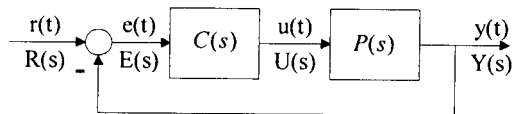


SZABÁLYOZÁSTECHNIKA 2. ZÁRTHELYI, A csoport

2012.12.07. 90 perc

Név	Neptun kód	Kurzus	Gyakorlatvezető	Összpontszám

1. Egy folytonos szabályozási kör hatásvázlata az ábrán látható.



A folyamat átviteli függvénye: $P(s) = \frac{e^{-s}}{(1+2s)(1+4s)}$. Póluskiejtéses PID szabályozót alkalmazunk, amelynek átviteli

függvénye $C(s) = k_c \frac{(1+sT_I)(1+sT_D)}{sT_I(1+sT_D/5)}$.

a./ Adja meg a T_I és T_D paraméterek értékét! Válassza meg k_c értékét úgy, hogy egységugrás alapjelre az $u(t)$ beavatkozájel kezdeti értéke 10 legyen!

b./ Váolja fel a felnyitott kör közelítő Bode diagramját (közelítő amplitúdó-körfrekvencia és fázis-körfrekvencia görbe). A közelítő amplitúdó diagram alapján adja meg a vágási körfrekvencia értékét. Jelölje be a diagramon a

fázistöbbletet. Adja meg a fázistöbblet analitikus kifejezését is. Stabilis-e a zárt szabályozási kör? 4 pont

2. Egy folytonos rendszer állapotegyenlete: $A = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}$; $b = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \end{bmatrix}$; $c^T = [2 \ 3]$; $d = 0$. A rendszert állapot-

visszacsatolással szabályozzuk. Határozza meg a $k^T = [k_1 \ k_2]$ állapotvisszacsatoló vektort úgy, hogy az

állapotvisszacsatolással kapott zárt rendszer pólusai a $p_1 = -3$, $p_2 = -4$ helyre kerüljenek. 4 pont

3. Adja meg folytonos rendszerre az állapotbecsléssel kiegészített állapotvisszacsatolás hatásvázlatát! Egy adott folyamat irányításához milyen szempontok alapján választjuk meg az állapotbecslő és az állapotvisszacsatoló hálózat paramétereit? 4 pont

4. Származzassa az $x[k+1] = Fx[k] + gu[k]$ diszkrét állapotegyenlet F mátrixát és g vektorát a folytonos rendszer

állapotegyenletének A mátrixából és b vektorából! 4 pont

5. Mi az a z -transzformáció? Hova képezi le az s komplex sík imaginárius tengelyét? Hogyan definiáljuk egy jel z -transzformáltját? Legyen egy jel z -transzformáltja $y(z) = z / (z - 0.5)$. Adja meg a jel értékeit az első 4 mintavételi

időpontban. 3 pont

6. A $P(s) = \frac{e^{-s}}{1+4s}$ átviteli függvénnyel adott folyamatot $T_s = 1$ mintavételi idővel mintavételezzük, bemenetén zérusrendű tartószervet alkalmazunk. Adja meg a folyamat impulzusátviteli függvényét! Póluskiejtéses diszkrét PI szabályozót alkalmazunk $k_c = 1$ erősítési tényezővel.

a./ Adja meg a szabályozó impulzusátviteli függvényét és differenciaegyenletét! b./ Adja meg a zárt szabályozási körben a szabályozó kimenőjének kezdeti és végértékét, ha az alapjel a mintavételezett egységugrás. 4 pont

7. Legyen a szabályozott szakasz impulzusátviteli függvénye $G(z) = \frac{0.8z^{-1}}{1-0.6z^{-1}} z^{-3}$. Számítsa ki a Youla-paraméterezett optimális szabályozót és mutassa be a két-szabadságfokú teljes hatásvázlatot! Az alapjel és a zavarszűrők

impulzusátviteli függvényei $R_n(z) = \frac{0.7z^{-1}}{1-0.3z^{-1}}$ és $R_r(z) = \frac{0.3z^{-1}}{1-0.7z^{-1}}$. Adja meg a beavatkozájel kezdeti értékét

egységugrás alapjel esetén. 4 pont

8. Adja meg az ARW (Antireset Windup, korlátozások kezelése) hatást realizáló bővített szabályozó blokkvázlatát.

Ismertesse a működését. 3 pont

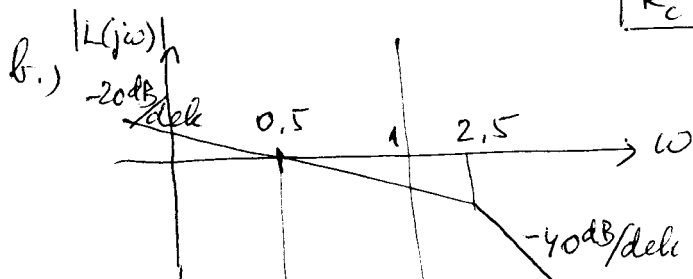
$$1.) a.) \boxed{T_I = 4, T_D = 2}$$

$$L = C \cdot P = k_c \frac{e^{-s}}{4s(1+0.4s)}$$

Az első pillanattól $y(0) = 0$, a visszacsatolás nem aktív.

$$\xrightarrow{f} \left(k_c \frac{1+4s}{4s} \frac{1+2s}{1+0.4s} \right) u \rightarrow u(0) = \lim_{s \rightarrow \infty} s \frac{1}{s} C(s) = k_c \cdot 5 = 10 \text{ legyen}$$

$$\boxed{k_c = 2}$$



$\varphi_t > 0$, stabilis.

$$\varphi_t = 180^\circ - 90^\circ - \arctan 0.4\omega - \omega \cdot 180/\pi$$

2.) A zárt kör karakterisztikus egyenlete:

$$\det(sI - A + b k^T) = (s+3)(s+4) = 0$$

$$sI - A + b k^T = \begin{bmatrix} s+1 & 0 \\ 0 & s+2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix} =$$

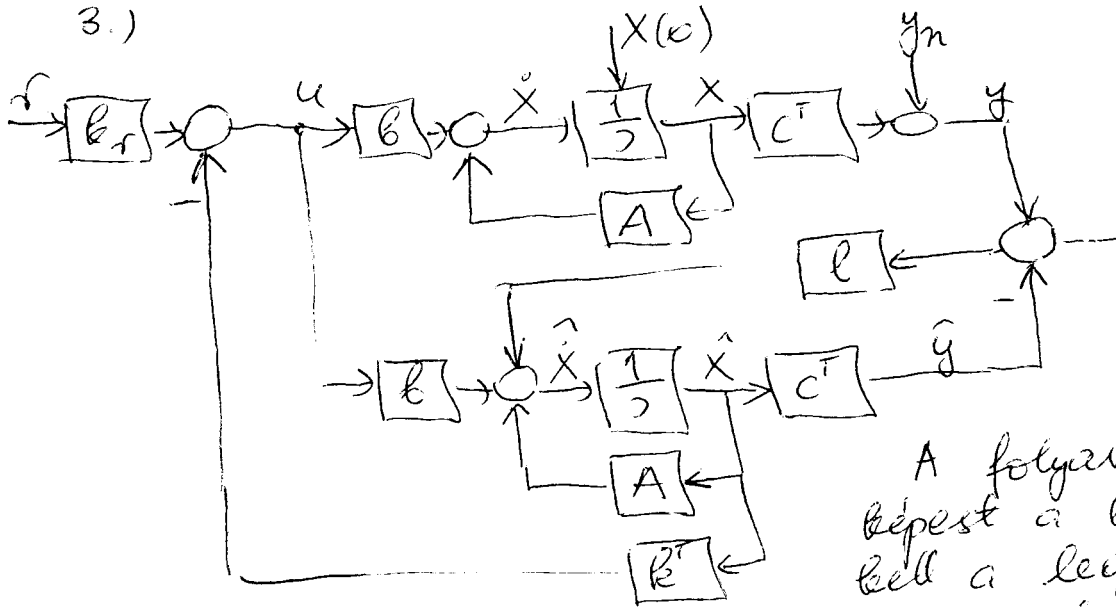
$$= \begin{bmatrix} s+1+2k_1 & 2k_2 \\ 3k_1 & s+2+3k_2 \end{bmatrix}$$

$$s^2 + (3+2k_1+3k_2)s + 2+4k_1+3k_2 = s^2 + 7s + 12$$

$$\left. \begin{array}{l} 3+2k_1+3k_2 = 7 \\ 2+4k_1+3k_2 = 12 \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{k_1 = 3; k_2 = -2/3}$$

MEGOLDÁS

(2)



A folyamathoz képest a becslő hálózat kell a leggyorsabb legyen. Azután a szabályozás szintén gyorsabb kell legyen a folyamatnál.

4.) $x[k+1] = Fx[k] + gu[k]$

$F = e^{AT_0}$; $g = \int_0^{T_0} e^{A\lambda} d\lambda b$

Ha A invertálható, $g = A^{-1}(e^{AT_0} - I)b$

5.) $z = e^{sT_0}$; az egységnyi körbe.

$y(z) = \sum_{i=0}^{\infty} y(iT_0) z^{-i}$

$y(z) = \frac{z}{z-0.5} = 1 + 0.5z^{-1} + 0.25z^{-2} + 0.125z^{-3} + \dots$

6.) $P(s) = \frac{e^{-s}}{1+4s} \xrightarrow{T_0=1} G(z) = \frac{1-e^{-1/4}}{z-e^{-1/4}} \cdot z^{-1}$

6.) $u[\infty] = 1$ a.) $C(z) = \frac{z-e^{-1/4}}{z-1} = \frac{z-a}{z-1} = \frac{u}{e}$

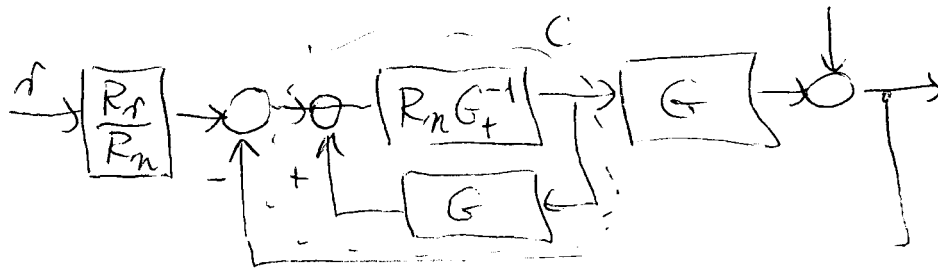
$u[0] = k_c = 1$

$u[k] = e[k] - a e[k-1] + u[k-1]$

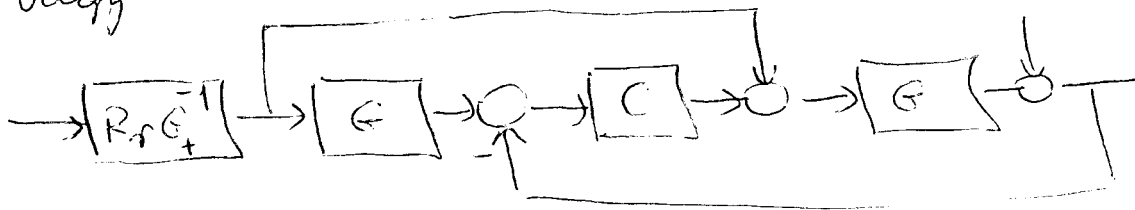
$$7.) \quad G = \frac{0.8z^{-1}}{1-0.6z^{-1}} \cdot z^{-3}; \quad G_+ = \frac{0.8z^{-1}}{1-0.6z^{-1}}; \quad G_- = 1; \quad d=3$$

$$C = \frac{R_n G_+^{-1}}{1 - R_n G_- z^{-d}} = \frac{\frac{0.7z^{-1}}{1-0.3z^{-1}} \cdot \frac{1-0.6z^{-1}}{0.8z^{-1}}}{1 - \frac{0.7z^{-1}}{1-0.3z^{-1}} z^{-3}}$$

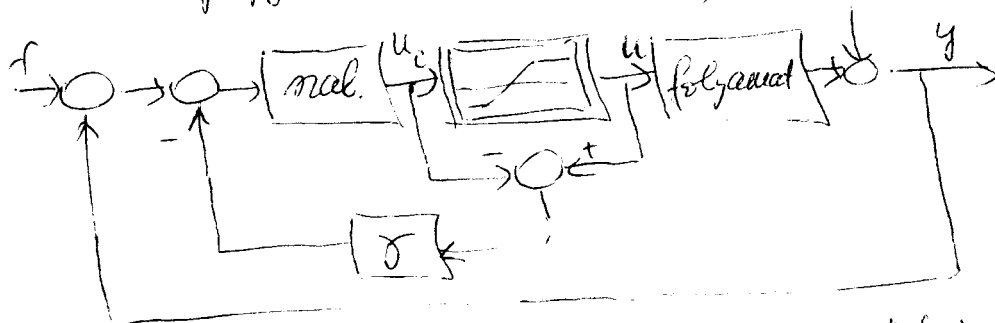
$$C = \frac{7/8 (1-0.6z^{-1})}{1-0.3z^{-1}-0.7z^{-4}}; \quad \frac{R_f}{R_n} = \frac{3}{7} \frac{1-0.3z^{-1}}{1-0.7z^{-1}}$$



vagy



8.) ARW (jegyzet 250-251. old.)



A belső visszacsatolás addig működik, amíg a teljesítmény meghaladja a megengedhető határt. Az $u = u_c$ feltételek közötti birtoktartás. δ hangoló paraméter.

SZABÁLYOZÁSTECHNIKA 2. ZÁRTHELYI, B csoport
2012.12.07. 90 perc

Név	Neptun kód	Kurzus	Gyakorlatvezető	Összpontszám

1. Legyen a szabályozott szakasz átviteli függvénye $P(s) = \frac{e^{-4s}}{1+20s}$ egy mintavételes rendszerben, ahol $T_s = 2$ sec.

Alkalmazzon véges beállású szabályozót 3 mintavételei idő alatt történő beállásra. Adja meg a szabályozó impulzusátviteli függvényét és a szabályozási körben a beavatkozási jel kezdeti értékét, ha a bemenő jel egységugrás. (Segítség: $\exp(-0.1) = 0.9048$).

Milyen speciális Youla-paraméternek felel meg a véges beállású szabályozó? 4 pont

2. Egy zárt folytonos szabályozási körben a szabályozott szakasz átviteli függvénye $P(s) = \frac{e^{-4s}}{1+20s}$.

a./ Adja meg a póluskiejtéses PI szabályozó algoritmusát. Határozza meg paramétereinek értékeit 60° fázistöbblet biztosítására.

b./ Egységugrás alapjelre adja meg a zárt körben a szabályozó kimenetén a beavatkozó jel kezdeti és végértékét. Adja meg a szabályozott jellemző kezdeti és végértékét. 4 pont

3. A lineáris folytonos rendszer állapotmátrixai: A, b, c^T, d . Adja meg a nyitott rendszer karakterisztikus egyenletét.

Állapotviszacsatolásos szabályozót alkalmazunk k^T visszacsatoló vektorral. Adja meg az állapotviszacsatolásos rendszer blokk-diagramját és a karakterisztikus egyenletét! Hogyan módosul a struktúra megfigyelő alkalmazásával? Hogyan határozzuk meg az állapotviszacsatoló vektort, ha a zárt rendszer pólusai egy R tervezési polinommal adottak? 4 pont

4. Egy folytonos rendszer állapotegyenletének paramétermátrixai: $A = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}; b = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \end{bmatrix}; c^T = [2 \ 3]; d = 0$.

A rendszert állapotviszacsatolással szabályozzuk. Határozza meg a $k^T = [k_1 \ k_2]$ állapotviszacsatoló vektort úgy, hogy az állapotviszacsatolással kapott zárt rendszer pólusai a $p_1 = -3, p_2 = -4$ helyre kerüljenek. 4 pont

5. Legyen a szabályozott szakasz impulzusátviteli függvénye $G(z) = \frac{z+0.8}{z-0.6} z^{-3} = \frac{1+0.8z^{-1}}{1-0.6z^{-1}} z^{-3}$. Számítsa ki azt a

Youla-paraméterezett optimális szabályozót, amely nem engedi meg a mintavételezési időpontok közötti nem kívánatos lengést! A zavarelhárításra vonatkozó referencia modell legyen $R_n(z) = \frac{0.7z^{-1}}{1-0.3z^{-1}}$. 4 pont

6. Adja meg a zérusrendű tartószerv átviteli függvényét. 2 pont

7. Adja meg az $P(s) = K/s$ folyamat impulzusátviteli függvényét T_s mintavételei idő mellett zérusrendű tartószerv feltételezésével. A zárt mintavételes szabályozási körben egységnyi negatív visszacsatolást alkalmazunk. Adja meg a zárt kör stabilitásának feltételét. 4 pont

8. Legyen a szabályozott szakasz impulzusátviteli függvénye $G(z) = \frac{0.7z-1.0}{z^2-1.5z+0.2} z^{-1} = \frac{0.7-1.0z^{-1}}{1-1.5z^{-1}+0.2z^{-2}} z^{-2}$.

Határozzuk meg a $d = 2$ lépéses predikciós $C_{pr} = \frac{P}{1-Pz^{-d}} \frac{A}{B} = \frac{P}{BF}$ szabályozót! 4 pont

MEGOLDÁS

(1)

$$1.) G(z) = \frac{1 - e^{-2/20}}{z - e^{-2/20}} \cdot z^{-2} = \frac{0,0952}{z - 0,9048} \cdot z^{-2} = \frac{0,0952 z^{-1}}{1 - 0,9048 z^{-1}} \cdot z^{-2}$$

$$C(z) = \frac{A}{B(1 - z^{-d})} = \frac{1 - e^{-2/20} z^{-1}}{(1 - e^{-2/20})(1 - z^{-3})} = \frac{1 - 0,9048 z^{-1}}{0,0952(1 - z^{-3})}$$

A speciális Youla paraméter: $Q = \frac{A}{B}$

A beavatkozási leoldali érték: $u(0) = \frac{1}{0,0952} = 10,5$

$$2.) P(s) = \frac{e^{-4s}}{1 + 20s}; \quad \left[\begin{array}{l} C_{PI}(s) = K_c \frac{1 + 20s}{20s} \end{array} \right]$$

$$a.) L(s) = C_{PI}(s) \cdot P(s) = \frac{K_c}{20s} e^{-4s}$$

$$\varphi(\omega_0) = -\frac{\pi}{2} - 4\omega_0 = -\frac{2\pi}{3} \Rightarrow \omega_c = \frac{\pi}{24}$$

$$|L(j\omega_c)| = 1 = \frac{K_c}{20\omega_c} \Rightarrow \left[K_c = 20 \frac{\pi}{24} = \frac{5\pi}{6} \right]$$

b.) Mivel a rendszer típuszama 1,

$$y(0) = 0; \quad y(\infty) = 1.$$

$$u(0) = K_c; \quad u(\infty) = 1.$$

3.) A nyitott kör karakterisztikus egyenlete:

$$\det(sI - A) = 0$$

A zárt kör karakterisztikus egyenlete:

$$\det(sI - A + BK^T) = 0 = (s - s_1) \dots (s - s_n)$$

adódik az
egyenlet
megoldásával.

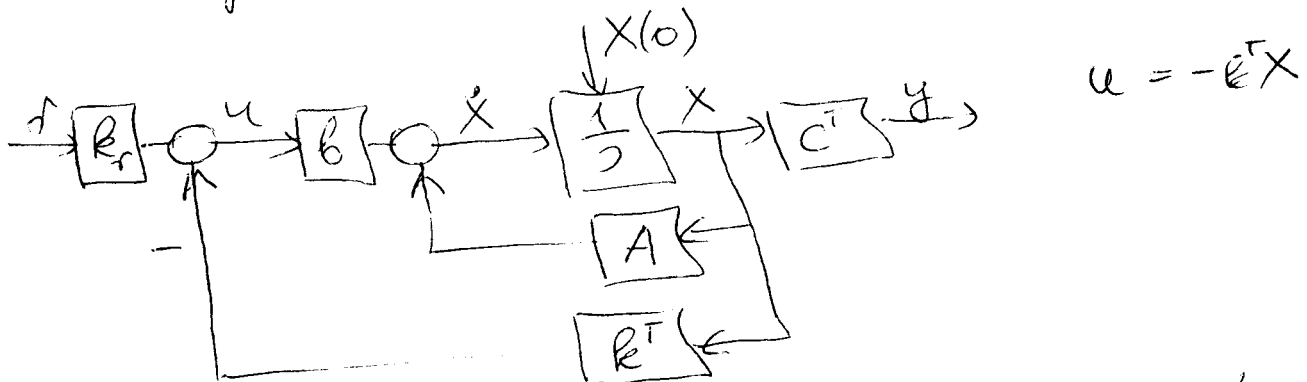
A fentebb
polinomiál
adottak.

$$K^T = [0, 0, \dots, 1] M_c^{-1} R(A) \quad (\text{Ackermann formula.})$$

irányítási mátrix.

MEGOLDÁS

Állapotirvezés feladat



Állapotmegfigyelővel kiegészítve ld. A/3.

4.) Ugyanaz, mint A/2.

$$5.) G(z) = \frac{z+0.8}{z-0.6} z^{-3} = \frac{1+0.8z^{-1}}{1-0.6z^{-1}} z^{-3}$$

$$G_- = \frac{1+0.8z^{-1}}{1.8} ; G_+ = \frac{1.8}{1-0.6z^{-1}} ; d=3.$$

$$C = \frac{R_n G_+^{-1}}{1 - R_n G_- z^{-d}} = \frac{\frac{0.7z^{-1}}{1-0.3z^{-1}} \frac{1-0.6z^{-1}}{1.8}}{1 - \frac{0.7z^{-1}}{1-0.3z^{-1}} \frac{1+0.8z^{-1}}{1.8} z^{-3}}$$

$$C = \frac{0.7z^{-1}(1-0.6z^{-1})}{1.8 - 0.54z^{-1} - 0.7z^{-4} - 0.56z^{-5}}$$

$$6.) P_{zoh}(s) = \frac{1 - e^{-sT_0}}{s}$$

$$7.) G(z) = \frac{KT_0}{z-1} ; \text{ A karakterisztikus egyenlet: } 1 + \frac{KT_0}{z-1} = 0$$

$$z_1 = 1 - KT_0$$

$$|z_1| = |1 - KT_0| < 1$$

$$\boxed{0 < KT_0 < 2}$$

$$z-1 + KT_0 = 0$$

8.) Predikciós szabályozás (333. old.)

Diophantoni egyenlet:

$$1 = AF + Pz^{-d}$$

A: n-edfokú

F: (d-1) fokú

P: (n-1) fokú

$$G(z^{-1}) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} z^{-d}$$

$$C_{pr} = \frac{P}{1 - Pz^{-d}} \cdot \frac{A}{B}$$

$$1 = (1 - 1.5z^{-1} + 0.2z^{-2})(f_0 + f_1z^{-1}) + (p_0 + p_1z^{-1})z^{-2}$$

$$1 = f_0 + z^{-1}(-1.5f_0 + f_1) + z^{-2}(0.2f_0 - 1.5f_1 + p_0) + z^{-3}(0.2f_1 + p_1)$$

$$\left. \begin{array}{l} f_0 = 1 \\ -1.5f_0 + f_1 = 0 \\ 0.2f_0 - 1.5f_1 + p_0 = 0 \\ 0.2f_1 + p_1 = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} f_0 = 1 \\ f_1 = 1.5 \\ p_0 = 2.05 \\ p_1 = -0.3 \end{array}$$

$$C_{pr} = \frac{2.05 - 0.3z^{-1}}{1 - (2.05 - 0.3z^{-1})z^{-2}} \cdot \frac{1 - 1.5z^{-1} + 0.2z^{-2}}{0.7 - z^{-1}}$$

$$C_{pr} = \frac{P}{BF} = \frac{2.05 - 0.3z^{-1}}{(0.7 - z^{-1})(1 + 1.5z^{-1})} = \frac{2.05 - 0.3z^{-1}}{0.7 + 0.05z^{-1} - 1.5z^{-2}}$$