

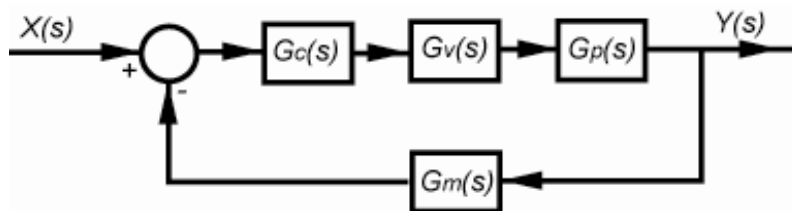
OSNOVI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROCESIMA

Vežba br. 8: Odzivi zatvorenog regulacionog kola – CONTROL SYSTEM

I Zatvoreno regulaciono kolo sa negativnom povratnom spregom (ZRK)

Osnovna i najčešće korišćena konfiguracija automatskog upravljanja je negativna povratna sprega. Princip funkcionisanja ove sprege je da se regulisana veličina meri na izlazu (Y) i potom se upoređuje sa zadatom vrednošću (X). Ukoliko postoji razlika izmerene i zadate vrednosti, tj. postoji greška, regulator će delovati na proces tako da grešku eliminiše i to preko izvršnog elementa. Prema cilju koji treba da ostvari zatvoreno regulaciono kolo, razlikuju se dva osnovna tipa regulacije: a) *programska*, koja treba da ostvari regulisani izlaz u odnosu na željenu promenu postavne tačke, b) *stabilizaciona*, koja treba da otklani dejstvo neželjenih spoljašnjih poremećaja.

Na Slici 1 prikazan je blok dijagram zatvorenog regulacionog kola (ZRK) sa negativnom povratnom spregom. Veličina $X(s)$ predstavlja postavnu tačku, $G_c(s)$, $G_v(s)$, $G_p(s)$ i $G_m(s)$ su prenosne funkcije regulatora, izvršnog elementa, procesa i mernog elementa, respektivno, dok je $Y(s)$ izlazni signal.



Slika 1. Blok dijagram ZRK

U sistemima sa negativnom povratnom spregom najčešće se koriste P, PI i PID regulatori. Primenom jednostavnih pravila dobija se opšti oblik odziva regulacionog kola u kompleksnom Laplace-ovom domenu:

$$Y(s) = X(s) \cdot W(s) = X(s) \frac{G_c(s)G_v(s)G_p(s)}{1 + G_c(s)G_v(s)G_p(s)G_m(s)} \quad (1)$$

gde je $W(s)$ prenosna funkcija ZRK.

Prenosna funkcija otvorenog kola se često koristi u analizi sistema, a predstavlja proizvod prenosnih funkcija svih elemenata koji se nalaze u ZRK:

$$G(s) = G_c(s)G_v(s)G_p(s)G_m(s) \quad (2)$$

Odziv sistema u vremenskom domenu je jednak inverznoj Laplasovoj transformaciji funkcije $Y(s)$:

$$y(t) = L^{-1}\{Y(s)\} \quad (3)$$

Modul *CONTROL SYSTEM TOOLBOX* u okviru programskog paketa MATLAB sadrži funkcije koje omogućavaju definisanje prenosne funkcije ZRK i kreiranje grafičkog prikaza vremenskog odziva zatvorenog regulacionog kola.

II Odzivi ZRK – P regulator

Za primer je odabran proces koji predstavlja kaskadu tri izotermna reaktora sa idealnim mešanjem, čija je ukupna prenosna funkcija:

$$G_p(s) = \frac{1}{8(s+1)^3}$$

Dinamika mernog i izvršnog elementa se može zanemariti, tj.: $G_m(s) = G_v(s) = 1$.

Odabrana je jedinična stepenasta promena postavne tačke, tj. Heaviside-ova funkcija: $X(s)=1/s$.

Za upravljanje se koriste P, PI i PID regulatori sa različitim parametrima, a vremenski odzivi ZRK se dobijaju pomoću naredbi iz *CONTROL SYSTEM* modula.

U slučaju P regulacije prenosna funkcija regulatora je:

$$G_c(s) = K_c \quad (4)$$

Najpre će se odrediti odziv zatvorenog regulacionog kola za pojačanje regulatora $K_c=15.7$.

U osnovnom prozoru MATLABa iz menija izabrati opciju File / New / M-File, koja otvara novu komandnu datoteku. U MATLAB editoru ispisati sledeći program kojim se kreira odziv zatvorenog regulacionog kola za proces i regulator koji su definisani prenosnim funkcijama G_p i G_c , respektivno:

```
%
% Primena programskog paketa MATLAB za dobijanje
% vremenskog odziva zatvorenog regulacionog kola
% sa P regulatorom
%

% Definisane koeficijentata polinoma u brojiocu i imeniocu prenosne funkcije
regulatora

Gcnum=[15.7]
Gcden=[1]
input('Prenosne funkcija regulatora Gc(s) ([Enter] za nastavak)')
```

% Definisanje koeficijentata polinoma u brojiocu i imeniocu prenosne funkcije procesa

```
Gpnum=[1/8]
Gpden=[1 3 3 1]
input('Prenosna funkcija procesa Gp(s) ([Enter] za nastavak)')
```

% Odredjivanje prenosne funkcije redne veze Gc i Gp

```
[GcGpnum,GcGpden]=series(Gcnum,Gcden,Gpnum,Gpden)
input('Prenosna funkcija redne veze Gc i Gp ([Enter] za nastavak)')
```

% Odredjivanje prenosne funkcije sistema sa jedinicnom
% povratnom spregom primenom naredbe *cloop* (moguće je i korišćenje
% naredbe *feedback*)

```
[fnum,fden]=cloop(GcGpnum,GcGpden)
```

% gornja linija je ekvivalentna s naredbom:
% [fnum,fden]=feedback(GcGpnum,GcGpden,[1],[1])
input('Prenosna f-ja sistema s povratnom spregom ([Enter] za nastavak)')

% Vremenski odziv zatvorenog regulacionog kola y(t) na
% stepenastu promenu postavne tacke u intervalu 0<t<30

```
step(fnum,fden,30)
```

Nakon unosa teksta programa, snimiti njen sadržaj izborom opcije *Save As* u meniju *File* u prozoru *MATLAB Editor/Debugger*. Na taj način otvara se prozor *Save As* u kome se definiše ime datoteke (na pr. student.m).

Vratiti se u osnovni MATLAB prozor. Uneti ime datoteke (bez ekstenzije .m):

```
>> student
```

MATLAB izvršava naredbe iz definisane skript datoteke. Naredba *input* omogućuje da se izvršenje skript datoteke prekine dok korisnik ne pritisne taster [Enter]. Krajnji rezultat programa je grafički prozor u kome je prikazan odziv ZRK na jediničnu stepenastu promenu postavne tačke.

! Komentarisati grafik vremenskog odziva i uočiti karakteristične veličine: grešku stacionarnog stanja, brzinu odziva, koeficijent prigušenja, prekoračenje i period oscilovanja.

? Modifikovati postojeći M-file tako da se odredi vremenski odziv sistema sa P regulatorom, čije je pojačanje 32.

? Varirati pojačanje P regulatora sa vrednostima: 50, 64 i 80.

? Kako se menja oblik vremenskog odziva i karakteristične veličine sa povećanjem pojačanja P regulatora?

III Odzivi ZRK – PI regulator

Prenosna funkcija PI regulatora je:

$$G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} \right) \quad (5)$$

gde je τ_i integralno vreme, a K_c pojačanje PI regulatora.

? Modifikovati datoteku kreiranu pod tačkom II tako da se odredi vremenski odziv sistema sa PI regulatorom definisanim sa prenosnom funkcijom (5) za vrednosti parametara $K_c=12.42$ i $\tau_i=1.78$.

? Modifikovati datoteku tako da se odredi vremenski odziv ZRK sa PI regulatorom čije je pojačanje isto kao u prethodnom primeru ($K_c=12.42$), integralno vreme $\tau_i=3.02$

? Kako se menja oblik vremenskog odziva i karakteristične veličine sa povećanjem integralnog vremena?

? Varirati vrednosti pojačanja PI regulatora : 29.1 , 41 , 44 , (integralno vreme isto kao u prethodnom primeru: $\tau_i=3.02$)

? Kako se menja oblik vremenskog odziva i karakteristične veličine sa povećanjem pojačanja PI regulatora?

? Koji je osnovni cilj uvodjenja integralne akcije?

IV Odzivi ZRK – PID regulator

Prenosna funkcija PID regulatora je:

$$G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) \quad (6)$$

gde je τ_d diferencijalno vreme, τ_i integralno vreme, a K_c pojačanje PID regulatora. Modifikovati datoteku kreiranu pod tačkom III tako da se odredi vremenski odziv sistema sa PID regulatorom za vrednosti parametara $K_c=19.42$, $\tau_i=1.81$ i $\tau_d=0.39$.

? Promeniti vrednost integralnog vremena PID regulatora na 2.36 (pojačanje i diferencijalno vreme isto kao u prethodnom primeru: $K_c=19.42$ i $\tau_d=0.39$)

? Modifikovati datoteku kreiranu tako da vrednost diferencijalnog vremena bude 0.45 (pojačanje i integralno vreme isto kao prethodnom primeru: $K_c=19.42$, $\tau_i=2.36$).

? Kako se menja oblik vremenskog odziva i karakteristične veličine sa povećanjem diferencijalnog vremena?

? Promeniti vrednost pojačanja PID regulatora na 37.65, a vrednost integralnog vremena na 1.81 (diferencijalno vreme isto kao u prethodnom primeru: $\tau_d=0.45$). Komentarisati dobijeni odziv ZRK.

? Varirati vrednosti pojačanja PID regulatora: 74.2, 113, 398.

? Koji je osnovni cilj uvođenja diferencijalne akcije?

###

1. a) Kreirati grafik vremenskog odziva zatvorenog regulacionog kola na jediničnu stepenastu promenu. Prenosne funkcije elemenata regulacionog kola su :

P regulator : $G_c(s) = 1$;

izvršni element : $G_v(s) = \frac{1}{0.5s+1}$;

proces : $G_p(s) = \frac{2(0.25s+1)}{(0.5s+1)(3s+1)(s+1)}$;

merni element : $G_m(s) = \frac{1}{s+1}$.

b) Varirati vrednosti pojačanja P regulatora: 1.6 , 2.4 , 3.