

1.) (10 b) - teorija

- a) postupci neposrednog eksperimentalnog određivanja $h(t)$ i razlozi primjene umjesto neposrednog
- b) konkretan primjer identifikacije za pravokutni ispitni signal odnosno kada se ne smije koristiti konstantna pobuda \rightarrow npr proizvodnja ožujskog jer se ne smiju kvasci pregrijati ☺
- c) blok shema PID regulatora s dva stupnja slobode podešavanja parametara
- d) postupak podešavanja parametara PID-a s dva stupnja slobode
- e) relejni postupak – zahtjev na presječnu frekvenciju otvorenog regulacijskog kruga $\rightarrow \omega_c = \omega_0$
- f) koja pretpostavka mora biti ispunjena za korištenje opisne funkcije nelinearnog elementa \rightarrow sustav mora biti niski propust
- g) utjecaj težinskog faktora r kod odstupanja upravljačke veličine u kvadratičnom kriteriju kakvoće
- h) procedura projektiranja člana s faznim kašnjenjem
- i) EMUL1 metoda – kakav je utjecaj velikog vremena uzorkovanja na nadvišenje i vrijeme 1. maksimuma \rightarrow sustav je tromiji i nadvišenje je veće zbog manjeg faznog osiguranja
- j) što je to modelska funkcija; koji uvjet mora zadovoljiti EMUL2 metoda zbog utjecaja diskretizacije \rightarrow red modelske funkcije +1
- k) nedostatak regulatora zasnovanih na modelu procesa te objasni slučaj Smithovog prediktora \rightarrow upotreba filtra zbog netočnog modeliranja kašnjenja procesa
- l) koji su izvori impulsnih smetnji i načini njihovog smanjenja \rightarrow energetska postrojenja, frekv. pretvarači (uređaji energetske elektronike); smanjuju se median filtrom i rate-limiterom (ograničenje slew-rate-a)
- m) uvjet integracije AW2 metode za sprečavanje zaleta
- n) ternarni signal – nacrtati ga; kada se koristi i primjer upotrebe; opišite moguću izvedbu
- o) prednosti i nedostaci DO-I oblika digitalnog regulatora
- p) kaj su to FPGA sklopovi i koji su njihove prednosti kod implementacije regulatora
- q) prednosti i nedostaci kod korištenja komunikacijskih mreža
- r) usporedba CT i ET prijenosa podataka
- s) zatvoreni sustav upravljanja preko komm. mreže ima regulator TD i aktuator ED; nacrtati vremenski dijagram i napišite matematički model procesa u prostoru stanja. u dijagramu pokažite slučajeve praznog uzorkovanja, odbacivanja podataka i vremenskog posmaka; zašto čvor senzora mora biti TD; usporedite ovu strukturu sa strukturom kod koje je i regulator ED

2.) (5 b) identifikacija oscilatornog sustava – slično kao u 3.) zadatku u zadacima za vježbu

- a) koje su poteškoće kod identifikacije ako je pravokutan signal prekratak
- b) kakva je otpornost metode na zašumljeni odziv
- c) koje još metode se ovdje (sustav s nadvišenjem) mogu primijeniti i njihova osjetljivost na šum i objasni.

3.) (5 b) TG postupak $G_p(s) = \frac{1}{s+1}$

- a) odrediti standardnu modelsku funkciju minimalnog reda $G_m(s)$ koja će osigurati točnost u stacionarnom stanju bez nadvišenja; vrijeme dostizanja 50% vrijednosti u zatvorenom krugu mora biti pola tog vremena u otvorenom (bez regulatora): $t_{z,50\%} = 0,5 \cdot t_{o,50\%}$
- b) odredite prenosnu funkciju regulatora $G_R(s) = \frac{1}{G_p} \frac{G_m}{1-G_m}$
- c) provedite diskretizaciju Eulerovom unazadnom diferencijom tako da je vreme uzorkovanja višekratnik od 0,1 $T = k \cdot 0,1$ te da ima dva uzorkovanja unutar $t_{z,50\%}$

4.) (5 b) PID $G_R(s) = \frac{0,44s^2 + 4,04s + 2}{s(1 + 0,02s)}$

- a) da li dolazi do efekta zaleta kod ovog regulatora
- b) pretvorite funkcije reg. u pogodan oblik za sprečavanje efekta zaleta postupkom povratnog integriranja i odredite parametre PID regulatora i izračunajte T_{AW}
- c) blokovska shema regulatora s također uključenim ograničavačem iznosa upravljačkog signala

5.) (5 b) digitalni kompenzator $G_R(z) = \frac{0,072z^3 + 0,18z^2 + 0,14z}{z^3 - 0,6z^2 - 0,36z - 0,04}$ (postoji I djelovanje)

- a) shema realizacije u DO-II i serijskom obliku
- b) implementacija u prog. jeziku C za serijski oblik sa *double* formatom podataka
- c) šta treba napraviti ako se implementira u cjelobrojnoj aritmetici
- d) da li postoji proporcionalno djelovanje?

RJEŠENJA:**Zadatak 1****Zadatak 2**

- a) Grafičkim postupkom ili tablično dobije se stacionarno stanje $y_{stac} = -6$. Iznos pobude je 2, pa je
- $$K = h_{stac} = -6/2 = -3$$
- $$\sigma_m = 1.1/6 = 18.3\%, t_{50} = 0.8$$
- $$\zeta = 0.48, \omega_n = 1.6$$
- $$G(s) = -\frac{3}{0.4s^2 + 0.6s + 1}$$
- b) Tada bismo mogli rekonstruirati odziv sustava u trajanju do 3 s. U tom vremenu sustav postiže nadvišenje, ali ne i stacionarnu vrijednost koja nam je potrebna u daljnjem postupku.
- c) Za PT2S metodu šum ne utječe značajno budući da je potrebne parametre moguće dosta precizno očitati usprkos šumu (pokazano u vježbama).
- d) Metoda momenata. Osjetljiva je jer je potrebno prvo diferenciranjem dobiti težinsku funkciju čime se pojačava šum.

Zadatak 3

- a) Modelska funkcija se odabire da bude prvog reda:

$$G_m(s) = \frac{\omega_n}{s + \omega_n}.$$

Da bi mogli odrediti parametar ω_n potrebno je izračunati vrijeme $t_{z,50\%}$. Prvo, računamo prijelaznu funkciju sustava:

$$H(s) = \frac{1}{s} G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)} \Rightarrow h(t) = 1 - e^{-t}.$$

Pošto se radi o odzivu na jediničnu odskočnu funkciju, vrijedi:

$$h(t_{50\%}) = 0.5 \Rightarrow 1 - e^{-t_{50\%}} = 0.5 \Rightarrow t_{50\%} = 0.693 \text{ [s]}.$$

Dakle, vrijeme dosezanja 50% vrijednosti u zatvorenom regulacijskom krugu mora biti dvostruko manje od $t_{50\%}$, tj. $t_{z,50\%} = 0.347 \text{ [s]}$. Konačno, sa grafa (bilo kojeg jer svi oblici su jednaki za prvi red) čita se $\omega_n t_{z,50\%} = 1$ te se dobiva da je $\omega_n = 2.88 \text{ [rad/s]}$. Modelska funkcija sada glasi:

$$G_m(s) = \frac{2.88}{s + 2.88}.$$

- b) Regulator se računa prema standradnoj formuli:

$$G_R(s) = \frac{1}{G_p(s)} \frac{G_m(s)}{1 - G_m(s)} = \boxed{2.88 \frac{s+1}{s}}.$$

- c) Pošto želim barem dva uzorka unutar $t_{z,50\%}$ i da T bude višekratnik broja 0.1, odabiremo $T = 0.1 \text{ [s]}$. Diskretizacijom Eulerovom unazadnom diferencijom dobiva se:

$$G_R(z) = 2.88 \frac{1.1z - 1}{z - 1}.$$

Zadatak 4

- a) Ovaj zadatak ima više točnih rješenja. Jedno od njih je i slijedeće. Prijenosna funkcija regulatora glasi:

$$G_R(s) = \frac{0.44s^2 + 4.04s + 2}{s(1 + 0.02s)}.$$

Pogodan oblik za sprječavanje efekta zaleta jest PID regulator u paralelnoj izvedbi. Prijenosna funkcija takvog regulatora ima sljedeći oblik:

$$G_R(s) = K_R + \frac{K_R}{T_I s} + \frac{s K_R T_D}{1 + s T_\nu} = \dots = \frac{s^2(K_R T_\nu + K_R T_D) + s(K_R + K_R T_\nu / T_I) + K_R / T_I}{s(1 + s T_\nu)}.$$

Uspoređujući prethodna dva izraza odmah možemo vidjeti da je $T_\nu = 0.02$ [s] i $K_R / T_I = 2$ [s]. Iz izraza uz prvu potenciju od s izračuna se $K_R = 4$, a iz izraza za drugu potenciju $T_D = 0.09$ [s]. Pošto znamo parametre regulatora lako je sada iz njih odrediti AW1 ili AW2 strukturu.

AW1 izvedba regulatora prikazana je u predavanjima (poglavlje 8, slajd 124). Jedino što je ovdje potrebno izračunati je $T_{AW} = \sqrt{T_I T_D} = 0.424$ [s].

Drugi način na koji se može riješiti zadatak jest da se polinom brojnika podijeli sa polinomom u nazivniku te se dobije slijedeći rastav:

$$G_R(s) = 22 + \frac{2}{s} + \frac{-18}{1 + 0.02s}$$

Ovako se također izluči integrator a za PD komponentu ostaje $\frac{2}{s} + \frac{-18}{1+0.02s}$. Iako se nadalje iz ovoga ne mogu konkretno odrediti parametri realnog PID regulatora, ovakav rastav je korektan te se priznaje kao rješenje. Eventualno se gube bodovi zbog neračunanja T_{AW} .

Zadatak 5

- a) i) Prijenosna funkcija se napiše u obliku $G_R(z) = \frac{0.072+0.18z^{-1}+0.14z^{-2}}{1-0.6z^{-1}-0.36z^{-2}-0.04z^{-3}}$ iz kojeg se direktno očitaju koeficijenti i upisuju u shemu realizacije koja ima tri elementa za kašnjenje.
- ii) Integralno djelovanje znači da imamo pol u $z = 1$ pa dijelimo nazivnik prijenosne funkcije sa $z - 1$. Time se dobije rastav $G_R(z) = \frac{1}{1-z^{-1}} \frac{0.072+0.18z^{-1}+0.14z^{-2}}{1+0.4z^{-1}+0.04z^{-2}}$. Brojnik od ostatka ne rastavljamo dalje jer bi dobili kompleksne polove, pa stoga puštamo i nazivnik drugog reda iako se on može rastaviti dalje. Ova prijenosna funkcija se sada realizira pomoću serije dvaju DO-II elemenata (prvog reda i drugog reda).
- b) Serijska realizacija napiše se pomoću jednadžbi diferencija iz kojih je lako napisati C realizaciju.
- c) Bilo bi potrebno skalirati koeficijente kompenzatora i zaokružiti ih na cijele brojeve. Također, potrebno je skalirati ulazni i izlazni signal kompenzatora.
- d) Kompenzator ima proporcionalno djelovanje. To se vidi npr. iz sheme DO-II realizacije u kojoj postoji direktna grana s ulaza na izlaz.