

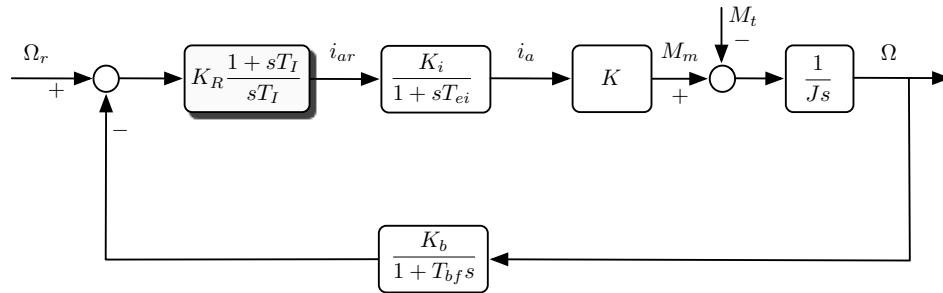
Auditorne vježbe

15. prosinca 2017.

Simetrični optimum

1. zadatak

Nadređena petlja upravljanja brzinom vrtnje istosmjernog motora s nezavisnom i konstantnom uzbudom prikazana je blokovskom shemom na slici 1. Pritom su: $K_i = 1$, $T_{ei} = 5 \text{ ms}$, $K = 1.33 \text{ Vs/rad}$, $K_b = 1$, $T_{fb} = 5 \text{ ms}$ i $J = J_n = 3 \text{ kgm}^2$.



Slika 1: Blokovska shema upravljanja brzinom DC motora s nezavisnom uzbudom

Potrebitno je:

- Odrediti parametre PI regulatora brzine vrtnje prema simetričnom optimumu tako da se postigne fazno osiguranje $\gamma = 37^\circ$.
- Odrediti parametre regulatora kojim se postiže fazno osiguranje $\gamma = 45^\circ$.
- U kojem od prethodna dva slučaja se postiže brži odziv, a u kojem veće nadvišenje?
- Odrediti prefiltar u referentnoj grani tako da se postigne jedinično pojačanje i pokrate neželjene nule.
- Nacrtati strukturu i odrediti parametre modificiranog PI regulatora tako da se izbjegne kraćenje nule uzrokovane PI regulatorom.
- Tijekom rada pogona moment tromosti J mijenja se u granicama $J \in [J_n/3, 3J_n]$. Potrebno je odrediti minimalni iznos parametra a simetričnog optimuma tako da fazno osiguranje u cijelom radnom području pogona iznosi najmanje $\gamma_{min} = 37^\circ$.
- U slučaju nominalnog momenta tromosti $J = J_n$ i momenta tereta $M_t = b \cdot \omega$, gdje je $b = 0.1 \text{ Nms/rad}$ odrediti parametre regulatora koristeći tehnički optimum. Može li se koristiti simetrični optimum u ovom slučaju? Ukoliko je to moguće, odredite parametre PI regulatora koristeći simetrični optimum.

Napomena: Nagib karakteristike amplitudno frekvencijske karakteristike otvorenog kruga u okolini presečne frekvencije iznosi -20 dB/dek.

Podsjetnik:

Simetrični optimum koristi se za upravljanje procesima s astatizmom prvog reda oblika:

$$G_s(s) = \frac{K}{T_M s(1 + T_\Sigma s)}, \quad (1)$$

gdje T_Σ predstavlja nadomjesnu vremensku konstantu kojom se nadomeštaju nedominantne vremenske konstantne procesa.

Cilj upravljanja je postići simetričnu amplitudno-frekvencijsku karakteristiku.

Parametri regulatora biraju se kao:

$$T_I = a^2 T_\Sigma, \quad (2)$$

$$K_R = \frac{1}{aK} \frac{T_M}{T_\Sigma}, \quad (3)$$

gdje se parametar a bira tako da se postigne željeno fazno osiguranje.

Rješenje:

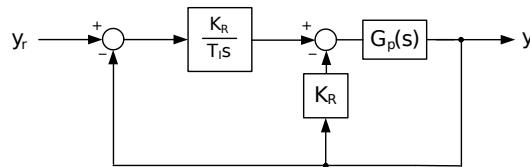
a) $a = 2, K_R = 112.78, T_I = 40 \text{ ms}$

b) $a = 2.4, K_R = 93.43, T_I = 58 \text{ ms}$

c) Veću presječnu frekvenciju, a prema tome i brži odziv ima skup parametara iz a) dijela zadatka.
Nadvišenje ovisi o faznom osiguranju. Prema tome veće nadvišenje postiže skup parametara iz a)
dijela zadatka.

d) $G_{pf}(s) = \frac{K_b}{(1+T_{fb}s)(1+sT_I)}$

e) Modificirani PI regulator:



- f) Promjena momenta tromosti utječe samo na amplitudnu karakteristiku i uz pretpostavku da je nagib u okolini presječne frekvencije -20db/dek, mijenja presječnu frekvenciju u $\omega_c^* = b\omega_c$, gdje je $b = 1/3$ ili 3. Slijedi $\gamma_{min} = atan(ba) - atan(\frac{b}{a})$ odakle slijedi $a = 2.86, K_R = 78.40, T_I = 82 \text{ ms}$.
- g) Podešenja po tehničkom optimumu: $K_R = 338.35, T_I = 30 \text{ s}$. Podešenja po simetričnom optimumu uz $a = 2$: $K_R = 338.35, T_I = 40 \text{ ms}$.

AUDITORNE IX

$$\textcircled{1} \quad K_i = 1, \quad T_{ei} = 5 \text{ ms}$$

$$K = 1.33, \quad J = J_n = 3 \text{ kg m}^2$$

$$K_a = 1, \quad T_{fa} = 5 \text{ ms}$$

$$\text{a) } \gamma = 37^\circ \rightarrow a = \frac{J}{T_e} \gamma + \frac{1}{\cos \gamma} \Rightarrow a = 2.0057$$

$$G_p(s) = \frac{K K_i K_a}{J s (1 + T_{ei} s) (1 + T_{fa} s)}$$

$$G_s(s) = \frac{K_s}{T_m s (1 + T_I s)} \rightarrow K_s = \frac{K K_i K_a}{J} = 0.4433$$

$$T_m = 1 \text{ s}$$

$$T_I = T_{ei} + T_{fa} = 10 \text{ ms}$$

$$T_I = a^2 T_2 \Rightarrow T_I = 40.23 \text{ ms}$$

$$K_R = \frac{T_m}{a K_s T_2} \Rightarrow K_R = 112.462$$

$$\text{b) } \gamma = 45^\circ \rightarrow a = 1 + \sqrt{2}$$

$$T_I = a^2 T_2 \Rightarrow T_I = 58.28 \text{ ms}$$

$$K_R = \frac{T_m}{a K_s T_2} \Rightarrow K_R = 93.4316$$

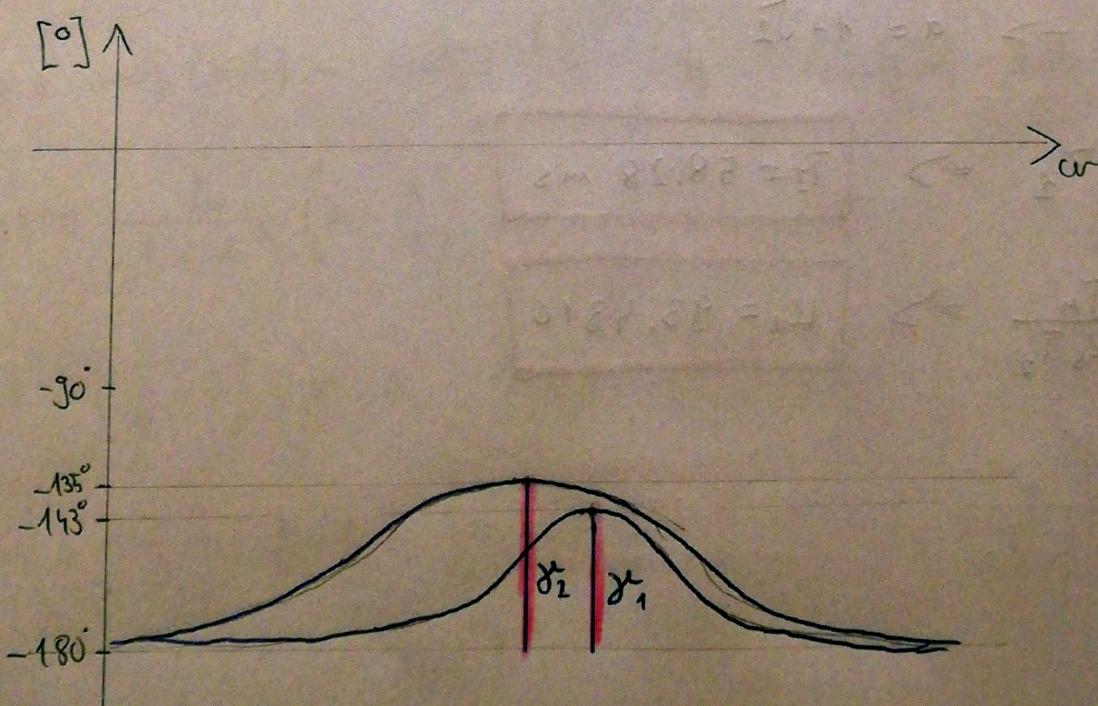
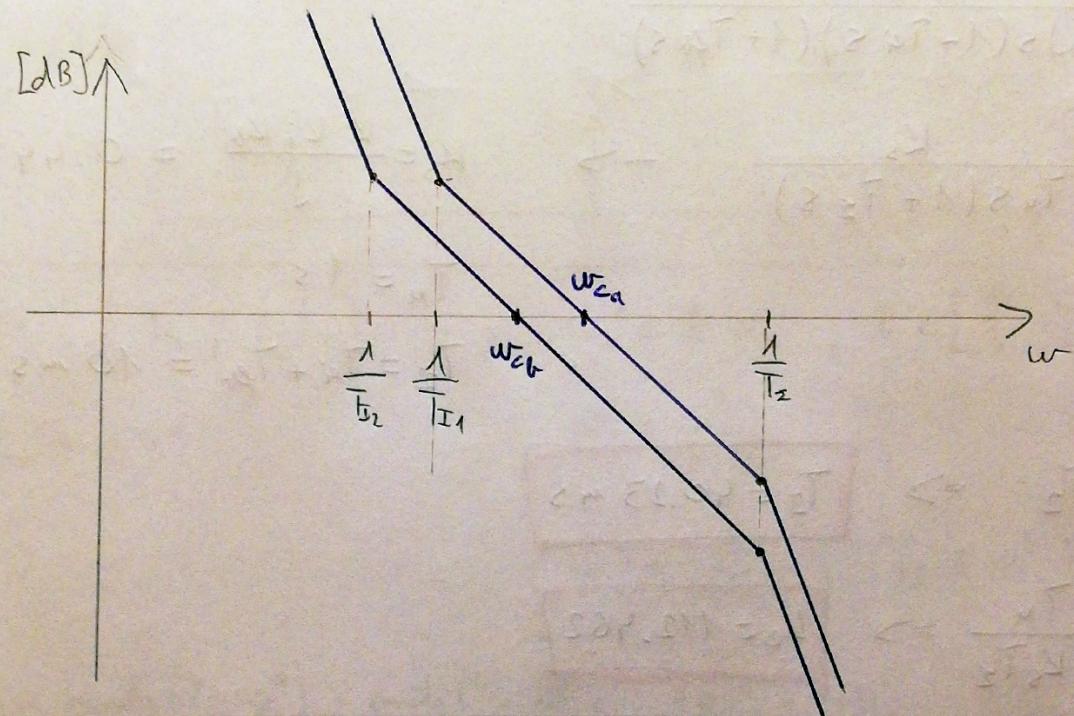
$$c) \frac{1}{T_1} = 24.9$$

→ BRŽI ODZIV SE POSTIŽE U
a) SLUČAJU JER JE $\omega_a > \omega_r$

$$\frac{1}{T_2} = 17.2$$

→ VEĆE NADUŠENJE SE POSTIŽE
u a) SLUČAJU JER $T_m \approx 70^\circ - \mu$

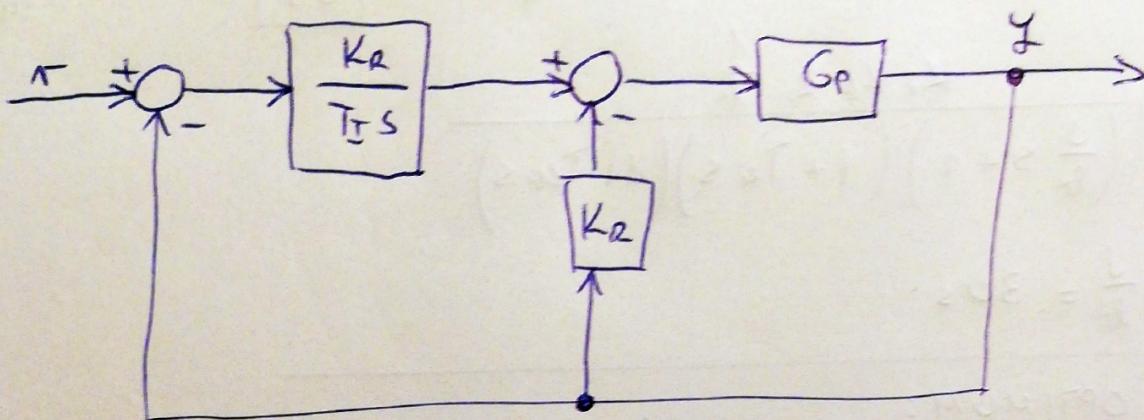
$$\frac{1}{T_1} = 100$$



d)

$$G_{PF}(s) = \frac{K_a}{(1+T_I s)(1+T_H s)}$$

e)



f) $\omega_c^* \in \left[\frac{1}{3} \omega_n, 3 \omega_n \right] \rightarrow \omega_c^* = b \omega_c, b \in \left[\frac{1}{3}, 3 \right]$

$$\gamma_{\mu\nu} = 37^\circ$$

$$\omega_c = \frac{1}{a T_Z}$$

$$\omega_c^* = \frac{b}{a T_Z}, T_I = a^2 T_Z$$

$$\gamma = \operatorname{arctg}(T_I \omega_c^*) - \operatorname{arctg}(T_Z \omega_c^*) - 180^\circ + 180^\circ$$

$$\gamma = \operatorname{arctg}(ab) - \operatorname{arctg}\left(\frac{b}{a}\right) \quad / \quad \operatorname{arctg}(x) - \operatorname{arctg}(y) = \operatorname{arctg} \frac{x-y}{1+xy}$$

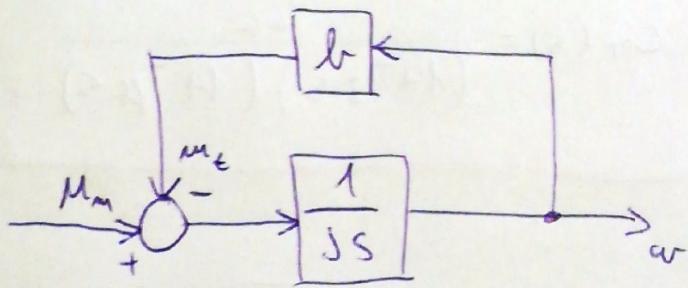
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{b}{1+b^2} \left(a - \frac{1}{a} \right)$$

$$a^2 - \left(\frac{1}{b} + b \right) \operatorname{tg} \gamma \cdot a - 1 = 0$$

$$\Rightarrow 2a \quad b = \frac{1}{3} \quad | \cup \quad b=3 : \quad a_1 = 2.8613$$

$$a_2 = -0.3495$$

$$g) m_e = b\omega, b = 0.1$$



$$G_p(s) = \frac{K_i K_f K \frac{1}{b}}{\left(\frac{1}{b}s + 1\right)(1 + T_{ei}s)(1 + T_{fr}s)}$$

$$T_{dom} = \frac{1}{b} = 30 \text{ s}$$

TEHMICKI OPTIMUM:

$$T_I = T_{dom} = 30 \text{ s}$$

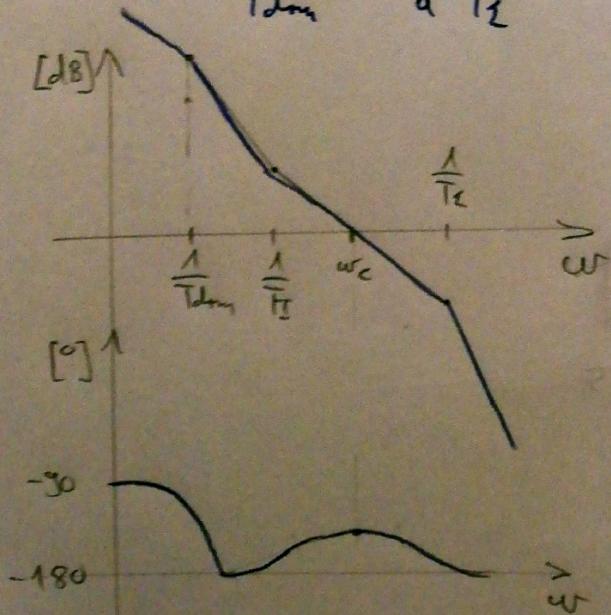
$$K_s = K_i K_f K \cdot \frac{1}{b} = 13.3$$

$$T_\Sigma = T_{ei} + T_{fr} = 10 \text{ ms}$$

$$K_a = \frac{1}{2K_s} \frac{T_I}{T_\Sigma} \Rightarrow K_a = 112.782$$

SIMETRICNI OPTIMUM: $\alpha = 2$

- akor je $\frac{10}{T_{dom}} \leq \frac{0.1}{\alpha^2 T_\Sigma}$ f prosta doba $\sim 180^\circ$



$$K_s = 13.3$$

$$T_\Sigma = 10 \text{ ms}$$

$$T_I = \alpha^2 T_\Sigma \Rightarrow T_I = 40 \text{ ms}$$

$$T_u = T_{dom}$$

$$K_a = \frac{1}{\alpha K_s} \frac{T_u}{T_\Sigma} \Rightarrow K_a = 112.782$$