Példa a Ljapunovra:

$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$

$\dot{x}_1 = -x_2 - x_1^3 = f_1(x)$

$\dot{x}_2 = x_1 - x_2^3 = f_2(x)$

$x = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ egyensúlyi helyzet

$V(x) = x_1^2 + x_2^2$

$\dot{V} = \langle \text{grad}\, V, f \rangle = \left\langle \begin{pmatrix} 2x_1 \\ 2x_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -x_2 - x_1^3 \\ x_1 - x_2^3 \end{pmatrix} \right\rangle$

$\dot{V} = 2x_1(-x_2 - x_1^3) + 2x_2(x_1 - x_2^3)$

$\dot{V} = \cancel{-2x_1x_2} - 2x_1^4 + \cancel{2x_2x_1} - 2x_2^4$

$\dot{V} = -2(x_1^4 + x_2^4) < 0$ negatív definit

(csak, akkor nulla, ha $x_1 = 0$ és $x_2 = 0$)

A rendszer globálisan stabilis.

Nem lineáris: $\dot{x} = f(t, x)$, $\xi \equiv 0$ egyensúlyi pont $\Leftrightarrow$ $f(t, 0) \equiv 0$

Linearizálás: $f(t, x) = \underbrace{\cancel{f(t,0)} + f'_x(t,0)\cdot x}_{\text{linearizált rész}} + f_1(t, x)$

$\underbrace{\qquad}_{A(t)\cdot x}$

Taylor sor magasabb rendű tagjai (nem lin.)

Lin: $\dot{x} = A(t) \cdot x$

N.L.: $\dot{x} = A(t)x + f_1(t, x)$

A lin. rendszer stabilitásából lehet-e következtetni a N.L. rendszer stabilitására?

Ljapunov 2. tétele (indirekt módszer):

Feltételek:

(1) $\lim\limits_{x \to 0} \sup\limits_{t \geq 0} \dfrac{\|f_1(t,x)\|}{\|x\|} = 0$

(2) $A(t)$ korlátos

(3) $\dot{x} = A(t) \cdot x$ lineáris rendszer legyen egyenletesen, aszimptotikusan stabilis

Akkor az eredeti nemlineáris rendszer $\xi \equiv 0$ egyensúlyi pontja egyenletesen és aszimptotikusan stabil.

Lin: $\dot{x} = A(t)x \longrightarrow$ alapmátrix $\phi(t,\tau)$

$$\frac{d\Phi(t,\tau)}{dt} = A(t)\phi(t,\tau) \quad ; \quad \phi(\tau,\tau) = I$$

$$\phi(t,\tau)\phi(\tau,t) = I \quad ; \quad \phi(t,\tau)^{-1} = \phi(\tau,t)$$

$$\frac{d\Phi(t,\tau)}{d\tau} = -\phi(t,\tau)A(\tau)$$

$$P(t) = \int_t^\infty \phi(\tau,t)^T \phi(\tau,t)\, d\tau$$

$$\langle P(t)x, x\rangle = \int_t^\infty \|\phi(\tau,t)x\|^2 d\tau > 0 \quad ; \quad \exists\, \alpha, \beta > 0,\ \alpha\|x\|^2 \le \dots$$

$$\alpha\|x\|^2 \le \langle P(t)x, x\rangle \le \beta\|x\|^2$$

$$V(t,x) = \langle P(t)x, x\rangle$$

$$W(x) = \alpha\|x\|^2$$

$V(t,x)$ pozitív definit

$$\dot{V}(t,x) = \langle \dot{P}(t)x, x\rangle + \langle P(t)\dot{x}, x\rangle + \langle P(t)x, \dot{x}\rangle =$$

$$\dot{x} = A(t)x + f_1(t,x)$$

$$= \langle [\dot{P}(t) + P(t)A(t) + A^T(t)\cdot P(t)]x, x\rangle + 2\langle P(t)f_1(t,x), x\rangle$$

$$\dot{P} = \int_t^\infty \Big[\underbrace{\frac{d\Phi^T(\tau,t)}{dt}}_{-A^T(t)\Phi^T(\tau,t)}\phi(\tau,t) + \Phi^T(\tau,t)\underbrace{\frac{d\Phi(\tau,t)}{dt}}_{-\phi(\tau,t)A(t)}\Big]d\tau - \underbrace{\Phi^T(t,t)\Phi(t,t)}_{I}$$

$$= -A^T(t)\cdot P(t) - P(t)\cdot A(t) - I = \dot{P} \Rightarrow \dot{P}(t) + P(t)A(t) + A^T(t)P(t) = -I$$

$$\dot{V}(t,x) = -\|x\|^2 + 2\underbrace{\langle P(t)f_1(t,x), x\rangle}_{\text{tetszőlegesen kicsin tehető } x=0 \text{ alkalmas környezetében}} < 0 \Rightarrow \text{negatív definit}$$

$\Rightarrow \xi = 0$ egyensúlyi pontja a nem lineáris rendszernek egyenletesen és aszimptotikusan stabilis.

Probléma: az egyensúlyi pont vonzásköre (attrakciós halmaza) nem ismert, NL rendszer csak kicsiben aszimpt. stabilis.

Azaz addig stabil, míg nem távolodunk el nagyon az egyensúlyi ponttól!

LTI rendszer : $\dot{x} = Ax$, $\xi \equiv 0$ egyensúlyi pont

(1) Klasszikus stab. def.: $\det(sI - A) = 0 \rightarrow s_i \rightarrow \mathrm{Re}\, s_i < 0$

Ljapunov direkt módszer: $V(x) = \langle Px, x \rangle$; P poz. def. konstans

(2) $PA + A^T P = -Q$, $P > 0$, $Q > 0$

(1) → (2) és (2) → (1) (következnek egymásból)

(1) → (2) bizonyítása:

$$P = \int_0^\infty e^{A^T t} Q e^{At} dt$$

$Q > 0 \Rightarrow \sqrt{Q} > 0$ (mátrix négyzetgyöke)

$$\Rightarrow \langle Px, x \rangle = \langle \int_0^\infty e^{A^T t} (\sqrt{Q}\sqrt{Q}) e^{At} dt\, x, x \rangle = \int_0^\infty \| \sqrt{Q} e^{At} x \|^2 dt > 0$$

$PA + A^T P + Q = 0$ (?)

$(PA + A^T P + Q)x = 0$ (?)

$$\int_0^\infty e^{A^T t} Q e^{At} dt\, Ax + A^T \int_0^\infty e^{A^T t} Q e^{At} dt\, x + Qx$$

$$e^{At} \cdot Ax = A \cdot \underbrace{e^{At} x}_{x(t)} = A \cdot x(t) = \dot{x}(t)$$

$\dot{x} = Ax$, $x(0) = x \Rightarrow x(t) = e^{At} \cdot x$

$\dot{x}(t) = A \cdot x(t)$

$$\int_0^\infty \underbrace{e^{A^T t} Q}_{u} \underbrace{\dot{x}(t)}_{v'} dt + A^T \int_0^\infty e^{A^T t} Q \underbrace{e^{At} x}_{x(t)} dt + Qx$$

$(uv)' = u'v + uv' \Rightarrow uv' = (uv)' - u'v$

$$\int_0^\infty [e^{A^T t} Q x(t)]' dt - \cancel{\int_0^\infty A^T e^{A^T t} Q x(t) dt} + \cancel{A^T \int_0^\infty e^{A^T t} Q x(t) dt} + Qx$$

$$e^{A^T t} Q x(t) \Big|_0^\infty + Qx = -Q\underbrace{X(0)}_{x} + Qx = 0 \checkmark$$

tart nullához

$\mathrm{Re}\, s_i < 0$

$$\Rightarrow PA + A^T P + Q = 0$$

$$\boxed{PA + A^T P = -Q}$$

$Q > 0$, $P > 0$

LTI: $\dot{x} = Ax$

Stabil → $\mathrm{Re}\, s_i < 0$, $\forall i$

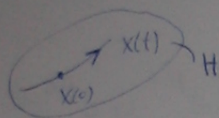
→ $PA + A^T P = -Q$, $Q > 0$ $\exists P > 0$

La Salle tétele

$\dot{x} = f(x)$, $\xi \equiv 0$ egyensúlyi pont, $f(0) = 0$

$\dot{V} \leq 0$ neg. szemidefinit

Invariáns halmaz H: Ha trajektória teljesen a halmazban marad.



E halmaz, $H \subset E$ invariáns halmaz, $M \subset E$

$M = \max\{ H \subset E : x(0) \in H \Rightarrow x(t) \subset H, \forall t \}$

T: Létezzen $V(x)$ pozitív definit Ljápunov-fv., amely $r > 0$ esetén teljesíti, hogy az $\{ x : V(x) < r \} =: \Omega_r$ nyílt halmazon

$\dot{V}(x) = \langle \operatorname{grad} V, f(x) \rangle \leq 0$ neg. szemidefinit.

jelölés: $E = \{ x \in \Omega_r : \dot{V}(x) = 0 \}$

Legyen E maximális invariáns halmaza $M \subset E$.

Akkor $\forall x(0) \in \Omega_r$ esetén $x(t) \longrightarrow M$ max. inv. halmazhoz.

↳ attrakciós halmaz

Következmény: $M = \{0\}$ esetén a $\xi \equiv 0$ egyensúlyi pont aszimptotikusan stabilis és attrakciós halmaza Ω_r.

Speciális eset: $x = \begin{pmatrix} y \\ z \end{pmatrix}$; $f(x) = \begin{pmatrix} \varphi(y,z) \\ \psi(y,z) \end{pmatrix}$

$$\dot{y} = \varphi(y,z)$$
$$\dot{z} = \psi(y,z)$$

Feltétel: La Salle-tétel feltételein túl teljesüljön még:

(1) $\dot{V}(y,z) = 0 \Rightarrow y = 0$

(2) $\varphi(0,z) = 0 \Leftrightarrow z = 0$

$\Rightarrow$ $M = \left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{matrix} y \\ z \end{matrix} \right\} \Rightarrow \xi \equiv 0$ aszimpt. stabil egyensúlyi pont

Miért van ez így?

$E = \left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ z \end{pmatrix} \right\}$ (1) miatt

↘

XII. 14. p 14. h

$M \subset E \Rightarrow y = 0 \Rightarrow y(t) \equiv 0 \Rightarrow \dot{y} = 0 \Rightarrow \dot{y} = \varphi(0, z) = 0 \Rightarrow z = 0$

$M = \{ \binom{0}{0} \}$ ✓

Példa, amit nem fogunk érteni :) (kitekintés)

$$\underbrace{\bar{\bar{H}}(\bar{q})}_{\text{effektív és csatoló inercia}} \cdot \ddot{\bar{q}} + \underbrace{\bar{\bar{C}}(\bar{q}, \dot{\bar{q}})}_{\text{centripet. és Coriolis-hatás}} \dot{\bar{q}} + \underbrace{\bar{D}(\bar{q})}_{\text{gravitáció hatás}} = \bar{\tau}$$

$\leftarrow$ beavatkozó jel = motornyomaték

$$\bar{\tau} := \bar{D}(\bar{q}) + K_p(\bar{q}_a - \bar{q}) - K_d \dot{\bar{q}} \; ; \qquad K_p, K_d > 0 \text{ poz. def.}$$

La Salle tétellel belátható: aszimptotikusan stabilis

$z = q - q_a$ $\qquad (\bar{q}_a = \text{const.})$

$y = \dot{q}$

PTP (point to point) controll

Vizsga: 10 kérdés · 5p = 50 pont → 25 pont kell. 1-7 gyak.-ból

Gyakorlat kérdésekből

2×50 pont + 10 pont kis ZH-ról → az átlag 2-szerese

2-eshez: 40 pont kell! összesen

7. Ellenőrző kérdések a gyakorlathoz

1. Adja meg az autoregresszív (AR) és mozgóátlag (MA) folyamatok diszkrétidejű modelljeinek definícióját. Adja meg a diszkrétidejű ARX és ARMAX modellek értelmezését ezek általánosításaiként.

2. Vezesse le, hogy a
$$D(z)=\frac{b_1 z+b_2}{z^2+a_1 z+a_2}=\frac{b_1 z^{-1}+b_2 z^{-2}}{1+a_1 z^{-1}+a_2 z^{-2}}=\frac{Y(z)}{U(z)}$$
átviteli függvényű diszkrétidejű rendszer identifikációja $y(t)=\varphi^T(t)\vartheta$ alakú lineáris paraméterbecslési feladatra vezet a $q^{-k}x(t)=x(t-k)$ eltolásoperátor bevezetésével. Adja meg a rendszerhez tartozó $\varphi^T(t)$ és ϑ felépítését.

3. Adja meg az $y(t)=\varphi^T(t)\vartheta$ lineáris paraméterbecslési feladat $V(\vartheta,t)$ veszteségfüggvényét, a lineáris paraméterbecslési feladat általános megoldásának két alakját és az abban szereplő kifejezések értelmezését. Mennyiben változik a megoldás W súlyozómátrix előírása esetén?

4. Adja meg az $y(t)=G(q)u(t)+H(q)e(t)$ (additív színes zajjal terhelt) rendszer esetén az optimális 1-lépéssel előretartó $\hat{y}(t|t-1)$ jóslás és az $\varepsilon(t)$ reziduál (becslési hiba) alakját. Mutassa meg az eredmény felhasználásával, mi lesz ARX modell esetén az $\hat{y}(t|t-1)$ jóslás és az $\varepsilon(t)$ reziduál alakja.

5. Adja meg ARX modell esetén az optimális $\hat{\vartheta}^{LS}$ paraméterbecslés alakját. Mutassa meg, hogy $y(t)=\varphi^T(t)\vartheta_0+v_0(t)$ jel esetén becslési hiba léphet fel, és adja meg, mire kell törekedni ennek kiküszöbölése érdekében.

6. ARX modell esetén az optimális $\hat{\vartheta}^{LS}$ paraméterbecslés
$$\hat{\vartheta}^{LS}=\mathrm{sol}\left\{\frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\varphi(t)[y(t)-\varphi^T(t)\vartheta]=0\right\}$$
alakban is felírható. Mutassa meg, milyen módosítást végzünk ezen a $\xi(t)$ segédváltozó (instrumental variable) értelmezésekor. Adja meg a segédváltozós módszer (IV) ebből következő $\hat{\vartheta}^{IV}$ paraméterbecslésének alakját. Adja meg a segédváltozóval szemben támasztott két követelményt, ha a jel $y(t)=\varphi^T(t)\vartheta_0+v_0(t)$ alakú.

7. Adja meg ARMAX modell alakját, és alkalmazása esetén az $\hat{y}(t|t-1)$ jóslás és az $\varepsilon(t)$ reziduál alakját. Milyen numerikus módszert használ a System Identification Toolbox az ARMAX modell paramétereinek meghatározásakor?

8. Egy ismeretlen rendszeren adatgyűjtést végezve rendelkezésre állnak az $y(t), u(t), t=1,\dots,N$, bemenő- és kimenőjelek az y és u vektorokban oszlopfolytonosan. A rendszer
$$D(z)=\frac{b_1 z^2+b_2 z+b_3}{z^3+a_1 z^2+a_2 z+a_3}$$
diszkrétidejű lineáris modelljét a System Identification Toolbox `tharx=arx(z,nn)` függvényhívásával akarjuk meghatározni. Adja meg a hívást megelőző előkészítő lépéseket, a hívást, és az ARX modell identifikált paramétereit kinyerő lépéseket MATLAB utasítások formájában.

9. Egy ismeretlen rendszeren zárt szabályozási körben adatgyűjtést végezve rendelkezésre állnak a szakasz $y(t), u(t), t=1,\dots,N$, bemenő- és kimenőjelei az y és u vektorokban oszlopfolytonosan. A rendszer
$$D(z)=\frac{b_1 z^2+b_2 z+b_3}{z^3+a_1 z^2+a_2 z+a_3}$$
diszkrétidejű lineáris modelljét a System Identification Toolbox `thiv4=iv4(z,nn)` függvényhívásával akarjuk meghatározni. Adja meg a hívást megelőző előkészítő lépéseket, a hívást, és a modell identifikált paramétereit kinyerő lépéseket MATLAB utasítások formájában.

10. Egy ismeretlen rendszeren zárt szabályozási körben adatgyűjtést végezve rendelkezésre állnak a szakasz $y(t), u(t), t=1,\dots,N$, bemenő- és kimenőjelei az y és u vektorokban oszlopfolytonosan. A rendszer
$$D(z)=\frac{b_1 z^2+b_2 z+b_3}{z^3+a_1 z^2+a_2 z+a_3}$$
diszkrétidejű lineáris modelljét a System Identification Toolbox `tharmax=armax(z,nn)` függvényhívásával akarjuk meghatározni. A zajmodellben szereplő polinom fokszámát a szakasz rendszámával azonosnak választjuk. Adja meg a hívást megelőző előkészítő lépéseket, a hívást, és a modell identifikált paramétereit kinyerő lépéseket MATLAB utasítások formájában.

11. Lassan változó munkapontok esetén egy ismeretlen SISO rendszer lineáris paraméterbecslésen alapuló $y(t)=\varphi^T(t)\vartheta$ modelljének ϑ paramétervektorát rekurzív paraméterbecsléssel akarjuk identifikálni. Jelölje $\lambda\in(0,1]$ a felejtési tényezőt. Adja meg a felejtést alkalmazó $V(\vartheta,t)$ veszteségfüggvény alakját.

Adja meg a $\hat{\vartheta}(t)=[\Phi\Lambda\Phi^T]^{-1}\Phi\Lambda Y$ optimális becslésben szereplő Φ, Λ, Y értelmezését. Tudván, hogy a rekurzív megoldás

$$\hat{\vartheta}(t)=\hat{\vartheta}(t-1)+P(t)\varphi(t)[y(t)-\varphi^T(t)\hat{\vartheta}(t-1)]$$

alakra hozható, mi a $P(t)$ mátrix definíciója, és létezik-e rekurzív számítására szintén zárt alak.

12. Nulla vagy ismert $u(t)$ bemenőjel esetén a nemlineáris rendszer állapotegyenlete $\dot{x}(t)=f(t,x(t))$ alakra hozható. Legyen $\xi(t)$ az állapotegyenlet egy megoldása (egyensúlyi helyzete, határciklusa, vagy más megoldása). Adja meg a $\xi(t)$ megoldás Ljapunov-értelemben vett stabilitásának definícióját, és a definíció illusztrációját mérnöki felfogásban egy rajzon is (speciálisan $x \in R^1$ esetén). Mit értünk egyenletes stabilitáson és aszimptotikus stabilitáson?

13. Adja meg a $V(t,x)$ pozitív definit függvény definícióját. Mi lesz a negatív definit és a negatív szemidefinit függvény értelmezése? Hol van szerepe a pozitív (negatív) definit függvényeknek?

14. Tegyük fel, hogy az $\dot{x}(t)=f(t,x(t))$ nemlineáris rendszernek $\xi \equiv 0$ egyensúlyi helyzete. Adja meg Ljapunov első tételét (direkt módszer) a $\xi \equiv 0$ egyensúlyi helyzet stabilitásvizsgálatához. Adja meg az abban szereplő $V(t,x)$ Ljapunov-függvény idő szerinti $\dot{V}(t,x)$ deriváltjának alakját V-vel és f-fel kifejezve. Mikor lesz a rendszer aszimptotikusan is stabil?

15. Tegyük fel, hogy az $\dot{x}(t)=f(t,x(t))$ nemlineáris rendszernek $\xi \equiv 0$ egyensúlyi helyzete. Adja meg Ljapunov második tételét (indirekt módszer) a $\xi \equiv 0$ egyensúlyi helyzet stabilitásvizsgálatához, amely kapcsolatot teremt az $\dot{x}=A(t)x$ linearizált rendszer és az $\dot{x}=A(t)x+f_1(t,x)$ alakra hozott nemlineáris rendszer $\xi \equiv 0$ egyensúlyi helyzetének stabilitása között.

16. Adja meg az $\dot{x}=Ax$ időinvariáns lineáris rendszer klasszikus stabilitásfogalma és a Ljapunov-stabilitás közötti kapcsolatot. Adja meg a Ljapunov-egyenletet és a megoldására epülő $V(x)$ Ljapunov függvényt.

17. Legyen az $\dot{x}=f(x)$ időinvariáns nemlineáris rendszernek $\xi \equiv 0$ egyensúlyi helyzete. Adja meg az invariáns halmaz és a maximálisan invariás halmaz definícióját. Adja meg a LaSalle-tételt az egyensúlyi helyzet stabilitásvizsgálatához. Adja meg az aszimptotikus stabilitás feltételét a maximális invariáns halmazzal kifejezve.

VIIIA 303 SZABÁLYOZÁSTECHNIKA VIZSGAFELADATOK

BSc képzés, villamosmérnöki szak

Név:

Neptun kód:

Hallgató aláírása:

Feladat	Pont
F1. (max. 25p)	
F2.(max. 25p)	
Feladat pontszám	
Teszt pontszám	
5 KisZH átlag*2 (max. 10p)	
Összpontszám	

Összpontszám	Osztályzat
0-39 vagy Teszt<25 pont	1
40-59	2
60-74	3
75-84	4
85-100	5

FIGYELEM: Minden feladatot <u>külön lapon</u> **kell** megválaszoni a <u>feladatok sorrendjében,</u> megválaszolatlan feladat lapjának <u>üresen</u> kell maradnia! (1 lapnak 2 oldala van). Az összetűzött lapokat megbontani tilos.

FELADAT1 (minta)

Szabályozástechnika VIIIA 303

A szabályozott szakasz kettősintegrátorral modellezhető: $W(s)=\frac{1}{s^2}$. A szabályozó 2-szabadságfokú $(Ru=Tr-Sy)$ mintavételes szabályozó, amely egy integrátort is tartalmaz, hogy eliminálja a szakasz bemenetén ható ugrásszerű zavarás hatását a szabályozott jellemzőben. A mintavételi idő $T=1$ sec. A zárt rendszerre vonatkozó előírások folytonos időben lettek definiálva:

a zárt kör domináns pólusa: $\xi=0.707$, $\omega_0=0.2\ \text{sec}^{-1}$

a megfigyelő pólusai: $s_{obs}=-2\ \text{sec}^{-1}$

1. Határozza meg az ekvivalens specifikációkat diszkrét időben: $A_m(z), A_0(z), P(z)=A_m(z)A_0(z)$.
2. Adja meg a szakasz diszkrétidejű átviteli függvényének $D(z)=B(z)/A(z)$ felbontását a szabályozástechnikailag jó $A(z)$ és $B(z)=B^+(z)B^-(z)$ alakban, figyelmet fordítva a vezető együtthatók tervezés során elvárt értékére.
3. Határozza meg a zárt rendszer referencia modelljét és a szabályozó polinomok alakját a kauzalitási feltételek betartásával.
4. Határozza meg a szabályozóra vonatkozó diophantoszi egyenletet és megoldását.
5. Adja meg a szabályozó realizálására szolgáló kifejezést és az új beavatkozó jel számítására szolgáló értékadó utasítást. Adja meg a szabályozó realizálásának blokksémáját, a relizáláshoz szükséges DAC, ADC átalakítók feltüntetésével.
6. Adja meg a zárt szabályozási kör $D_{yr}(z)$ eredő átviteli függvényét, pólusait és zérusait, valamint az átmeneti függvény Δv túllövését és a $T_{2\%}$ szabályozási időt.

FELADAT2 (minta)

Szabályozástechnika VIIIA 303

A szabályozott szakasz egy kettős integrátor, amelynek átviteli függvénye $W(s)=\frac{1}{s^2}$. A szabályozott szakaszhoz <u>diszkrétidejű szabályozót</u> tervezünk, amely állapotvisszacsatolást és aktuális állapotmegfigyelőt alkalmaz. A zárt rendszer domináns póluspárja legyen folytonos időben definiálva a $\xi=0.7$ csillapítással és az $\omega_0=2\,\text{sec}^{-1}$ csillapítatlan sajátfrekvenciával, a megfigyelő sajátértékei essenek az $s_{obs}=-4\,\text{sec}^{-1}$ helyre. A tervezést a következő lépésekben kell elvégezni:

1. Határozza meg a szabályozott szakasz állapotegyenletét folytonos időben <u>szabályozó</u> alakban: $\Sigma=(A,B,C,D)$. Segítség: tf2ss szabályozó alakot ad. Határozza meg a diszkrétidejű megfelelőt lépcsős bemenet és $T=0.1\,\text{sec}$ mintavételi idő esetén: $\Sigma_d=(A_d,B_d,C_d,D_d)$.
2. Határozza meg a folytonosidejű specifikációknak megfelelő diszkrétidejű specifikációkat: $z_1, \bar{z}_1, z_{obs}$. Határozza meg a zárt rendszer $\varphi_c(z)$ karakterisztikus egyenletét és az aktuális állapotmegfigyelő $\varphi_o(z)$ karakterisztikus egyenletét.
3. Határozza meg a diszkrétidejű rendszer irányíthatósági mátrixát és az Ackermann képlettel a K állapotvisszacsatolást. Határozza meg az alapjel miatti korrekcióhoz szükséges N_x, N_u értékét.
4. Adja meg az aktuális állapotmegfigyelő differenciaegyenletét, a benne szereplő F, G, H mátrixok számítására szolgáló összefüggéseket, és határozza meg a mátrixok értékét.
5. Rajzolja fel a szabályozó hatásvázlatát. Írja fel a megfigyelő realizációját a valósidejű szempotok figyelembevételével numerikus alakban. Adja meg a teljes szabályozási rendszer Simulink modelljét, és határozza meg a Simulink modell felhasználásával a zárt rendszer átmeneti függvényének Δv túllövését és a T_m első maximumig terjedő időt, valamint a tranziens során a beavatkozó jel u_{max} maximális értékét.

<u>**Előírások**</u> (mindkét feladat esetén): A megoldás minden lépésénél meg kell adni a felhasznált MATLAB ill. Control System Toolbox utasításokat szintaktikailag helyes alakban, azok bemeneti és kimeneti paramétereit és a numerikus értékeiket. A változók jelölésének összhangban kell lenni a kérdésekben szereplő jelölésekkel. <u>A kapott görbéket a megoldásban vázlatosan ábrázolni kell.</u> A válaszoknak a kérdések sorrendjében kell következniük, és az utasításokból a teljes számítási menetnek rekonstruálhatónak kell lennie.