# Irányításelmélet MSc (Tipikus példák)

Gáspár Péter

1. Egyértelmű-e az irányíthatósági állapottér reprezentáció? Egyértelmű-e a diagonális állapottér reprezentáció? (2 pont)
2. Adja meg az állapotmegfigyelhetőség definícióját! Írja fel az állapotmegfigyelhetőség Kalman féle rangfeltételt! Fogalmazza meg a tétel bizonyításának elvét! (2 pont)
3. Milyen összefüggésben vannak a modell pólusai a stabilitással. Mutassa be a bizonyítási elvét ! (2 pont)
4. Adja meg az átviteli függvény és a átmeneti függvény kapcsolatát határérték tételekkel! (2 pont)
5. Fogalmazza meg és szemléltesse a fázistartalék és az erősítési tartalék definicióját Nyquist diagramon. (2 pont)
6. Mit definiál az érzékenység függgvény és a kiegészítő érzékenység függgvény ? (2 pont)
7. Írja fel a robusztus stabilitás tételét multiplikatív bizonytalansági struktúrára!

   (2 pont)
8. Tekintsük egy holtidős rendszert $t_H$ holtidővel. Mutassa be egy arányos soros kompenzátor tervezésének lépéseit. (2 pont)
9. Mutasson be egy tervezési módszert, amivel a PID irányítás beavatkozójelének telítődését elkerüljük! Megoldását illusztrációs ábrával is indokolja! (2 pont)
10. Írja fel $M-\Delta$ struktúrában a parametrikus bizonytalansággal jellemzett rugóállandót: $k_s = \bar{k}_s(1 + d_{ks}\delta_{ks})$, ahol $\bar{k}_s$ a névleges rugóállandó, $d_{ks}$ a névleges értéktől való eltérést mutatja, továbbá $\delta_{ks}$ paraméter a $[-1, \quad 1]$ intervallumba esik. (2 pont)

11. Egy kemence fűtési dinamikáját 2TP taggal tudjuk leírni:

$$G_k = \frac{2}{(20s+1)(400s+1)}.$$

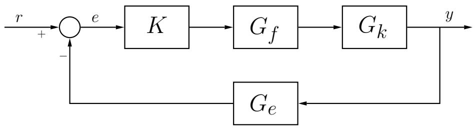
A fűtés egyenáramú generátorral történik, melynek dinamikája:

$$G_f = \frac{10}{5s+1}.$$

Az érzékelő jelét P tagon keresztül csatoljuk vissza:

$$G_e = \frac{20V}{200C^o}$$

Tervezzünk jelkövetést és $30^o$-os fázistartalékot biztosító szabályozást. Mekkora lesz az $y$ ha $r = 20$ V?




(2 pont)

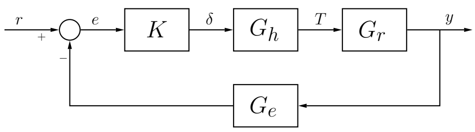
12. Egy repülőgép sebességszabályozását oldjuk meg az alábbi rendszerrel. A repülőgép dinamika (tolóerő és sebesség között):

$$G_r = \frac{15}{15s+1}$$

A hajtómű dinamika (kormányszög és tolóerő között):

$$G_h = \frac{1}{10s+1}$$

Legyen $G_e = 2$. A szabályozás $45^o$-os fázistartalékot biztosítson. Mekkora lesz az $y$, ha $r = 10$ ?




(2 pont)

13. Mit nevezünk időinvariáns rendszernek? Mit nevezünk kauzális rendszernek? (2 pont)

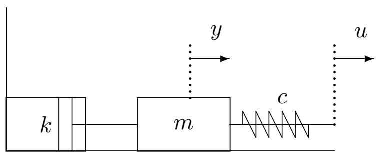
14. Mi jellemzi az elosztott irányítást? Mi jellemzi a központi irányítást? Mi jellemzi a hierarchikus irányítást? (2 pont)

15. Írja fel a Lagrange egyenlet általános alakját! (2 pont)

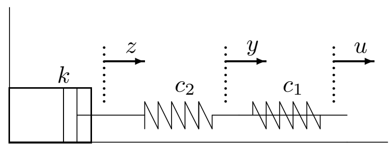
16. Definiálja az átviteli függvényt! Definiálja az átmeneti függvényt! Definiálja a súlyfüggvényt! Írja fel az átviteli függvényt pólus-zérus alakban! (2 pont)

17. Írjuk fel a tömegből, rugóból és csillapítóból álló mechanikai rendszer modelljét. Írja fel a rendszer átviteli függvényét!

a./

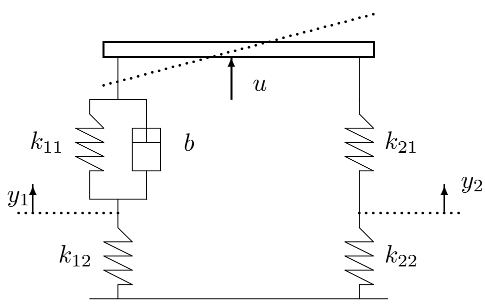



b./



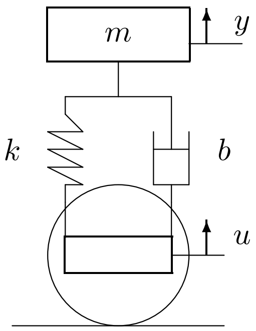

(2 pont)

18. Az ábrán egy függőleges irányú mozgást végző gerenda látható. A gerenda középpontjában ható $u$ elmozdulás hatására mindkét végponton lengések alakulnak ki, mégpedig az egyes oldalak középpontjain $y_1$ és $y_2$ elmozdulásokkal. Írja fel a rendszer átviteli függvényét!




(2 pont)

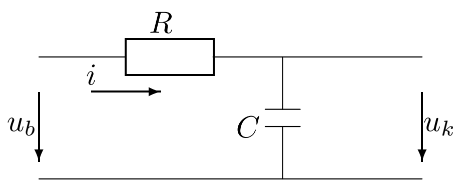
19. Tekintsük az ábrán látható egyszerűsített gépjármű felfüggesztési modellt. Írjuk fel a rendszer modelljét. Írja fel a rendszer átviteli függvényét!




(2 pont)

20. Mit nevezünk elhanyagolt bizonytalanságnak? Mit nevezünk parametrikus bizonytalanságnak? (2 pont)
21. Rajzolja fel az alábbi átviteli függvények Nyquist és Bode diagramjait:
    a./$G(s) = A + \frac{1}{s}$, $G(s) = A - \frac{1}{s}$, $G(s) = -A + \frac{1}{s}$, $G(s) = -A - \frac{1}{s}$.
    b./ $G(s) = A + s$, $G(s) = A - s$, $G(s) = -A + s$, $G(s) = -A - s$.
    (2 pont)
22. Rajzolja fel az alábbi átviteli függvények Nyquist és Bode diagramjait:
    a./$G(s) = \frac{30s+6}{50s+6}$, $G(s) = \frac{50s+6}{30s+6}$.
    b./$G(s) = \frac{1}{5s+1}$, $G(s) = 5s + 1$. (2 pont)
23. Számítsuk ki az alábbi operátortartományi függvény időtartományi alakját inverz Laplace transzformációval.
    a./ $Y(s) = \frac{2}{5s+1}$
    b./ $Y(s) = \frac{2}{s(5s+1)}$
    c./ $Y(s) = \frac{2s}{1+3s}$
    (2 pont)
24. A villamos körök bemenőjele az $u_b$ bemenő feszültség, kimenőjele az $u_k$ kimenőfeszültség. Határozzuk meg az áramkör átviteli függvényét. Az RC kör differenciálegyenletei:

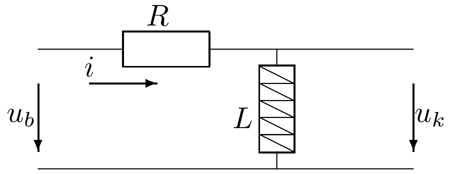
$$u_b = Ri + \frac{1}{C}\int_0^t idt$$
$$u_k = \frac{1}{C}\int_0^t idt$$




(2 pont)

25. Határozzuk meg az áramkör átviteli függvényét. Az RC kör differenciálegyenletei:

$$u_b = Ri + L\frac{di}{dt}$$
$$u_k = L\frac{di}{dt}$$




(2 pont)

26. Írjon fel egy kéttárolós átviteli függvényt, melynek Bode diagramjában amplitudó csúcsot láthatunk.

$$G(i\omega) = \frac{1}{1 + i\omega 2\xi T + (i\omega)^2 T^2}$$

Mitől függ a csúcs helye (frekvenciája) és értéke (amplitúdója). Rajzoljon fel egy illusztrációs példát is, amelyen bejelöli a fenti információkat. (2 pont)

27. Mit nevezünk rendszer identifikációnak? (2 pont)

28. Írjon fel egy általános ARX modellt! Mit nevezünk eltolás operátornak! (2 pont)

29. Adja meg a rendszeridentifikációs eljárás általános lépéseit! (2 pont)

30. Mi okozza a szenzorhibát? (2 pont)

31. Fogalmazzon meg egy identifikációs kritériumot! (2 pont)

32. Hogyan ellenőrizné az identifikált modell megfelelőségét! (2 pont)

33. Írja fel az általános ARX modell struktúrát, amelyben a kimenőjel aktuális értékét a kimenőjel 3 számú korábbi értékével és a bemenőjel 2 számú korábbi értékével közelítjük. (2 pont)

34. Adja meg a rendszeridentifikációs eljárás általános lépéseit! Fogalmazzon meg egy identifikációs kritériumot! (2 pont)

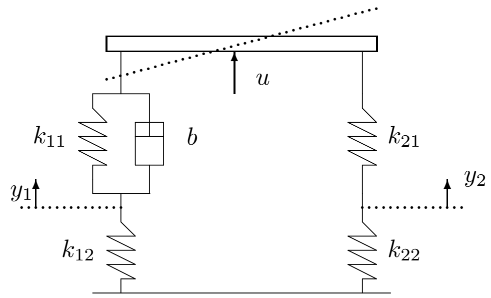
35. Folytonos idejű rendszer stabil pólusai hol helyezkednek el? Diszkrét idejű rendszer stabil pólusai hol helyezkednek el? (2 pont)

36. Fogalmazza meg a diszkrét idejű rendszer stabilitását! (2 pont)

37. A gerenda középpontjában alkalmazott $u$ elmozdulás hatására lengések alakulnak ki két végpontjának rugalmas szerkezetében ($y_1$, $y_2$).

Határozzuk meg az ismeretlen $b$ csillapító komponens értékekét, ha egységugrás bemenőjelre 2 $sec$ múlva a két oldal középpontja azonos magasságba kerül.

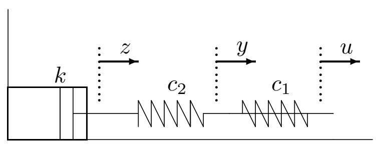
Adatok: $k_{11} = 2N/m$, $k_{12} = 3N/m$, $k_{21} = 3N/m$ és $k_{22} = 2N/m$.




(2 pont)

38. Két rugóból és csillapító kamrából álló mechanikai rendszer átviteli függvénye

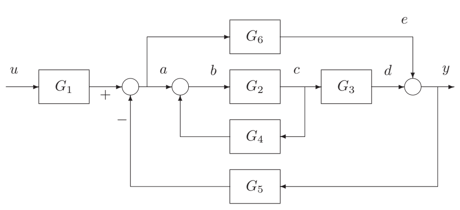
$$G = \frac{kc_1s + c_1c_2}{ks(c_1 + c_2) + c_1c_2}$$



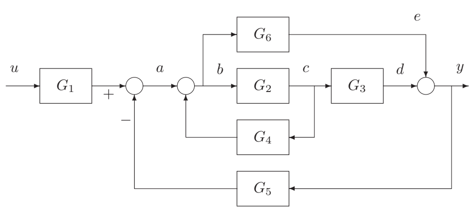

ahol $c_1 = 1\frac{N}{m}$, $c_2 = 2\frac{N}{m}$. Mekkora $k$ csillapítás esetén lesz a rendszer időállandója $T = 2sec$.
(2 pont)

39. Írjuk fel az alábbi hatásvázlattal adott rendszer átviteli függvényét. A tagok: $G_1 = 5$, $G_2 = \frac{3}{s+1}$, $G_3 = \frac{1}{s}$, $G_4 = 3$, $G_5 = 2$, $G_6 = \frac{1}{s}$.

a./




b./




(2 pont)

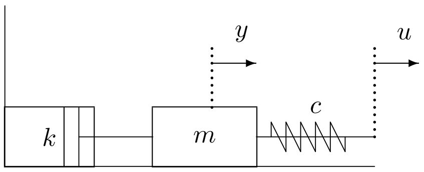
40. Adott egy elektro-mechanikai rendszer átviteli függvénye az alábbi alakban:

$$G = \frac{20ks}{30ks + 1}.$$

Határozza meg $k$ értékét, ha a rendszer egységugrás bemenetre adott válaszfüggvénye $t = 2sec$ időpontban a kezdeti érték fele. (2 pont)

41. Adja meg az átviteli függvény és a átmeneti függvény kapcsolatát! (2 pont)

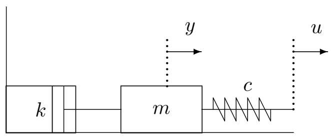
42. Hogyan választaná meg az $m$ paramétert, hogy az alábbi rendszer stabil legyen? Hogyan választaná meg az $m$ paramétert, hogy a kimenőjel ne mutasson lengéseket a tranziensek alatt?




Adatok: $k = 500\frac{Ns}{m}$, $c = 12000\frac{N}{m}$.

(2 pont)

43. Hogyan választaná meg az $k$ paramétert, hogy az alábbi rendszer stabil legyen? Hogyan választaná meg az $k$ paramétert, hogy a kimenőjel ne mutasson lengéseket a tranziensek alatt?




Adatok: $m = 5kg$, $c = 12000\frac{N}{m}$.

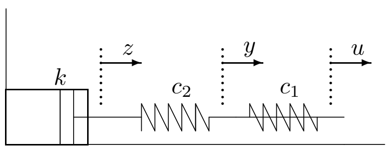
(2 pont)

44. Vizsgáljuk meg az alábbi átviteli függvény Bode és Nyquist diagramját:

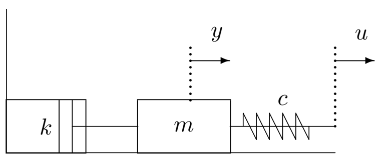
a./ $G = \frac{1+0.25i\omega}{1+0.375i\omega}$ b./ $G = \frac{1+0.375i\omega}{1+0.25i\omega}$ (2 pont)

45. Tekintsük az ábrán látható rendszert. Rajzolja fel a rendszer Bode diagramját!

a./




b./




(2 pont)

46. Definiálja az additív bizonytalansági struktúrát! Definiálja a multiplikatív bizonytalansági struktúrát!

(2 pont)

47. Írja fel a robusztus stabilitás tételét additív bizonytalansági struktúrára!
Írja fel a robusztus stabilitás tételét multiplikatív bizonytalansági struktúrára!

(2 pont)

48. Egyértelmű-e az irányíthatósági állapottér reprezentáció? Egyértelmű-e a diagonális állapottér reprezentáció?

(2 pont)

49. , Határozzuk meg az alábbi állapottér reprezentáció átviteli függvényét:

a./

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -2 & -4 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 0 & 2 \end{bmatrix} x$$

b./

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -2 & -4 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 0 & 2 \end{bmatrix} x$$

(2 pont)

50. Írjuk fel az alábbi, átviteli függvényével adott rendszer állapottér reprezentációját irányíthatósági alakban.

$$G = \frac{2s+1}{s^2+2s+3}$$

(2 pont)

51. Határozzuk meg a $\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$
rendszer válaszát egységugrás bemenet esetén.

b/ Határozzuk meg a rendszer kezdeti értékének hatását.

$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$
(2 pont)

52. Adott a rendszer differenciálegyenlete

$$m\ddot{y} = -k\dot{y} - cy + u$$

alakban, ahol $m = 1kg$, $k = 4Ns/m$, $c = 3N/m$. Írja fel állapottér reprezentációját diagonális alakban.

(2 pont)

53. Határozza meg az alábbi állapottér reprezentáció átviteli függvényét :

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -2 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 0 & 2 \end{bmatrix} x$$

(2 pont)

54. Vizsgálja meg, hogy a rendszer állapottér reprezentációja minimális-e.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -30 \\ 1 & -11 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad c^T = \begin{bmatrix} 2 & -10 \end{bmatrix}$$

(2 pont)

55. Mondja ki az állapottér reprezentáció stabiltására vonatkozó tételt! (2 pont)

56. Definiálja az állapotmegfigyelhetőséget! Definiálja az állapotirányíthatóságot! (2 pont)

57. Adott egy rendszer állapottér reprezentációja: $\dot{x} = Ax + bu$, $y = c^T x$ alakban, ahol az állapotvektor 3 dimenziós. Írja fel a rendszer karakterisztikus polinomját!

(2 pont)

58. Írja fel a megfigyelhetőségre vonatkozó Kalman féle rangfeltételt! Írja fel az irányíthatóságra vonatkozó Kalman féle rangfeltételt! (2 pont)

59. Vizsgáljuk az alábbi diagonális állapottér reprezentáció megfigyelhetőségét és irányíthatóságát:

a./

$$\begin{aligned} \dot{\boldsymbol{x}} &= \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} \boldsymbol{x} + \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} u, \\ y &= \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \boldsymbol{x}. \end{aligned}$$

b./

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & -2 & -4 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad c^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(2 pont)

60. Határozza meg az alábbi állapottér reprezentáció átviteli függvényét:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -2 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 0 & 2 \end{bmatrix} x$$

(2 pont)

61. Írja fel a hasonlósági transzformáció általános alakját! (2 pont)

62. Írja fel az irányíthatósági alakot előállító hasonlósági transzformációt! Írja fel a diagonális alakot előállító hasonlósági transzformációt! (2 pont)

63. Mi a kapcsolat az irányíthatósági és a megfigyelhetőségi alak között! (2 pont)

64. Határozzuk meg az alábbi rendszer irányíthatósági alakját előállító transzformációs mátrixot.

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

(2 pont)

65. Adott egy rendszer állapottér reprezentációja: $\dot{x} = Ax + bu,\ y = c^T x$ alakban, ahol az állapotvektor 3 dimenziós. Írja fel azt a hasonlósági transzformációt, amelyik a rendszert irányíthatósági állapottérbe viszi és definiálja a transzformációs mátrix elemeit!

(2 pont)

66. Határozzuk meg az alábbi rendszer diagonális alakját előállító transzformációs mátrixot.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -6 \\ 1 & 0 & -11 \\ 0 & 1 & -6 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad c^T = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

(2 pont)

67. Egy általános alakú állapottér reprezentáció diagonális alakú ekvivalens alakját keressük. Írja fel a hasonlósági transzformációs mátrixát 3 dimenziós állapotvektor esetére és definiálja az egyes komponenseit! (2 pont)

68. Adja meg az állapotirányíthatóság definícióját! Írja fel az állapotirányíthatóság Kalman féle rangfeltételt!

    (2 pont)

69. Adja meg az állapotmegfigyelhetőség definícióját! Írja fel az állapotmegfigyelhetőség Kalman féle rangfeltételt! Fogalmazza meg a tétel bizonyításának elvét!

    (2 pont)

70. Fogalmazza meg a lineáris rendszerek stabilitására vonatkozó három ekvivalens feltételt! (2 pont)

71. Fogalmazza meg a zárt szabályozott rendszerre vonatkozó Nyquist stabilitási kritériumot! Fogalmazza meg és szemléltesse a fázistartalék definicióját! (2 pont)

72. Fogalmazza meg a zárt szabályozott rendszerre vonatkozó Bode stabilitási kritériumot! Fogalmazza meg és szemléltesse az erősítési tartalék definicióját!

    (2 pont)

73. Definiálja az érzékenység és kiegészítő érzékenység függvényeket! Mi a közöttük fennálló kapcsolat? (2 pont)

74. Rajzoljon le egy tipikus érzékenység függvényt! Rajzoljon le egy tipikus kiegészítő érzékenység függvényt! (2 pont)

75. Mi az aszimptotikus jelkövetés célja?

    (2 pont)

76. Bizonyítsa be, hogy az aszimptotikus jelkövetést integráló tipusú kompenzátorral biztosíthatjuk.

    (2 pont)

77. Mutassa meg, hogy az alábbi

    $$G(s) = \frac{3}{2s+1}.$$

    átviteli függvénnyel modellezett rendszer aszimptotikus jelkövetését ($y(t) - r(t) \to Min$)

    $$C(s) = \frac{1}{s}.$$

    integráló típusú kompenzátorral biztosíthatjuk! (2 pont)

78. Mi a zavarelnyomás célja? (2 pont)

79. Mutassa meg egy arányos rendszer aszimptotikus jelkövetését integráló típusú kompenzátorral biztosíthatjuk! (2 pont)
80. Bizonyítsa be, hogy a zavarelnyomást integráló tipusú kompenzátorral biztosíthjatjuk. (2 pont)
81. Mutassa meg, hogy az alábbi

$$G(s) = \frac{3}{2s+1}.$$

átviteli függvénnyel modellezett rendszer zavarelnyomását

$$C(s) = \frac{1}{s}.$$

integráló típusú kompenzátorral biztosíthatjuk! (2 pont)
82. Mutassa meg, hogy az alábbi

$$G(s) = \frac{3}{2s^2+s+1}$$

átviteli függvénnyel modellezett rendszer zavarelnyomását egy integráló típusú kompenzátorral biztosíthatjuk ($C(s) = A_i/s$)! (2 pont)
83. Tegyük fel, hogy egy rendszer névleges modelljén kívül ismerjük a rendszer bizonytalanságára jellemző $\Delta_M$ multiplikatív hibát is a következő alakban:

$$G_N(s) = \frac{5}{s+1}$$
$$\Delta_M(s) = \frac{s^2-2s}{s^2+3s+25}$$

Vizsgáljuk meg, hogy az alábbi soros kompenzátorok közül melyek biztosítják az ismeretlen aktuális rendszer robusztus stabilitását.

- $C(s) = 8$
- $C(s) = 0.1$

(2 pont)
84. Tegyük fel, hogy egy rendszer névleges modelljén kívül ismerjük a rendszer bizonytalanságára jellemző $\Delta_A$ additív hibát is a következő alakban:

$$G_N(s) = \frac{2}{s+1}$$
$$\Delta_A(s) = \frac{20s}{s^3+4s^2+25s+20}$$

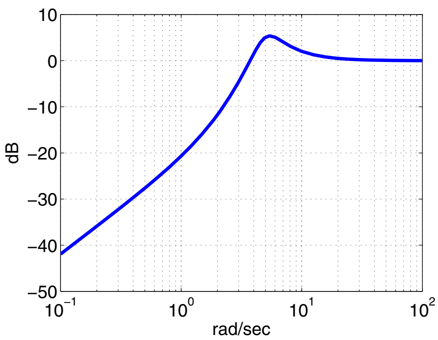
Vizsgáljuk meg, hogy az alábbi soros kompenzátorok közül melyek biztosítják az ismeretlen aktuális rendszer robusztus stabilitását.

- $C(s) = 8$
- $C(s) = 0.5$

(2 pont)

85. Tételezzük fel, hogy a szabályozni kívánt rendszert egytárolós névleges modellel közelítjük:
$$G_N(s) = \frac{3}{s+1}.$$
A modellezési hiba multiplikatív struktúrában ismert közelítése az alábbi:
$$\triangle_M(i\omega) = \frac{-(i\omega)^2 + 2(i\omega)}{(i\omega)^2 + 3(i\omega) + 25}.$$
Tervezzünk egy stabil zárt rendszert, amely a legnagyobb körerősítést biztosítja. Az alkalmazható szabályozó egyszerű arányos tag lehet! (2 pont)

86. Tételezzük fel, hogy a szabályozni kívánt rendszert egytárolós névleges modellel közelítjük:
$$G_N(s) = \frac{3}{s+1}.$$
A modellezési hiba multiplikatív struktúrájú közelítése az ábrán látható. Tervezzünk egy stabil zárt rendszert, amely a legnagyobb körerősítést biztosítja. Az alkalmazható szabályozó egyszerű arányos tag lehet! (2 pont)




87. Ismert egy Forma 1-es autó hátsó szárnyának irányítási célú névleges modellje
$$G_N(s) = \frac{80}{100s+1}$$
és bizonytalanságára jellemző multiplikatív hibája
$$\Delta_M(s) = \frac{10s}{(s+1)^2}.$$
Számolja ki a rendszer átviteli függvényét a multiplikatív bizonytalanság figyelembe vételével! Vizsgálja meg, hogy a $C = 2$ arányos soros kompenzátor robusztusan stabilizálja-e a rendszert az adott $\delta_M = |\Delta_M|$ esetén! (2 pont)

88. Legyen az irányítandó rendszer átviteli függvénye:

$$G = \frac{5}{s^3 + 3s^2 + 2s}$$

Tervezzünk 30°-os fázistartalékot biztosító arányos soros kompenzátort.

b./

Legyen az irányítandó rendszer átviteli függvénye:

$$G = \frac{5}{s^2 + 3s + 2}$$

Tervezzünk jelkövetést biztosító soros kompenzátort, amelyik 30°-os fázistartalékot is garantál.

(2 pont)

89. Legyen az irányítandó rendszer átviteli függvénye:

$$G = \frac{10}{s^2 + 2s + 1}$$

Tervezzen jelkövetést és 30°-os fázistartalékot biztosító arányos soros kompenzátort.

(2 pont)

90. Tervezze meg a kéttárolós arányos átviteli függvénnyel jellemezhető kemence hőmérséklet szabályozását. A kemence átviteli függvénye:

$$G = \frac{2}{(20s + 1)(400s + 1)},$$

a kemence fűtése egyenáramú generátorral történik, melynek átviteli függvénye:

$$G_f = \frac{10}{5s + 1}.$$

Mivel a hőmérsékletet mérjük és az a referencia jelet feszültségben adjuk meg, ezért a visszacsatolás átviteli függvénye $G_f = 0.1$. Tervezzen jelkövetést és 30°-os fázistartalékot biztosító arányos soros kompenzátort.

(2 pont)

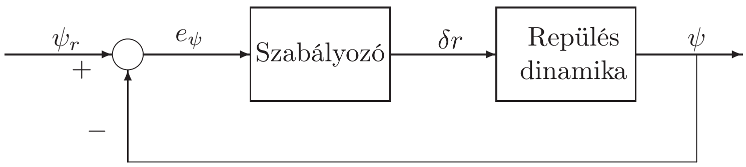
91. Tekintsük a $G = A_H e^{-st_H}$ alakú holtidős rendszert. $C = A$ soros kompenzátor megfelelő megválaszátásával tervezzünk stabil szabályozott rendszert!

(2 pont)

92. Egy $t_H = 3sec$ holtidős szabályozandó rendszer átviteli függvénye $G = 2e^{-i\omega t_H}$. Tervezzünk jelkövető irányítást 45°-os fázistartalék biztosításával! (2 pont)

93. Az oldalkormány kitérítési szöge és a legyezési szög közötti kapcsolat Laplace operátoros tartományban:

$$\Delta\psi = \frac{4.6}{s^2 + 0.76s + 5.55}\delta r$$




Tervezzünk gyors lefutású, 30°-os fázistartalékot biztosító jelkövető soros kompenzátort. (2 pont)

94. Írja fel a PID általános struktúráját! (2 pont)

95. Ha a PID kompenzátort soros elemekből állítjuk össze, akkor milyen típusú elemeket kell választanunk? (2 pont)

96. Mi a szerepe az integrátor tagnak és mi a szerepe a deriváló tagnak a PID komepnzátorban? (2 pont)

97. Mutasson be egy tervezési módszert, amivel a PID irányítás zajokra való érzékenységét csökkenthetjük! Írja fel a PID szabályozó módosított alakját! Megoldását feltétlenül indokolja! (2 pont)

98. Foglalja össze a referenciajel súlyozás lényegét a PID szabályozásban! (2 pont)

99. Foglalja össze a beavatkozó telítődését a PID szabályozásban! (2 pont)

100. Mutasson be egy tervezési módszert, amivel a PID irányítás beavatkozójelének telítődését elkerüljük! Megoldását illusztrációs ábrával is indokolja!

(2 pont)

101. Rajzolja fel a számítógéppel irányított rendszer blokkvázlatát! (2 pont)

102. Hogyan működik a zérusrendű (ZOH) tarószerv a mintavételezési intervallumon? Hogyan működik az elsőrendű (FOH) tarószerv a mintavételezési intervallumon? (2 pont)

103. Írja fel a diszkrét idejű rendszer megoldását! Jelölje h-val a mintavételezési időt!

     (2 pont)

104. Írja fel a folytonos modell ekvivalens diszkrét idejű állapottér reprezentációját zérusrendű tartó alkalmazása esetén! Fejezze ki az állapotegyenlet $\Phi$ és $\Gamma$ együtthatóit a folytonos idejű állapotegyenlet együtthatóival. (2 pont)

105. Egy stabil diszkrét rendszer pólusai hol helyezkednek el? (2 pont)

106. Fogalmazza meg az állapot megfigyelhetőséget és az állapot irányíthatóságot diszkrét rendszer esetére! (2 pont)

107. Fogalmazza meg a minimál reprezentációt diszkrét rendszer esetére!

     (2 pont)

108. Határozzuk meg az folytonos állapottér reprezentáció egységugrásra ekvivalens állapottér reprezentáció mátrixait. A mintavételezési idő $h = 0.1sec$.

$$\dot{x} = -ax + bu$$
$$y = x$$

     (2 pont)

109. Határozzuk meg az folytonos állapottér reprezentáció egységugrásra ekvivalens állapottér reprezentáció mátrixait.

     a./

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

     b./

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 & -1 \\ 2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

c./

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 & -1 \\ 2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

(2 pont)

110. Határozzuk meg az átviteli függvénnyel adott rendszer diszkrét idejű állapottér reprezentációját.

$$G = \frac{1}{(s+1)(s+2)}$$

(2 pont)

111. Írja le a pólusallokáción alapuló irányítástervezés lépéseit! Mi a módszer alkalmazhatóságának feltétele!

(2 pont)

112. Írja fel az alábbi folytonos idejű állapottér reprezentáció diszkrét idejű ekvivalens alakját $h = 0.1sec$ mintavételezési idő esetén: (2 pont)

$$A = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 1.5 \\ 2 \end{bmatrix}, \quad c^T = \begin{bmatrix} 2.5 & 3 \end{bmatrix}.$$

(2 pont)

113. Mit fejez ki a Bass Gura formula? (2 pont)

114. Írja le az LQ irányítástervezés lépéseit! Sorolja fel az LQ irányítástervezés feltételeit?

(2 pont)

115. Milyen összefüggés figyelhető meg az LQ tervezési kritériumban szabályozójelre alkalmazott $\rho$ súlyozás, az eredeti rendszer pólusai-zérusai és a szabályozott rendszer pólusai-zérusai között? Válaszát feltétlenül indokolja!

a./ Válasszuk az irányítójelre adott súlyt nagy értékre: $\rho \to \infty$.

b./ Válasszuk az irányítójelre adott súlyt kis értékre: $\rho \to 0$. (2 pont)

116. Mi a szerepe a Q és r súlyoknak az LQ optimális irányítással minimalizálandó funkcionálban? Fogalmazza meg az LQ optimális szabályozó tervezés lépéseit! (2 pont)

117. Irányíthatósági alakban adott rendszer pólus allokációja

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + bu \\ y &= c^T x\end{aligned}$$

$$A = \begin{bmatrix} 11 & -17 & -7 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} c^T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Tervezzünk állapotvisszacsatolást, amelyik a rendszer pólusait az alábbi értékekbe helyezi:

$$p = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -3 \end{bmatrix}$$

(2 pont)

118. Nem irányíthatósági alakban adott rendszer pólusallokációja

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + bu \\ y &= c^T x\end{aligned}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & -3 \end{bmatrix} b = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} c^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Tervezzünk állapotvisszacsatolást, amelyik a rendszer pólusait az alábbi értékekbe helyezi:

$$p = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -5 \end{bmatrix}$$

(2 pont)

119. Jellemezze a pólusallokációs módszert. Sorolja fel az előnyeit. Sorolja fel a módszer hátrányait. (2 pont)

120. Jellemezze az LQ tervezési módszert. Sorolja fel az előnyeit. Sorolja fel a módszer hátrányait. (2 pont)

121. Írja fel az LQ tervezés alap összefüggéseit! (2 pont)

122. Írja fel az LQ tervezési kritériumot abban az esetben, ha az az $x(t)$ és $u(t)$ jelek közötti kapcsolat is figyelembe akarjuk venni! (2 pont)

123. Sorolja fel az LQ irányítástervezés feltételeit? Milyen összefüggés figyelhető meg az LQ tervezési kritériumban szabályozójelre alkalmazott $\rho$ súlyozás, az eredeti rendszer pólusai-zérusai és a szabályozott rendszer pólusai-zérusai között? Válaszát feltétlenül indokolja! (2 pont)

124. Tervezzünk LQ optimális állapot visszacsatolást a következő állapottér reprezentációban adott rendszerhez:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u,$$
$$y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} x$$

A költségfüggvény:

$$J(x,u) = \int_0^\infty [x(t)^T \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x(t) + u(t)^2] dt$$

(2 pont)

125. Tervezzünk LQ optimális irányítást a következő állapottér reprezentációban adott rendszerhez:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u.$$

A költségfüggvény:

$$J(x,u) = \int_0^\infty [x_1^2(t) + \rho u(t)^2] dt$$

(2 pont)

126. Az $u$ magassági kormány kitérítési szöge és a repülőgép bólintó szöge közötti kapcsolat állapottér reprezentációja irányíthatósági alakban a következő:

$$\dot{x} = -2.5x + u$$
$$y = 2.5x$$

Legyen a tervezési súlymátrixok a következők:

$$Q = 2.75$$
$$r = 1$$

(2 pont)

127. Repülőgép csűrőkormány $u$ elfordítási szöge és a bedöntési szög $\phi$ közötti kapcsolat állapottér reprezentációs alakban:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= -x + u \\ y &= 2x\end{aligned}$$

Tervezzünk optimális irányítást a következő költségfüggvény minimalizálásával:

$$J = \frac{1}{2}\int_0^\infty (y^2 + ru^2)dt, \quad r = 3.2$$

(2 pont)

128. Foglalja össze a jekövető állapotvisszacsatolásban alkalmazott állapot szeparálás módszerét! Rajzoljon blokkdiagramot. Írja le a módszer alapegyenleteit. (2 pont)

129. Rajzoljon fel egy elvi jelkövető irányítási struktúrát az alábbi rendszerhez, amelyben a követendő jel az $x_1$ állapot. Formalizálja az irányítójel és az $x_1, x_2, x_3$ állapotok közötti elvi kapcsolatot és írja fel az irányítástervezés alapjául szolgáló modellt. (2 pont)

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \begin{bmatrix} -3 & -2 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u \\ y &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x\end{aligned}$$

130. Rajzoljon fel egy jelkövető irányítási struktúrát az alábbi integráló struktúrájú rendszerhez, amelyben a követendő jel az $x_1$ állapot. Formalizálja az irányítójel és az $x_1, x_2, x_3$ állapotok közötti kapcsolatot és írja fel az irányítástervezés alapjául szolgáló modellt. (2 pont)

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \begin{bmatrix} 0 & -2 & -3 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ -1 \end{bmatrix} u \\ y &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x\end{aligned}$$

131. Tekintsük az alábbi integráló tulajdonságú rendszert:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \begin{bmatrix} 0 & -2 & -3 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ -1 \end{bmatrix} u \\ y &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x\end{aligned}$$

Írja le a jelkövető szabályozótervezés elvi sémáját LQ módszerrel. Készítsen ehhez blokkvázlatot. Írja fel az irányítójel és az állapotok közötti összefüggést. (2 pont)

132. Foglalja össze a jelkövető állapotvisszacsatolásban alkalmazott kétféle LQ módszer elvi sémáját. Készítsen ehhez blokkvázlatokat. Írja fel az irányítójel és az állapotok közötti összefüggést. (2 pont)

133. Tekintsük az alábbi nem integráló tulajdonságú rendszert:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -3 & -2 & -1 \\ 2 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0.5 \\ 2 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x$$

Írja le a jelkövető szabályozótervezés elvi sémáját LQ módszerrel. Készítsen ehhez blokkvázlatot. Írja fel az irányítójel és az állapotok közötti összefüggést. (2 pont)

134. Tekintsük az inverz ingát. Legyenek az állapotvektor elemei a következők: a kocsi elmozdulása: $x_M$, a kocsi sebessége: $\dot{x}_M$, a rúd szögelfordulása: $\theta$, a rúd szögsebessége: $\dot{\theta}$. Legyen a kimenőjel a kocsi elmozdulása. Az állapotvektor a következő:

$$x = \begin{bmatrix} x_M & \dot{x}_M & \theta & \dot{\theta} \end{bmatrix}^T$$

Az állapottér reprezentációja a megadott fizikai paraméterekkel a következő alakban írható fel:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.4905 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 20.601 & 0 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix},$$
$$c^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Mutassa meg a jelkövető irányítástervezés elvi sémáját!

(2 pont)

135. Tervezzünk állapotvisszacsatolást, amelyik az alábbi rendszer

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -5 & -17 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x$$

pólusait a következő értékekbe helyezi: $p = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -3 \end{bmatrix}$. Írja fel a zárt rendszer állapottér reprezentációját is. (2 pont)

136. Írja fel az LQ optimális irányítással minimalizálandó funkcionált! Mi a szerepe a Q és r súlyoknak? Mi az LQ optimális szabályozó tervezhetőségének feltétele? (2 pont)

137. Mi az állapotvisszacsatolás tervezhetőségének feltétele? Hogyan módosul az állapottér reprezentáció A mátrixa állapotvisszacsatolás alkalmazásakor? (2 pont)

138. Írja fel az állapotmegfigyelő állapotdinamikai egyenletét!

Mi az állapotmegfigyelő tervezésének feltétele?

Állapotmegfigyelő állapotmátrixának alakja? (2 pont)

139. Adott a

$$G(s) = \frac{2s+3}{s^3+s^2+9s+22}$$

átviteli függvénnyel jellemzett rendszer. Írja fel a rendszer állapottér reprezentációját irányíthatósági alakban! Tervezzen az így felírt állapottér reprezentációhoz állapot-visszacsatolást a $p_1 = -2+i$, $p_2 = -2-i$, $p_3 = -1$ pólusokkal! Adja meg a szabályozott rendszer állapotmátrixát! Rajzolja fel az így szabályozott rendszer blokkdiagramját!

(2 pont)

140. Tervezzen megfigyelőt $p_1 = -1$ és $p_2 = -3$ pólusokkal az alábbi megfigyelhetőségi állapottér reprezentációban ismert rendszerre:

$$A_o = \begin{bmatrix} 4 & 1 \\ -3 & 0 \end{bmatrix} \quad b_o = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} \quad c_o^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

(2 pont)

141. Tervezzen megfigyelőt $p_1 = -1$ és $p_2 = -3$ pólusokkal az alábbi állapottér reprezentációban ismert rendszerre:

$$A_c = \begin{bmatrix} 4 & -3 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad b_c = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad c_c^T = \begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix}$$

(2 pont)

142. Tervezzen megfigyelőt $p_1 = -1$ és $p_2 = -3$ pólusokkal az alábbi állapottér reprezentációban ismert rendszerre:

$$A_d = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}, \quad b_d = \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix}, \quad c_d^T = \begin{bmatrix} 3 & 5 \end{bmatrix}.$$

(2 pont)

143. Tervezzen megfigyelőt az inverz ingára ha állapottér reprezentációját a következő alakban ismerjük.

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u, \quad y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x.$$

A tervezést pólusallokációs módszerrel végezze el $p_1 = -1 + i$ és $p_2 = -1 - i$ pólusokkal. Írja fel a megfigyelő állapotegyenletét! Adja meg a megfigyelő állapotegyenletének $\ell$ vektorát! (2 pont)

144. Rajzolja fel az állapotvisszacsatolást és megfigyelőt tartalmazó rendszer blokkdiagramját. Írja fel az alapösszefüggéseket. Hogyan változik a rendszermátrix alakja? (2 pont)

145. Az $\dot{x} = Ax - bk^T\hat{x} + br$ állapotvisszacsatolt szabályozás és az $\dot{e} = (A - lc^T)e$ állapotbecslés hibadinamikájának összefüggéseivel mutassa meg a szeparációs elv bizonyítását. A felírásban az $e = x - \hat{x}$ összefüggést alkalmaztuk, ahol $x$ az állapot és $\hat{x}$ a becsült állapot. (2 pont)

146. Fogalmazza meg a szeparációs elv tételét. Magyarázza meg néhány mondatban ennek jelentőségét! (2 pont)

147. Fogalmazza meg a "Hurokátvitel visszaállítási eljárás" célját! Az LTR eljárás eredményeként mi várható a K(s) pólusaira és zérusaira nézve? (2 pont)

148. Fogalmazza meg a "Hurokátvitel visszaállítási eljárás" célját és várható eredményét. Hogyan módosulhat az eljárás eredménye nem–minimálfázisú rendszer esetén? (2 pont)

149. Az LTR eljárás eredményeként mi várható a K(s) pólusaira és zérusaira nézve? (2 pont)

150. Definiálja a nemminimálfázisú rendszert! (2 pont)

151. Mit jelent a P-K struktúra és milyen céllal alkalmazzuk? Mit jelent a P-K-$\Delta$ struktúra és milyen céllal alkalmazzuk? Mit jelent az M-$\Delta$ struktúra és milyen céllal alkalmazzuk? (2 pont)

152. Írja fel $M-\Delta$ struktúrában a parametrikus bizonytalansággal jellemzett rugóállandót:

$$k_s = \bar{k}_s(1 + d_{ks}\delta_{ks}),$$

ahol $\bar{k}_s$ a névleges rugóállandó, $d_{ks}$ a névleges értéktől való eltérést mutatja, míg $\delta_{ks}$ paraméterről azt tudjuk, hogy a $[-1, \quad 1]$ intervallumba esik.

(2 pont)

153. Írja fel $M-\Delta$ struktúrában a parametrikus bizonytalansággal jellemzett csillapítási tényezőt:

$$b_s = \bar{b}_s(1 + d_{bs}\delta_{bs}),$$

ahol $\bar{b}_s$ a névleges rugóállandó, $d_{bs}$ a névleges értéktől való eltérést mutatja, míg $\delta_{bs}$ paraméterről azt tudjuk, hogy a $[-1, \quad 1]$ intervallumba esik.

(2 pont)

154. Írja fel $M-\Delta$ struktúrában a parametrikus bizonytalansággal jellemzett tömeget:

$$\frac{1}{m_s} = \frac{1}{\bar{m}_s(1 + d_{ms}\delta_{ms})}$$

ahol $\bar{m}_s$ a névleges tömeg, $d_{ms}$ a névleges értéktől való eltérést mutatja, míg $\delta_{ms}$ paraméterről azt tudjuk, hogy a $[-1 \quad 1]$ intervallumba esik.