

| | | |
|--|--|-------------|
| LUKA PRAVICA 3.AUT2 AUTOMATIKA 0036427896 | FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA ZAGREB ZAVOD ZA ELEKTROSTROJARSTVO I AUTOMATIZACIJU | 29.05.2009. |
| | OSNOVE MEHATRONIKE | |
| | Vježba br. 5: Regulacija pozicije rotacijskog elektromehaničkog sustava SRV02 -sinteza regulatora- | |

5.1. Uvod

Cilj je ove vježbe na izraditi matematički model pozicije elektromehaničkog sustava SRV02 te prema njemu i danim nam zahtjevima projektirati regulator pozicije. Zatim je potrebno unutar Simulink okruženja provjeriti ispravnost projektiranog regulatora.

5.2. Teoretski prikaz i razrada problema

5.2.1. Pokus 1 : Određivanje parametara PV regulatora pozicije rotacijskog elektromehaničkog sustava SRV02

Elektromehanički sustav SRV02 možemo opisat jednadžbama (5-1) i (5-2):

$$u_a - R_a i_a - L_a \frac{di_a}{dt} - e = 0 \quad (5 - 1)$$

$$J_m \frac{d^2 \varepsilon_m}{dt^2} = m_t - \frac{m_t}{\eta_g K_g} \quad (5 - 2)$$

Dok gibanje tereta možemo opisat jednadžbom (5-3):

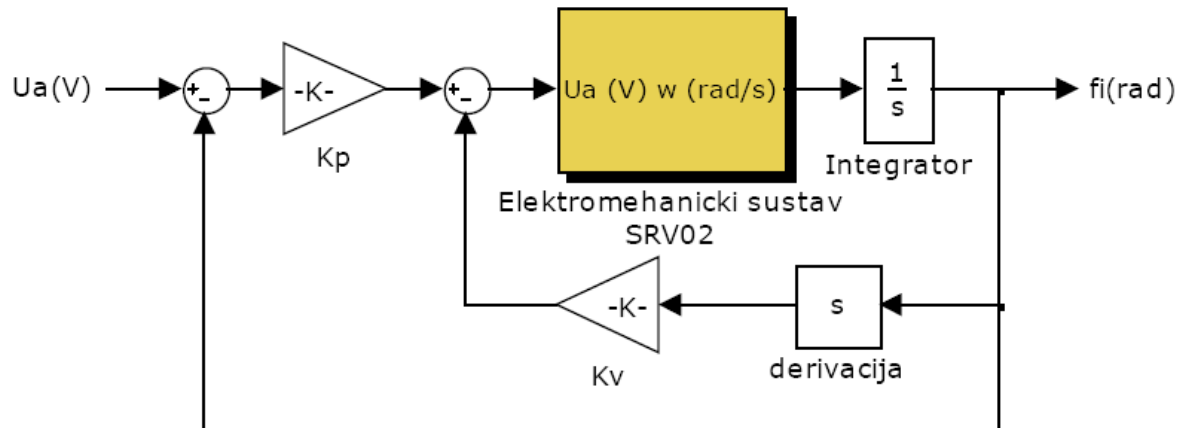
$$J_t \frac{d^2 \varepsilon_t}{dt^2} = m_t - B_{eq} \frac{d\varepsilon_t}{dt} \quad (5 - 3)$$

Prema jednadžbama (5-1), (5-2) i (5-3) možemo odrediti prijenosnu funkciju elektromehaničkog sustava SRV02 koja predstavlja ovisnost pozicije (kuta zakreta) osovine o ulaznom naponu (5-4):

$$G'(s) = \frac{\varepsilon_t(s)}{u_a(s)} = \frac{\eta_g \eta_m k_m K_g}{J_{eq} R_a s^2 + (B_{eq} R_a + \eta_g \eta_m k_e k_m K_g^2) s} \quad (5 - 4)$$

Na temelju stvarnog modela elektromehaničkog sustava SRV02 potrebno je odrediti parametre prijenosne jednadžbe koja predstavlja matematički model istog sustava.

Elektromehanički sustav SRV02 regulirat ćemo PV regulatorom na način kako je to prikazano sl.5.1.



Sl.5.1. Nadomjesni model elektromehaničkog sustava SRV02 načinjen u Simulink-u.

Prema njemu možemo odrediti prijenosnu funkciju zatvorenog regulacijskog kruga, koja će biti oblika (5-5):

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (5-5)$$

A na temelju regulacijskih zahtjeva najvećeg dopuštenog nadvišenja σ_m te vremena prvog maksimuma t_p možemo odrediti iznose prirodne frekvencije ω_n te koeficijent prigušenja ζ na temelju relacija (5-6) i (5-7):

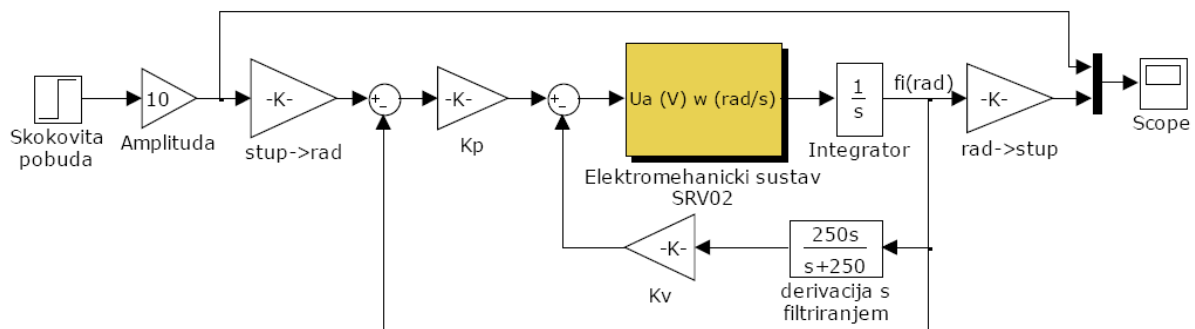
$$\sigma_m [\%] = 100 \cdot e^{\frac{-\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \quad (5-6)$$

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}} \quad (5-7)$$

Prema tome, znamo koeficijente prijenosne funkcije zatvorenog regulacijskog kruga, a istu možemo opisati pomoću koeficijenata K_p i K_v pa usporedbom ovih funkcija možemo odrediti koeficijente regulatora.

5.2.2. Pokus 2 : Simulacija kruga regulacije pozicije rotacijskog elektromehaničkog sustava SRV02

Sljedeći je zadatak provjeriti ispravnost projektiranog regulatora služeći se programskim okruženjem Simulink. Za to smo napravili potrebni model dan sl.5.2.



Sl.5.2. Simulacijski model sustava regulacije pozicije rotacijskog elektromehaničkog modula SRV02

Taj smo model ispravno podesili te smo provjerili ispravnost prema:

- usporedbi referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude.
- usporedbi referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude u slučaju kada je pojačanje K_p 10 puta veće od proračunate vrijednosti.
- usporedbi referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude u slučaju kada je pojačanje K_v 10 puta veće od proračunate vrijednosti.
- usporedbi referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude u slučaju pozitivne povratne veze.
- usporedbi signala referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude u slučaju prekida povratne veze.

5.3. Prikaz dobivenih rezultata

5.3.1. Pokus 1 : Određivanje parametara PV regulatora pozicije rotacijskog elektromehaničkog sustava SRV02

Parametri prijenosne jednadžbe $G'(s)$ (5-4) dani su tab.5.1:

| SIMBOL | OPIS | MATLAB VARIJABLA | NOMINALNA VRIJEDNOST (SI JEDINICE) |
|----------|--|------------------|------------------------------------|
| R_a | Otpor armature | Ra | 2.6 |
| k_e | Konstanta protuelektromotorne sile | Ke | 0.0076776 |
| k_m | Konstanta momenta motora | Km | 0.007683 |
| J_m | Moment inercije motora | Jmotor | $3.87 \cdot 10^{-7}$ |
| J_{eq} | Ekvivalentni moment tromosti kod opterećenja | Jeq | $9.785 \cdot 10^{-5}$ |
| B_{eq} | Ekvivalentni koeficijent viskoznog trenja | Beq | 0.0015 |
| K_g | SRV02 omjer zupčanika sustava (motor-teret) | Kg | 14 (14 · 1) |
| η_g | Korisnost zupčastog prijenosa | Eff_G | 0.9 |
| η_m | Korisnost motora | Eff_M | 0.69 |

Tab.5.1. Parametri prijenosne jednadžbe (5-4)

Prema čemu ona iznosi:

$$G'(s) = \frac{0,33398}{0,0052 \cdot s^2 + 0,1899 \cdot s}$$

Prijenosna funkcija zatvorenog regulacijskog kruga $G(s)$ (5-5) izražena preko parametara regulatora glasi:

$$G(s) = \frac{64,227 \cdot K_p}{s^2 + (36,519 + 64,227 \cdot K_v) \cdot s + 64,227 \cdot K_p}$$

Na temelju zahtjeva:

- Najveće dopušteno nadvišenje $\sigma_m = 5\%$
- Vrijeme prvog maksimuma $t_p = 0,1 \text{ s}$

Te relacija (5-6) i (5-7) ista prijesna funkcija glasi:

$$G(s) = \frac{1874,14}{s^2 + 59,64 \cdot s + 1874,14}$$

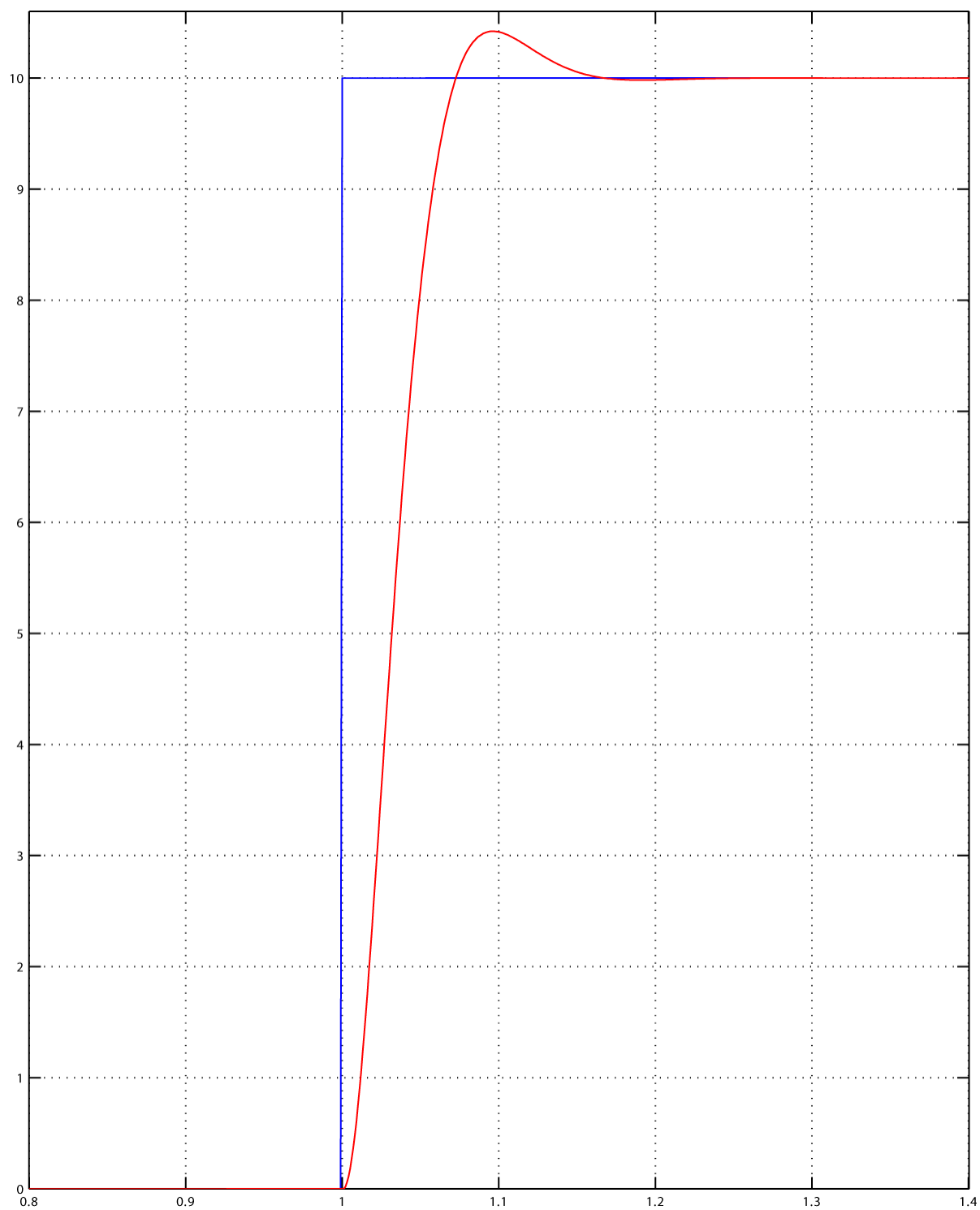
A usporedbom karakterističnih jednažbi možemo odrediti:

$$K_p = 29,18$$

$$K_v = 0,36$$

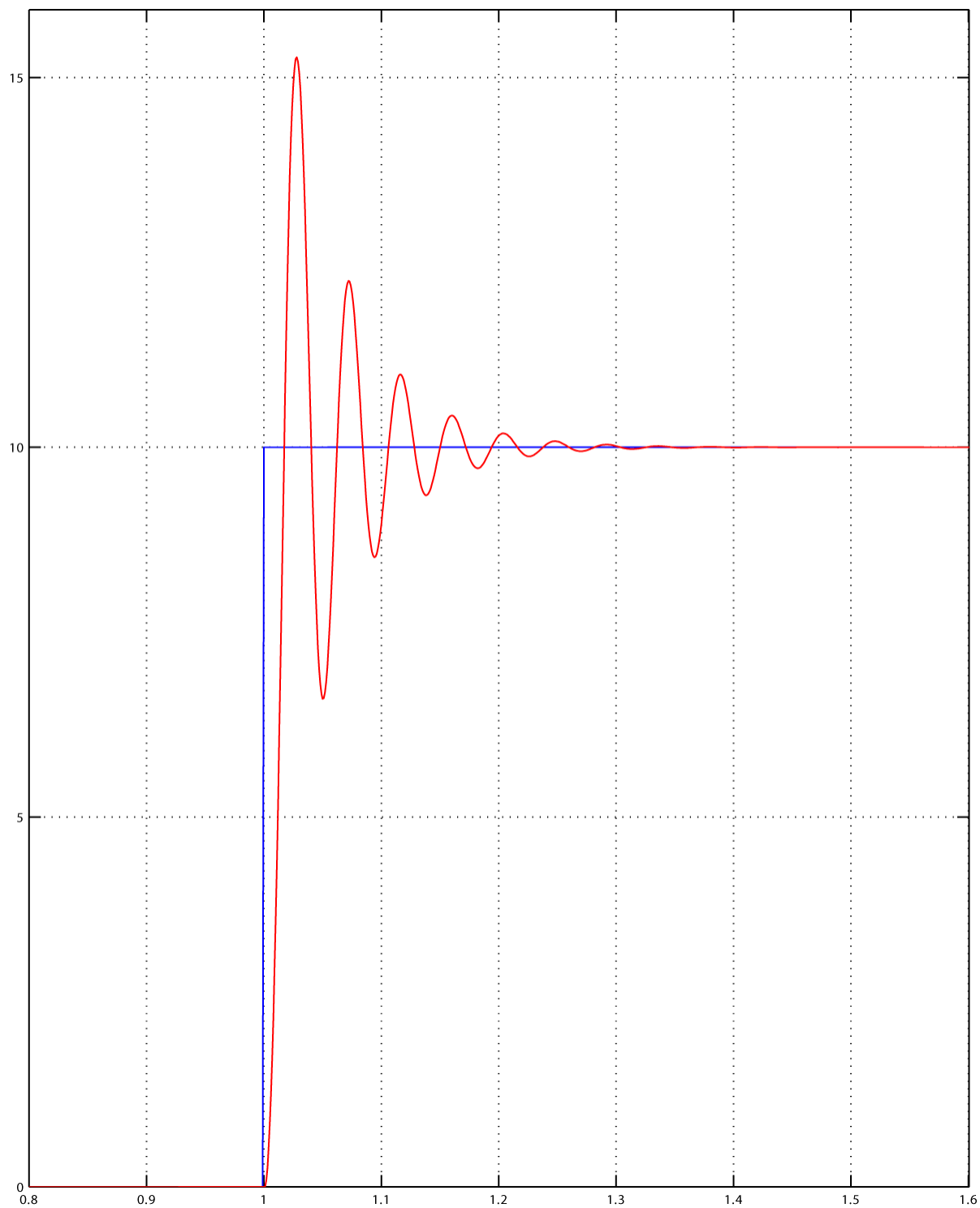
5.3.2. Pokus 2 : Simulacija kruga regulacije pozicije rotacijskog elektromehaničkog sustava SRV02

Prema danim zahtjevima snimili smo odzive, odnosno dane usporedbe, te ih prilažem sljedećim slikama. Na njima je plavom bojom označen referentni signal dok je regulirani signal brzine vrtnje označen crvenom bojom.



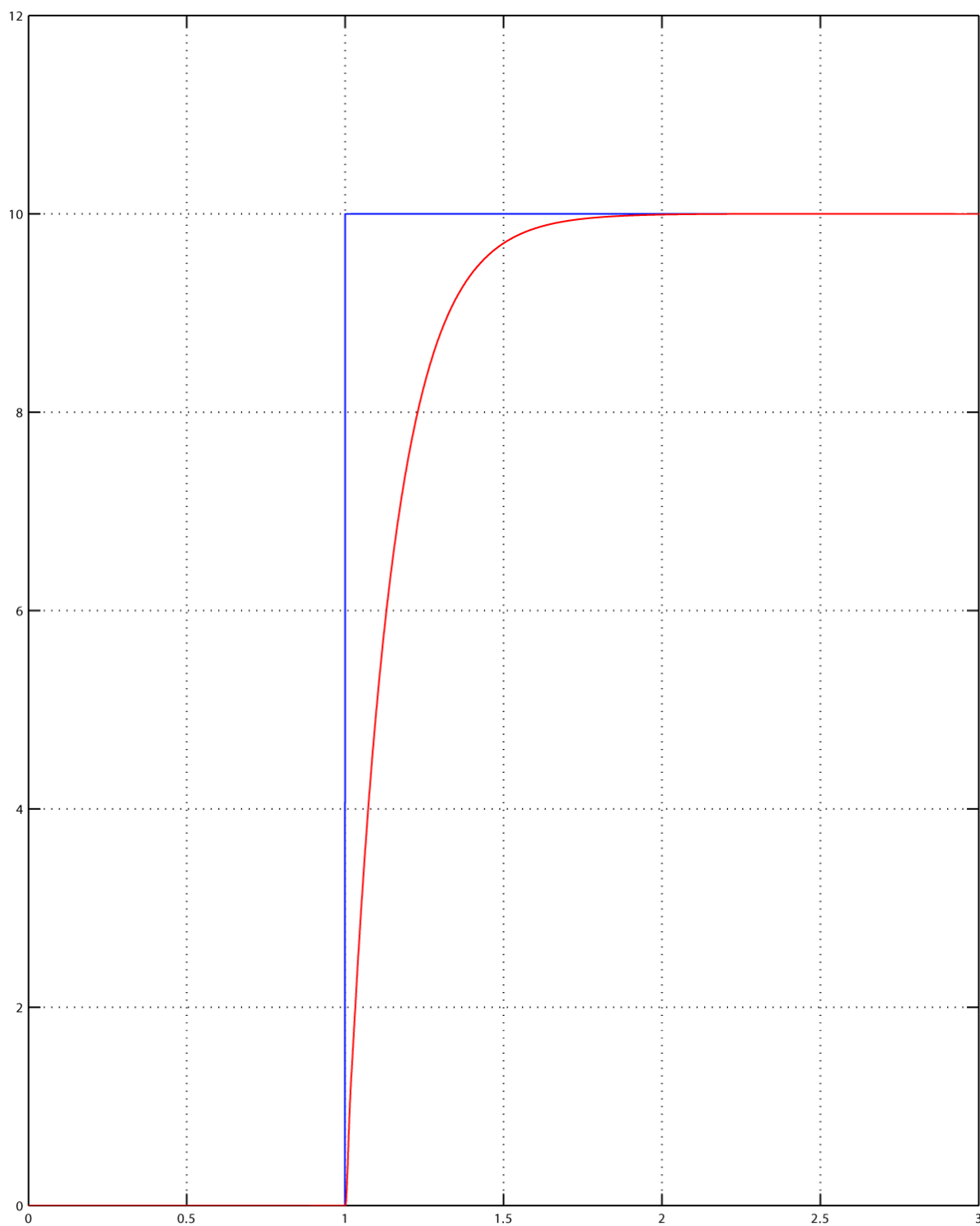
Time offset: 0

Sl.5.3. Usporedba referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude



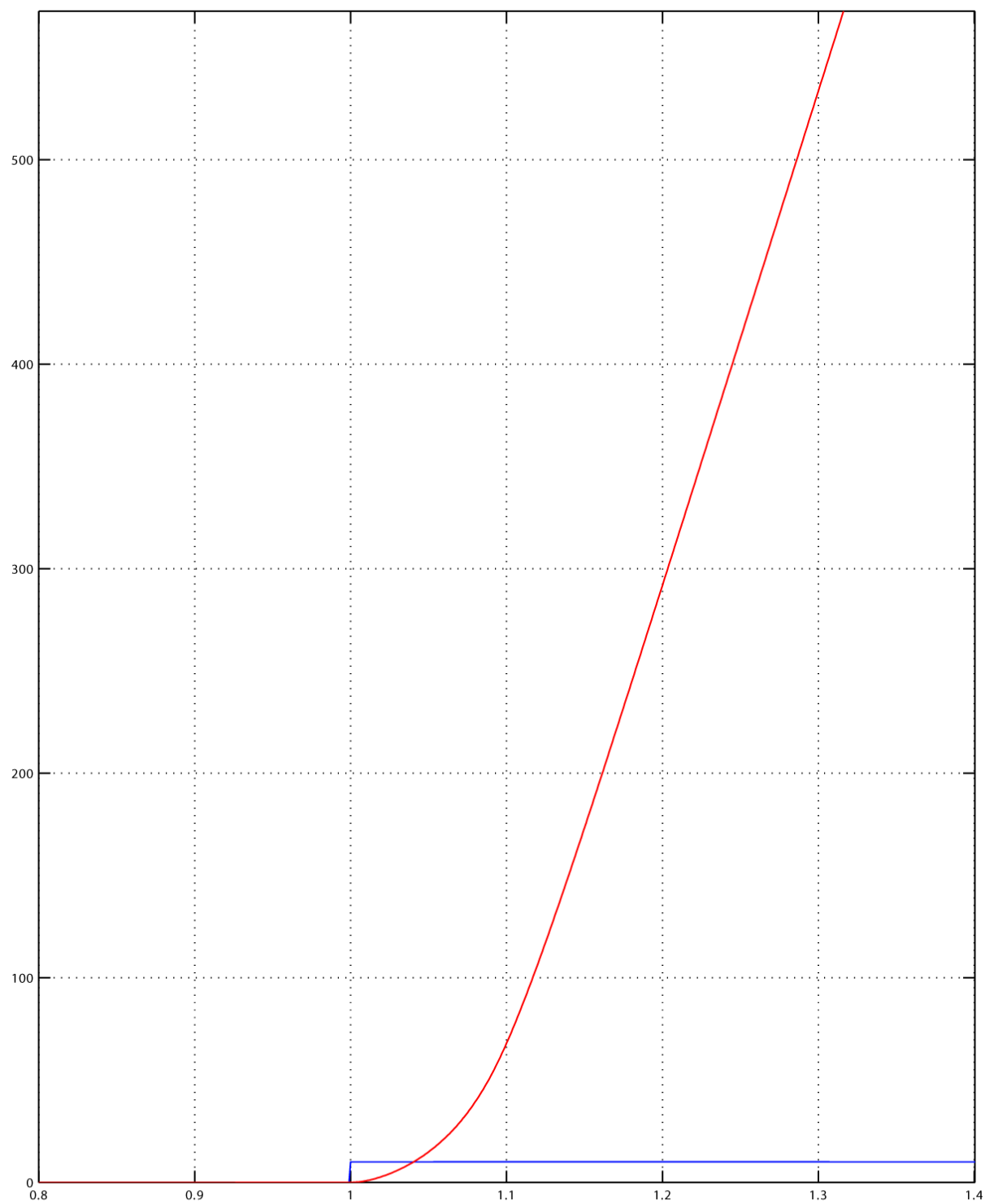
Time offset: 0

Sl.5.4. Usporedba referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude u slučaju kada je pojačanje K_p 10 puta veće od proračunate vrijednosti.



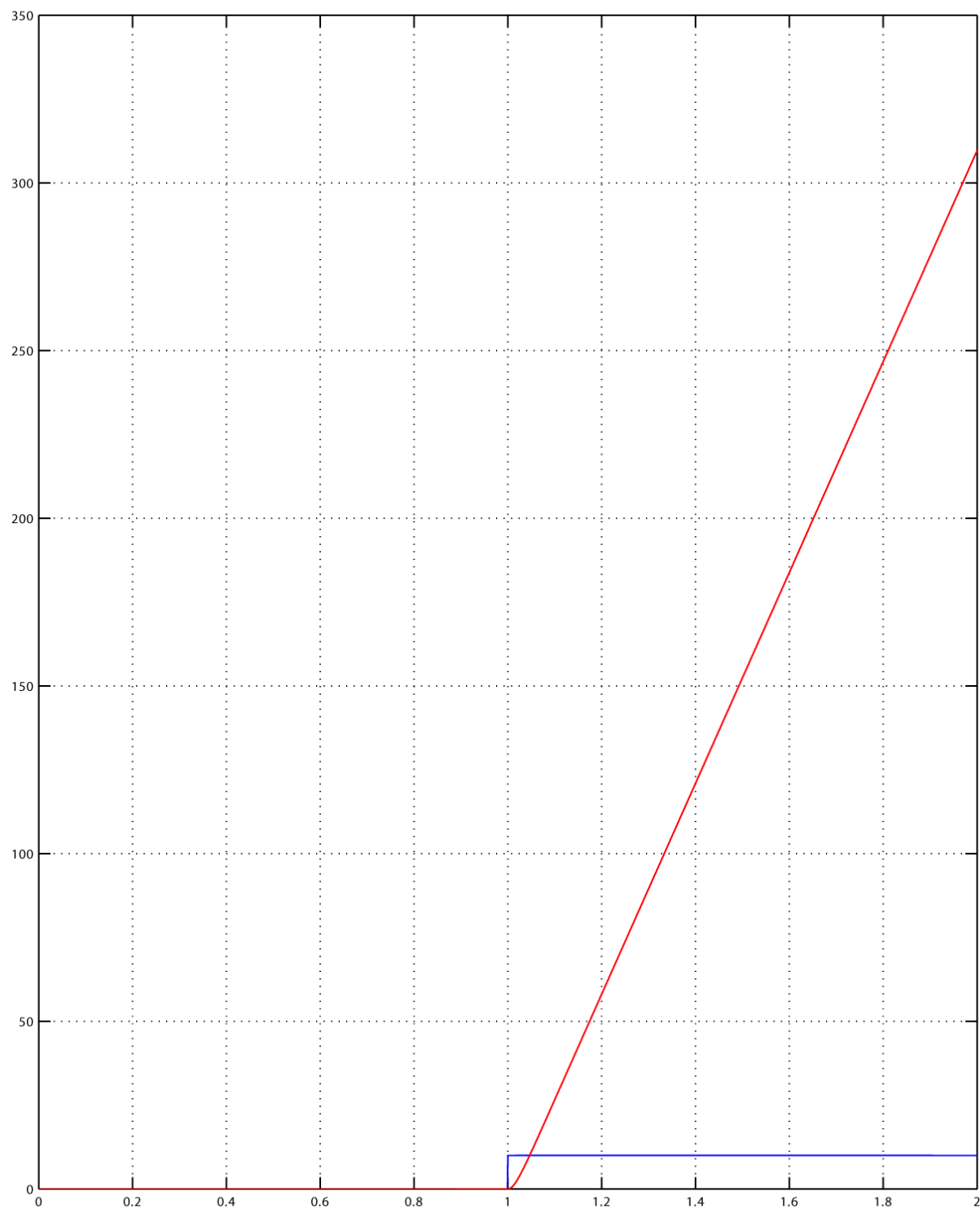
Time offset: 0

Sl.5.5. Usporedba referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude u slučaju kada je pojačanje K_v 10 puta veće od proračunate vrijednosti.



Time offset: 0

Sl.5.6. Usporedba referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude u slučaju pozitivne povratne veze.



Time offset: 0

Sl.5.7. Usporedba signala referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude u slučaju prekida povratne veze.

5.4. Zaključak

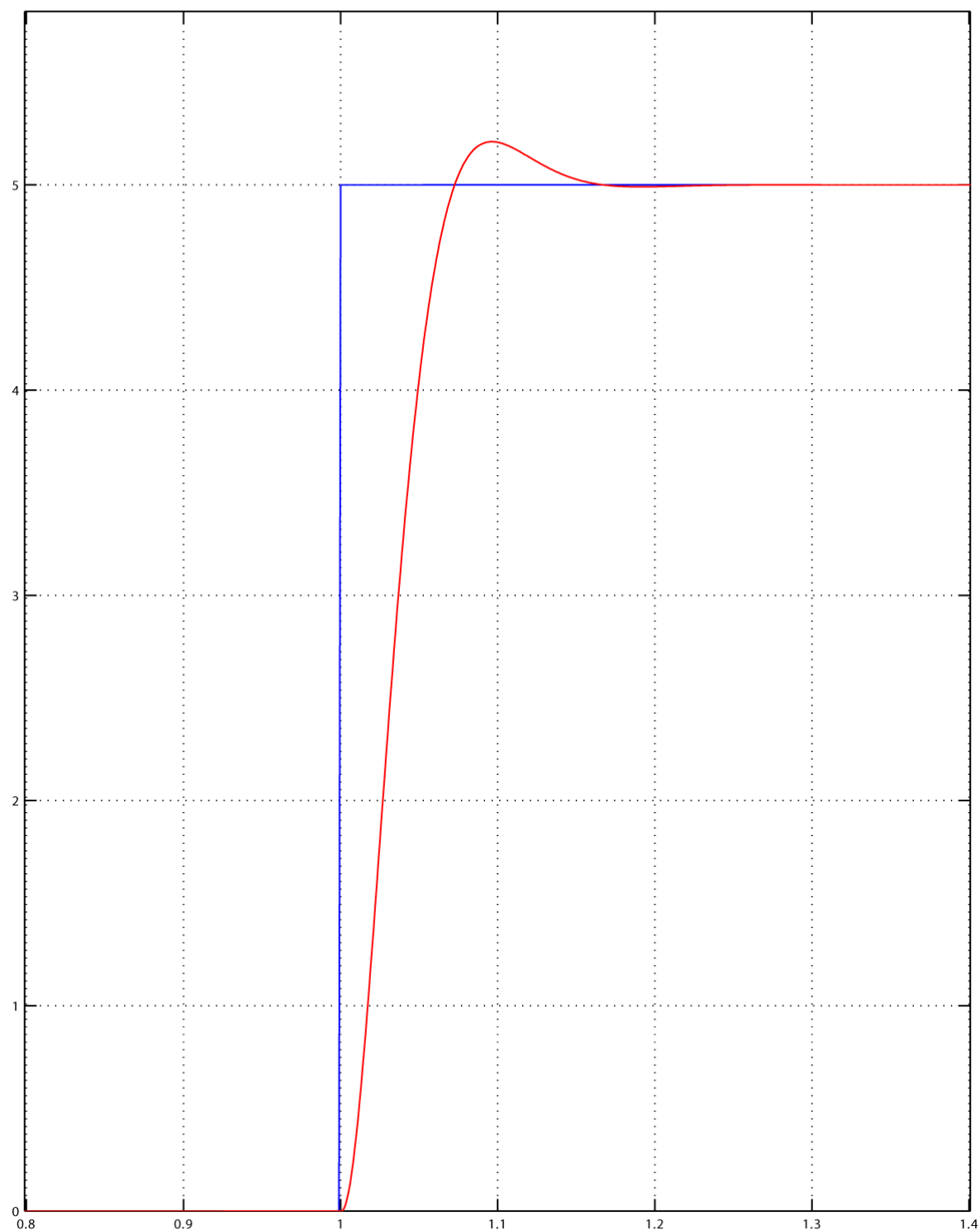
5.4.1. Pokus 1 : Određivanje parametara PV regulatora pozicije rotacijskog elektromehaničkog sustava SRV02

Ukoliko bi povećavali K_p tada bi došlo do povećanja iznosa prirodne frekvencije ω_n što povlači i smanjenje brzine odziva, odnosno bržeg dolaska u prvi maksimum t_m . Povećanje prirodne frekvencije ω_n dovodi do smanjenja prigušenja ζ što uzrokuje povećanje iznosa nadvišenja σ_m .

Ukoliko bi povećali K_v uzrokovali bi povećanje prigušenja ζ što uzrokuje smanjenje iznosa nadvišenja σ_m .

5.4.2. Pokus 2 : Simulacija kruga regulacije pozicije rotacijskog elektromehaničkog sustava SRV02

Prema odzivima, može se zaključiti da samo pravilno odabrali parametre K_p i K_v jer vremenski pokazatelji zadovoljavaju dane kriterije. Također, ukoliko smanjimo iznos pobude na 50% on neće utjecati na dane vremenske pokazatelje što dokazuje sl.5.8.



Time offset: 0

Sl.5.8. Usporedba signala referentnog i reguliranog signala brzine vrtnje kod skokovite pobude smanjenje za 50%

Nelinearni element zasićenja služi kako bi smo simulirali pravi model, odnosno ograničili iznos napajanja na stvarne granice: od $-24V$ do $24V$.

Kako bi si olakšali postupak i omogućili dobivanje prijenosne funkcije zatvorenog regulacijskog kruga oblika PT2S člana umjesto realnog derivatora (derivacije s filtriranjem) uzeli smo idealni derivator. Tako smo napravili određeno zanemarenje koje ne utječe bitno na vremenske pokazatelje.

U povratnoj vezi smo koristili filter, umjesto standardnog PID regulatora, zbog dodatnog unošenja faznog pomaka u regulacijski krug a time bi postigli negativno fazno osiguranje što nije poželjno.