Mechatronikai rendszerek GEMRB003M (3 kredit)

Előadások tematikája

1. hét : A félévi tematika és a követelmények ismertetése. Rendszer fogalma. Laplace transzformáció. Lineáris idő invariáns rendszerek stabilitása.
2. hét: Egyszabadsági fokú fordított inga stabilitása, illetve stabillá tétele mechanikus, illetve PD szabályzóval.
3. hét: Kétszabadsági fokú modell (daru, inverz inga) nemlineáris mozgásegyenlete, állapotegyenlete.
4. hét : Mechatronikai modell szimulációs programja.
5. hét : Állapot egyenlet, mechatronikai modell paramétervizsgálata, „root locus”.
6. hét : Állapot reprezentáció irányíthatósága, megfigyelhetősége, stabilitása.
7. hét : Állapot visszacsatolás tervezése pólusallokációval.
8. hét : Szimuláció. 1. ZH
9. hét: Követő szabályozás egy lehetséges módja, szimuláció.
10. hét Optimális szabályozás (LQR) elvi alapja.
11. hét: Az LQR szabályozás tervezése.
12. hét: Szimuláció LQR szabályozással, jelkövetés.
13. hét: Állapot megfigyelő. 1. ZH.
14. hét: Összefoglalás, pótlások.

Gyakorlatok tematikája

1. hét : A félévi követelmények ismertetése. A Moduláris Mechatronikai Rendszer (MMS) üzemeltetése.

2-4. hét : Elektropneumatikai feladatok megoldása.

5. PLC programozás lehetőségek IndraWorks, IndraLogic alatt
6. hét : Egy sorrendi mintafeladat programozása pl. pneumatikus prés (MMS).

7-13. hét : Hallgatói önálló feladatok megoldása

14. hét : Elmaradt feladatok pótlása.

Mechatronikai rendszerek	Név:	Neptun:

1. Fogalmazza meg a lineáris BIBO rendszer stabilitásának tételét! (5 pont)

Egy lineáris dinamikus rendszer stabilis (minden amplitúdókorlátos bemenőjelre amplitúdókorlátos kimenő jelet ad), akkor és csak akkor, ha

a/ a rendszer súlyfüggvénye abszolút integrálható $\int_0^\infty |g(t)|\,dt < \infty$

b/ a rendszer $H(s) = \mathcal{L}\{w(t)\}$ átviteli függvényének pólusai a baloldali komplex félsíkon helyezkednek el, azaz $\mathrm{Re}\{p_i\} < 0 \ \forall i$, ahol p_i a $H(s)$ pólusai

c/ súlyfüggvény határértéke zérus, azaz $\lim_{t \to \infty} w(t) = 0$

2. Adott egy mechatronikai rendszer átviteli függvénye: $H(s) = \dfrac{b_1 s + b_0}{s^2 + a_1 s + a_0} = \dfrac{Y(s)}{U(s)}$.

Állítsa elő az irányítható állapotegyenletet!

$$Y(s) = (b_1 s + b_0)(s^2 + a_1 s + a_0)^{-1} U(s) \qquad (1)$$

$$Z(s) = (s^2 + a_1 s + a_0)^{-1} U(s) \qquad (1)$$

$$Y(s) = b(s) Z(s) \qquad (1)$$

$$U(s) = (s^2 + a_1 s + a_0) Z(s) \qquad (1)$$

$$u = \ddot{z} + a_1 \dot{z} + a_0 z \qquad (1)$$

$$y = b_1 \dot{z} + b_0 z \qquad (1)$$

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= \dot{z} \\ x_2 &= z \end{aligned}\right\} \quad \dot{x}_2 = x_1 \,; \qquad \dot{x}_1 = -a_1 x_1 - a_0 x_2 + u \,; \qquad (2)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a_1 & -a_0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u \qquad (1)$$

$$y = \begin{bmatrix} b_1 & b_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \qquad (1)$$

Mechatronikai rendszerek	Név:	Neptun:

3. Mit értünk állapottér reprezentáció megfigyelhetőségén?
   Bizonyítsa be a megfigyelhetőségi rangfeltétel matematikai feltételét!

1. Állapottér megfigyelhetőség: adott $(\underline{A}, \underline{b}, c^T)$.

Mi a feltétele annak, hogy az $x(t)$ állapotokat minden a $t \geq t_0$ időpontra meghatározhassuk a rendszer jövőbeni bemenet- és kimenet függvényeinek ismeretében?

Egy $(\underline{A}, \underline{b} | \underline{c}^T)$ állapottér-reprezentációval adott rendszert teljesen megfigyelhetőnek nevezzük, ha $X(t)$ állapota minden $t \geq t_0$ időpontra meghatározható a rendszer jövőbeni bemeneti- és kimeneti függvényeinek ismeretében. (5)

$$\dot{\underline{x}} = \underline{A}\underline{x} + \underline{b}u$$
$$y = \underline{c}^T \underline{x} \quad / \frac{d}{dt}$$
$$\dot{y} = \underline{c}^T \dot{\underline{x}} = \underline{c}^T(\underline{A}\underline{x} + \underline{b}u) = \underline{c}^T\underline{A}\underline{x} + \underline{c}^T\underline{b}u \quad / \frac{d}{dt}$$
$$\ddot{y} = c^T \ddot{x} = c^T A(\underline{A}\underline{x} + \underline{b}u) + \underline{c}^T\underline{b}\dot{u} = \underline{c}^T\underline{A}^2 x + \underline{c}^T\underline{b}u + c^T\underline{b}\dot{u}$$

(5)

$$y^{(n-1)} = c^T x^{(n-1)} = \underline{c}^T \underline{A}^{n-1} + \underline{c}^T\underline{A}^{n-2}\underline{b}u + \dots + \underline{c}^T\underline{b}u^{(n-2)}$$

$$\begin{bmatrix} y \\ \dot{y} \\ \vdots \\ y^{(n-1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c^T \\ \underline{c}^T\underline{A} \\ \vdots \\ c^T\underline{A}^{n-1} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \underline{c}^T\underline{b} & 0 & & 0 \\ & & & \vdots \\ \underline{c}^T\underline{A}^{(n-2)}b & \cdots & \cdots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ \dot{u} \\ \vdots \\ u^{(n-1)} \end{bmatrix}$$ (2)

teljes oszloprang!

$y_n = \underline{O}(\underline{c}^T, \underline{A})\underline{x} + T_n u_n$; $\underline{x}$ meghatározható, ha $\mathrm{rang}\, \underline{O}(\underline{c}^T, \underline{A}) = n$ (2)

Mechatronikai renszerek	Név:	Neptun:

4. Adott egy mechatronikai rendszer állapottér reprezentációjának mátrixai $(\underline{\underline{A}}, \underline{b}, \underline{c}^T)$.

$$\underline{\underline{A}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -36 & -1,2 \end{bmatrix}; \qquad \underline{b} = \begin{bmatrix} 0 \\ 36 \end{bmatrix}; \qquad \underline{c}^T = [1 \quad 0];$$

Állapítsa meg, hogy irányítható-e?

$$\underline{\underline{A}}\,\underline{b} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -36 & -1,2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 36 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 36 \\ -43,2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\underline{\underline{C}}(\underline{\underline{A}}, \underline{b}) = [\underline{b} \ \ \underline{\underline{A}}\,\underline{b}] = \begin{bmatrix} 0 & 36 \\ 36 & -43,2 \end{bmatrix} \ (2) \ ; \quad \det \underline{\underline{C}}(\underline{\underline{A}}, \underline{b}) \neq 0 \quad (1)$$

$$\text{rang } \underline{\underline{C}}(\underline{\underline{A}}, \underline{b}) = 2$$; irányítható

(1)

5. Ismertesse LQR szabályzó tervezés lépéseit!

a, Irányíthatóság ellenőrzése $\underset{(n \times n)}{\underline{\underline{C}}} = [\underline{b} \ \ \underline{\underline{A}}\,\underline{b} \ \ \underline{\underline{A}}^2\underline{b} \ \dots]$ (1)

b, $\underline{\underline{Q}}$ mátrix és r tervezése $x(t)$ alapján

$\underline{\underline{Q}}$ – szimmetrikus, pozitív v. p. szemidefinit

$r = 10^6$ az input jelet minimalizáljuk (2)

$r = 10^{-6}$ az inputjelre nem írunk elő korlátot

c, $\underline{\underline{A}}^T \underline{\underline{P}} + \underline{\underline{P}}\,\underline{\underline{A}} - \underline{\underline{P}}\,\underline{b}\, r^{-1} \underline{b}^T \underline{\underline{P}} + \underline{\underline{Q}} = 0$ $\quad \underline{\underline{P}}$ – pozitív definit, szimmetrikus (3

d, állapot visszacsatolás

$\underline{k}^T = r^{-1} \underline{b}^T \underline{\underline{P}}$ (1)

e, $\dot{\underline{x}} = (\underline{\underline{A}} - \underline{b}\,\underline{k}^T)\underline{x} + \underline{b}\, v$

$y = \underline{c}^T \underline{x}$ (2)