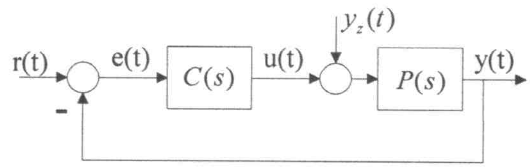
SZABÁLYOZÁSTECHNIKA LABORZÁRTHELYI, 2010. május 5.

(75 perc)

Név	Neptun kód	Kurzus	Gyakorlatvezető	Összpontszám

1. Adott az alábbi szabályozási kör: $C(s)=\dfrac{1+10s}{10s}$, $P(s)=\dfrac{1}{(1+10s)(1+s)(1+0.5s)}$



a./ Adja meg a rendszer fázistartalékát, erősítési tartalékát és modulus tartalékát. Stabilis-e a zárt rendszer? **(3 pont)**

Egységugrás zavarójel és zérus alapjel ($r(t)=0$ és $y_z(t)=1(t)$) esetén :

b./ Ábrázolja minőségileg helyesen az y kimenőjel időbeli lefolyását. **(3 pont)**

c./ Adja meg a beavatkozó jel kezdeti és állandósult értékét. **(2 pont)**

2. Adott az alábbi folytonos folyamat:

$$A=\begin{bmatrix}-2 & 1 & 0\\ 0 & -4 & 1\\ 0 & 0 & -10\end{bmatrix}, b=\begin{bmatrix}0\\0\\2\end{bmatrix}, c=\begin{bmatrix}-0.5 & 0.5 & 0\end{bmatrix}, d=0.$$ **(5 pont)**

a./ Tervezzen állapotvisszacsatolásos szabályozást úgy, hogy a zárt rendszer egy másodrendű lengő tag és egy egytárolós tag szorzata legyen. A másodrendű lengő tag csillapítási tényezője 0.7 és időállandója 0.5 legyen. Az egytárolós tag időállandója egyezzen meg a folyamat legkisebb időállandójával. Határozza meg az alapjelkövetéshez a statikus kompenzációs tényező értékét is.

b./ Ábrázolja a visszacsatolt rendszer (x_1, x_2) állapottrajektóriáját *x0=[2,-4,0]* kezdeti érték esetén. **(3 pont)**

3. Egy mintavételes szabályozási körben a szakasz átviteli függvénye:

$$P(s)=\frac{10}{(1+4s)(1+2s)(1+8s)}e^{-s}.$$ A mintavételezési idő: T_s=0.5.

a./ Zérusrendű tartószerv esetén adja meg a szakasz $G(z)$ impulzusátviteli függvényét zérus-pólus alakban. **(3 pont)**

b./ Soros PID kompenzációt alkalmazzunk póluskiejtéssel. Adja meg a szabályozó impulzus átviteli függvényét zérus-pólus alakban. A szabályozó arányos szorzótényezője legyen egy. **(2 pont)**

c./ Stabilis-e a diszkrét zárt szabályozási rendszer? Válaszát indokolja! **(2 pont)**

4. Egy irányítandó szakasz átviteli függvénye: $P(s)=\dfrac{1}{(1+5s)^2}$. A szakaszt $T_s=1\,\text{sec}$ mintavételi idővel mintavételezzük, bemenetén zérusrendű tartószervet alkalmazunk. Az alapjel követési dinamikáját előíró R_r impulzusátviteli függvény az $\dfrac{1}{1+3s}$ átviteli függvény mintavételezésével, a zavarelhárítást előíró R_n impulzusátviteli függvény az $\dfrac{1}{1+s}$ átviteli függvény mintavételezéséből adódik.

a./ Adja meg a szakasz impulzusátviteli függvényét. **(2 pont)**

b./ Adja meg a szakasz $G=G_+G_-z^{-d}$ felbontását. **(2 pont)**

c./ Adja meg a Q Youla paramétert és a C szabályozót. **(2 pont)**

d./ Vázolja fel minőségileg helyesen egységugrás alapjelre a kimenőjel lefolyását. **(1 pont)**

Megoldás

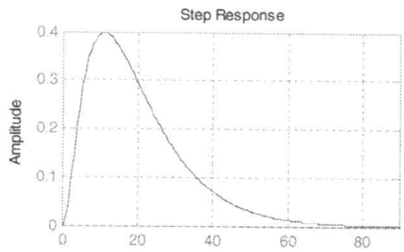
1. a.

s=zpk('s'),C=(1+10*s)/(10*s), P=1/((1+10*s)*(1+s)*(1+0.5*s)),
a./ L=C*P,L=minreal(L), figure(1),margin(L)
[gm,pm]=margin(L), m=bode(L+1), mt=min(m)

gm= 30 (29.5dB) , pm=81.48, mt=0.89, stabilis

b./ Tz=P/(1+L),Tz=minreal(Tz), figure(2),step(Tz),grid

u(0) =0, u_vég= -1



2.

A=[-2, 1, 0;0, -4,1; 0, 0, -10], b=[0;0;2],c=[-0.5,0.5, 0], d=0
P=eig(A),

p=[-2,-4,-10]

T0=0.5, kszi=0.7, den=[T0*T0, 2*T0*kszi,1], pc=roots(den)

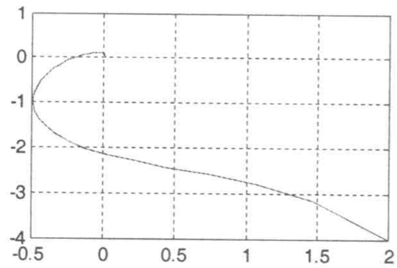
den = [0.2500 0.7000 1.0000],

pc=[-1.4000 + 1.4283i, -1.4000 - 1.4283i]

pc(3)=-10
k=acker(A,b,pc), G=1/dcgain(A-b*k,b,c,d)

k= 9.6000 -8.4000 -1.6000, G = 40

T=ss(a-b*k,G*b,c,d)
x0=[2,-4,0]
[y,t,x]=initial(T,x0)
plot(x(:,1),x(:,2)),grid



---

3 a./

s=zpk('s'), P=10/((1+4*s)*(2*s+1)*(1+8*s)),
Ts=0.5,Td=1, d=Td/Ts, z=zpk('z',Ts),
G1z=c2d(P,Ts),Gz=G1z/(z^d)

$$G(z)=\frac{0.0029204\ (z+3.349)\ (z+0.24)}{z^2\ \ (z-0.9394)\ (z-0.8825)\ (z-0.7788)}$$

b./

Cz=(z-0.9394)*(z-0.8825)/(z*(z-1))
Lz=minreal(Cz*Gz,0.001), [gm,pm]=margin(Lz)

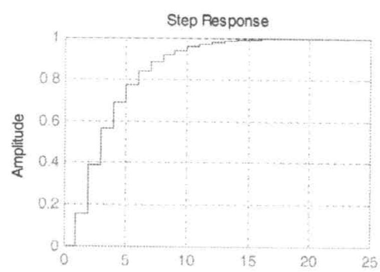
gm = 5.2, pm = 62 , stabilis

---

4. s=zpk('s'), P1=1/((1+5*s)*(1+5*s)),
Ts=1, G=c2d(P1,Ts) , z=zpk('z',Ts),

$$G=G_+G_-z^{-d}=\frac{0.017523\ (z+0.8752)}{(z-0.8187)^2};$$

Gm=(z+ 0.8752)/z, Gm=Gm/dcgain(Gm), Gp=minreal(G/Gm,0.001)
Rr=c2d(1/(1+3*s),Ts),Rn=c2d(1/(1+s),Ts)



$$G_-=\frac{0.53328\ (z+0.8752)}{z},\ G_+=\frac{0.032859\ z}{(z-0.8187)^2},$$

$$R_r(z)=\frac{0.28347}{z-0.7165},\quad R_n(z)=\frac{0.63212}{z-0.3679}$$

Q= minreal(Rn/Gp), C=minreal(Q/(1-Q*G)), L=minreal(C*G), T= minreal(Rr/Rn* L /(1+L)),
Uz= minreal (Rr/Rn*C/(1+L)), umax=max(step(Uz)),

$$Q=\frac{R_n}{G_+}=\frac{19.2372\ \ (z-0.8187)^2}{z\ (z-0.3679)},\quad C=\frac{Q}{1-QG}=\frac{19.2372\ \ (z-0.8187)^2}{(z-1)\ (z+0.295)}$$

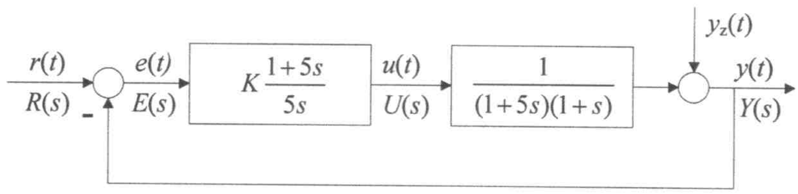
figure(1), step(T),grid,

SZABÁLYOZÁSTECHNIKA LABORZÁRTHELYI, 2010. május 6.
(75 perc)

Név	Neptun kód	Kurzus	Gyakorlatvezető	Összpontszám

1. Egy folytonos szakasz átviteli függvénye $P(s)=\dfrac{1}{(1+s)(1+3s)}e^{-0.5s}$. Az $u(t)=2\sin t$ bemenőjel esetén állandósult állapotban a kimenőjel $y(t)=A\sin(\omega t+\varphi)$. Határozza meg az A,ω,φ paraméterek értékeit! **(6 pont)**

2. Adott az alábbi szabályozási kör:



a./ Határozza meg K maximális értékét, amelynél a zárt rendszer még stabilis! **(2 pont)**
$K=3$ mellett:
b./ adja meg a rendszer erősítési tartalékát, fázistartalékát és modulus tartalékát. Stabilis-e a zárt szabályozási rendszer? **(3 pont)**
c./ $r(t)\equiv 0$ és $y_z(t)=1(t)$ esetén ábrázolja minőségileg helyesen az $y(t)$ kimenőjel időbeli lefolyását. Jelölje be az ábrán a fontosabb értékeket (kezdeti érték, végérték, beállási idő)! **(2 pont)**
d./ $r(t)=e^{-2t}$ és $y_z(t)=0$ esetén ábrázolja minőségileg helyesen az $y(t)$ kimenőjel időbeli lefolyását! **(2 pont)**

3. Egy folytonos szakasz állapotmátrixai:

$$A=\begin{bmatrix}-1 & 0 & 1\\ 0 & -2 & 0\\ 2 & 0 & -4\end{bmatrix},\ b=\begin{bmatrix}1\\1\\1\end{bmatrix}, c=\begin{bmatrix}4 & 0 & 0\end{bmatrix}, d=0$$

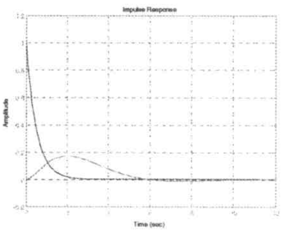
a./ Adja meg a rendszer pólusait. Stabilis-e a rendszer? **(3 pont)**
b./ Irányítható-e és megfigyelhető-e a rendszer? **(3 pont)**
c./ Ábrázolja a rendszer x_1,x_2 állapottrajektóriáját *x0=[1,-2, 2]* kezdeti feltétel esetén. **(3 pont)**

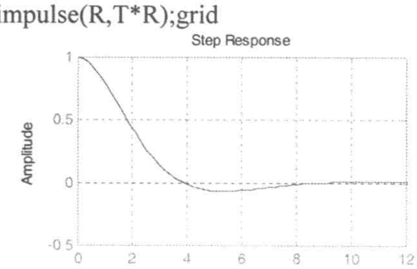
4. Egy irányítandó szakasz átviteli függvénye: $P(s)=\dfrac{1}{(1+s)(1+10s)}e^{-s}$. A szakaszt $T_s=1\,\text{sec}$ mintavételi idővel mintavételezzük, bemenetén zérusrendű tartószervet alkalmazunk. Az alapjel követési dinamikáját előíró R_r impulzusátviteli függvény az $\dfrac{1}{1+5s}$ átviteli függvény mintavételezésével, a zavarelhárítást előíró R_n impulzusátviteli függvény az $\dfrac{1}{1+0.5s}$ átviteli függvény mintavételezéséből adódik.
a./ Adja meg a szakasz impulzusátviteli függvényét. **(2 pont)**
b./ Adja meg a szakasz $G=G_+G_-z^{-d}$ felbontását. **(1 pont)**
c./ Adja meg a Q Youla paramétert és a C szabályozót. **(1 pont)**
d./ Vázolja fel minőségileg helyesen egységugrás alapjelre a kimenőjel és a beavatkozójel lefolyását. **(2 pont)**

Megoldás

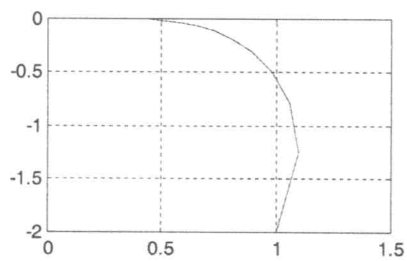
1.
s=zpk('s'), P=1/((1+s)*(1+3*s)),
Td=0.5,**w=1,**
[m,fi]=bode(P,w),
A=2*m
fid=fi-Td*w*180/pi
m= 0.1085, fi= -116
A= 0.4472, f id= -145

2.
s=zpk('s'),P=1/((1+s)*(1+5*s)),C=3*(1+5*s)/(5*s),L=C*P,L=minreal(L)
a./ **strukturálisan stabilis, kmax=inf**
b./ [gm,pm]=margin(L), m=bode(L+1); mt=min(m) ,
pm=62, mt=0.76, stabilis
c./ H=minreal(1/(1+L)), step(H), grid on
d./ T=minreal(L/(1+L)),R=1/(s+2),impulse(R,T*R);grid





3.
a./ A=[-1,0,1;0 -2 0; 2 0 -4], b=[1 ;1 ;1], c=[4 0 0], d=0
eig(A)
p= [-0.4384 -4.5616 -2.0000], negatívak, stabilis
b./
rank(ctrb(A,b))
3, irányítható
rank(obsv(A,c))
2 nem megfigyelhető
c./ H=ss(A,b,c,d), x0=[1,-2, 2],[y,t,x]=initial(H,x0);
plot(x(:,1),x(:,2));grid

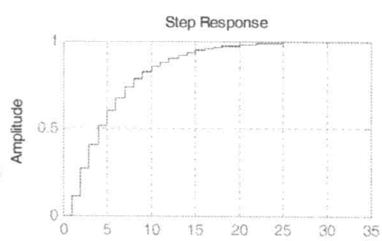


---

4. s=zpk('s'), P1=1/((1+s)*(1+10*s)),
Ts=1, G1=c2d(P1,Ts) , z=zpk('z',Ts),

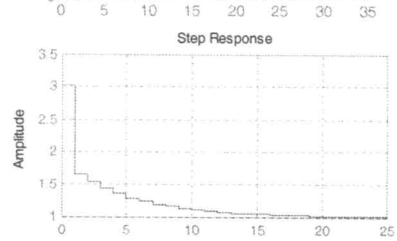
$$G = G_1 z^{-d} = G_+ G_- z^{-d} = \frac{0.035501\ (z+0.6945)}{(z-0.9048)\ (z-0.3679)} z^{-1};$$

Gm=(z+ 0.6945)/z, Gm=Gm/dcgain(Gm), Gp=minreal(G1/Gm,0.001)
Rr=c2d(1/(1+5*s),Ts),Rn=c2d(1/(1+0.5*s),Ts)



$$G_- = \frac{0.59014\ (z+0.6945)}{z},\quad G_+ = \frac{0.060156\ z}{(z-0.9048)\ (z-0.3679)},$$

$$R_r(z) = \frac{0.18127}{z-0.8187},\quad R_n(z) = \frac{0.86466}{z-0.1353}$$



Q= minreal(Rn/Gp), C=minreal(Q/(1-Q*G)), L=minreal(C*G), T= minreal(Rr/Rn* L /(1+L)),
Uz= minreal (Rr/Rn*C/(1+L)), figure(1), step(T),grid, figure(2), step(Uz),grid,

$$Q = \frac{R_n}{G_+} = \frac{14.3738\ (z-0.9048)\ (z-0.3679)}{z\ (z-0.1353)},\quad C = \frac{Q}{1-QG} = \frac{14.3738\ (z-0.9048)\ (z-0.3679)}{(z-1)\ (z+0.3544)}$$

SZABÁLYOZÁSTECHNIKA LABORZÁRTHELYI, 2010. május 7.
(75 perc)

Név	Neptun kód	Kurzus	Gyakorlatvezető	Összpontszám

1. Egy zárt szabályozási kör felnyitott körének átviteli függvénye $L(s)=\dfrac{K}{s(1+s)(1+5s)}$.

a./ Adja meg $K_{\max}>0$ értékét, amely mellett a zárt kör még stabilis! **(2 pont)**

b./ Határozza meg azt a K értéket, amely mellett a rendszer fázistartaléka 60°. **(2 pont)**

c./ $K=0.15$ esetén ábrázolja a zárt rendszer kimenőjelét $r(t)=1(t)$ alapjelre. **(2 pont)**

d./ $K=0.15$ és $r(t)=t$, $0\le t\le 40$ (sebességugrás) alapjel esetén ábrázolja egy koordináta rendszerben az alapjelet és a kimenőjelet! Mekkora a statikus hiba? **(3 pont)**

2. Egy mintavételes szabályozási körben a szakasz átviteli függvénye:

$$P(s)=\frac{2}{s(1+2s)}e^{-s}.\quad \text{A mintavételezési idő: } T_s=0.5.$$

a./ Zérusrendű tartószerv esetén adja meg a szakasz $G(z)$ impulzusátviteli függvényét zérus-pólus alakban. **(3 pont)**

b./ A szabályozó impulzusátviteli függvénye $C(z)=0.5\dfrac{z-z_1}{z}$. Póluskiejtéses kompenzáció esetén adja meg z_1 értékét. Milyen típusú szabályozót valósítottunk meg? Stabilis-e a zárt rendszer? **(3 pont)**

3. Adott az alábbi folytonos folyamat:

$$A=\begin{bmatrix}-1 & 1 & 0\\ 0 & -2 & 1\\ 0 & 0 & -5\end{bmatrix}, b=\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, c=\begin{bmatrix}-0.5 & 1 & 0\end{bmatrix}, d=0.$$

a./ Adja meg a rendszer átviteli függvényét! **(2 pont)**

b./ Tervezzen állapotvisszacsatolásos szabályozást úgy, hogy a zárt rendszer egy másodrendű lengő tag és egy egytárolós tag szorzata legyen. A másodrendű lengő tag csillapítási tényezője 0.6 és időállandója 0.2 legyen. Az egytárolós tag időállandója egyezzen meg a folyamat legkisebb időállandójával. Határozza meg az alapjelkövetéshez a statikus kompenzációs tényező értékét is. **(6 pont)**

4. Egy irányítandó szakasz átviteli függvénye: $P(s)=\dfrac{1}{(1+4s)(1+10s)}e^{-2s}$. A szakaszt $T_s=2\,\text{sec}$ mintavételi idővel mintavételezzük, bemenetén zérusrendű tartószervet alkalmazunk. Tervezzen Youla parametrizált szabályozót az $R_r(z)=\dfrac{0.4}{(z-0.6)}$, $R_n(z)=\dfrac{0.6}{(z-0.4)}$ alapjel és zavarójel szűrők feltételezésével.

a./ Adja meg a szakasz impulzusátviteli függvényét. **(2 pont)**

b./ Adja meg a szakasz felbontását (G_+ ; G_- és d kifejezését a $G=G_+G_-z^{-d}$ felbontásban). **(1 pont)**

c./ Adja meg a Q Youla paramétert és a Youla parametrizált C szabályozót. **(2 pont)**

d./ Vázolja fel minőségileg helyesen egységugrás alapjelre a kimenőjel és a beavatkozó jel lefolyását. **(2 pont)**

Megoldás, 2010. május 7.

1.

s=zpk('s'), L1=1/(s*(1+1*s)*(1+5*s)),

a./ kmax=margin(L1)

Kmax= 1.2

b./ [m,f,w]=bode(L1);

kc=margin(m,f-60,w)

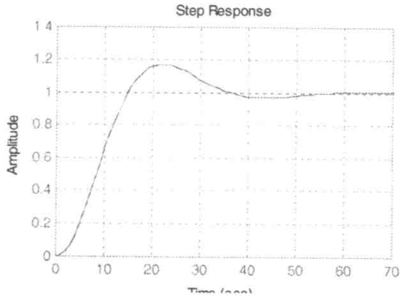
K =0.1

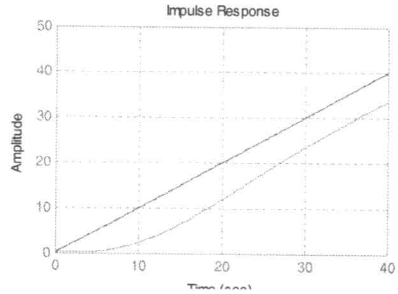
c./ L=0.15*L1;figure(1),margin(L)

T=L/(1+L),T=minreal(T),step(T),grid

d./ R=1/(s*s), impulse(R,R*T,40),grid

es=1/K=0/0.15=6.66





2

a./ P=2/(s*(1+2*s)),

Ts=0.5,Td=1, d=Td/Ts, z=zpk('z',Ts),

G1z=c2d(P,Ts),Gz=G1z/(z^d)

$$G(z)=\frac{0.1152\ (z+0.9201)}{z^2\ (z-1)\ (z-0.7788)}$$

b./

z1=0.7788

Cz=0.5*(z-z1)/z, Lz=minreal(Cz*Gz,0.001), margin(Lz)

PD szabályozás, Stabilis , pm=72

3.

A=[-1, 1, 0;0, -2,1; 0, 0, -5], b=[0;0;1],c=[-0.5,1, 0], d=0

P=eig(A),

p=[-1,-2,-5]

T0=0.2, kszi=0.6, den=[T0*T0, 2*T0*kszi,1], pc=roots(den)

den = [0.0400 0.2400 1.0000],

pc=[-3 + 4i, -3 - 4i]

pc(3)=-5

k=acker(A,b,pc), G=1/dcgain(A-b*k,b,c,d)

k= 80 29 3, G = 250

4.

s=zpk('s'), P1=1/((1+4*s)* (1+10*s)), Ts=2,Td=2,d=Td/Ts

G1=c2d(P1,Ts) , z=zpk('z',Ts), G=G1/(z^d)

$$G=G_1z^{-d}=G_+G_-z^{-d}=\frac{0.039803\ (z+0.7919)}{z\ (z-0.8187)\ (z-0.6065)}$$

Gm=(z+0.7919)/z, Gm=Gm/dcgain(Gm), Gp=minreal(G1/Gm,0.001)

$$G_-=\frac{0.55807\ (z+0.7919)}{z}\qquad G_+=\frac{0.071322\ z}{(z-0.8187)\ (z-0.6065)}$$

Rr=0.4/(z-0.6), Rn=0.6/(z-0.4)

Q= minreal(Rn/Gp), C=minreal(Q/(1-Q*G))

L=minreal(C*G), T= minreal((Rr/Rn)*L/(1+ L)),

Uz= minreal ((Rr/Rn)*Q), umax=max(step(Uz))

$$Q=\frac{R_n}{G_+}=\frac{8.4125\ (z-0.8187)\ (z-0.6065)}{z\ (z-0.4)},$$

$$C=\frac{Q}{1-QG}=\frac{8.4125\ z\ (z-0.8187)\ (z-0.6065)}{(z-1)\ (z^\wedge 2\ +0.6z+0.2652)}$$

figure(1), step(T),grid,

figure(2), step (Uz),grid