

ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

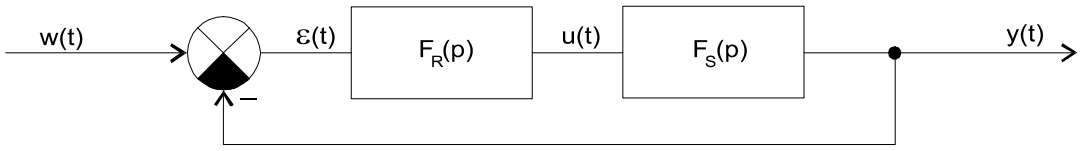
Laboratorní cvičení z TŘ- R5

Optimální nastavení PID regulátoru

Jméno apříjmení:	*Jan Krčmář*
Osobní číslo:	*A05023*
Datum měření:	*17.4. 2007*
Pracovní skupina	*č.3*

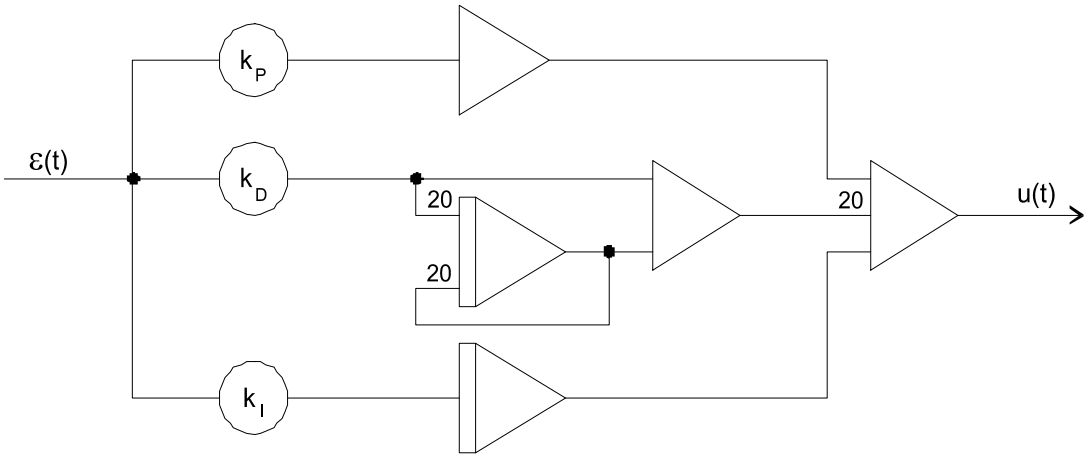
ZADÁNÍ REFERÁTU:

1. Vypočtěte optimální nastavení regulátoru PID tak, aby SAŘ dle schématu



kde $F_R(p) = k_P + \frac{k_I}{p} + k_D p$ a $F_S(p) = \frac{k}{a_2 p^2 + a_1 p + 1}$ byl optimální ve smyslu integrálního kritéria ITAE. Řízená soustava $F_S(p)$ je soustava modelovaná na AP MEDA-T (laboratorní cvičení *TŘ-R1*).

2. Regulátor PID realizujte podle schématu:



3. Na souřadnicovém zapisovači BAK-4T zaznamenejte:
   a) odezvu soustavy (bez regulátoru),
   b) odezvu optimálně nastaveného regulátoru PID,
   c) odezvu SAŘ s optimálně nastaveným regulátorem PID.

   Pro experimenty uvažujte $w(t) = \alpha \cdot 1SJ$, kde $\alpha \in \langle 0{,}2; 0{,}8 \rangle$, v závislosti na velikosti statického zesílení.

4. Vyhodnoťte dobu regulace T_r a maximální přeregulování φ_m pro neřízenou a řízenou soustavu při požadované přesnosti $\delta = 5\%$

5. Proveďte zhodnocení získaných výsledků.

ŘEŠENÍ:

(1) Výpočet optimálních parametrů

Ideální regulátor PID je konstrukčně tvořen paralelní kombinací tří typů regulátorů :
P – proporcionální regulátor;
I – integrační regulátor;
D – derivační regulátor.

Obrazový přenos :

$$F_{(R)} = \frac{U_{(p)}}{E_{(P)}} = k_P + \frac{k_I}{p} + k_D \cdot p$$

Určení parametrů regulátoru PID s použitím kritéria ITAE pro řízenou soustavu s přenosem:

$$F_{(S)} = \frac{k}{a_2 p^2 + a_1 p + 1}$$

Uzavřený systém má přenos:

$$F(p) = \frac{F_R(p).F_S(p)}{1 + F_R(p).F_S(p)} = \frac{F_0(p)}{1 + F_0(p)} = \ldots = \frac{\frac{k}{a_2}(k_P p + k_I + k_D p^2)}{p^3 + \frac{k.k_D + a_1}{a_2} p^2 + \frac{k.k_P + 1}{a_2} p + \frac{k.k_I}{a_2}}.$$

Získáváme tak charakteristický polynom:

$$p^3 + \frac{k.k_D + a_1}{a_2} p^2 + \frac{k.k_P + 1}{a_2} p + \frac{k.k_I}{a_2},$$

který porovnáme s Grahamovým a Lathropovým optimálním polynomem třetího řádu:

$$p^3 + 1{,}75T p^2 + 2{,}15T^2 p + T^3.$$

Dostáváme tedy rovnici:

$$p^3 + \frac{k.k_D + a_1}{a_2} p^2 + \frac{k.k_P + 1}{a_2} p + \frac{k.k_I}{a_2} = p^3 + 1{,}75T p^2 + 2{,}15T^2 p + T^3$$

Odtud vyjádříme vztahy pro výpočet parametrů PID:

$$k_P = \frac{2{,}15T^2 a_2 - 1}{k}, k_I = \frac{a_2 T^3}{k}, k_D = \frac{1{,}75T a_2 - a_1}{k}.$$

Konkrétně pro přenos naší soustavy : $F_S = \frac{0{,}6}{p^2 + 0{,}6p + 1}$ dostáváme:

$$k = 0{,}6, a_2 = 1, a_1 = 0{,}6$$

$$p^3 + \frac{0{,}6k_D + 0{,}6}{1} p^2 + \frac{0{,}6k_P + 1}{1} p + \frac{0{,}6k_I}{1} = p^3 + 1{,}75tTp^2 + 2{,}15T^2 p + T^3$$

Ideální regulátor

Konstantu T, určující časové měřítko děje, volíme s ohledem na rozsahy, v nichž jsou konstanty PID nastavitelné při jeho realizaci. Zpravidla se volí tak, aby proporcionální konstanta k_p=1.

$$k_P = 1 = \frac{2{,}15T^2 \cdot 1 - 1}{0{,}6}$$

$$T = \sqrt{1{,}6 / 2{,}15} = 0{,}8626621856$$

Dosazením T získáváme pro k_d hodnotu:

$$k_D = \frac{1{,}75T \cdot 1 - 0{,}6}{0{,}6}$$

$$k_D = (1{,}75T - 0{,}6) / 0{,}6 = 1{,}516098041$$

Dosazením T získáváme pro k_I hodnotu:

$$k_I = \frac{1T^3}{0{,}6} = 1{,}069968602$$

Vypočítali jsme tak ideální parametry PID regulátoru :

$$k_P = 1, \quad k_D = 1{,}516098041, \quad k_I = 1{,}069968602$$

Dosadíme do rovnice přenosu regulátoru:

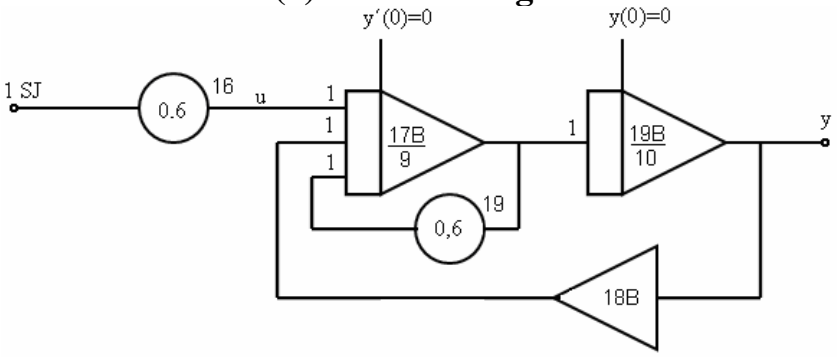
$$F_R(p) = 1 + \frac{1{,}069968602}{p} + p \cdot 1{,}516098041$$

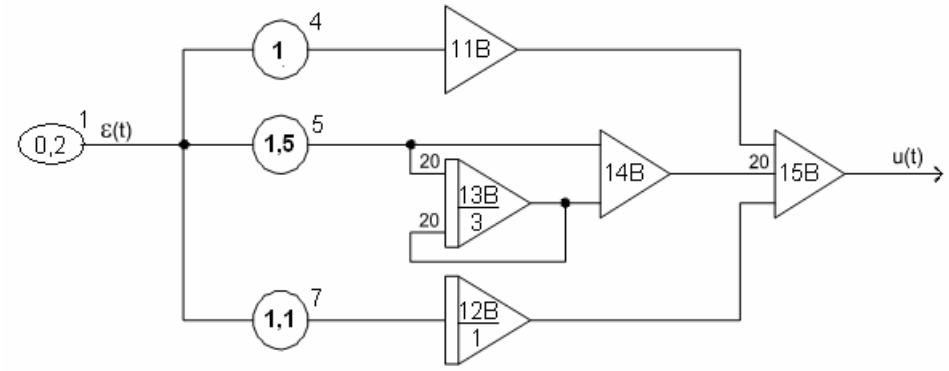
Pro jednoduchost modelování na AP MEDA - T je zaokrouhlíme:

$$\boxed{k_P = 1, k_D = 1{,}5, k_I = 1{,}1}$$

Nyní můžeme zapsat přenos PID regulátoru: $\boxed{F_R(p) = 1 + \frac{1{,}1}{p} + 1{,}5p}$.

(2) Realizace regulátoru





Daný regulátor popsaný přenosem v minulém bodu řešení jsme realizovali na AP MEDA - T.

(3) Záznam na souřadnicovém zapisovači BAK - 4T

Pro experiment jsme uvažovali $w(t) = \alpha \cdot 1SJ$, kde $\alpha = 0{,}2$, v závislosti na velikosti statického zesílení. V našem případě tedy $w(t) = 0{,}2 \cdot 10 \quad V = 2\ V$

Zaznamenané odezvy viz příloha.

(4) Zhodnocení regulování

Uvažujeme-li přesnost $\delta = 5\ \%$, můžeme říci, že soustava je odregulovaná, dosáhnel-li výstupní veličina intervalu $y(t) \in \langle 5{,}7,\ 6{,}3 \rangle\ V$.

Doba regulace soustavy **s PID** regulátorem je přibližně $\boxed{T_r = 1\ s}$, hodnota maximálního přeregulování je neměřitelná, neboť odezva soustavy s regulátorem nepřekročí ustálenou hodnotu.

Doba regulace soustavy **bez PID** regulátoru je přibližně $\boxed{T_r = 8{,}5\ s}$, hodnota maximálního přeregulování: $\varphi_{\max} = \frac{y_{\max} - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100\ [\%] = \frac{8{,}1 - 6}{6} \cdot 100\ [\%] = 35\ \%$

	Neřízená soustava	Řízená soustava
Doba regulace	8,5s	1s
Maximální přeregulování	35%	Nelze měřit

(5) Závěr

Hodnoty koeficientů PID regulátoru jsme vypočetli na počítači $\boxed{k_P = 1, k_D = 1{,}5, k_I = 1{,}1}$. A následně provedli kontrolu pomocí uvedených vzorců, které nám potvrdily správnost řešení.

PID regulátor jsme zapojili na analogovém počítači podle schématu. Odezvu řízeného i neřízeného systému jsme poté zaznamenali pomocí zapisovače. Neřízený systém měl prechodovou charakteristiku jako u předešlých referátů, ustálil se na hodnotě 6V po 8,5s při vstupu 1SJ. Řízený systém se ustálil na nižší hodnotě po 1s.

Z toho vyplývá, že námi navrhnutý regulátor není vhodný, je-li naším cílem dosáhnout rychle ustáleného stavu původní hodnoty.