Základy automatického riadenia

Prednáška 10

doc. Ing. Anna Jadlovská, PhD.,
doc. Ing. Ján Jadlovský, CSc.

Katedra kybernetiky a umelej inteligencie
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Technická univerzita v Košiciach

ZS 2015/2016

Diskrétny regulačný obvod vzniká použitím počítača vo funkcii regulátora.

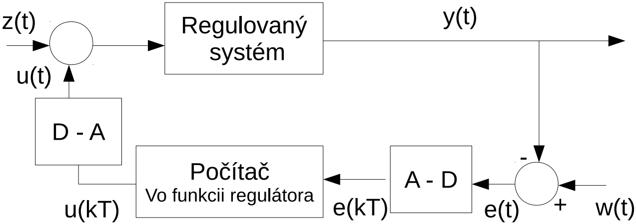
Spojitý regulátor:

- na báze operačných zosilňovačov
- vstup: spojito menené napätie (regulačná odchýlka), ktorá je zosilnená, derivovaná a integrovaná
- výstup: spojito menené napätie (akčný zásah)

Diskrétny regulátor:

- implementovaný v počítači
- vstup: nemôže byť spojito menené napätie, musí byť prevedené analógovo-digitálnym prevodníkom na diskrétny signál, ktorý dokáže počítač spracovať
- výstup: počítač získava informáciu o regulačnej odchýlke iba v určitých okamihoch a iba v týchto okamihoch počíta hodnotu akčnej veličiny $u(t)$

Bloková schéma diskrétneho regulačného obvodu:



T - perióda vzorkovania
D-A - diskrétno analógový prevodník
A-D - analógovo diskrétny prevodník

u(kT) - diskrétny akčný zásah
e(kT) - diskrétna regulačná odchýlka

Požadovaná rovnaká funkcionalita ako pri spojitom PID regulátore, ktorého východzia funkcia má tvar:

$$u(t) = r_0 \left(e(t) + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(t)dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right) \tag{1}$$

s prenosom:

$$F_R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = r_0(1 + \frac{1}{T_i s} + T_D s) \tag{2}$$

diskrétnu verziu regulátora dostaneme diskretizáciou integrácie a derivácie vo vzťahu pre výstup regulátora $u(t)$:

$$\int_0^{kT} e(t)dt \cong T \sum_{i=1}^{k} e(i), \quad \frac{de(t)}{dt} \cong \frac{e(k) - e(k-1)}{T}, \tag{3}$$

kde T je vzorkovacia perióda

Po dosadení vzťahov pre diskretizáciu integrácie a derivácie do vzťahu pre výstup regulátora $u(t)$ dostaneme:

$$u(k) = r_0 \left\{ e(k) + \frac{T}{Ti} \sum_{i=1}^{k} e(i) + \frac{T_D}{T} (e(k) - e(k-1)) \right\} \qquad (4)$$

tento typ algoritmu diskrétneho regulátora nazývame **polohový algoritmus**. Nepoužíva sa v praxi kvôli komplikáciam pri výpočte sumy $\sum_{i=1}^{k} e(i)$ akčného zásahu $u(k)$

Uvažujme určenie prírastku akčného zásahu $\Delta u(k)$ namiesto akčného zásahu $u(k)$.

$$\Delta u(k) = u(k) - u(k-1) \tag{5}$$

tento algoritmus sa nazýva prírastkový **algoritmus PSD regulátora**. Pomocou rovnice polohového algoritmu vyjadríme $u(k-1)$:

$$u(k-1) = r_0 \left\{ e(k-1) + \frac{T}{Ti} \sum_{i=1}^{k-1} e(i) + \frac{T_D}{T}(e(k-1) - e(k-2)) \right\} \tag{6}$$

Dosadením $u(k-1)$ do vzťahu pre $\Delta u(k)$ platí:

$$\Delta u(k) = u(k) - u(k-1) = \\ = r_0 \left\{ e(k) - e(k-1) + \frac{T}{Ti} e(k) + \frac{T_D}{T}(e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)) \right\} \tag{7}$$

Po úprave dostaneme:

$$\Delta u(k) = \underbrace{r_0(1 + \frac{T_D}{T} + \frac{T}{T_i})}_{q_0} e(k) \underbrace{- r_0(1 + 2\frac{T_D}{T})}_{q_1} e(k-1) + \underbrace{r_0 \frac{T_D}{T}}_{q_2} e(k-2) \tag{8}$$

Prírastkový tvar PSD regulátora má teda tvar:

$$\Delta u(k) = q_0 e(k) + q_1 e(k-1) + q_2 e(k-2), \qquad (9)$$

kde

$$q_0 = r_0 \left(1 + \frac{T_D}{T} + \frac{T}{T_i}\right), \quad q_1 = -r_0 \left(1 + 2\frac{T_D}{T}\right), \quad q_2 = r_0 \frac{T_D}{T} \qquad (10)$$

Prenos PSD regulátora vyjadrujeme v tvare:

$$F_R(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}} \qquad (11)$$

Úloha:
Preveďte spojitý PID regulátor so zadaným prenosom $F_R(s)$:

$$F_R(s) = 0.4\left(1 + \frac{1}{0.5s} + 0.1s\right)$$

pri vzorkovacej perióde $T = 0.1s$ na diskrétny PSD regulátor
Riešenie:
Z uvedeného prenosu regulátora $F_R(s)$ vyplýva, že $r_0 = 0.4$, $T_i = 0.5s$ a $T_D = 0.1s$ a na základe vzťahov pre parametre PDS regulátora q_0, q_1 a q_2 platí:

$$q_0 = r_0\left(1 + \frac{T_D}{T} + \frac{T}{T_i}\right) = 0.88, \quad q_1 = -r_0\left(1 + 2\frac{T_D}{T}\right) = -1.2$$

$$q_2 = r_0\frac{T_D}{T} = 0.4$$

Prenos PSD regulátora teda môžeme zapísať v tvare:

$$F_R(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}} == \frac{0.88 - 1.2z^{-1} + 0.4z^{-2}}{1 - z^{-1}}$$