

9 Výpočtové cvičenie - 9.týždeň

9.1 Ciele cvičenia

- Návrh uzavretého regulačného obvodu.
- Výpočet parametrov regulátora.

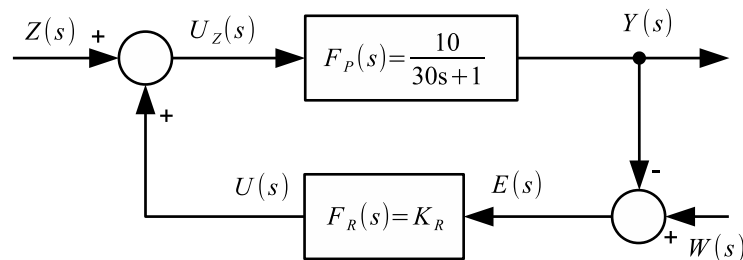
9.2 Riešené príklady

Zadanie: Prenosová funkcia regulovaného objektu je

$$F_P(s) = \frac{10}{30s + 1} \quad (9.1)$$

Úlohy: Navrhňte regulačný obvod s proporcionálnym regulátorom $F_R(s) = K_R$, v ktorom:

1. Určíte zosilnenie regulátora, pri ktorom časová konštanta regulačného obvodu je 10-krát menšia ako časová konštanta pôvodného systému, t.z., že procesy prebiehajú 10-krát rýchlejšie než v neregulovanom pôvodnom systéme.
2. Určíte statické zosilnenie uzavretého regulačného obvodu (URO).
3. Nakreslite prechodovú charakteristiku $F_P(s)$ a priebeh výstupnej veličiny $y(t)$ URO po jednotkovej skokovej zmene poruchy $z(t)$.



Riešenie:

1. Výpočet zosilnenia K_R :

$$F_{Y/Z}(s) = \frac{F_P(s)}{1 + F_R(s)F_P(s)} = \frac{10}{30s + 1 + 10K_R} \quad (9.2)$$

Pre výpočet K_R musíme $F_P(s)$ a $F_{Y/Z}(s)$ upraviť do tvaru:

$$F_P(s) = \frac{K}{T_s + 1} \quad (9.3)$$

$$F_{Y/Z}(s) = \frac{K_u}{T_u s + 1} \quad (9.4)$$

Časovú konštantu URO T_u po úprave vypočítame zo vzťahu:

$$T_u = \frac{30}{1 + 10K_R} \quad (9.5)$$

Aby procesy v URO prebiehali 10x rýchlejšie ako v pôvodnom systéme, musí platiť:

$$T_u = \frac{T}{10} = \frac{30}{10} = 3 \quad (9.6)$$

a po dosadení hodnoty T_u do prenosu URO vzhľadom na poruchu (9.30) vypočítame požadovanú hodnotu K_R :

$$\frac{30}{1 + 10K_R} = 3 \quad (9.7)$$

a teda $K_R = 0,9$.

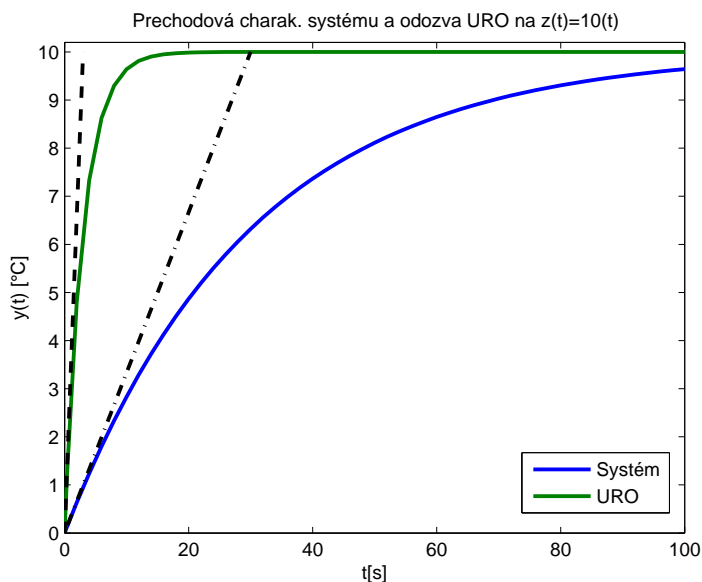
2. Výpočet statického zosilnenia URO K_u : Statické zosilnenie vypočítame úpravou (9.28) do tvaru uvedeného v (9.30) a následne vyjadrením K_u :

$$K_u = \frac{10}{1 + 10K_R} \quad (9.8)$$

a po dosadení K_R

$$K_u = 1$$

3. Vykreslenie prechodovej charakteristiky systému (9.27) a odozvy URO na poruchu $z(t)$ v tvare jednotkového skoku:



Zadanie: Regulovaná veličina $y(t)$ je teplota v peci. Prenos regulovaného systému je:

$$F_P(s) = \frac{2}{10s + 1} \quad (9.9)$$

Na riadenie je použitý I - regulátor s prenosom v tvare:

$$F_R(s) = \frac{1}{20s} \quad (9.10)$$

Úloha: S akou ustálenou chybou sleduje regulovaná veličina želaný priebeh teploty vyjadrený časovým priebehom riadiacej veličiny:

$$w(t) = 20 + 0.1t$$

Riešenie: Obraz riadiacej veličiny je:

$$W(s) = L\{20 + 0.1t\} = \frac{20}{s} + \frac{0.1}{s^2} \quad (9.11)$$

Prenos odchýlky je:

$$F_{E/W}(s) = \frac{E(s)}{W(s)} = \frac{1}{1 + F_R(s)F_P(s)} = \frac{1}{1 + \frac{2}{20s(10s+1)}} = \frac{20s(10s+1)}{200s^2 + 20s + 2} \quad (9.12)$$

Potom pre odchýlku $E(s)$ platí:

$$E(s) = F_{E/W}(s)W(s) = \frac{20s(10s+1)}{200s^2 + 20s + 2} \left(\frac{20}{s} + 0.1 \frac{1}{s^2} \right) \quad (9.13)$$

Pomocou vety o konečnej hodnote získame ustálenú hodnotu odchýlky $e(\infty)$:

$$e(\infty) \cong \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{20s(10s+1)}{200s^2 + 20s + 2} \left(\frac{20}{s} + 0.1 \frac{1}{s^2} \right) = 1 \quad (9.14)$$

Zadanie: Regulovaná veličina $y(t)$ je teplota v peci. Prenos regulovaného systému je:

$$F_P(s) = \frac{0.5}{10s + 1} \quad (9.15)$$

Na riadenie je použitý I - regulátor s prenosom v tvare:

$$F_R(s) = \frac{1}{T_i s} \quad (9.16)$$

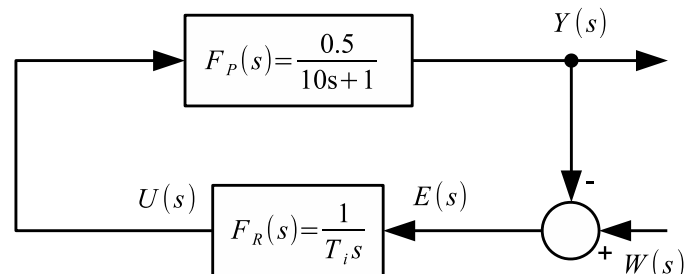
Žiadaný priebeh teploty je vyjadrený časovou závislosťou riadiacej veličiny $w(t) = 0.2t$.

Úlohy:

1. Nakreslite blokovú schému URO.
2. Určte prenos riadenia $F_{Y/W}(s)$.
3. Určte obraz výstupnej veličiny $Y(s)$ na vstupný signál $w(t) = 0.2t$.
4. Určte hodnotu integračnej konštanty T_i tak, aby trvalá regulačná odchýlka žiadaného priebehu teploty bola menšia ako 5.
5. Vypočítajte odozvu výstupnej veličiny $y(t)$ URO na zmenu riadiacej veličiny $w(t) = 0.2t$.

Riešenie:

1. Bloková schéma URO:



2. Prenos riadenia:

$$F_{Y/W}(s) = \frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{0.5}{T_i s(10s + 1) + 0.5} \quad (9.17)$$

3. Obraz výstupnej veličiny:

$$Y(s) = F_{Y/W}(s)W(s) = \frac{0.5}{T_i s(10s+1)} \frac{0.2}{s^2} = \frac{0.1}{s^2[T_i s(10s+1) + 0.5]} \quad (9.18)$$

4. Určenie T_i :

$$F_{E/W}(s) = \frac{E(s)}{W(s)} = \frac{1}{1 + F_R(s)F_P(s)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{T_i s} \frac{0.5}{10s+1}} = \frac{(10s+1)T_i s}{T_i s(10s+1) + 0.5} \quad (9.19)$$

$$E(s) = \frac{(10s+1)T_i s}{T_i s(10s+1) + 0.5} \cdot \frac{0.2}{s^2} \quad (9.20)$$

$$e(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) \cong \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = \frac{0.2T_i}{0.5} < 5 \quad (9.21)$$

$$0.2T_i < 0.25$$

$$T_i < 12.5$$

5. Výpočet odozvy $y(t)$ URO na zmenu $w(t) = 0.2t$, ak $T_i = 10$:

$$Y(s) = F_{Y/W}(s)W(s) = \frac{0.5}{10s(10s+1)} \frac{0.2}{s^2} = \frac{0.1}{s^2[10s(10s+1) + 0.5]} \quad (9.22)$$

$$y(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sY(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{0.1s}{100s^4 + 10s^3 + 0.5s^2} = \infty \quad (9.23)$$

6. Overenie stability URO, ak $T_i = 10$:

$$F_{Y/W}(j\omega) = \frac{0.5}{-100\omega^2 + 10j\omega + 0.5} \quad (9.24)$$

a po úprave:

$$F_{Y/W}(j\omega) = \frac{-50\omega^2 + 0.25}{(-100\omega^2 + 0.5)^2 + 100\omega^2} + j \frac{5\omega}{(-100\omega^2 + 0.5)^2 + 100\omega^2} \quad (9.25)$$

$$F_{Y/W}(j\omega) = \frac{0.5}{-100\omega^2 + 10j\omega + 0.5} = \frac{-50\omega^2 + 0.25}{(-100\omega^2 + 0.5)^2 + 100\omega^2} + j \frac{5\omega}{(-100\omega^2 + 0.5)^2 + 100\omega^2} \quad (9.26)$$

Nyquistova charakteristika URO, uvedená na nasledujúcom obrázku znázorňuje, že uvedený URO je stabilný.

