

Semestrálne zadanie

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

Nominálne 15 bodov.

Hlavná úloha

Navrhnete adaptívny riadiaci systém pre riadenie kurzu nákladnej lode. Pri návrhu využite prístup, ktorého základom je Lyapunovova teória stability.

Opis riadeného systému a cieľov riadenia

Dynamiku uhlu natočenia lode opisuje diferenciálna rovnica v tvare [1]

$$\ddot{\varphi}(t) + \left(\frac{\tau_1 + \tau_2}{\tau_1 \tau_2} \right) \dot{\varphi}(t) + \left(\frac{1}{\tau_1 \tau_2} \right) \varphi(t) = \frac{K}{\tau_1 \tau_2} (\tau_3 \dot{\delta}(t) + \delta(t)) \quad (1)$$

kde $\varphi(t)$ [rad] je uhol natočenia lode (azimut, kurz lode) a táto veličina je výstupnou veličinou uvažovaného riadeného systému. Vstupom je uhol vychýlenia kormidla $\delta(t)$ [rad].

Parametre v rovnici (1) sú definované nasledovne

$$K = K_0 \frac{v}{L} \quad (2)$$

$$\tau_i = \tau_{i0} \frac{L}{v} \quad i = 1, 2, 3 \quad (3)$$

kde K_0 a τ_{i0} sú bezrozmerné konštanty závislé na mnohých faktoroch (typ lode atp.) a ich hodnoty pre tento prípad sú nasledovné:

$$K_0 = -3,86$$

$$\tau_{10} = 5,66$$

$$\tau_{20} = 0,38$$

$$\tau_{30} = 0,89$$

Predmetná rovnica (1) tiež predpokladá istý interval pre možnú rýchlosť lode v smere danom uhlom $\varphi(t)$. Rýchlosť v pre tento prípad nech je z intervalu $18 \pm 1,8$ [km/h]. Parameter L [km] je dĺžka lode a vzhľadom na uvažované jednotky rýchlosti v je potrebné uvažovať hodnotu danú v kilometroch. V tomto prípade sa uvažuje 161 metrov dlhá loď a teda $L = 0,161$ [km].

Požiadavky na dynamiku uhla natočenia lode je možné stanoviť charakteristickým polynómom v tvare

$$P(s) = \left(s + \frac{1}{T_m} \right)^2 \quad (4)$$

pričom T_m je časová konštanta z intervalu 20 ± 2 sekundy. Vzhľadom na uvedené jednotky v rovnici (1) je potrebné uvážiť, že napríklad 20 [s] = $0,005556$ [h].

Ďalšou požiadavkou je nulové prerégulovanie. Referenčný model pre URO je preto možné uvažovať v tvare

$$W_m(s) = \frac{1}{T_m^2} \frac{1}{\left(s + \frac{1}{T_m} \right)^2} \quad (5)$$

Predmetný model (1) predpokladá relatívne malé hodnoty uhla natočenia $\varphi(t)$. Z hľadiska referenčného signálu (vstupnej veličiny referenčného modelu) sa preto odporúča tento ohraničiť na interval 0 ± 5 [°].

Odporúčané sprievodné úlohy

- Stanovte prenosovú funkciu riadeného systému v tvare

$$\frac{y(s)}{u(s)} = k_p \frac{Z_p(s)}{R_p(s)} \quad (6)$$

- Stanovte prenosovú funkciu referenčného modelu v tvare

$$W_m(s) = k_m \frac{Z_m(s)}{R_m(s)} \quad (7)$$

- Určte zákon riadenia pre uvažovaný konkrétny prípad.
- Ukážte, že $W_m(s)$ nie je SPR prenosová funkcia.
- Nájdite polynóm $L(s)$, tak aby prenosová funkcia $W_m(s)L(s)$ bola SPR.
- Určte zákon adaptácie pre uvažovaný konkrétny prípad.
- Stanovte maticu Γ a začiatočné hodnoty adaptovaných parametrov.
- Zostavte simulačný experiment pre demonštráciu adaptívneho riadiaceho systému.

Bonusová úloha (5 bodov extra)

- Zostavte takú simuláciu, počas ktorej sa bude rýchlosť lode meniť. Zvoľte (vhodne) veľkosť a spôsob zmeny rýchlosti lode. Komentujte výsledok simulácie.
Poznámka: pre inšpiráciu k voľbe spôsobu zmeny rýchlosti lode pozri dokument ARo4, časť 2.3.1, simulácia 4.

Literatúra

- [1] K. M. Passino a S. Yurkovich. *Fuzzy Control*. Addison Wesley Longman, Inc., 1998.