

Mechatronikai rendszerek 1 GEMRB010M (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 stabilitás 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.

1. Fogalmazza meg a lineáris BIBO rendszer stabilitásának tételét!

(5 pont)

Egy lineáris dinamikus rendszer stabilis

(minden amplitúdókorlátos bemenőjére 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 $H(s) = \mathcal{L}\{g(t)\}$ átviteli függvénye polinom a nevezőben, a nevező komplex felírás segítségével,
 azaz $\text{Re}\{p_i\} < 0 \forall i$, ahol p_i a $H(s)$ pólusai
 c, súlyfüggvény hatáértéke zérus, azaz $\lim_{t \rightarrow \infty} w(t) = 0$

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

Állítsa elő az irányítható állapotegyenletet!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Mit értünk állapotter reprezentáció megfigyelhetőségén?

Bizonyítsa be a megfigyelhetőségi rangfeltétel matematikai feltételét!

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

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

Egy $(\underline{A}, \underline{b}, \underline{c}^T)$ állapotter-reprezentációról a adott rendszert (5) teljesen megfigyelhetőnek tekintjük, ha $x(t)$ állapota minden $t \geq t_0$ időpontra meghatározható a rendszer jövőbeni bemenet-, és kimenet függvényeivel ismeretében.

$$\dot{x} = \underline{A}x + \underline{b}u$$

$$y = \underline{c}^T x \quad / \quad \frac{d}{dt}$$

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

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

(5)

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

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

feljes sorokprang

$$\underline{y}_n = \underline{O}(\underline{c}^T \underline{A}) x + \underline{T}_n u_n ; x \text{ meghatározható, ha } \text{rang } \underline{O}(\underline{c}^T \underline{A}) = n \quad (2)$$

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

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

Állapítsa meg, hogy irányítható-e?

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

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

$$\text{rang } \underline{C}(\underline{A}, \underline{b}) = 2 \quad \text{'irányítható'} \quad (1)$$

5. Ismertesse LQR szabályzó tervezés lépéseit!

a, Irányíthatóság ellenőrzése $\underline{C} = \begin{bmatrix} \underline{b} & \underline{A}\underline{b} & \underline{A}^2\underline{b} & \dots \end{bmatrix} \quad (1)$
($n \times n$)

b, \underline{Q} mátrix és r tenzora $\underline{x}(t)$ alapján
 \underline{Q} - szimmetrikus, pozitív v. p. definit
 $\underline{r} = 10^6$ az input jelet minimalizáljuk
 $r = 10^{-6}$ az inputjelet nem input elő korlátot (2)

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

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

e, $\underline{\dot{x}} = (\underline{A} - \underline{b} \underline{k}^T) \underline{x} + \underline{b} v$
 $\underline{y} = \underline{c}^T \underline{x}$ (2)