

Zadanie 1

Návrh spojitých PID regulátorov z prenosovej funkcie riadeného systému

Cieľ cvičenia:

Opis riadeného systému, výber optimálnej štruktúry PID, návrh PID regulátora vybranými klasickými metódami, porovnanie jednotlivých návrhov z hľadiska dosiahnutej kvality riadenia uzavretého regulačného obvodu (maximálne preregulovanie, čas regulácie), overenie stability, výpočet ustálených hodnôt veličín a výpočet pólov.

Použité označenia

URO – uzavretý regulačný obvod

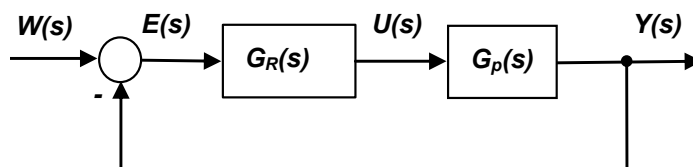
ORO – otvorený regulačný obvod

η_{\max} - maximálne preregulovanie

t_{reg} - doba regulácie (spisovne čas regulácie)

Úlohy

1. Stručne opíšte zadaný riadený systém/proces a špecifikujte jeho vstupnú a výstupnú veličinu.
2. Odvodte matematický model svojho dynamického systému v tvare
 - diferenciálnej rovnice
 - prenosovej funkcie, aj v tvare „zpk“ (rozklad čitateľa a menovateľa na koreňové činitele)Vypočítajte prechodovú a impulzovú funkciu svojho systému
Vykreslite prechodovú a impulzovú charakteristiku.
3. Pre svoj systém určite optimálnu štruktúru spojitého regulátora (PID, PI, PD, P) použitím Vety o konečnej hodnote.
4. S využitím programového systému Synreg vypočítajte optimálne parametre PID regulátora týmito štandardnými metódami:
 - Naslinova metóda
 - Metóda optimálneho modulu
 - Metóda štandardných tvarov (Graham-Lathropova a Butterworthova metóda)
 - Metódou časových konštánt.
5. Simulujte prechodové charakteristiky URO s jednotlivými regulátormi a zakreslite ich do jedného obrázka; vyberte “najlepší” priebeh z hľadiska dosiahnutej kvality regulačného pochodu.
6. Pre “najlepší” návrh vykreslite do jedného obrázka priebehy $y(t)$, $u(t)$, $e(t)$ a návrh regulátora overte výpočtom.
7. Použitím Vety o konečnej hodnote overte ustálené hodnoty $y(t)$, $u(t)$, $e(t)$.
8. Overte stabilitu URO
 - pomocou frekvenčných kritérií stability (Nyquist, Bode)
 - výpočtom pólov URO.



Obr.: Jednoduchý spätnoväzobný regulačný obvod s PID regulátorom

$G_P(s)$ – prenosová funkcia riadeného systému

$G_R(s)$ - prenosová funkcia spojitého PID regulátora

$$G_R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = P + \frac{I}{s} + Ds = P\left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right)$$

P – proporcionálne zosilnenie, proporcionálna zložka

I – integračná zložka

D- derivačná zložka

Blok PID regulátora je v knižnici Simulink Extras/Additional Linear/PID controller

T_i – integračná časová konštanta

T_d – derivačná časová konštanta

K bodu 3: Na základe podmienky $e(\infty)=0$ určte minimálnu štruktúru regulátora pre referenčnú premennú $w(t)=1(t)$.

$$e(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + G_P(s)G_R(s)} \frac{1}{s} = \lim_{s \rightarrow 0} G_{E/W}(s) = \dots = 0$$

K bodu 4: Pomocou programového systému Synreg navrhnete 4 uvedenými metódami optimálne konštanty PID regulátora pre štruktúru vybranú v bode 1.

Pozn.: konštanty musia byť kladné!

K bodu 5: Prechodovú charakteristiku URO môžete simulovať buď v Simulinku alebo pomocou príkazu feedback.

Napr. takto:

`sys = series(sys1,sys2)` – výsledná prenosová funkcia sériového zapojenie dvoch LTI modelov

Konkrétne: `goro = series(gp, gr)` – prenosová funkcia ORO

`sys = feedback(sys1,sys2, -1)` – výsledné spätnoväzobné zapojenie, `sys1` je v priamej väzbe, `sys2` je v spätnej väzbe

Konkrétne: `guro = feedback(goro, 1)` – prenosová funkcia URO

$$\eta_{\max} = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{y_{\infty}} \cdot 100[\%] \quad t_{\text{reg}} \text{ je čas, za ktorý prechodová charakteristika URO „uviazne“}$$

v koridore $\pm \varepsilon\%$ v okolí svojej ustálenej hodnoty y_{∞} a už z neho nevyjde. Obvykle $\varepsilon \in \{1,3,5\}\%$.

K bodu 5: Veta o konečnej hodnote:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sY(s)$$
$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s),$$
$$\lim_{t \rightarrow \infty} u(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sU(s)$$

Ďalšie užitočné informácie:

- Blok PID je v knižnici *Simulink Extras/Additional Linear/PID*
- Na vyhodnotenie kvality regulácie je možné využiť v Matlabe príkaz „*stepinfo*“.

`S = stepinfo(y,t,yfinal)`

`S = stepinfo(y,t)`

`S = stepinfo(y)`

`S = stepinfo(sys)`

Description

`S = stepinfo(y,t,yfinal)` takes step response data (t,y) and a steady-state value yfinal and returns a structure S containing the following performance indicators:

RiseTime — doba nábehu

SettlingTime — doba ustálenia

SettlingMin — minimálna hodnota po dosiahnutí doby ustálenia

SettlingMax — maximálna hodnota po dosiahnutí doby ustálenia

Overshoot — max. preregulovanie [%]

Undershoot — max. podregulovanie [%]

Peak — maximálna hodnota y