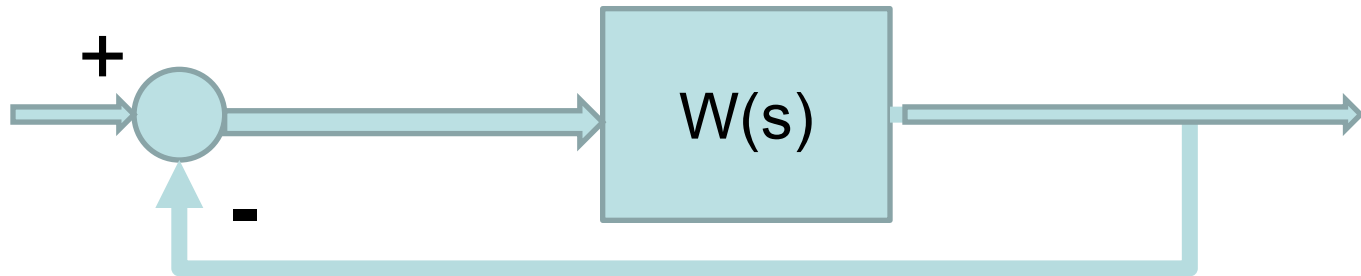


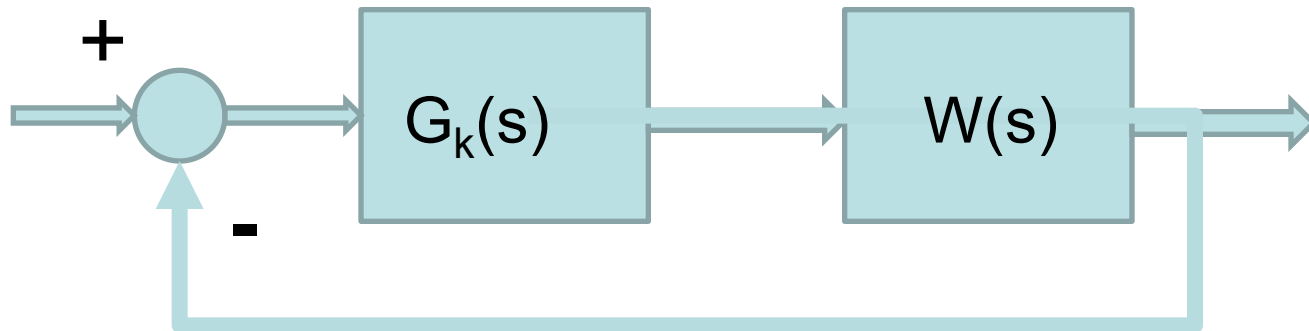
Kaskadna kompenzacija SAU

U inženjerskoj praksi, naročito u sistemima regulacije elektromotornih pogona i tehnoloških procesa, veoma često se primenjuje metoda kaskadne kompenzacije, u čijoj osnovi su linearni zakoni upravljanja.

Kaskadna korekcija



Nekompenzovani SAU



Kompenzovani SAU

Pojačavač

Prenosna funkcija pojačavača;

$$\mathbf{G_k(s)=K} \text{ (K je realan broj).}$$

$$s=j\omega$$

$$\mathbf{G_k(j\omega)=K; \quad \text{Im}(G_k(j\omega))=0,}$$

$$W_k(s)=W(s) \mathbf{G_k(s)=K} W(s)$$

Pojačavač - osobine

$$\lim(W_k(s)) = K * \lim(W(s))$$

za $K > 1$:

- povećava se konstanta greške SAU, a to znači da mu se smanjuje greška ustaljenog stanja (e_{ss}), tj. SAU ima bolje ustaljeno stanje
- SAU postaje nestabilniji jer mu se pretek faze i pretek pojačanja smanjuju, tj. sistem ima lošije prelazno stanje

Pojačavač - osobine

$$\lim(W_k(s)) = K * \lim(W(s))$$

za $0 < K < 1$:

- smanjuje se konstanta greške SAU, a to znači da mu se povećava greška ustaljenog stanja (e_{ss}), tj. SAU ima lošije ustaljeno stanje
- SAU postaje stabilniji jer mu se pretek faze i pretek pojačanja povećava, tj. sistem ima bolje prelazno stanje

Pojačavač - primjer

SAU je dat f-jom povratnog prenosa:

$$W(s) = \frac{(s + 3)}{s(s + 1)(0,5s + 1)(s + 7)}$$

- Odrediti karakteristične vrijednosti SAU-a (K_v , P_m , G_m , W_p , W_g)
- Simulirati odziv sistema na step f-ju
- Kompenzovati sistem tako da $K_v = 10 \text{ sec}^{-1}$
- Odrediti karakteristične vrijednosti kompenzovanog SAU-a
- Simulirati odziv kompenzovanog sistema na step f-ju

Pojačavač - primjer

SAU je dat f-jom povratnog prenosa:

$$W(s) = \frac{(s + 3)}{s(s + 1)(0,5s + 1)(s + 7)}$$

- Kompenzovati sistem pojačavačem tako da SAU bude na granici stabilnosti.
- Odrediti karakteristične vrijednosti i simulirati odziv kompenzovanog sistema na step f-ju
- Za koju vrijednost pojačavača će kompenzovani SAU imati pretek faze $30 \pm 5^\circ$
- Odrediti karakteristične vrijednosti i simulirati odziv kompenzovanog sistema na step f-ju

Pojačavač - primjer

SAU je dat f-jom povratnog prenosa:

$$W(s) = \frac{(s + 3)}{s(s + 1)(0,5s + 1)(s + 7)}$$

- Za koju vrijednost pojačavača će kompenzovani SAU imati pretek pojačanja 10 ± 1 dB
- Odrediti karakteristične vrijednosti i simulirati odziv kompenzovanog sistema na step f-ju

Pojačavač - primjer

SAU je dat f-jom povratnog prenosa:

$$W(s) = \frac{(s + 3)}{s(s + 1)(0,5s + 1)(s + 7)}$$

- Za koju vrijednost pojačavača će kompenzovani SAU imati propusni opseg $\omega = 1,5$ rad/sec
- Odrediti karakteristične vrijednosti i simulirati odziv kompenzovanog sistema na step f-ju

Pojačavač - primjer

Zadati dio sistema automatskog upravljanja opisan je prenosnom funkcijom:

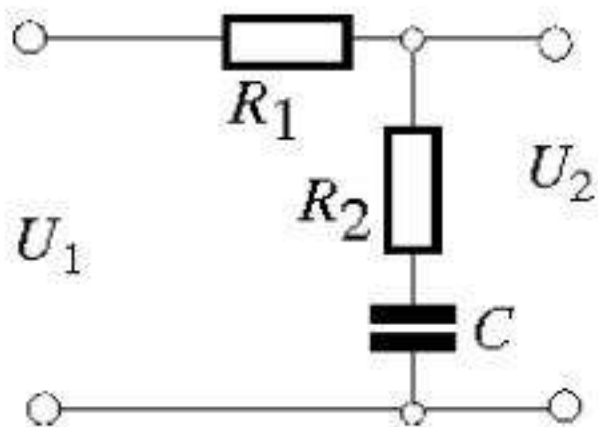
$$W(s) = \frac{(s + 4)}{s(s + 1)(s^2 + 25s + 5)}$$

- Za koju vrijednost pojačanja pojačavača K će sistem biti na granici stabilnosti?
- Odrediti karakteristične vrijednosti i simulirati odziv kompenzovanog sistema na step f-ju

Integralni kompenzator

Prenosna funkcija integralnog kompenzatora (nisko-propusnog filtera) je:

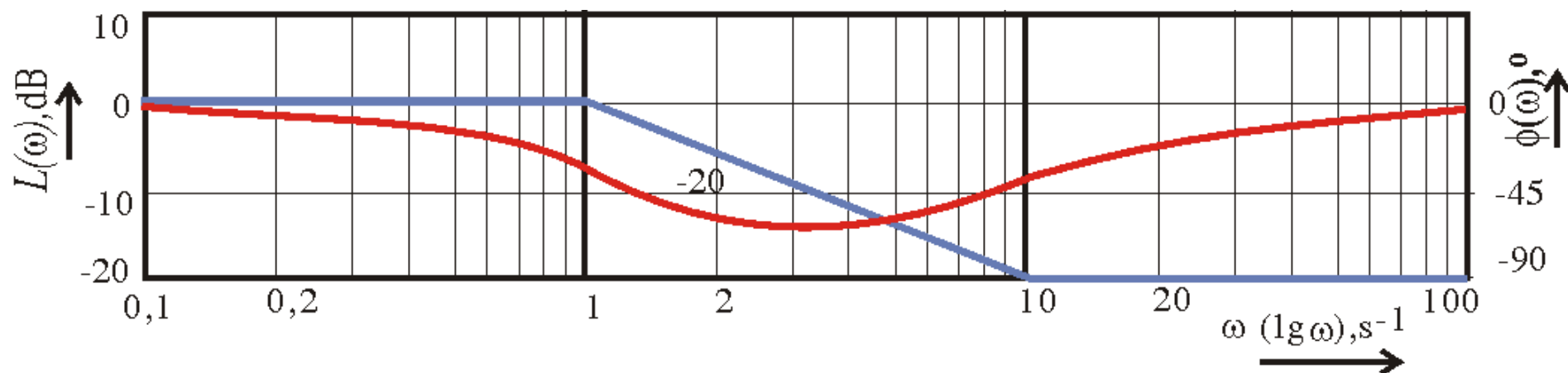
$$G_i(s) = \frac{s/b + 1}{s/a + 1}, \quad \mathbf{a < b}$$



$$W_a(s) = \frac{a s + b}{b s + a}, \quad a = \frac{1}{(R_1 + R_2)C}, \quad b = \frac{1}{R_2 C}$$

Parametri kompenzatora se određuju na osnovu parametara polaznog sistema i

Integralni kompenzator



$$a/b = 0,1$$

$$b = \omega^*_{\gamma} / 10$$

$$-A_s = 20 \log(a/b)$$

ili

$$a = b * 10^{-(A_s/20)}$$

Integralni kompenzator

- Povećava stabilnost jer povećava pretekle faze i pojačanja smanjenjem propusnog opsega, tj. popravljaja prelazni proces
- ne utiče na konstantu greške, tj. ustraljeno stanje jer je $\lim(\mathbf{G}_i(\mathbf{s})) = 1$

Primjer 1

Zadati dio sistema automatskog upravljanja opisan je prenosnom funkcijom: .

$$W(s) = 10 \frac{(s + 4)}{s(s + 1)(s^2 + 25s + 5)}$$

- Izvršiti sintezu kaskadnog kompenzatora u direktnoj grani tako da kompenzovani sistem zadovoljava: $K_v = 15 \text{ sec}^{-1}$; $(P_m) = 30^\circ \pm 5^\circ$.
- Prikazati Bodeove dijagrame nekompenzovanog i kompenzovanog sistema kao i prenosnu funkciju kompenzatora.
- Simulirati step odziv datog zatvorenog sistema bez i sa kompenzatorom.

Primjer 2

Zadati dio sistema automatskog upravljanja opisan je prenosnom funkcijom: .

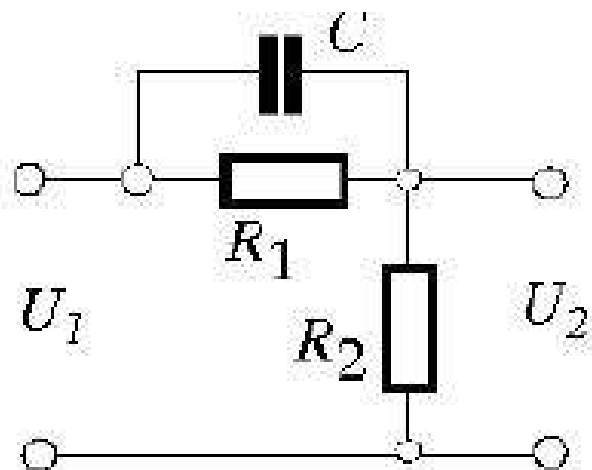
$$W(s) = 10 \frac{(s + 4)}{s(s + 1)(s^2 + 25s + 5)}$$

- izvršiti sintezu kaskadnog kompenzatora u direktnoj grani tako da kompenzovani sistem zadovoljava: $K_v = 10 \text{ sec}^{-1}$; $a(G) = 10\text{dB} \pm 1\text{dB}$.
- Prikazati Bodeove dijagrame nekompenzovanog i kompenzovanog sistema kao i prenosnu funkciju kompenzatora.
- Simulirati step odziv datog zatvorenog sistema bez i sa kompenzatorom,

Diferencijalni kompenzator

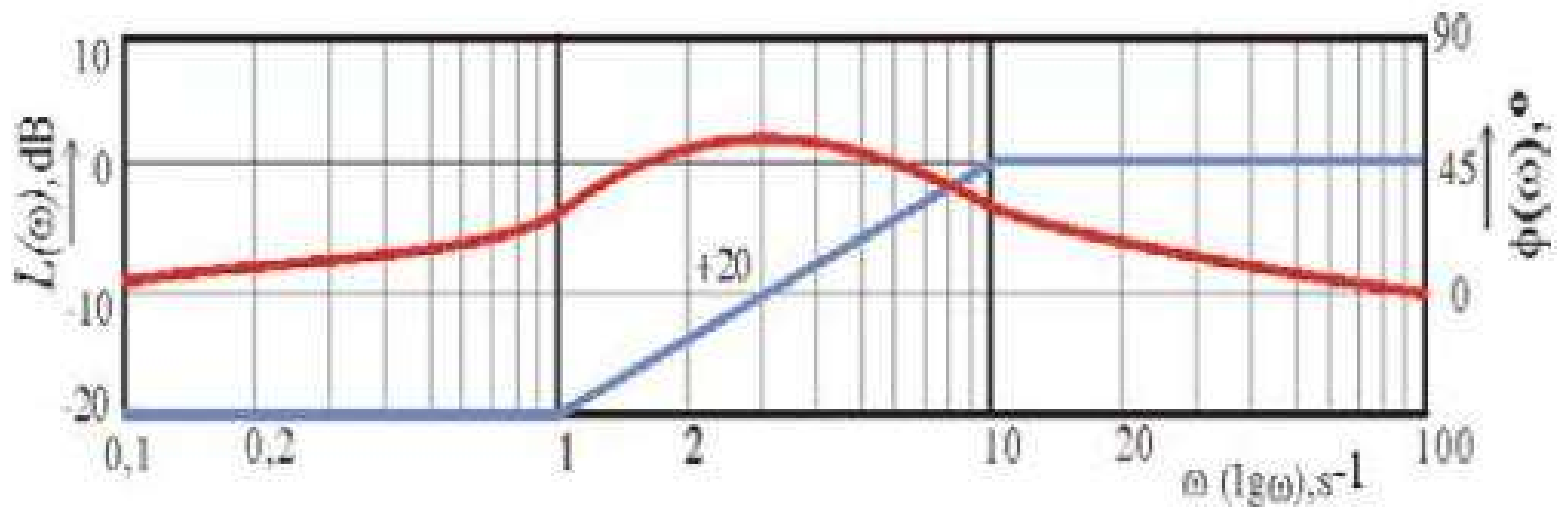
Prenosna funkcija diferencijalnog kompenzatora je:

$$G_d(s) = \frac{s + a}{s + b}, \quad \mathbf{a < b}$$



$$a = \frac{1}{R_1 C}; b = \frac{1}{R_1 C} + \frac{1}{R_2 C}$$

Diferencijalni kompenzator



Grafik za $a/b=0,1$

$$\omega_m^* = \sqrt{ab}$$
$$\Phi = 90^\circ - 2 \arctg \sqrt{a/b}$$
$$\Phi_{\text{MAX}} = 54,9^\circ$$

Diferencijalni kompenzator

- Povećava stabilnost ako se podesi ω_m^* da povećava pretek faze ali neznatno povećava i propusnog opsega, dakle može da popravlja prelazni proces
- utiče na konstantu greške, tj. ustraljeno stanje ali se to može kompenzovati pojačanjem **b/a**

Višestruki diferencijalni kompenzator

- Ako je potrebno izvršiti povećanje faze za više od $\Phi_{MAX}=54,9^\circ$ onda se koristi višestruki diferencijalni kompenzator, a računaju se parametri jednog

Primjer 1

Funkcija prenosa sistema je: .

$$W(s) = \frac{2500}{(s+3)(s+4)(s+15)}$$

Projektovati redni kompenzator tako da budu zadovoljeni sljedeći zahtjevi: $\gamma \geq 30^\circ$ i $w_\gamma \approx 10 \text{ rad/sec}$.

Diferencijalno-integralni kompenzator

Kombinacijom diferencijalnog i integralnog kompenzatora kao i pojačavača se može izvršiti kaskadna kompenzacija SAU-a za bilo koje uslove

Redosled kompenzacije:

- 1. Pojačavač**
- 2. Diferencijalni kompenzator**
- 3. Integralni kompenzator**

Primjer 1

Funkcija prenosa sistema je: .

$$W(s) = \frac{2500}{(s+3)(s+4)(s+15)}$$

Projektovati redni kompenzator tako da budu zadovoljeni sljedeći zahtjevi: : $K_p=50 \text{ sec}^{-1}$, $\gamma \geq 30^\circ$ i $w_\gamma \approx 10 \text{ rad/sec}$.