

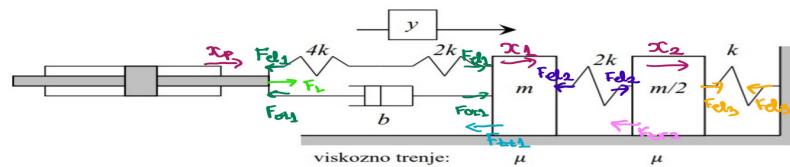
# Projekat iz hidrauličkih i pneumatičkih sistema

Dragana Ninković 2019/0052

October 13, 2024

## 1 Tekst zadatka

Na slici je prikazan mehanički sistem koji se pokreće pomoću hidrauličkog cilindra kao aktuatora. Cilindar se upravlja pomoću jednostepenog servo ventila. Napisati model u prostoru stanja sistema ukoliko se za upravljačku veličinu usvoji napon torque motora. Realizovati kretanje sistema po trapeznom profilu brzine (rastojanje - L, vreme kretanja – T, vreme ubrzanja/usporenja – 0.25T). Upravljački algoritam realizovati pomoću PDI regulatora. Ilustrovati ostarene rezultate vremenskim dijagramima. Pretpostavljajući da su traženi projektni zahtevi: - maksimalna sila -  $F_{max}$  - hod klipa/klipnjače – h, - brzina klipa/klipa klipnjače – v, dobijeni rešavanjem projektnog zadatka iz prethodne tačke potrebno je izabrati odgovarajuće komponente hidrauličke šeme sa slike u nastavku i to: - dimenzije cilindra dvosmernog dejstva sa jednostranom klipnjačom (dimenzije klipa i klipnjače) – D i d, čiji je mehanički koeficijent iskorišćenja  $\eta_{cf} = 0.9$  - radnu zapreminu uporabne pumpe V pod uslovom da je stepen zapreinskog iskorišćenja  $\eta_{vol} = 0.95$ , a da motor obrće pumpu brzinom  $2000 \frac{obr}{min}$ , - snagu hidrauličkog agregata ako je mehanički stepen korisnog dejstva motora  $\eta_m = 0.8$ . Pretpostaviti da se hidraulički sistem projektuje za usvojeni radni pritisak od  $p=160\text{bar}$ .



Slika 1 Prikaz sila sistema

## 2 Jednačine mehaničkog sistema

1. Jednačina kretanja cilindra

$$F_l = F_{kb}$$

$$k_{ekv} = \frac{1}{\frac{1}{4k} + \frac{1}{2k}}$$

$$F_{kb} = F_{el} + F_{ot}$$

$$F_{kb} = k_{ekv}(x_p - x_1) + b(\dot{x}_p - \dot{x}_1)$$

$$F_l = \frac{4k}{3}(x_p - x_1) + b(\dot{x}_p - \dot{x}_1)$$

2. Jednačina kretanja prvog bloka

$$m\ddot{x}_1 = F_{kb} - F_{el2} - F_{tr1}$$

$$\begin{aligned} m\ddot{x}_1 &= \frac{4k}{3}(x_p - x_1) + b(\dot{x}_p - \dot{x}_1) \\ &\quad - 2k(x_1 - x_2) - \mu\dot{x}_1 \end{aligned}$$

3. Jednačina kretanja drugog bloka

$$\frac{m\ddot{x}_2}{2} = F_{el2} - F_{el3} - F_{tr2}$$

$$\frac{m\ddot{x}_2}{2} = 2k(x_1 - x_2) - kx_2 - \mu\dot{x}_2$$

Nakon sredjivanja dobijamo jednačine kretanja

$$F_l = \frac{4k}{3}(x_p - x_1) + b(\dot{x}_p - \dot{x}_1)$$

$$\begin{aligned} \ddot{x}_1 &= \frac{4k}{3m}x_p + \frac{b}{m}\dot{x}_p - \frac{10k}{3m}x_1 \\ &\quad - \left(\frac{b+\mu}{m}\right)\dot{x}_1 + \frac{2k}{m}x_2 \end{aligned}$$

$$\ddot{x}_2 = \frac{4k}{m}x_1 - \frac{6k}{m}x_2 - \frac{2\mu}{m}\dot{x}_2$$

## 3 Jednačine hidraulickog sistema

1. Jednačina dinamike klipa cilindra

$$A_p P_l = M_t \ddot{x}_p + B_p \dot{x}_p + K x_p + F_l$$

Nakon ubacivanja izraza za  $F_l$  dobijenog iz jednačina mehaničkog sistema i  $K = 0$  dobijamo

$$\begin{aligned} A_p P_l &= M_t \ddot{x}_p + B_p \dot{x}_p + \frac{4k}{3}(x_p - x_1) \\ &\quad + b(\dot{x}_p - \dot{x}_1) \end{aligned}$$

2. Jednačina protoka radnog fluida kroz cilindar

$$Q_l = A_p \dot{x}_p + C_{tp} P_l + \frac{V_t}{4\beta_e} \dot{P}_l$$

3. Jednačina protoka radnog fluida kroz ventil

$$Q_l = K_q x_v - K_c P_l$$

4. Jednačina dinamike ventila

$$F_i = M_s \ddot{x}_v + B_f \dot{x}_v + K_f x_v$$

Nakon sto ubacimo

$$M_s = 0, B_f = 0$$

$$F_i = K_f x_v$$

5. Jednačina dinamike motora

$$\begin{aligned} K_t i &= J_a \frac{\ddot{x}_v}{r} + B_a \frac{\dot{x}_v}{r} \\ &\quad + (K_a - K_m) \frac{x_v}{r} + r F_i \end{aligned}$$

Nakon ubacivanja da je

$$J_a = 0, B_a = 0, K_a - K_m = 0$$

$$K_t i = r F_i$$

6. Jednačina rotora

$$u = R i + K_b \frac{\dot{x}_v}{r} + L_c \frac{di}{dt}$$

Uzimanjem prepostavke da je

$$K_b = 0, L_c = 0, u = R i$$

## 4 Postavljanje modela stanja

Vektor stanja je:  $z = [x_p \ x'_p \ P_t \ x_1 \ x'_1 \ x_2 \ x'_2]$  a kao izlaz posmatramo poziciju prvog bloka  $x_1$ . Model stanja je:

$$\dot{z} = Az + Bu$$

$$y = Cz$$

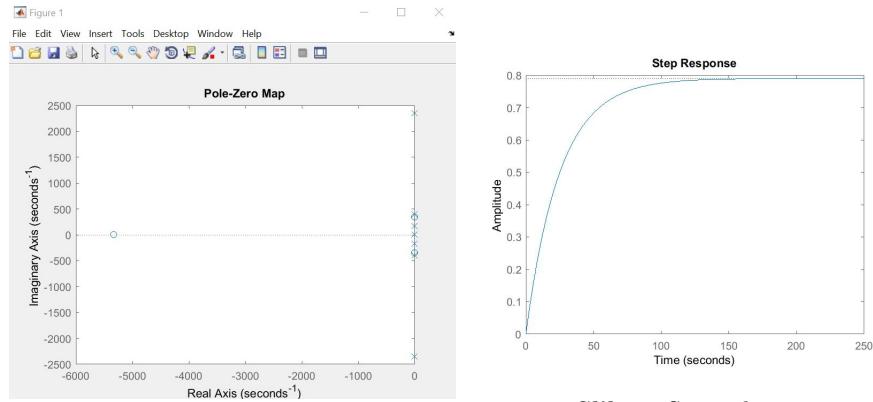
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ a_{51} & a_{52} & 0 & a_{54} & a_{55} & a_{56} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & a_{74} & 0 & a_{76} & a_{77} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ b_{31} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$a_{21} = -\frac{4k}{3M_t} a_{22} = -\frac{B_p + b}{M_t} a_{23} = \frac{A_p}{M_t} a_{24} = \frac{4k}{3M_t} a_{25} = \frac{b}{M_t} a_{32} = -\frac{4\beta_e A_p}{V_t}$$

$$a_{33} = -\frac{4\beta_e(C_{tp} + K_c)}{V_t} a_{51} = \frac{4k}{3m} a_{52} = \frac{b}{m} a_{54} = -\frac{10k}{3m} a_{55} = -\frac{b + \mu}{m}$$

$$a_{56} = \frac{2k}{m} a_{74} = \frac{4k}{m} a_{76} = -\frac{6k}{m} a_{77} = -\frac{2\mu}{m} b_{31} = \frac{4\beta_e K_q K_t}{Rr K_f V_t}$$

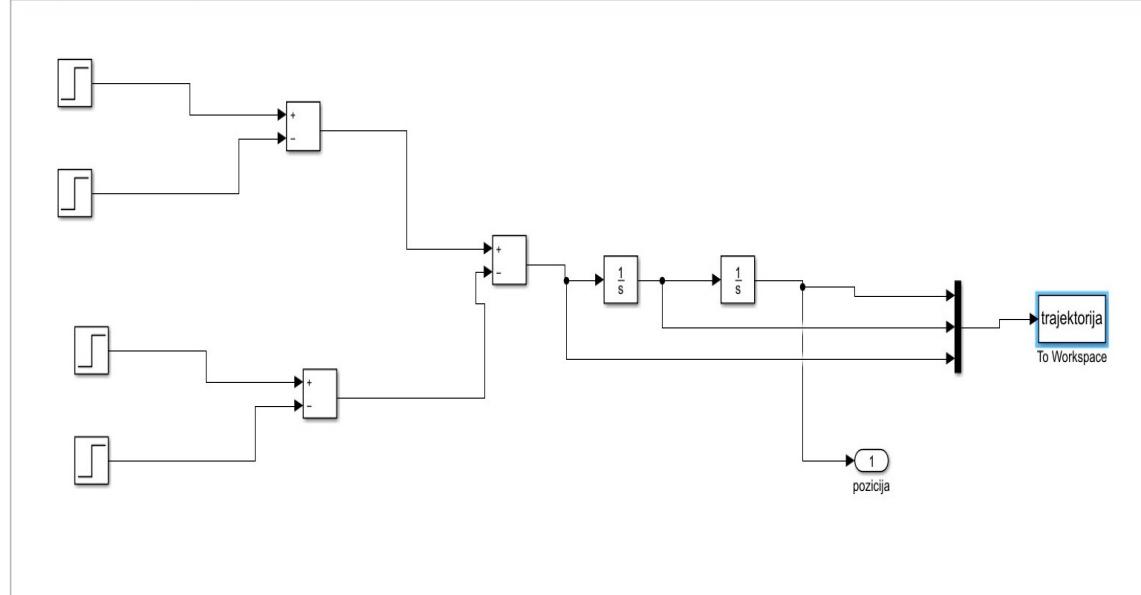
## 5 Simulink



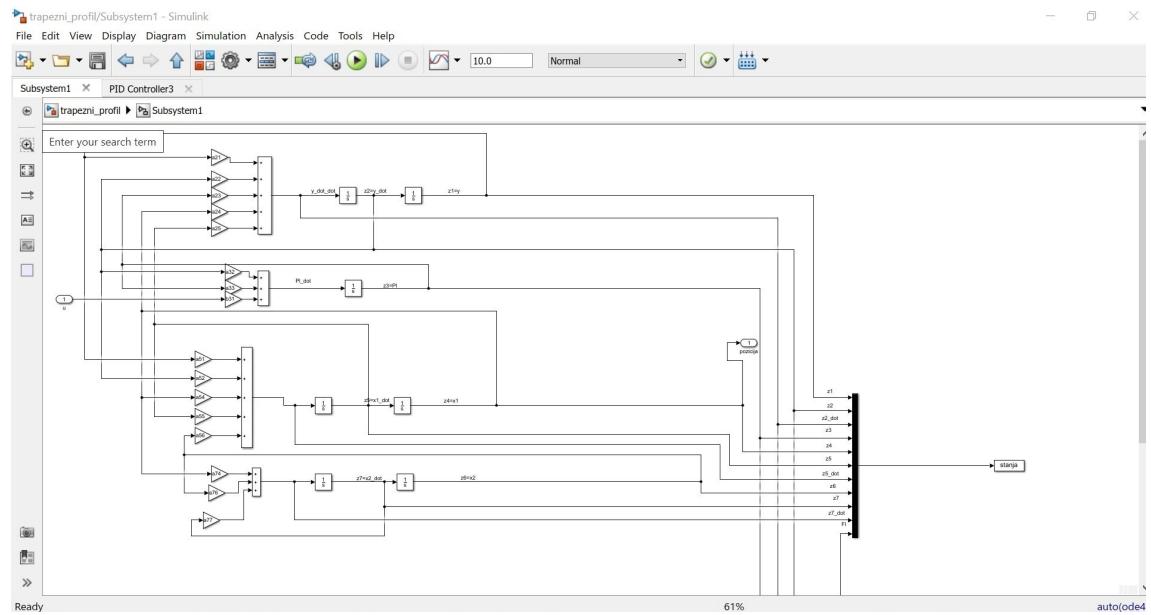
Slika 3 Step odziv

Slika 2 Polovi i nule

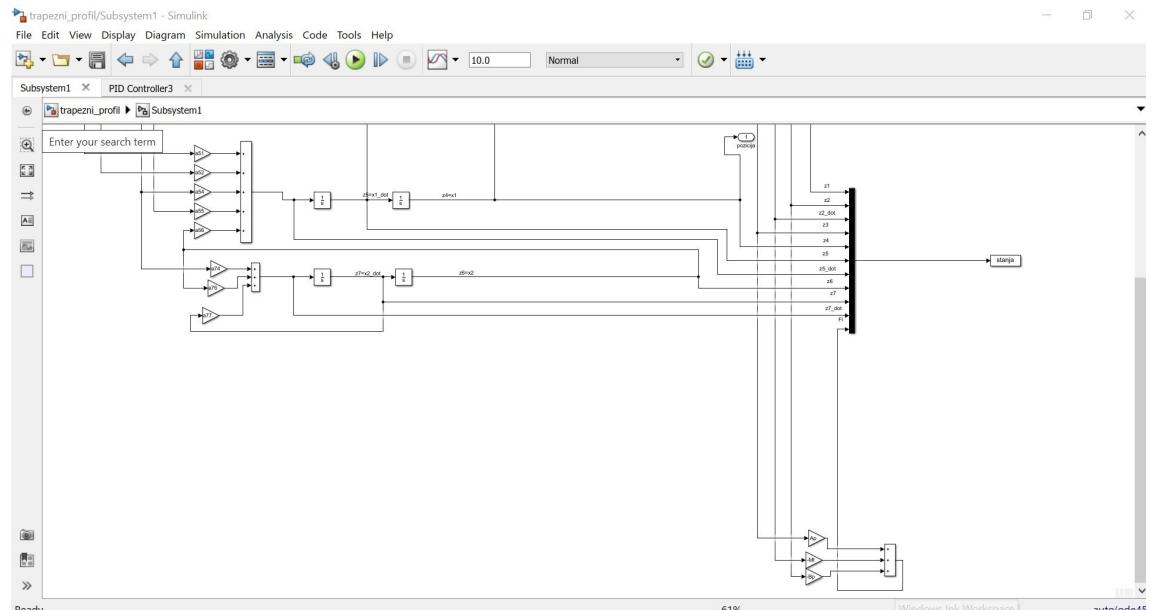
Na slikama 2 i 3 prikazani su polovi i nule sistema kao i step odziv. Primetimo da su polovi relativno blizu imaginarno ose i da je sistem dosta spor. Ima jedan pol u nuli, pa je red astatizma 1, i nema preskoka. Zbog ovoga će naš cilj biti da se sistem ubrza sa minimalnim preskokom tako da bude stabilan.



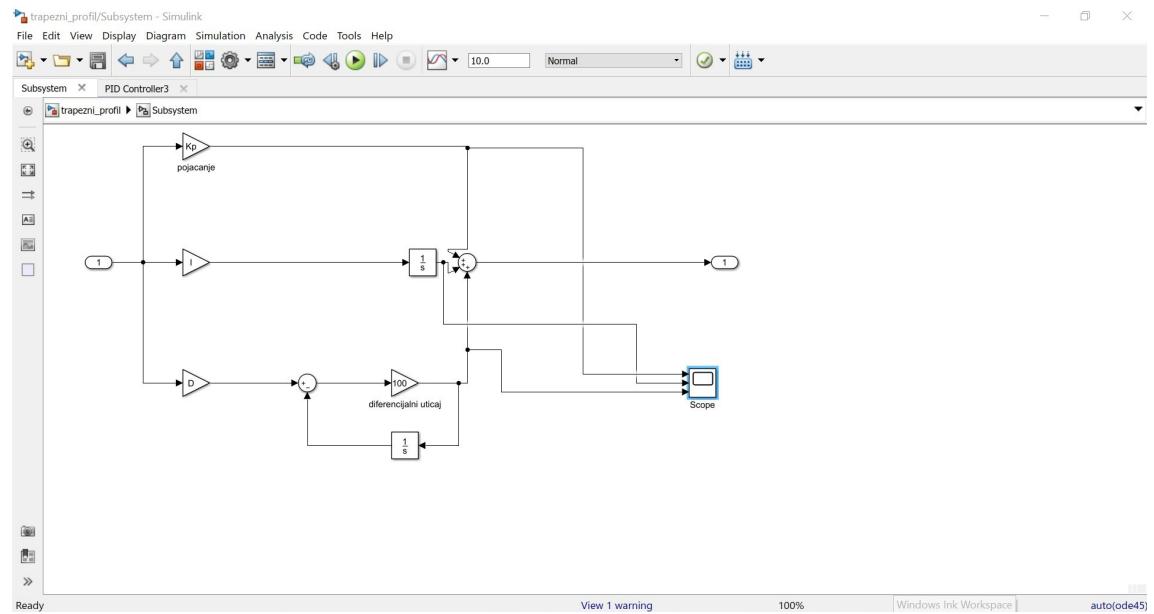
Slika 4 Trajektorija



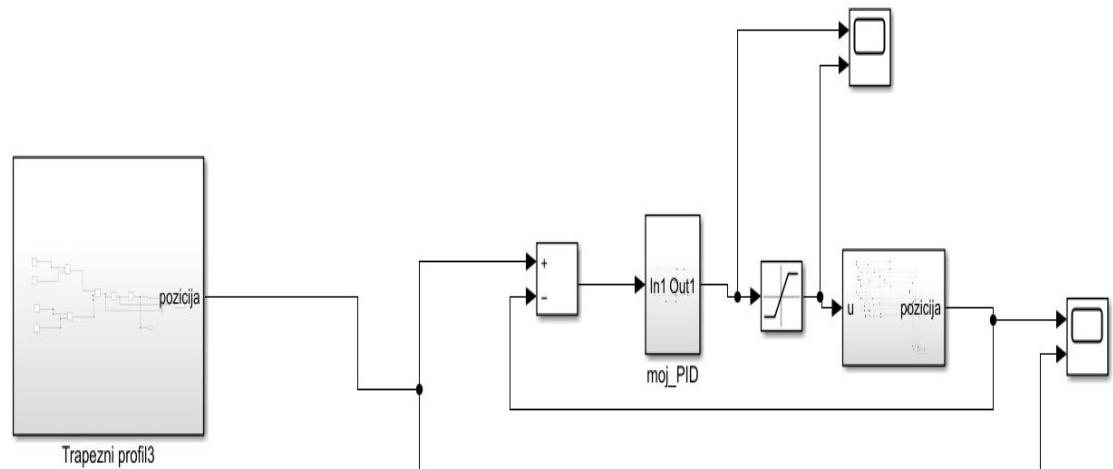
**Slika 5** Model upravljanja



**Slika 6** Model upravljanja

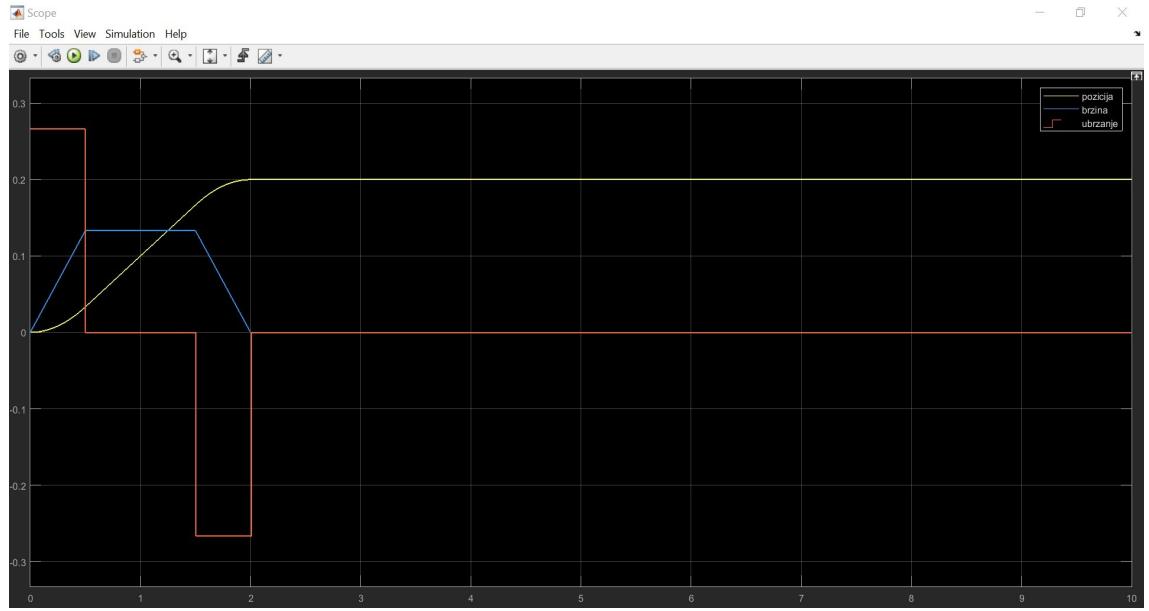


Slika 7 PID regulator



Slika 8 Ceo sistem

Na slikama 4, 5, 6, 7 i 8 dati su odgovarajući blok dijagrami formirani u simulinku.



**Slika 9** Trapezni profil

Trajektorija je postavljena po trapeznom profilu na osnovu sledećih formula:

$$L1 = \frac{1}{2}a_{max}T_{acc}^2 + a_{max}T_{acc}(T - 2T_{acc}) + a_{max}T_{acc}^2 - \frac{1}{2}a_{max}T_{acc}^2$$

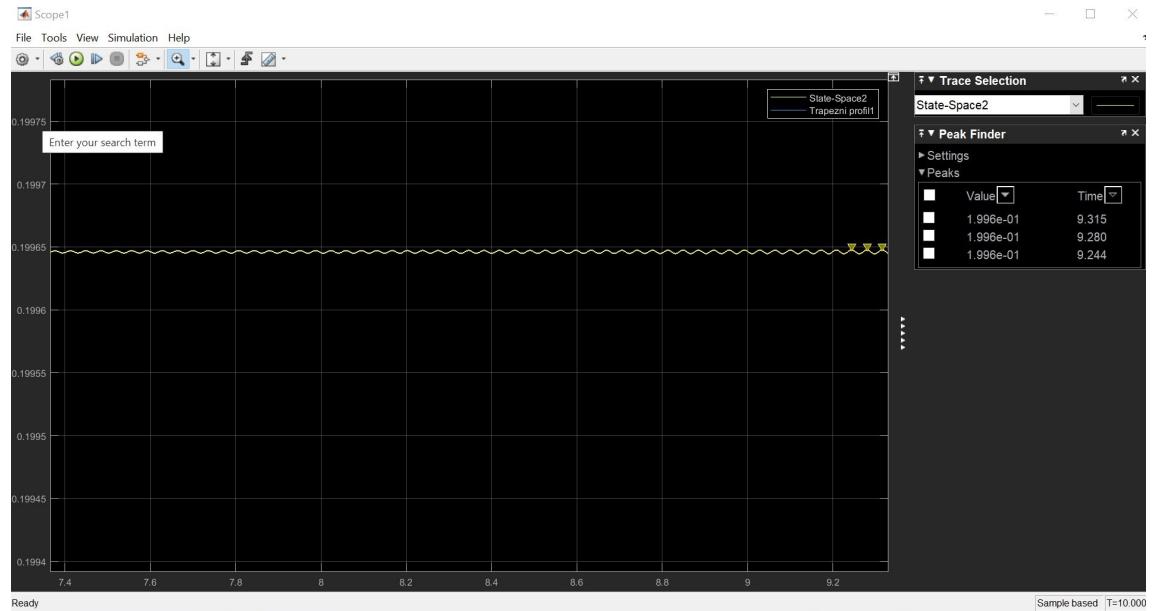
$$v_{max} = T_{acc}a_{max}$$

Iz čega je dobijamo

$$a_{max} = \frac{4}{15} = 0.2667 \frac{m}{s^2}$$

$$v_{max} = \frac{2}{15} = 0.1333 \frac{m}{s}$$

Izgled trapeznog profila prikazan je na slici 9.



**Slika 10** Nalazenje Tkr

PID regulatorom je pokušano da se dodje do željenih vrednosti tako što je prvo postavljana konstanta i utvrđeno je da sistem najbolje radi kada je

$$K_{kr} = 140$$

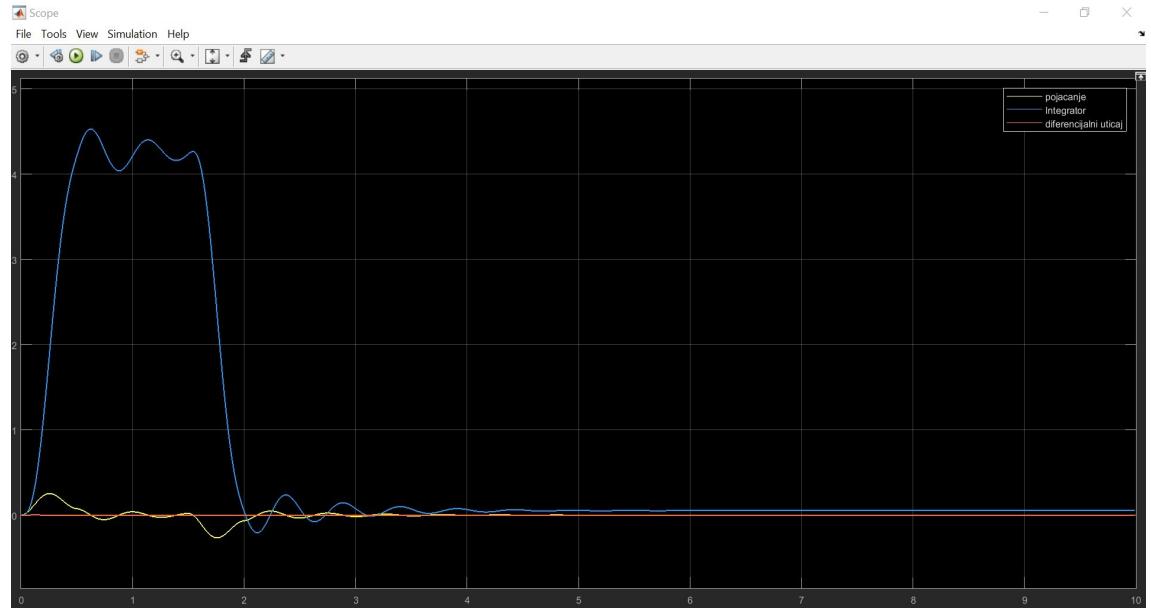
. Zatim je sa slike očitana perioda oscilacija

$$T_{kr} = 0.035$$

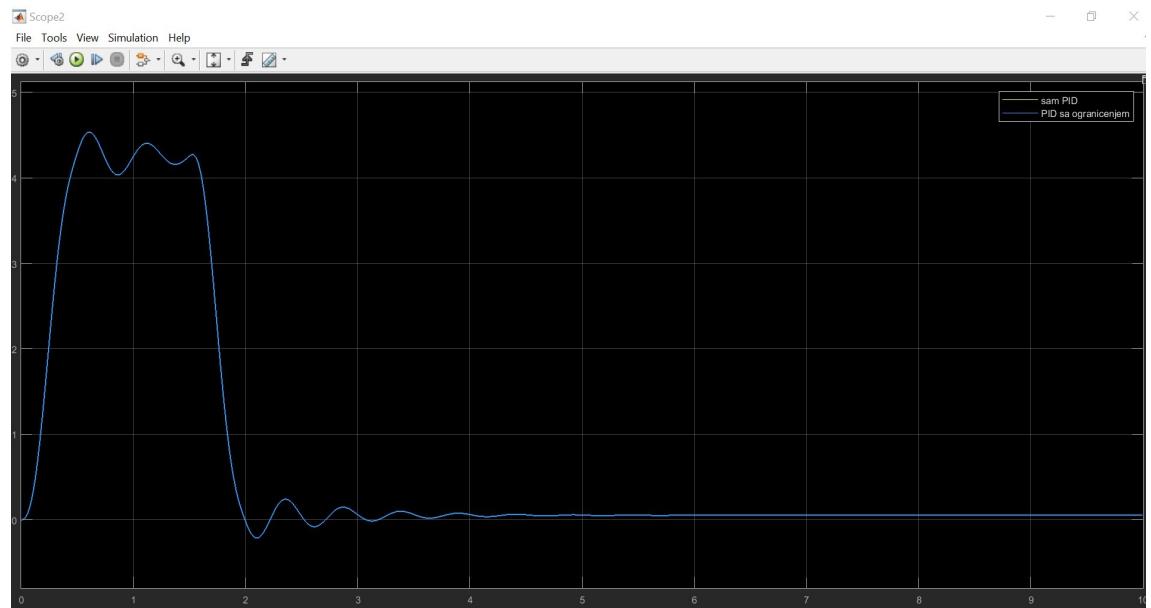
(Slika 10). Po proceduri Ziegler-Nicholsa dobijene su odgovarajuće konstante za podešavanje PID regulatora P, I i D po formulama

$$P = K_{kr} * 0.6, \quad T_i = \frac{T_{kr}}{2}, \quad I = \frac{P}{T_i}, \quad T_d = \frac{T_{kr}}{8}, \quad D = P * T_d$$

$$P = 84 \quad I = 4800 \quad D = 0.3675$$

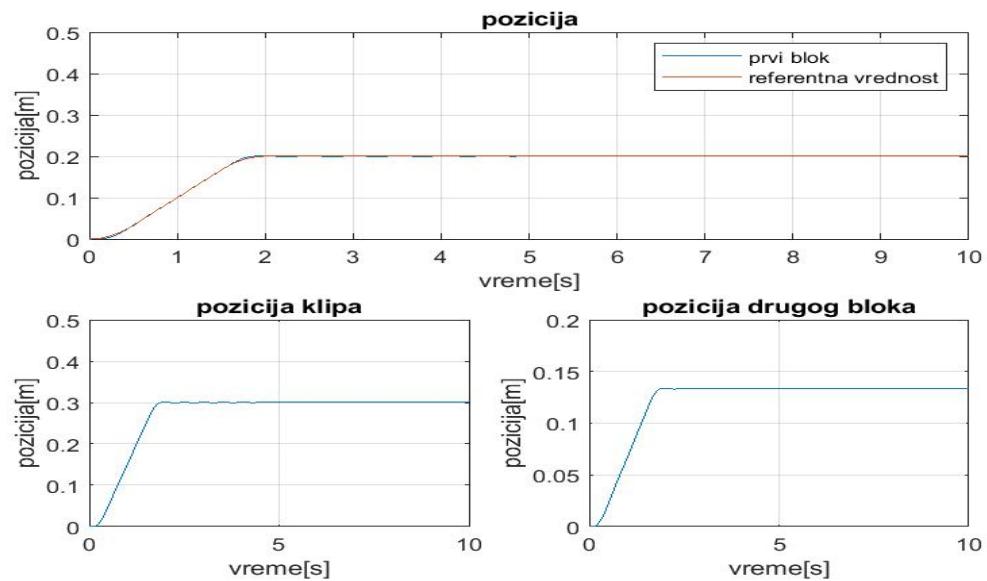


Slika 11 Komponente upravljanja

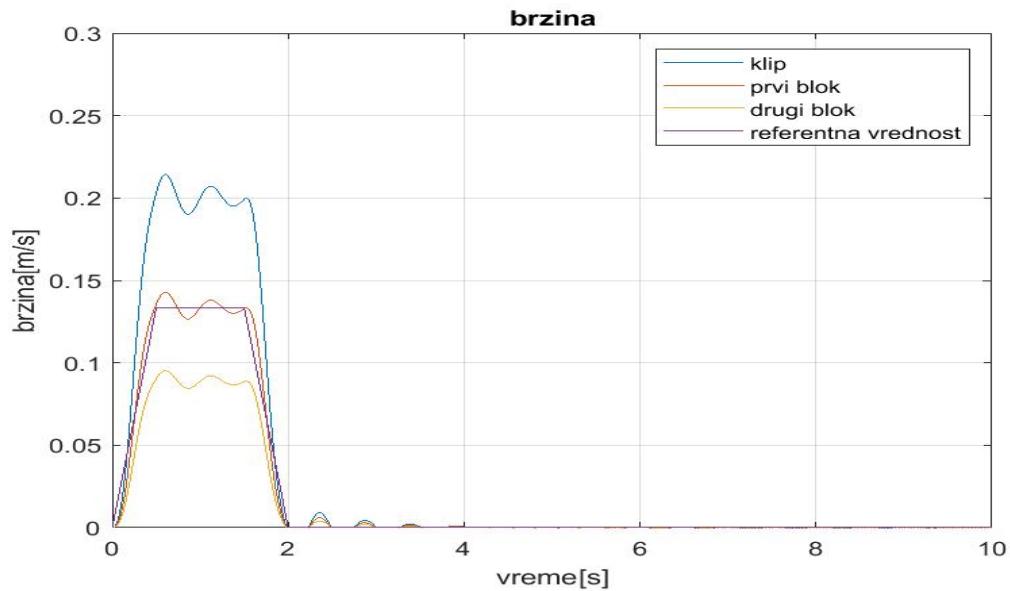


Slika 12 Celo upravljanje

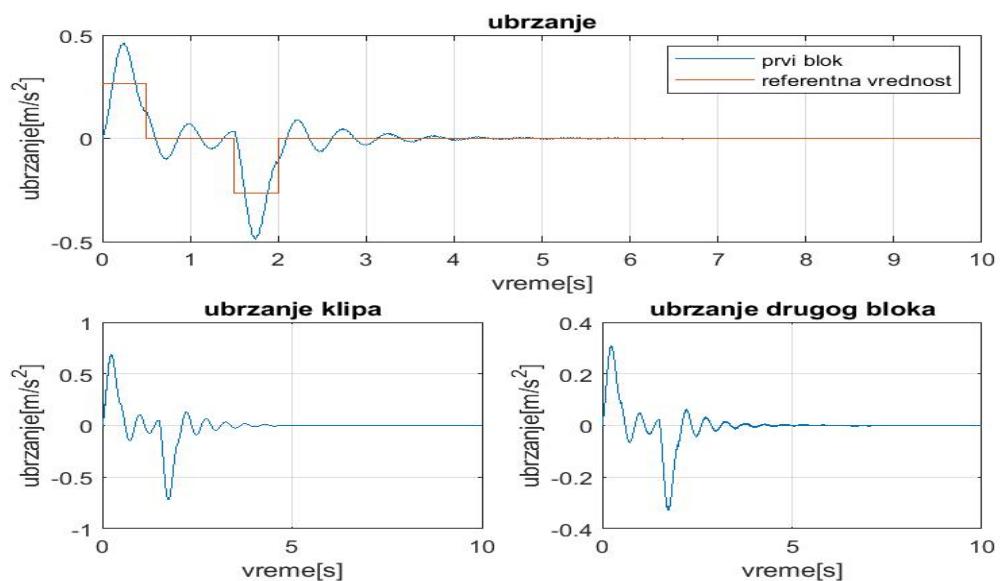
Nakon ovoga komponente upravljanja prikazane su na slici 11. Celokupno upravljanje prikazano je na slici 12, pri čemu možemo primetiti da ograničenje nije promenilo sistem jer sve vrednosti spadaju u opseg do 24V.



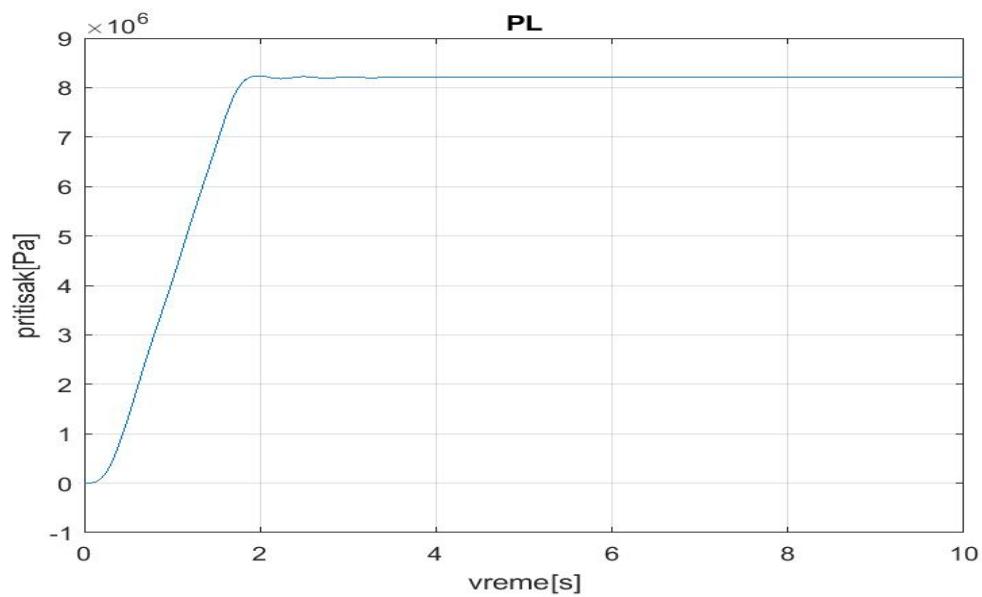
Slika 13 Pozicije



Slika 14 Brzine



Slika 15 Ubrzanja

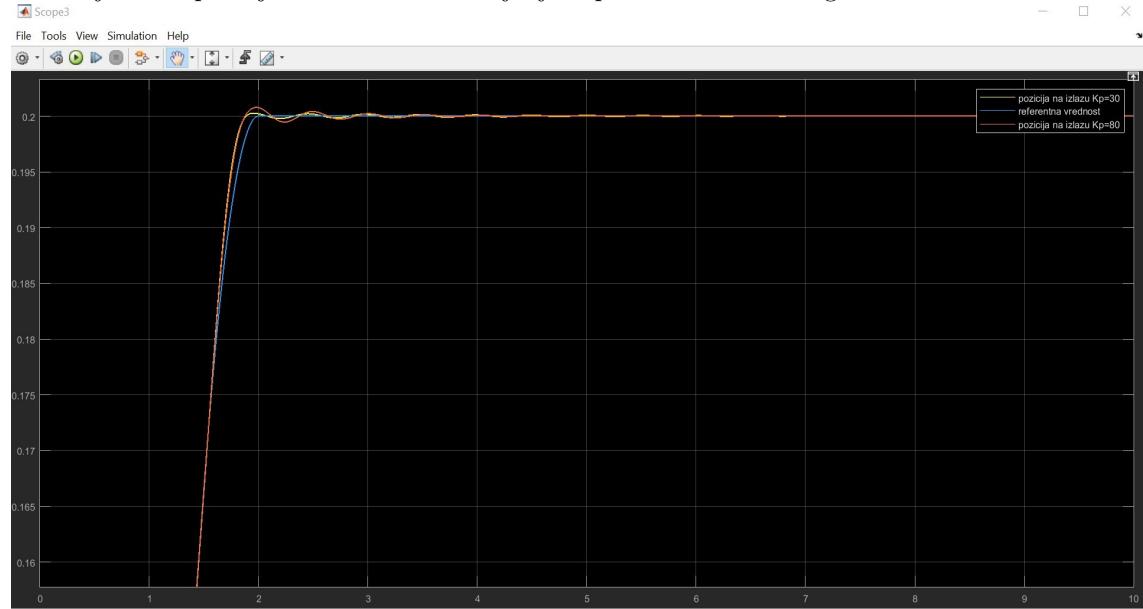


**Slika 16** Diferencijalni pritisak

Na slikama 13, 14, 15 i 16 prikazani su dobijeni grafici svih stanja, i njihovih prvih izvoda. Primetimo da je pozicija drugog tela manja od pozicije prvog u stacionarnom stanju jer postoje opruga i viskozno trenje koje ga usporavaju. Položaj klipa je na većem rastojanju što je opet očekivano zbog opruge prigušnice i viskoznog trenja koji usporavaju prvi blok u odnosu na klij. Analogno važi za brzine i ubrzanja.

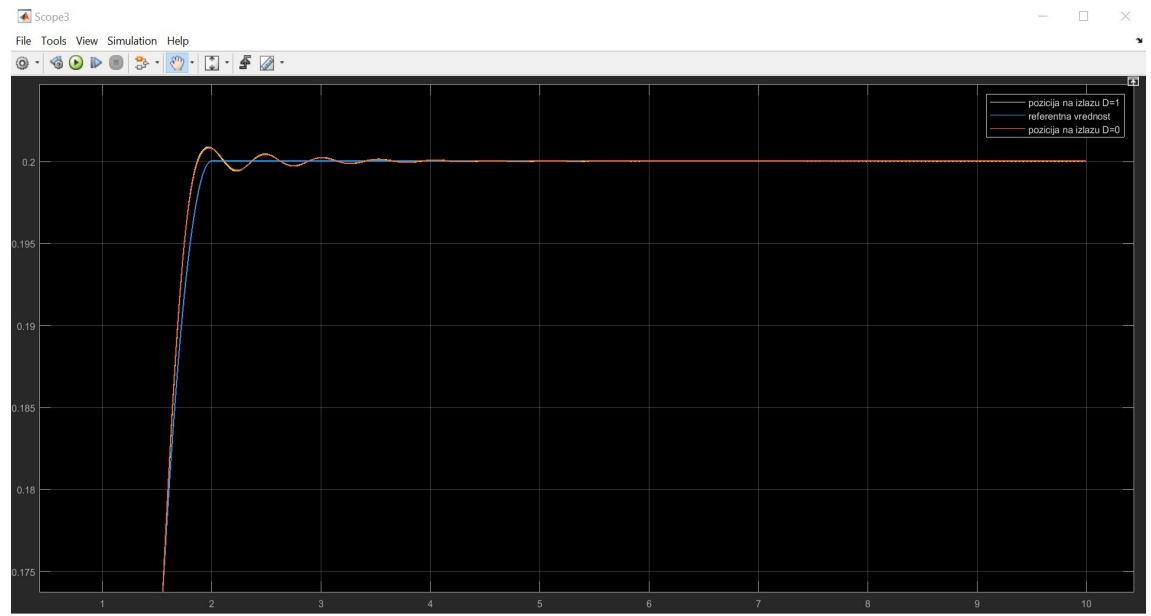
## 6 Da li može bolje?

Pokušajmo da poboljšamo rezultate menjanjem parametara PID regulatora.



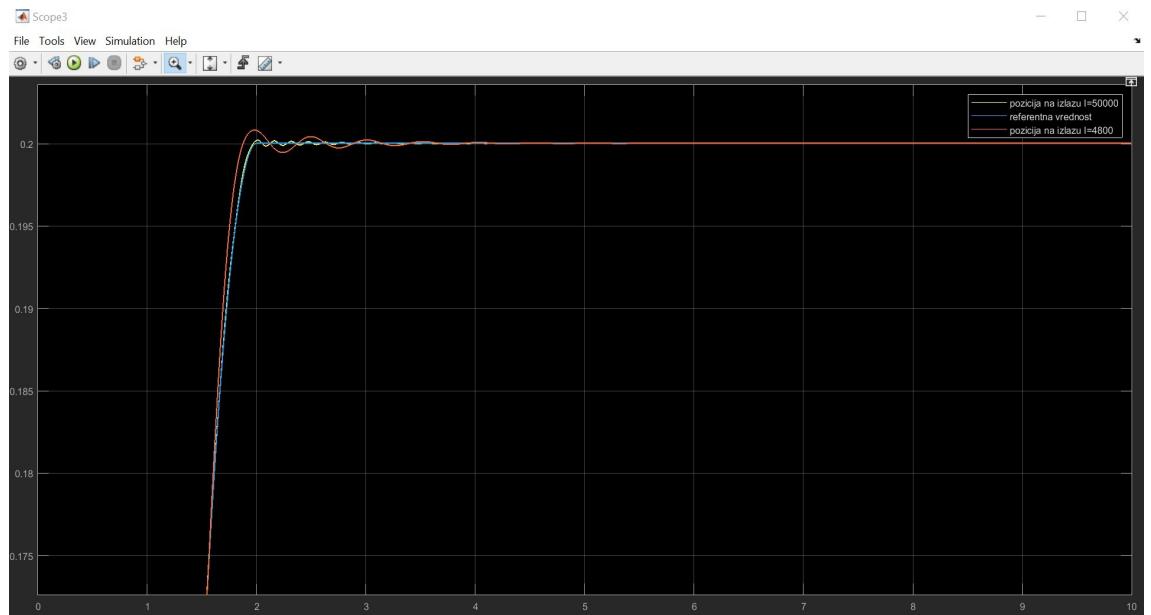
Slika 17 Pozicija za razlicite Kp

Primetimo da kada menjamo Kp (Slika 17) sa većim Kp dobijamo neznatno manje vreme uspona, dosta veći preskok ali se oscilacije brže smiruju, dok za malo Kp dobijamo malo veće vreme uspona dosta manji preskok ali se oscilacije ne smiruju brzo. Naša vrednost pravi kompromis izmedju ova dva tako da nećemo mnogo postići njenom promenom. U zavisnosti od konkretnih potreba sistema mogli bismo malo da ga modifikujemo. Na primer, da nam za naš sistem treba jako mali preskok a nije nam preterano bitno koliko brzo se smiruje mogli bismo da smanjimo Kp sve dok ne dodje do prevelikog divergiranja vremenom. Nasuprot tome, ako nam preskok nije toliko bitan dokle god se odmah smiri onda bi mogli da povećamo Kp do one mere dokle nam je preskok prihvatljiv.



**Slika 18** Pozicija za razlicite D

Kada menjamo D (Slika 18) nema velikih promena sem što se vidi da za veće D naš odziv počinje da divergira. Iz tog razloga možda bismo mogli da stabišemo malo više sistem stavljanjem da je  $D=0$ , ali ovo neće mnogo promeniti ostale rezultate koje smo dobili jer je D već dovoljno zanemarljivo u odnosu na ostale komponente.



**Slika 19** Pozicija za razlicite I

Menjanjem intenziteta integralnog dejstva (Slika 19) dolazi do većih promena u odzivu. Vidimo da se povećanjem I preskok smanjuje ali dolazi do veće učestanosti oscilovanja i sistem se mnogo sporije smiruje. Iz ovog razloga povećanjem integralnog dejstva pozicija postaje neznatno bolja ali kod brzine se javljaju prevelike oscilacije i sistem nije stabilan. Iz ovog razloga ne možemo mnogo popraviti karakteristike sistema ni menjanjem uticaja integralnog dejstva.

Zaključak: Metoda Ziegler-Nicholsa je veoma optimalno podešila karakteristike našeg sistema u opštem slučaju.

## 7 Projektovanje hidrauličkog sistema

Korišćenjem funkcije max u matlabu nadjene su vrednosti

$$F_{max} = 53555N \quad v_{max} = 0.2142 \frac{m}{s} \quad i \quad x_{pmax} = 0.3013m$$

. Možemo uzeti za hod klipa  $h = 0.4m$  da ne bi došlo do sudaranja klipa sa zidom cilindra usled preskoka. Dati koeffijenti su

$$\eta_{cf} = 0.9 \quad \eta_{pv} = 0.95 \quad \eta_{cv} = 1 \quad n = 2000 \frac{obr}{min} \quad \eta_{pm} = 0.8$$

- Određivanje dimenzija cilindra dvostranog dejstva sa jednostranom klipnjačom D i d

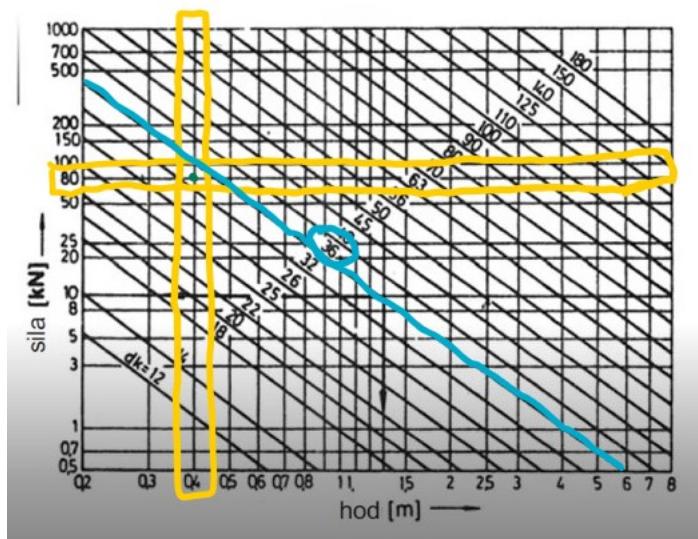
$$\eta_{cf} = \frac{F_{max}}{p_i A_i}$$

$$A_i = \frac{D^2 \pi}{4}$$

Iz čega dobijamo da je

$$D_{min} = 68.813mm$$

pa možemo uzeti  $D = 70mm$ . Prečnik klipnjače tako da ne dodje do uvijanja može se očitati sa Ojlerovog obrasca:



Slika 20 Ojlerov obrazac

Pa uzimamo  $d = 36 mm$ .

- Odredjivanje radne zapremine zupčaste pumpe

$$\eta_{pv} = \frac{Av_{max}}{nV}$$

$$V = 26.03\text{cm}^3$$

Pa možemo uzeti

$$V = 30\text{cm}^3$$

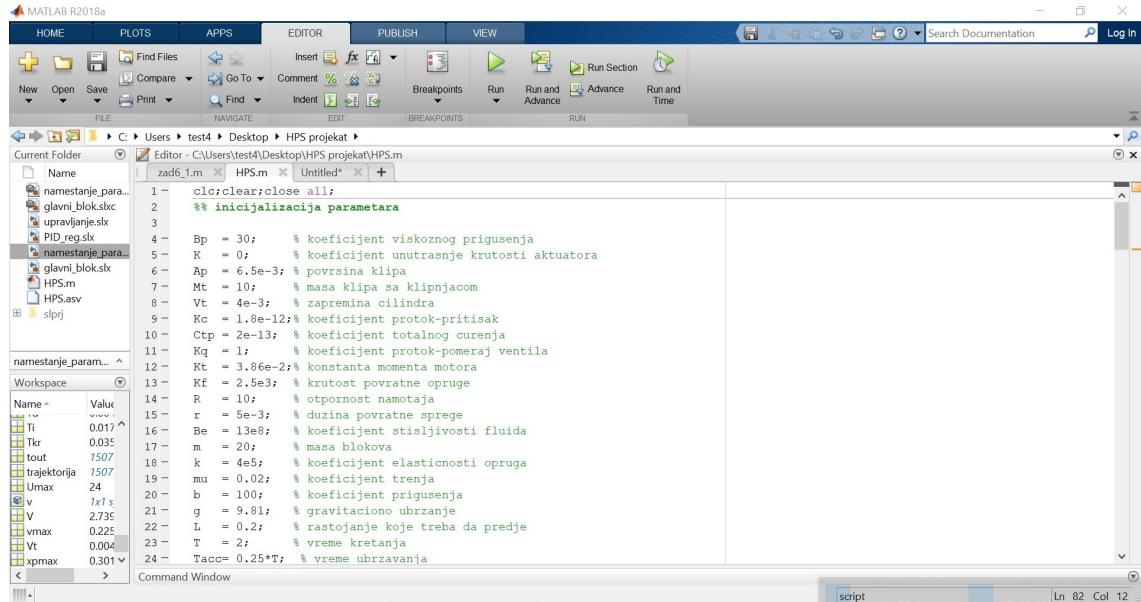
- Snaga agregata

$$\eta_{pm} = \frac{p(Av_{max})\eta_{cv}}{nTm}$$

$$P_{in} = nT_m = \frac{pAv_{max}\eta_{cv}}{\eta_{pm}}$$

$$P_{in} = 16488\text{W} = 16.488\text{kW}$$

## 8 Kodovi



The screenshot shows the MATLAB R2018a interface. The current folder path is C:\Users\test4\Desktop\HPS projekt. The workspace contains variables: Ti (0.017), Tkr (0.035), tout (1507), trajektorija (1507), Umax (24), v (7x1 s), V (2.73e-005), vmax (0.225), Vt (0.004), and xpmax (0.301). The script editor window displays the following MATLAB code:

```

clc;clear;close all;
%% inicijalizacija parametara
Bp = 30; % koeficijent viskoznog prigušenja
K = 0; % koeficijent unutrasnje krutosti aktuatora
Ap = 6.5e-3; % površina klipa
Mt = 10; % masa klipa sa klinjacom
Vt = 4e-3; % zapremina cilindra
Kc = 1.8e-12; % koeficijent protok-pritisak
Ctp = 2e-13; % koeficijent totalnog curenja
Kq = 1; % koeficijent protok-pomeraj ventila
Kt = 3.86e-2; % konstanta momenta motora
Kf = 2.5e3; % krutost povratne opruge
R = 10; % otpornost namotaja
r = 5e-3; % duzina povratne sprge
Be = 13e8; % koeficijent stisljivosti fluida
m = 20; % masa blokova
k = 4e5; % koeficijent elasticnosti opruge
mu = 0.02; % koeficijent trenja
b = 100; % koeficijent prijenosa
g = 9.81; % gravitaciono ubrzanje
L = 0.2; % rastojanje koje treba da predje
T = 2; % vreme kretanja
Tacc= 0.25*T; % vreme ubrzavanja

```

Slika 21 Deo 1

```

MATLAB R2018a
HOME PLOTS APPS EDITOR PUBLISH VIEW
New Open Save Print Find Go To Comment Breakpoints Run Run and Advance Run and Time
FILE NAVIGATE EDIT BREAKPOINTS RUN
Current Folder Editor - C:\Users\test4\Desktop\HPS projekt\HPS.m
Name
zad6_1.m HPS.m Untitled*
23 - T = 2; % vreme kretanja
24 - Tacc= 0.25*T; % vreme ubrzavanja
25 - Umax= 24;
26 - r = 160e-5;
27 -
28 %% matrica A
29 - a21 = -4*k/(3*Mt);
30 - a22 = -(Bp+b)/Mt;
31 - a23 = Ap/Mt;
32 - a24 = 4*k/(3*Mt);
33 - a25 = b/Mt;
34 -
35 - a32 = -4*Be*Ap/Vt;
36 - a33 = -4*Be*(Ctp+Kc)/Vt;
37 -
38 - a51 = 4*k/(3*m);
39 - a52 = b/m;
40 - a54 = -10*k/(3*m);
41 - a55 = -(b+mu)/m;
42 - a56 = 2*k/m;
43 -
44 - a74 = 4*k/m;
45 - a76 = -6*k/m;
46 - a77 = -2*mu/m;
47 -
48 - A=[ 0 1 0 0 0 0 0;
49 - a21 a22 a23 a24 a25 0 0;
50 - 0 a32 a33 0 0 0 0;
51 - 0 0 0 0 1 0 0;
52 - a51 a52 0 a54 a55 a56 0;
53 - 0 0 0 0 0 0 1;
54 - 0 0 0 a74 0 a76 a77];
55 -
56 %% matrica B
57 - b31 = 4*Be*Kq*Kt/(R*r*Kf*Vt);
58 - B = [0;0;b31;0;0;0;0];
59 -
60 %% matrica C
61 - C = [0,0,0,1,0,0,0];
62 -
63 %% funkcija prenosa
64 - s=tf('s');
65 - G = C*(s*eye(7)-A)^(-1)*B;
66 - figure(1)
67 - pzmap(G);
68 - ezplot(G);

```

Slika 22 Deo 2

```

MATLAB R2018a
HOME PLOTS APPS EDITOR PUBLISH VIEW
New Open Save Print Find Go To Comment Breakpoints Run Run and Advance Run and Time
FILE NAVIGATE EDIT BREAKPOINTS RUN
Current Folder Editor - C:\Users\test4\Desktop\HPS projekt\HPS.m
Name
zad6_1.m HPS.m Untitled*
45 - a76 = -6*k/m;
46 - a77 = -2*mu/m;
47 -
48 - A=[ 0 1 0 0 0 0 0;
49 - a21 a22 a23 a24 a25 0 0;
50 - 0 a32 a33 0 0 0 0;
51 - 0 0 0 0 1 0 0;
52 - a51 a52 0 a54 a55 a56 0;
53 - 0 0 0 0 0 0 1;
54 - 0 0 0 a74 0 a76 a77];
55 -
56 %% matrica B
57 - b31 = 4*Be*Kq*Kt/(R*r*Kf*Vt);
58 - B = [0;0;b31;0;0;0;0];
59 -
60 %% matrica C
61 - C = [0,0,0,1,0,0,0];
62 -
63 %% funkcija prenosa
64 - s=tf('s');
65 - G = C*(s*eye(7)-A)^(-1)*B;
66 - figure(1)
67 - pzmap(G);
68 - ezplot(G);

```

Slika 23 Deo 3

```

MATLAB R2018a
HOME PLOTS APPS EDITOR PUBLISH VIEW
New Open Save Print Go To Comment Breakpoints Run Run and Advance Run and Time
FILE NAVIGATE EDIT BREAKPOINTS RUN
Current Folder Editor - C:\Users\test4\Desktop\HPS projekt\HPS.m
Name zad6_1.m HPS.m Untitled*
namestanje_param... 65
glavni_blok.slc 66 figure(1)
upravljanje.slx 67 pmap(G);
PID_reg.slx 68 figure(2)
namestanje para... 69 step(G/(G+1));
glavni_blok.slc 70 %% trapezna formula
HPS.m 71 syms a
72 L1 = a*Tacc^2;
73 L2 = a*Tacc*(T - 2*Tacc);
74 L3 = L1;
75 solve(L == (L1 + L2 + L3), a);
76 v = a*Tacc;
77
%% Koeficijenti PID regulatora
78 Kkr = 140;
79 Tkr = 0.035;
80 Kp = 0.6*Kkr;
81 Ti = Tkr/2;
82 I = Kp/Ti;
83 Td = Tkr/8;
84 DD = Kp*Td;
85
%% sim('glavni_blok.slx');
86 % stanja z1 z2 z2_dot z3 z4 z5 z5_dot z6 z7 z7_dot
87
88 figure(1)
89 subplot(2,2,1);
90 plot(tout,stanja(:,1));
91 title('pozicija kipa'); ylim([0,0.5]);
92 ylabel('pozicija [m]'); xlabel('vreme [s]');
93 grid on;
94 subplot(2,2,[1,2]);
95 plot(tout,stanja(:,5));
96 hold on;
97 plot(tout,trajektorija(:,1));
98 title('pozicija'); ylim([0,0.5]);
99 ylabel('pozicija [m]'); xlabel('vreme [s]');
100 legend('privi blok','referentna vrednost');
101 grid on; hold off;
102 subplot(2,2,4);
103 plot(tout,stanja(:,8));
104 title('pozicija drugog bloka'); ylim([0,0.2]);
105 ylabel('pozicija [m]'); xlabel('vreme [s]');
106
107

```

Slika 24 Deo 4

```

MATLAB R2018a
HOME PLOTS APPS EDITOR PUBLISH VIEW
New Open Save Print Go To Comment Breakpoints Run Run and Advance Run and Time
FILE NAVIGATE EDIT BREAKPOINTS RUN
Current Folder Editor - C:\Users\test4\Desktop\HPS projekt\HPS.m
Name zad6_1.m HPS.m Untitled*
namestanje_param... 84 Td = Tkr/8;
glavni_blok.slc 85 DD = Kp*Td;
PID_reg.slx 86
namestanje para... 87 sim('glavni_blok.slx');
glavni_blok.slc 88 % stanja z1 z2 z2_dot z3 z4 z5 z5_dot z6 z7 z7_dot
HPS.m 89
figure(3)
subplot(2,2,3)
plot(tout,stanja(:,1));
title('pozicija kipa'); ylim([0,0.5]);
ylabel('pozicija [m]'); xlabel('vreme [s]');
grid on;
subplot(2,2,[1,2])
plot(tout,stanja(:,5));
hold on;
plot(tout,trajektorija(:,1));
title('pozicija'); ylim([0,0.5]);
ylabel('pozicija [m]'); xlabel('vreme [s]');
legend('privi blok','referentna vrednost');
grid on; hold off;
subplot(2,2,4);
plot(tout,stanja(:,8));
title('pozicija drugog bloka'); ylim([0,0.2]);
ylabel('pozicija [m]'); xlabel('vreme [s]');

```

Slika 25 Deo 5

The screenshot shows the MATLAB R2018a interface with the Editor tab selected. The code in the editor window is as follows:

```

107 - ylabel('pozicija[m]'); xlabel('vreme[s]');
108 - grid on;
109 -
110 -
111 - figure(4)
112 - plot(tout, stanja(:,2));
113 - hold on;
114 - plot(tout, stanja(:,6));
115 - hold on;
116 - plot(tout, stanja(:,9));
117 - hold on;
118 - plot(tout, trajektorija(:,2));
119 - title('brzina');
120 - ylim([0, 0.3]);
121 - ylabel('brzina[m/s]');
122 - xlabel('vreme[s]');
123 - legend('klip','prvi blok','drugi blok','referentna vrednost');
124 - grid on; hold off;
125 -
126 - subplot(2,2,3)
127 - plot(tout, stanja(:,3));
128 - title('ubrzanje klipa');
129 - ylabel('ubrzanje[m/s^2]');
130 - xlabel('vreme[s]');

```

The workspace pane shows variables like Ti, Tkr, tout, trajektorija, Umax, v, V, vmax, Vt, and xpmax. The command window at the bottom right shows "script" and "Ln 82 Col 12".

Slika 26 Deo 6

The screenshot shows the MATLAB R2018a interface with the Editor tab selected. The code in the editor window is as follows:

```

130 - grid on;
131 - subplot(2,2,[1,2])
132 - plot(tout, stanja(:,7));
133 - hold on;
134 - plot(tout, trajektorija(:,3));
135 - title('ubrzanje');
136 - ylabel('ubrzanje[m/s^2]');
137 - xlabel('vreme[s]');
138 - legend('prvi blok','referentna vrednost');
139 - grid on;
140 -
141 - subplot(2,2,4)
142 - plot(tout, stanja(:,10));
143 - title('ubrzanje drugog bloka');
144 - ylabel('ubrzanje[m/s^2]');
145 - xlabel('vreme[s]');
146 -
147 - figure(6)
148 - plot(tout, stanja(:,4));
149 - title('PL');
150 - ylabel('pritisak[Pa]');
151 - xlabel('vreme[s]');
152 - grid on;
153 - figure(7)
154 - plot(tout, stanja(:,11));
155 - title('FL');

```

The workspace pane shows variables like Ti, Tkr, tout, trajektorija, Umax, v, V, vmax, Vt, and xpmax. The command window at the bottom right shows "script" and "Ln 82 Col 12".

Slika 27 Deo 7

```

MATLAB R2018a
HOME PLOTS APPS EDITOR PUBLISH VIEW
FILE NAVIGATE BREAKPOINTS EDIT RUN
New Open Save Compare Go To Comment Breakpoints
Print Find Indent Run Run and Advance Run and Time
FILE EDIT Breakpoints RUN
Search Documentation Log In
C:\Users\test4\Desktop\HPS projekt\HPs.m
Name Editor C:\Users\test4\Desktop\HPS projekt\HPs.m Untitled*
zad6_1.m HPs.m
150 - grid on;
151 - figure(7)
152 - plot(tout,stanja(:,11));
153 - title('FL');
154 - ylabel('sila[N]'); xlabel('vreme[s]');
155 - grid on;
156 -
157 - Fmax=max(stanja(:,11));
158 - vmax=max(stanja(:,2));
159 - xpmax=max(stanja(:,1));
160 - eta_cf=0.9;
161 - eta_pv=0.95;
162 - eta_pm=0.8;
163 - eta_cv=1;
164 - p=160*10^5; %Pa
165 - n=2000/60; %obrtaja u sekundi
166 - h=0.4;
167 - D=sqrt(4*pmax/(eta_cf*pi*p));
168 - disp(D*1000);
169 - D=70e-3;
170 - Ap=D^2*pi/4;
171 - V=Ap*vmax/n*eta_pv;
172 - Pinp=Ap*vmax*eta_cv/eta_pm;
173

```

Slika 28 Deo 8