökeinek száma.

A zárt rsz. stabilis, ha $Z = 0$.
A stabilitás feltétele

$$\boxed{R = P}$$