

Zadanie (referát)

MRAC vstupno-výstupný

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.

Hlavná úloha

Navrhnite adaptívny riadiaci systém pre uvažovaný simulovaný nelineárny dynamický SISO systém, ktorý nazývajte *riadený systém*.

Predpokladá sa činnosť adaptívneho riadiaceho systému v istom okolí pracovného bodu riadeného systému. Voľba pracovného bodu, prípadne viacerých, a voľba veľkosti okolia pracovného bodu sa ponecháva na riešiteľa úlohy.

Ďalej sa predpokladá, že ciele riadenia je možné vyjadriť referenčným modelom (v zmysle riadenia s referenčným modelom) daným prenosovou funkciou v tvare

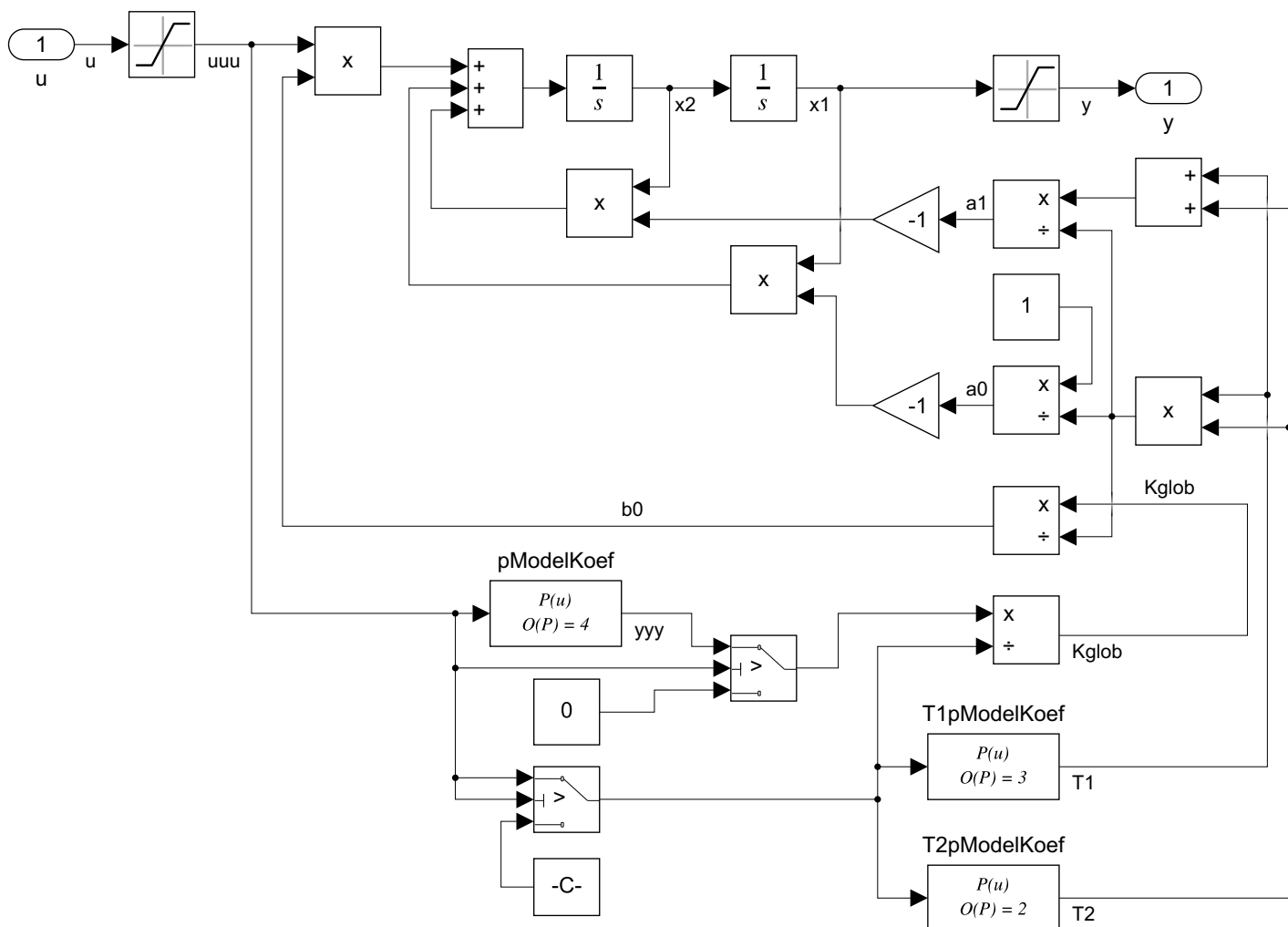
$$W_m(s) = \frac{s + 3}{s^2 + 3,5s + 3} \quad (1)$$

Špeciálne si všimnime fakt, že relatívny stupeň prenosovej funkcie $W_m(s)$ je $n^* = 1$.

V neposlednom rade sa tiež požaduje existencia dôkazu stability adaptívneho riadiaceho systému platného v okolí pracovného bodu v rovnakom zmysle ako predpoklad invariatnosti vlastností (statických a dynamických) riadeného systému v okolí pracovného bodu.

Dielčie úlohy

- Náležite stanovte aspoň jeden pracovný bod. (0,5b)
- Určte (identifikujte?) prenosovú funkciu, ktorá je modelom riadeného systému v okolí každého zvoleného pracovného bodu. (0,5b)
- Určte zákon riadenia, ktorý sa bude používať v adaptívnom riadiacom systéme. Ako príklad zvolte jednu prenosovú funkciu (z predch. bodu) a pre túto vypočítajte ideálne parametre zákona riadenia. (2b)
- Napíšte rovnicu výstupnej adaptačnej odchýlky $e_1(t)$. (0,5b)
- Napíšte/určte zákon adaptácie, ktorý sa bude používať v adaptívnom riadiacom systéme. (0,5b)
- Navrhnite a zdokumentujte adaptívny riadiaci systém v zmysle hlavnej úlohy. (11b)



Obr. 1

Opis riadeného systému

Samotný (simulovaný) riadený systém reprezentuje schéma na obr. 1. Schéma je založená na meraniach a opise malého jednosmerného motora tak ako je to zdokumentované v súbore `AR98_txt_doplnek_motorcek.pdf`. Zdrojový kód a prislúchajúce dáta sú dostupné v adresári `ML/motorcek_orig/` (zabalené v `adresar_ML.zip`).

Modelovanie riadeného systému

Poznámka: tu uvedené slúži len ako pomôcka pre riešiteľa úlohy, pričom niektoré podrobnosti ale aj niektoré náležitosti (napríklad pri kreslení grafov) sú prirodzene alebo zámerne vynechané alebo neuvedené. Táto časť nie je dostatočným technickým opisom modelovania predmetného riadeného systému.

Hlavná úloha nepriamo predpokladá, že riadený systém je možné v okolí pracovného bodu modelovať prenosovou funkciou, ktorej relatívny stupeň je $n^* = 1$. Len v istých náznakoch tu ukážme, že tento predpoklad je splnený.

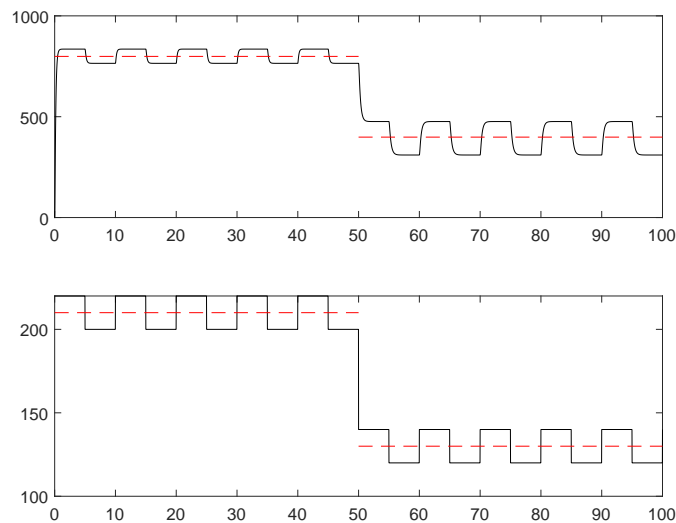
Nech cieľom je získať prenosovú funkciu v tvare

$$G(s) = \frac{b_1 s + b_0}{s^2 + a_1 s + a_0} \quad (2)$$

ktorá bude predstavovať model riadeného systému.

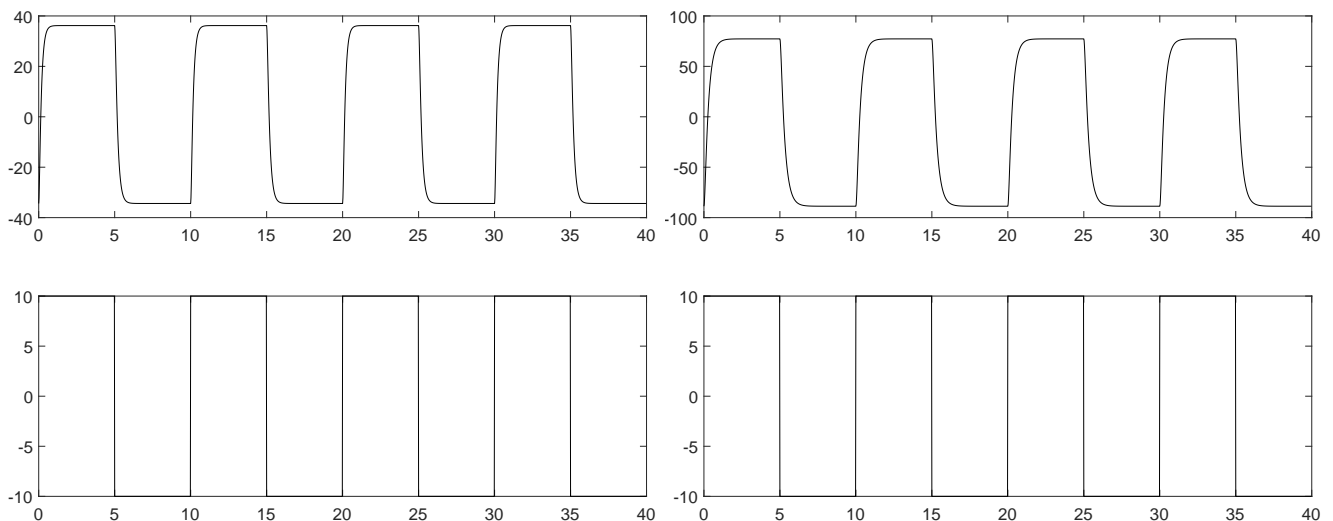
Pri identifikácii tejto prenosovej funkcie využime funkciu `d2c()` tak ako je implementovaná v MATLABe. Tím samozrejme uvádzame, že postup určenia modelu riadeného systému nech je tu založený na identifikácii ARX (alebo ARMAX) modelu, a následnom prevode diskretnej prenosovej funkcie na spojitú (tak ako je to implementované vo funkcii `d2c()`).

Na základe známej prevodovej charakteristiky zvolíme dva pracovné body a ich okolie a „namerajme“ dáta potrebné pre identifikáciu statických a dynamických vlastností riadeného systému. Vystihuje to nasledujúci obrázok:



Obr. 2: Hore: výst., dole: vst.

Dáta pre identifikáciu v dvoch pracovných bodoch potom sú:



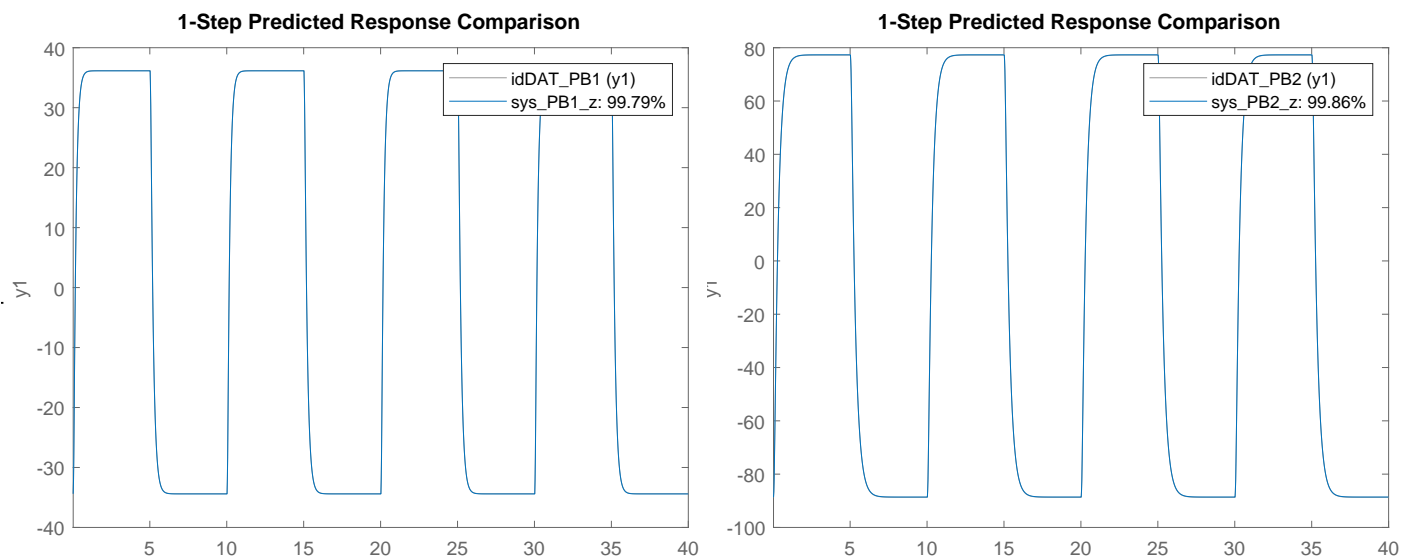
Obr. 3

S využitím toolboxov MATLABu potom môžeme identifikovať prenosové funkcie v pracovných bodoch (PB1 a PB2):

```
sys_PB1_z = arx(idDAT_PB1, [2,1,1])
sys_PB1_s = d2c(sys_PB1_z)

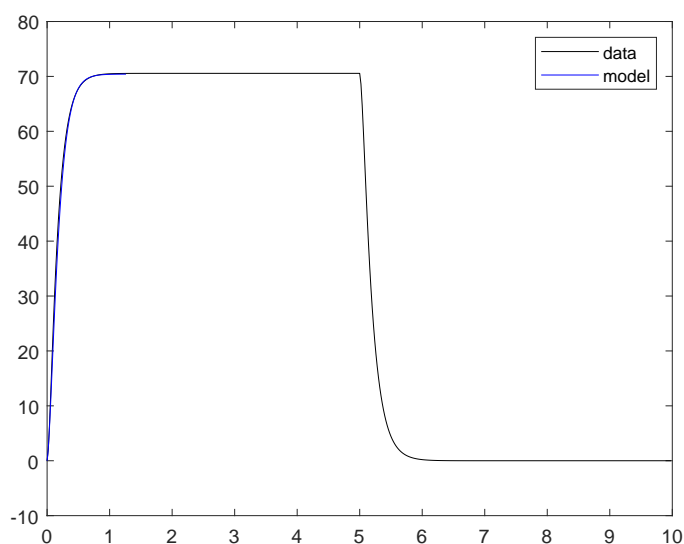
sys_PB2_z = arx(idDAT_PB2, [2,1,1])
sys_PB2_s = d2c(sys_PB2_z)
```

Úspešnosť identifikácie možno demonštrovať grafickým porovnaním výstupov ARX modelov s nameranými dátami:



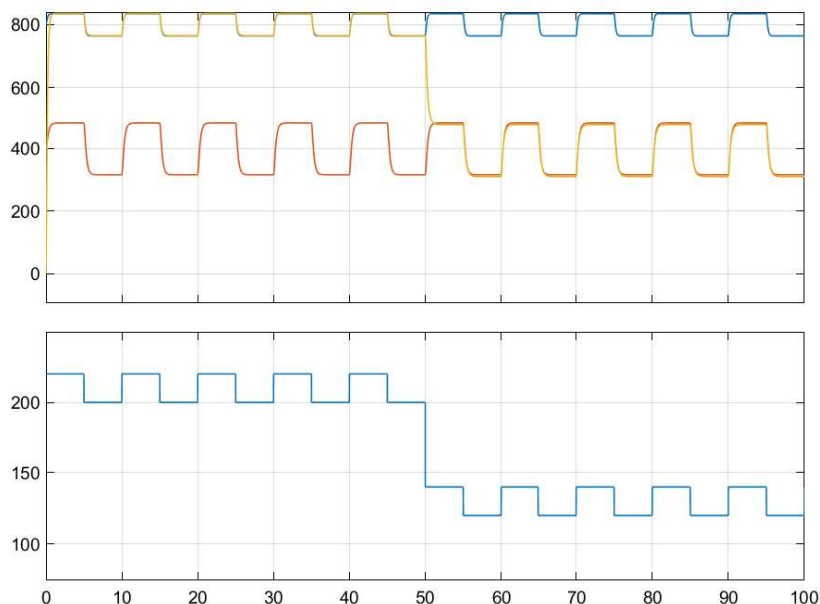
Obr. 4

Pre úplnosť je vhodné porovnať aj simuláciu spojitkej prenosovej funkcie (v princípe výstup príkazu `step()`) s výstupom pôvodného systému, ako napr. pre PB1 na nasledujúcom obr:



Obr. 5

Celý postup príkladu identifikácie prezentovaného v tejto časti je uvedený v skripte `ar07_mot_03_ident.m`, ktorý je prílohou tohto textu. Zároveň je prílohou Simulink schéma `ar07_mot_03_sim1.slx`. Pre azda ešte lepšiu orientáciu v situácii je tiež prílohou schéma `ar07_mot_03_sim2.slx` priamo prezentujúca výsledné spojité prenosové funkcie v porovnaní s pôvodným riadeným systémom. Výsledok porovnania prezentuje nasledujúci obrázok:



Obr. 6

Pre istotu, poznámka ešte raz: tu uvedené slúži len ako pomôcka pre riešiteľa úlohy, pričom niektoré podrobnosti ale aj niektoré náležitosti (napríklad pri kreslení grafov) sú prirodzene alebo zámerne vynechané alebo neuvedené. Táto časť nie je dostatočným technickým opisom modelovania predmetného riadeného systému.

Bonusová úloha

(5 bodov)

Pozorné oči čitateľiek a čitateľov si iste všimli, že prezentovaný riadený systém (simulovaný) na obr. 1 je možné takpovediac prirodzene opísať ako systém druhého rádu s relatívnym stupňom dva (teda $n^* = 2$). Samozrejme hovoríme z hľadiska lineárneho dynamického systému. Nelinearita systému na obr. 1 spočíva v premenlivosti parametrov „lineárnej štruktúry“ systému. Úplne explicitne to samozrejme ukazuje dokument AR98_txt_doplnek_motorcek.pdf.

Bonusovou úlohou preto nech je návrh adaptívneho riadenia s referenčným modelom (MRAC) pre prípad, keď ako model riadeného systému (v okolí pracovného bodu) sa uvažuje prenosová funkcia vo všeobecnosti v tvare

$$G(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \quad (3)$$

a teda relatívny stupeň je $n^* = 2$.

Ak by išlo o návrh MRAC vrátane analytického pojednania o stabilite riadiaceho systému, potom by boli zrejme potrebné aj zmeny na strane referenčného modelu (zmeny oproti tu uvedenému referenčnému modelu (1)), najmä čo sa relatívneho stupňa týka. Toto sa ponecháva na riešiteľa, pričom východiskom pre požiadavky na kvalitu riadenia samozrejme môže byť pôvodný referenčný model (1) a jeho úpravy môžu byť vykonané v zmysle napríklad príkazu `balred` (Control Systems toolbox v MATLABe).