

## Referát druhý

### MRAC stavový

Referát spolu za 15 bodov.

O práci na úlohách je potrebné referovať písomne formou krátkej správy (referátu). Referát/dokument sa odovzdáva do AIS. Pre termín odovzdania pozri príslušné miesto odovzdania v AIS.

#### Úlohy

1. Uvažujte model riadeného systému zadaný nasledovne

$$\dot{x}_1 = x_2 \quad (1a)$$

$$\dot{x}_2 = x_3 \quad (1b)$$

$$\dot{x}_3 = -2x_3 + 3x_2 - 20x_1 + 50u \quad (1c)$$

$$y = x_1 \quad (1d)$$

so začiatočným stavom  $x_1(0) = 0$ ,  $x_2(0) = 0$ ,  $x_3(0) = 0$ , kde  $y(t)$  je výstupná veličina,  $u(t)$  je vstupná veličina (akčný zásah) a  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ ,  $x_3(t)$  sú stavové veličiny.

- Zapište systém v maticovom tvare

$$\dot{x} = Ax + bu \quad (2a)$$

$$y = c^T x \quad (2b)$$

- Určte vstupno-výstupný opis riadeného systému – prenosovú funkciu. (0,3b)
  - Určte nuly a póly systému a vyznačte ich v komplexnej rovine. (0,3b)
  - Nakreslite blokovú schému systému (obsahujúcu stavové veličiny). (0,5b)
  - Vykreslite prechodovú charakteristiku systému, zároveň vykreslite priebehy stavových veličín (zostavte simulačnú schému, napríklad v Simulinku). (0,9b)
2. Navrhните stavový regulátor, taký, ktorý zabezpečí, že výsledný uzavretý regulačný obvod sa bude zhodovať s referenčným modelom v tvare

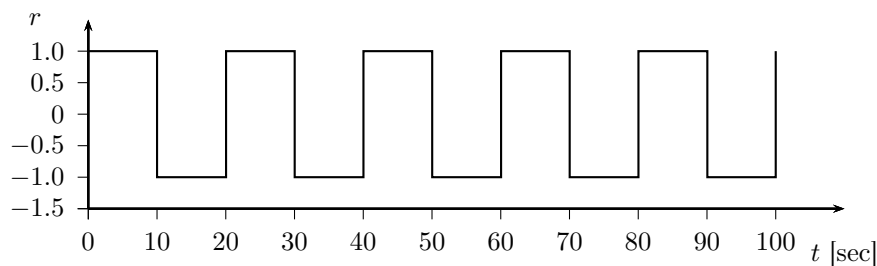
$$\dot{x}_m = A_m x_m + b_m r \quad (3a)$$

$$y_m = c_m^T x_m \quad (3b)$$

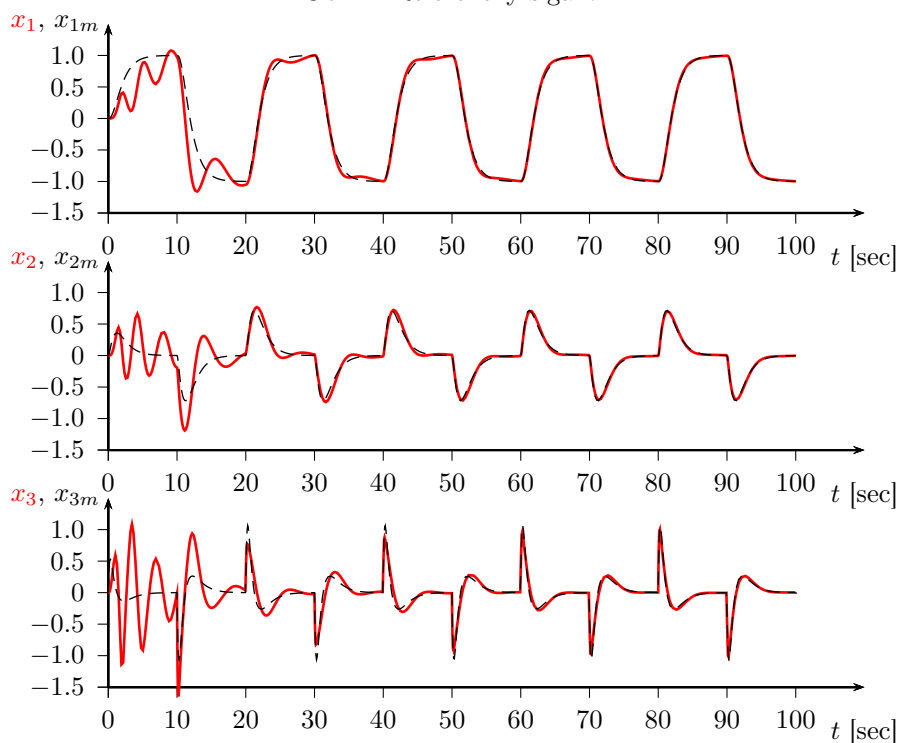
kde

$$A_m = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -5 & -11 & -7 \end{bmatrix} \quad b_m = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 5 \end{bmatrix} \quad c_m = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- Určte počet parametrov spätnoväzbového člena a dopredného člena stavového regulátora a zapište zákon riadenia vo vektorovom tvare (bez číselných hodnôt parametrov).
- Určte vektor parametrov (celkový)  $\Theta$  a signálny vektor  $\omega$  zákona riadenia. (0,2b)
- Určte podmienky zhody uzavretého regulačného obvodu a referenčného modelu. (0,4b)
- Určte číselné hodnoty parametrov zákona riadenia (vyriešte podmienky zhody). (1b)
- Zostavte simulačnú schému zákona riadenia a pridajte ju k simulačnej schéme riadeného systému. (0,1b)
- Určte stavový opis URO, nuly a póly URO – načrtnite ich v komplexnej rovine. (0,1b)
- Vykreslite prechodovú charakteristiku URO (čo je „vstupom“ URO?) (0,2b)
- Graficky porovnajte výstupy URO a RM. (1b)



Obr. 1: Referenčný signál  $r$



Obr. 2: Výsledok simulácie

3. V ďalšom predpokladajte, že nie všetky parametre systému sú známe. Známa nech je len štruktúra systému (rozмеры matic  $A$ ,  $b$ ,  $c$ ), že ide o SISO systém, že nenulový prvok matice  $c$  je rovný jednotke, a že prvá stavová veličina je zároveň aj výstupnou veličinou, a tiež nech je známa pozícia a znamienko jediného nenulového prvku vektora  $b$ . Stavový vektor riadeného systému je merateľný.

Pre zadaný riadený systém navrhňte adaptívne riadenie s referenčným modelom so stavovou štruktúrou zákona riadenia. Pre odvodenie zákona adaptácie použite priamu Lyapunovovu metódu. Referenčný model nech je v tvare (3).

- Z predchádzajúcej úlohy formálne modifikujte zákon riadenia, ktorý sa bude používať v adaptívnom riadiacom systéme. (0,25b)
- Ukážte existenciu ideálnych parametrov zákona riadenia. (0,25b)
- Stanovte diferenciálnu rovnicu, ktorá dáva do vzťahu adaptačnú odchýlku a chybu nastavenia parametrov zákona riadenia. (2b)
- Určte zákon adaptácie, ktorý sa bude používať v adaptívnom riadiacom systéme.
- Pre systém diferenciálnych rovníc  $(\dot{e}, \dot{\theta})$ , kde  $\dot{\theta}$  sa najskôr uvažuje vo všeobecnom tvare (na začiatku odvodu sa uvažuje len všeob. funkcia  $f$ ) zvolte kandidáta na Lyapunovovu funkciu a odvoďte (skonkretizujte) predpis (pravú stranu) pre  $\dot{\theta}$ .
- Zvoľte  $Q$  a vypočítajte  $P$  (alebo len určte  $P$ ).
- Zvoľte  $\Gamma$ . (0,5b)
- Začiatkové hodnoty adaptovaných parametrov zvolte nulové.
- Zostavte adaptívny riadiaci systém (simulačnú schému) a pridajte ho k simulovanému riadenému systému. (5b)
- Demonštrujte funkčnosť adaptívneho riadiaceho systému. Použite obdĺžnikový referenčný signál  $r$  ako na Obr. 1. Vzorové výsledky simulácie sú na Obr. 2. (2b)