Kod projektu: SYMMETRY

Zamodeluj szeregowy układ regulatorów PI prądu i prędkości. Nastawy regulatorów dobierz z kryterium modułu i symetrii. Dla ułatwienia podano wszystkie niezbędne przekształcenia. Podaj schemat blokowy uwzględniający wszystkie pojawiające się poniżej oznaczenia.

Analiza układu regulacji prądu RI:

- transmitancja obiektu :

$$G_{ob1} = G_1 \cdot G_2 \cdot c_p = \frac{k_{ps} \cdot c_p}{R_z} \cdot \frac{1}{1+s\cdot\tau_o} \cdot \frac{1}{1+s\cdot T_E} = \frac{k_{ob1}}{(1+s\cdot\tau_o)\cdot(1+s\cdot T_E)}, \text{ gdzie } k_{ob1} = \frac{k_{ps}\cdot c_p}{R_z},$$

- transmitancja układu otwartego :

$$G_{otw1} = G_{RI} \cdot G_{ob1} = \frac{1+s\cdot T_2}{s\cdot T_1} \cdot \frac{k_{ob1}}{(1+s\cdot\tau_o)\cdot(1+s\cdot T_E)} = \frac{1+s\cdot T_E}{s\cdot 2\cdot k_{ob1}\cdot\tau_o} \cdot \frac{k_{ob1}}{(1+s\cdot\tau_o)\cdot(1+s\cdot T_E)} =$$

$$= \frac{1}{2\cdot\tau_o\cdot s\cdot(1+s\cdot\tau_o)},$$ gdzie $T_2 = T_E$, a $T_1 = 2\cdot k_{ob1}\cdot\tau_o$ przyjęte z kryterium modułu.

Kryterium modułowego optimum polega na takim dobraniu nastaw regulatora, aby moduł układu zamkniętego $A(\omega) \approx 1$ w możliwie szerokim paśmie częstotliwości.

Dla obiektu postaci $G_{obiekt}(s) = \dfrac{K_{obiekt}}{\prod_{\nu=1}^{n}(1+sT_\nu)}$, w którym jesteśmy w stanie wyodrębnić jedną dominującą stałą czasową T_1, tj. $T_1 >> T_\Sigma = \sum_{\nu=2}^{n} T_\nu$, w sytuacji zastosowania regulatora $G_R(s) = K_R \dfrac{1+sT_R}{s}$, kryterium określa $K_R = \dfrac{1}{2K_{obiekt}T_\Sigma}$ oraz $T_R = T_1$ (kompensacja dużej stałej czasowej).

- transmitancja układu zamkniętego :

$$G_I = \frac{\frac{G_{otw1}}{c_p}}{1+\frac{G_{otw1}}{c_p}\cdot c_p} = \frac{G_{otw1}}{c_p\cdot(1+G_{otw1})} = \frac{\frac{1}{2\cdot\tau_o\cdot s\cdot(1+s\cdot\tau_o)}}{c_p\cdot\left(1+\frac{1}{2\cdot\tau_o\cdot s\cdot(1+s\cdot\tau_o)}\right)} = \frac{1}{2\cdot\tau_o^2\cdot c_p\cdot s^2+2\cdot\tau_o\cdot c_p\cdot s+c_p} =$$

$$\approx \frac{1}{c_p\cdot(1+2\cdot\tau_o\cdot s)},$$ przyjmując, że $2\cdot\tau_o^2\cdot c_p \langle\langle 1$.

Analiza układu regulacji prędkości Rω:

- transmitancja obiektu :

$$G_{ob2} = G_I \cdot G_3 \cdot G_4 \cdot K_\omega = \frac{1}{c_p\cdot(1+2\cdot\tau_o\cdot s)} \cdot \frac{R_z}{s\cdot T_M} \cdot \frac{1}{K_E} \cdot K_\omega = \frac{k_{ob2}}{(1+2\cdot\tau_o\cdot s)\cdot s\cdot T_M}, \text{ gdzie } k_{ob2} = \frac{R_z\cdot K_\omega}{c_p\cdot K_E},$$

- transmitancja układu otwartego :

$$G_{otw2} = G_{R\omega}\cdot G_{ob2} = \frac{1+s\cdot T_4}{s\cdot T_3} \cdot \frac{k_{ob2}}{(1+2\cdot\tau_o\cdot s)\cdot s\cdot T_M} = \frac{1+s\cdot 8\cdot\tau_0}{s\cdot k_{ob2}\cdot 32\cdot\tau_o^2} \cdot \frac{T_M\cdot k_{ob2}}{(1+2\cdot\tau_o\cdot s)\cdot s\cdot T_M} =$$

$$= \frac{1}{32\cdot\tau_o^2\cdot s^2} \cdot \frac{1+8\cdot\tau_o\cdot s}{1+2\cdot\tau_o\cdot s},$$ gdzie $T_4 = 4\cdot(2\cdot\tau_o)$, a $T_3 = k_{ob2}\cdot\dfrac{8\cdot(2\cdot\tau_o)^2}{T_M}$ przyjęte z kryterium symetrii.

Kryterium symetrycznego optimum polega na takim zaprojektowaniu struktury regulatora, by transmitancja układu otwartego miała postać $G_{otwarty}(s) = K\dfrac{sT_1+1}{s^2(sT_2+1)}$**, przy** $T_1 > T_2$**. Jest to możliwe, jeżeli obiekt jest minimalnofazowy (zera i bieguny leżą w LPP). Logarytmiczna charakterystyka fazy takiego układu otwartego jest symetryczna względem pulsacji** $\omega_g = (T_1T_2)^{-1/2}$**. Symetrię charakterystyki logarytmicznej modułu układu otwartego osiąga się nastawiając wzmocnienie** $K = 1/(T_1\sqrt{T_1T_2})$**.**

Dla obiektu postaci $G_{obiekt}(s) = \dfrac{K_{obiekt}}{\prod_{\nu=1}^{n}(1+sT_\nu)}$**, w którym jesteśmy w stanie wyodrębnić jedną dominującą stałą czasową** T_1**, tj.** $T_1 >> T_\Sigma = \sum_{\nu=2}^{n} T_\nu$**, lub obiektu** $G_{obiekt}(s) = \dfrac{K_{obiekt}}{sT_1\prod_{\nu=2}^{n}(1+sT_\nu)}$ **, w sytuacji zastosowania regulatora** $G_R(s) = K_R\dfrac{1+sT_R}{s}$**, kryterium określa** $K_R = \dfrac{T_1}{8K_ST_\Sigma^2}$ **oraz** $T_R = 4T_\Sigma$ **.**

- transmitancja układu zamkniętego :

$$G_\omega = \frac{\dfrac{G_{otw2}}{K_\omega}}{1+\dfrac{G_{otw2}}{K_\omega}\cdot K_\omega} = \frac{G_{otw2}}{K_\omega\cdot\left(1+G_{otw2}\right)} = \frac{\dfrac{1}{32\cdot\tau_o^2\cdot s^2}\cdot\dfrac{1+8\cdot\tau_o\cdot s}{1+2\cdot\tau_o\cdot s}}{K_\omega\cdot\left(1+\dfrac{1}{32\cdot\tau_o^2\cdot s^2}\cdot\dfrac{1+8\cdot\tau_o\cdot s}{1+2\cdot\tau_o\cdot s}\right)} =$$

$$= \frac{1+8\cdot\tau_o\cdot s}{32\cdot K_\omega\cdot\tau_o^2\cdot s^2\cdot(1+2\cdot\tau_o\cdot s)+8\cdot K_\omega\cdot\tau_o\cdot s+K_\omega} \approx \frac{1}{K_\omega}\cdot\frac{1+8\cdot\tau_o\cdot s}{32\cdot\tau_o^2\cdot s^2+8\cdot\tau_o\cdot s+1}$$

przyjmując, że $64\cdot K_\omega\cdot\tau_o^3 \langle\langle 1$.

Dobierając filtr o odpowiedniej transmitancji przed regulatorem prędkości możemy skompensować inercję w liczniku:

- transmitancja filtru : $G_F = \dfrac{1}{1+s\cdot T_F} = \dfrac{1}{1+8\cdot\tau_o\cdot s}$, gdzie $T_F = 8\cdot\tau_o$,

Wówczas transmitancja układu przyjmie postać :

$$G_\omega = \frac{1}{K_\omega}\cdot\frac{1}{32\cdot\tau_o^2\cdot s^2+8\cdot\tau_o\cdot s+1} = \frac{k\cdot\omega_o^2}{s^2+2\cdot\xi\cdot\omega_o\cdot s+\omega_o^2},$$

przy czym $k = \dfrac{1}{K_\omega}$, $\omega_o = \dfrac{1}{4\cdot\tau_o\cdot\sqrt{2}}$ oraz $\xi = \dfrac{\sqrt{2}}{2}$.

Przy tych założeniach układ sterowania z silnikiem będzie członem aperiodycznym drugiego rzędu, w którym decydującym czynnikiem jest inercja przekształtnika.

Powodzenia!