

Auditorne vježbe

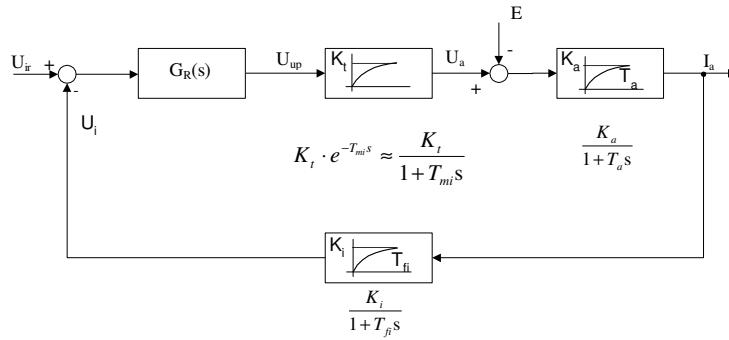
08. prosinca 2017.

Tehnički optimum

1. zadatak

Petlja regulacije struje armature istosmjernog motora sa konstantnom i nezavisnom uzbudom prikazana je na Slici 1. Motor se napaja iz tiristorskog usmjerivača spojenog na trofaznu mrežu frekvencije 50 Hz. Zadani su sljedeći parametri: $R_a = 0.19 \Omega$, $T_a = 0.03$ s, $K_t = 0.25$, $K_i = 1$, $T_{fi} = 0.002$ s.

- Odrediti parametre regulatora struje armature koristeći tehnički optimum.
- Odrediti vrijeme prvog maksimuma i nadvišenje.
- Odrediti prefiltar u referentnoj grani kojim se krate neželjene nule i postiže jedinično pojačanje.
- Odrediti vrijeme prvog maksimuma i nadvišenje sustava ako se tiristorski usmjerivač spoji na trofaznu mrežu frekvencije 60Hz.
- Uz pretpostavku da je tiristorski usmjerivač spojen na trofaznu mrežu frekvencije 50Hz i da mjerni član struje ima vremensku konstantu $T_{fi} = 0.02$ s, potrebno je projektirati realni PID regulator po tehničkom optimumu. Pri tome odabrati parazitnu vremensku konstantu realnog PID regulatora kao $T_\nu = \frac{T_D}{10}$.



Slika 1: Načelna shema regulacijskog kruga struje armature

Podsjetnik:

Tehnički optimum se koristi za upravljanje stabilnim aperiodskim procesima bez astatizma:

$$G_s(s) = \frac{K}{(1+T_1s)(1+T_2s)\dots(1+T_Ns)}, \quad (1)$$

s jednom ili dvije dominantne vremenske konstante. U slučaju jedne dominantne vremenske konstante koristi se PI regulator, a u slučaju dvije dominantne vremenske konstante koristi se PID regulator.

Nulama regulatora se krate dominantne vremenske konstante procesa. Za potrebe određivanja pojačanja regulatora, u slučaju jedne dominantne vremenske konstante, proces se može aproksimirati na sljedeći način:

$$G_s(s) \approx \frac{K}{(1+T_1s)(1+T_\Sigma s)}, \quad (2)$$

dok u slučaju dvije dominantne vremenske konstante proces se može aproksimirati na sljedeći način:

$$G_s(s) \approx \frac{K}{(1+T_1s)(1+T_2s)(1+T_\Sigma s)}, \quad (3)$$

gdje u oba slučaja T_Σ predstavlja sumu nedominantnih vremenskih konstanti. Pojačanje regulatora se bira tako da se postigne faktor prigušenja $\zeta = \frac{\sqrt{2}}{2}$.

Rješenje:

- a) Parametri regulatora: $K_R = 3.11$, $T_I = 0.03$ s.
- b) Nadvišenje iznosi $\sigma_m = 100e^{\frac{-\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} = 4.3\%$, a vrijeme prvog maksimuma $t_p = \frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}} = 0.1195$ ms.
- c) Prefiltar u referentnoj grani, $G_{pf}(s) = \frac{K_i}{1+T_{fi}s}$, potreban je da bi se kratile nule zbog svođenja sustava na jediničnu povratnu vezu i da bi se osiguralo jedinično pojačanje zatvorenog kruga.
- d) Smanjuje se vremenska konstanta tiristorskog usmjerivača na $T_{fi} = 1.39$ ms, a time se mijenja i faktor prigušenja na $\zeta = 0.7355$. Novo nadvišenje iznosi $\sigma_m = 3.3\%$, dok vrijeme prvog maksimuma iznosi $t_p = 0.1152$ ms.
- e) Parametri regulatora: $K_R = 3.11$, $T_I = 0.03$ s, $T_D = 0.02$ s, $T_\nu = 0.002$ s.

AUDITORNE VIII

① $R_a = 0.19 \Omega$ $\rightarrow K_a = \frac{1}{R_a} = \frac{100}{19}$
 $T_a = 30 \text{ ms}$ $T_{mi} = \frac{1}{2\pi f} = \frac{1}{600} \text{ s}$
 $K_t = 0.25$
 $K_i = 1$
 $T_{fi} = 2 \text{ ms}$

a) $G_p(s) = \frac{K_i K_t K_a}{(1+T_{mi}s)(1+T_a s)(1+T_{fi}s)}$

$$G_s(s) = \frac{K_s}{(1+T_I s)(1+T_\Sigma s)} \rightarrow K_s = K_i K_t K_a = \frac{25}{19}$$

$$T_I = T_a = 30 \text{ ms}$$

$$T_\Sigma = T_{mi} + T_{fi} = \frac{11}{3000} \text{ s}$$

$$K_e = \frac{1}{2K_s} \frac{T_I}{T_\Sigma} \Rightarrow \boxed{K_e = 3.1091}$$

$$\boxed{T_I = 30 \text{ ms}}$$

b) $G_o(s) = \frac{K_e K_s}{T_I s (1+T_\Sigma s)}$

$$G_r(s) = \frac{1}{\frac{T_I T_\Sigma}{K_e K_s} s^2 + \frac{T_I}{K_e K_s} s + 1} \quad K_e K_s = \frac{T_I}{2 T_\Sigma}$$

$$G_r(s) = \frac{1}{2 T_\Sigma^2 s^2 + 2 T_\Sigma s + 1} \rightarrow \frac{1}{\omega_n^2} = 2 T_\Sigma^2$$

$$\omega_n = \frac{1}{T_\Sigma \sqrt{2}} = 192.85 \text{ rad/s}$$

$$\Rightarrow 2 T_\Sigma = 2 \frac{\vartheta}{\omega_n}$$

$$\vartheta = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

1.

$$\Gamma = 100 \cdot e^{-\frac{g\pi}{\sqrt{1-g^2}}} \Rightarrow \boxed{\Gamma_m = 9,32 \%}$$

$$t_m = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-g^2}} \Rightarrow \boxed{t_m = 23 \text{ ms}}$$

c)

$$G_{pp}(s) = \frac{K_i}{1 + T_{fi} s}$$

d) $f = 60 \text{ Hz}$

$$G_r(s) = \frac{1}{\frac{T_s^* T_I}{K_e K_s} s^2 + \frac{T_I}{K_e K_s} s + 1} \quad K_R K_s = \frac{T_I}{2 T_s^*}$$

$$G_r(s) = \frac{1}{2 T_s T_s^* s^2 + 2 T_s s + 1} \quad T_s^* = T_{ui}^* + T_{fi} \\ = \frac{1}{2 \omega_f^2} + T_{fi} \\ = 3,39 \text{ ms}$$

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{2 T_s T_s^*}}$$

$$\rightarrow 2 \frac{g}{\omega_n} = 2 T_s$$

$$g = \sqrt{\frac{T_s}{2 T_s^*}}$$

$\boxed{\Gamma_m = 3,3 \%}$

$\boxed{t_m = 23 \text{ ms}}$

$$e) T_{fi} = 20 \text{ ms} \rightarrow T_I = T_a = 30 \text{ ms}$$

$$T_D = T_{fi} = 20 \text{ ms}$$

$$K_E = 3,1031$$

$$T_U = 2 \text{ ms}$$