

# IZVJEŠĆE LV5 – SINTEZA REGULATORA EMPIRIJSKIM POSTUPCIMA(ZIEGLER I NICHOLS)

## MISLAV ŠTIGLEC - PARAMETRI 9

### Priprema za vježbu

#### a) Opisati provedbu eksperimenta za obje varijante ZN metode

##### 1)Metoda ruba stabilnosti

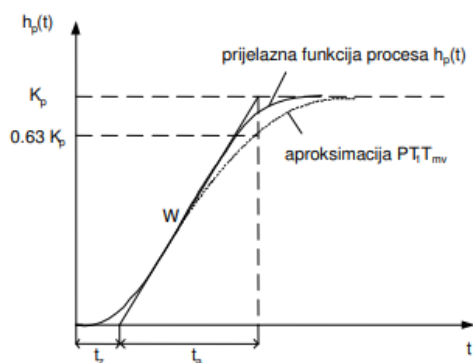
Regulatoru koji koristimo za upravljanje sustavom sadrži samo proporcionalno djelovanje. To djelovanje povećavamo sve dok ne dođemo do graničnog pojačanja tj. Do pojačanja kada je sustav na rubu stabilnosti. Kada je sustav na rubu stabilnosti u pravilo on oscilira jednakim amplitudama nekim periodom  $T_{gr}$ . Kritično pojačanje označavamo sa  $K_{gr}$ .Kada iščitamo ova dva parametra možemo pomoću tablice. Tako dobijemo sve parametre za sva tri regulatora.

TABLICA I  
VRIJEDNOSTI PARAMETARA REGULATORA PREMA  
ZIEGLER-NICHOLSOVOJ METODI RUBA STABILNOSTI

Tip regulatora	Vrijednosti parametara regulatora		
	$K_R$	$T_I$	$T_D$
P	$0.5K_{Rgr}$	-	-
PI	$0.4 K_{Rgr}$	$0.8T_{gr}$	-
PID	$0.6K_{Rgr}$	$0.5T_{gr}$	$0.125T_{gr}$

##### 2)Metoda prijelazne funkcije

Prvo što trebamo je napraviti odziv procesa na skokovitu pobudu(step). On izgleda kao što je prikazano na slici ispod. Zatim se kroz točku infleksije provlači tangenta pomoću određujemo potrebne parametre. Parametri su  $t_z, t_d$  i  $K_p$ . Određivanje parametara prikazano je slikom. Pomoću tih varijabli i tablice određujemo parametre regulatora.



Sl. 1. Aproximacija odziva procesa s  $PT_1T_{mv}$  članom korištenjem tangente u točki infleksije.

TABLICA II  
VRIJEDNOSTI PARAMETARA REGULATORA PREMA  
ZIEGLER-NICHOLSOVOJ METODI PRIJELAZNE  
FUNKCIJE

Tip regulatora	Vrijednosti parametara regulatora		
	$K_R$	$T_I$	$T_D$
P	$1/a$	-	-
PI	$0.9/a$	$3 t_z$	-
PID	$1.2/a$	$2 t_z$	$0.5 t_z$

**b) Napisati prijenosne funkcije P, PI i PID regulatora.**

$$G_P(s) = K_p$$

$$G_{pi}(s) = K_{pi} * \frac{(T_i * s) + 1}{T_i * s}$$

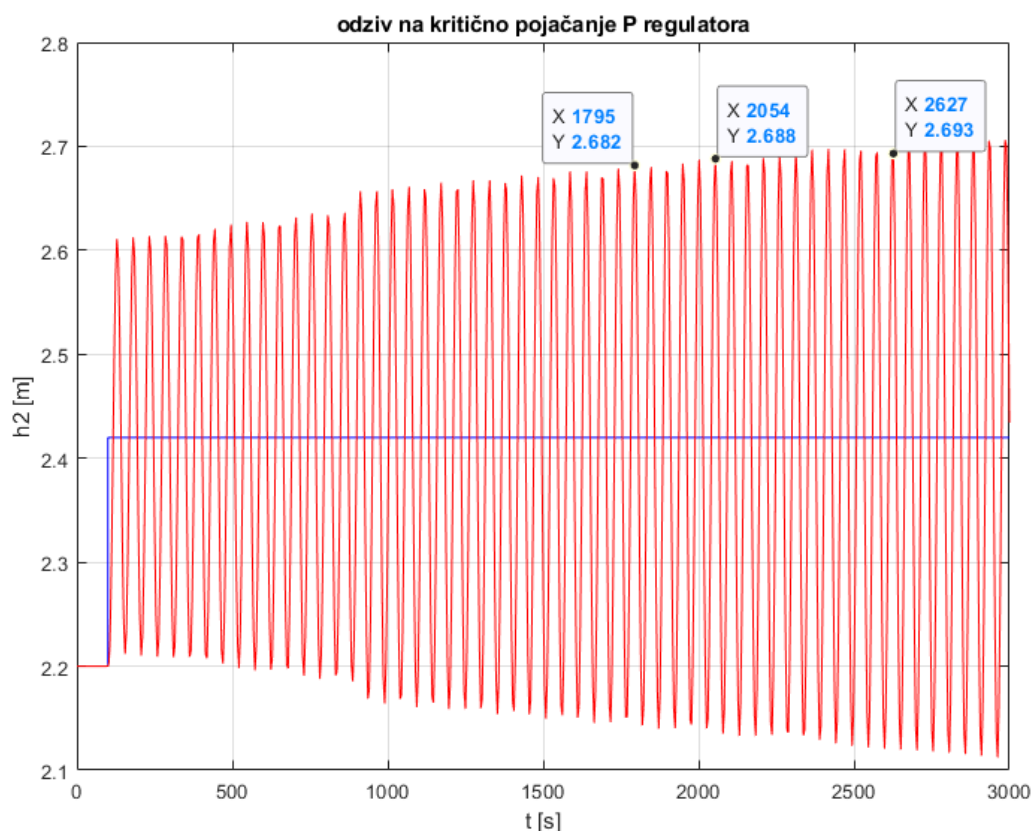
$$G_{pid}(s) = K_{pid} \left( \frac{(T_i * s) + 1}{T_i * s} + \frac{T_d * s}{T_v * s + 1} \right)$$

## Rad na vježbi

**Za provedeni eksperiment prema ZN1 metodi,**

**a) koliko iznose kritično pojačanje  $K_{kr}$  i kritični period  $T_{kr}$  ?**

Odziv sustava na kritično pojačanje se nalazi na slici ispod. Iz grafa se mogu iščitati vrijednosti  $T_{kr}$  i  $K_{kr}$ .



Vrijednost  $T_{kr}$  je jednaka periodu odziva kada je sustav polustabilan. Za računanje se uzimaju dvije točke udaljene 5 perioda te se razlika njihovih udaljenosti dijeli sa 5 kako bi se dobila prosječna vrijednost perioda.

$$T_{kr} = (2054 - 1795) / 5 = 51.8 \text{ s}$$

Vrijednost  $K_{kr}$  je vrijednost kritičnog pojačanja za koje je odziv procesa nestabilan.

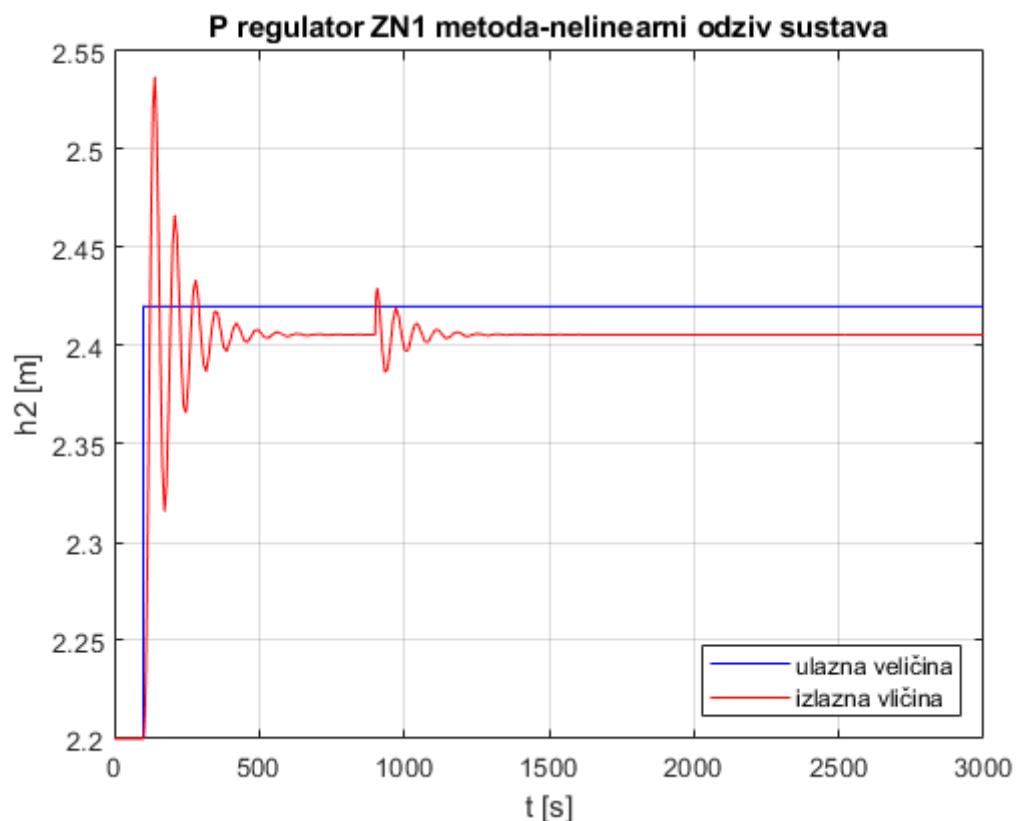
$$K_{kr} = 82.2$$

Na grafu dolazi do malih odstupanja ali u pravilu bi odziv trebao biti periodičan sa periodom  $T_{kr}$ .

**b) popuniti tablicu s izračunatim parametrima P, PI i PID regulatora.**

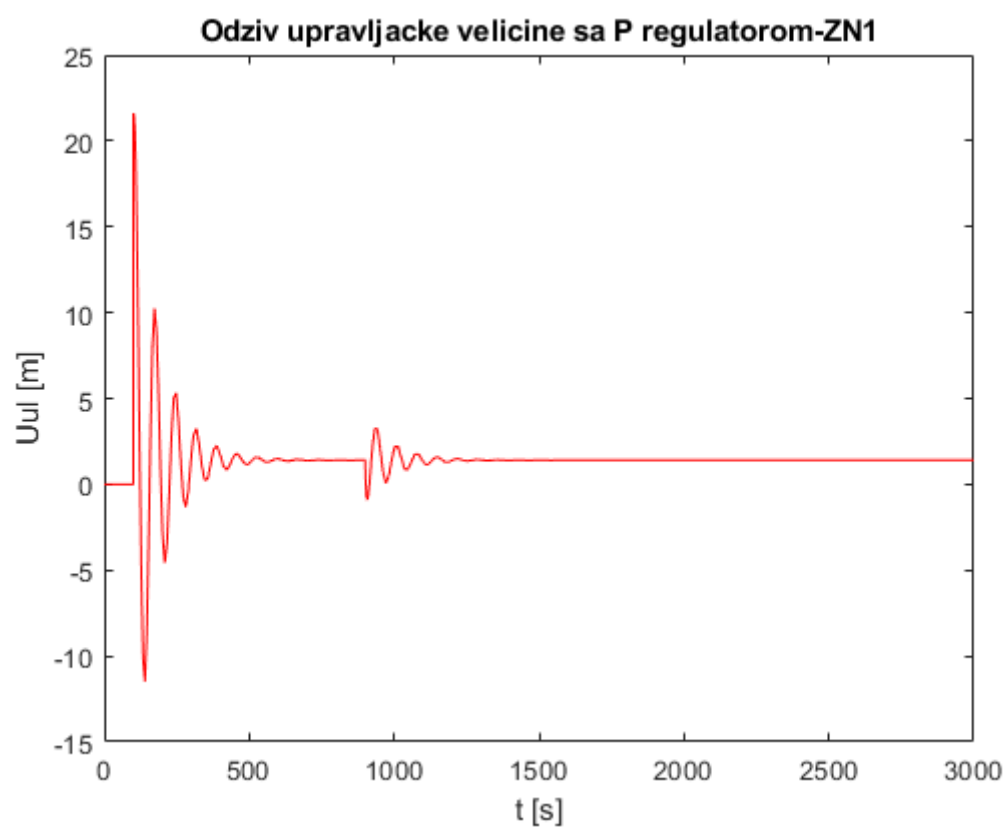
	K	Ti	Td	Tv
P	40.650			
PI	32.520	42.4 s		
PID	48.78	26.5 s	6.6250 s	0.66250 s

**c) prikazati dobiveni odziv izlazne veličine uz P regulator.**



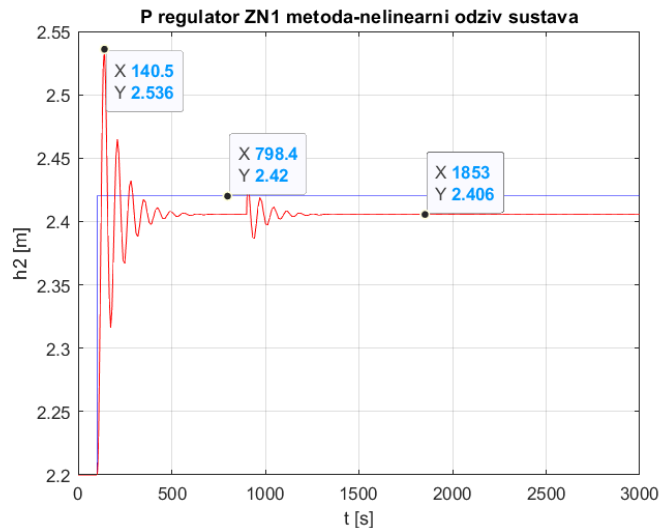
**d) prikazati dobiveni odziv upravljačke veličine uz P regulator.**

Vidi se da P regulator ispravlja poremećaj koji se dogodio u 900 s.



e) koliko iznosi maksimalno nadvišenje  $\sigma_m$  ako se primijeni P regulator?

f) koliko iznosi pogreška u stacionarnom stanju  $\varepsilon_\infty$  ako se primijeni P regulator?



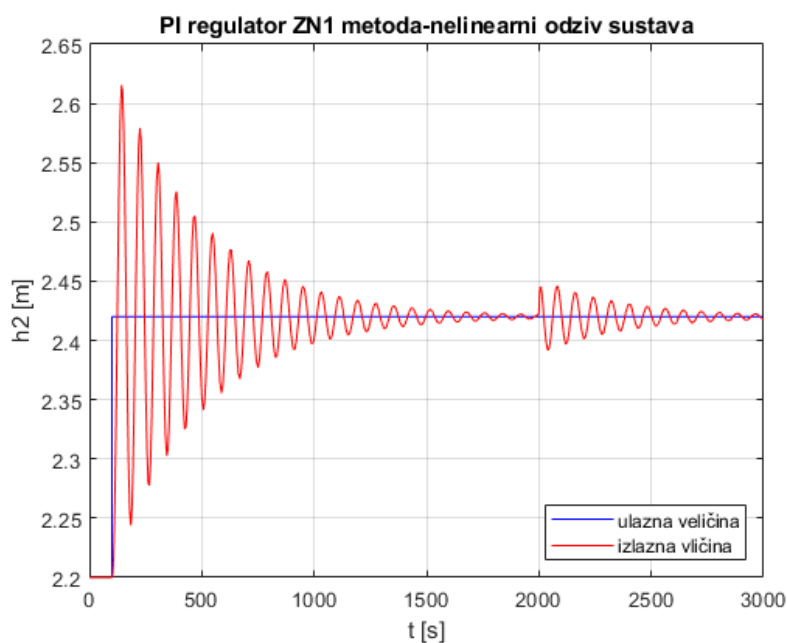
Maksimalno nadvišenje iznosi  $\sigma_m = (2.536 - 2.42) / (2.42 - 2.2) * 100 = 52.7\%$

Pogreška u stacionarnom stanju iznosi  $\varepsilon_\infty = 2.42 - 2.406 = 0.014 \text{ m} = 1.4 \text{ cm}$

g) prikazati dobiveni odziv izlazne veličine uz PI regulator.

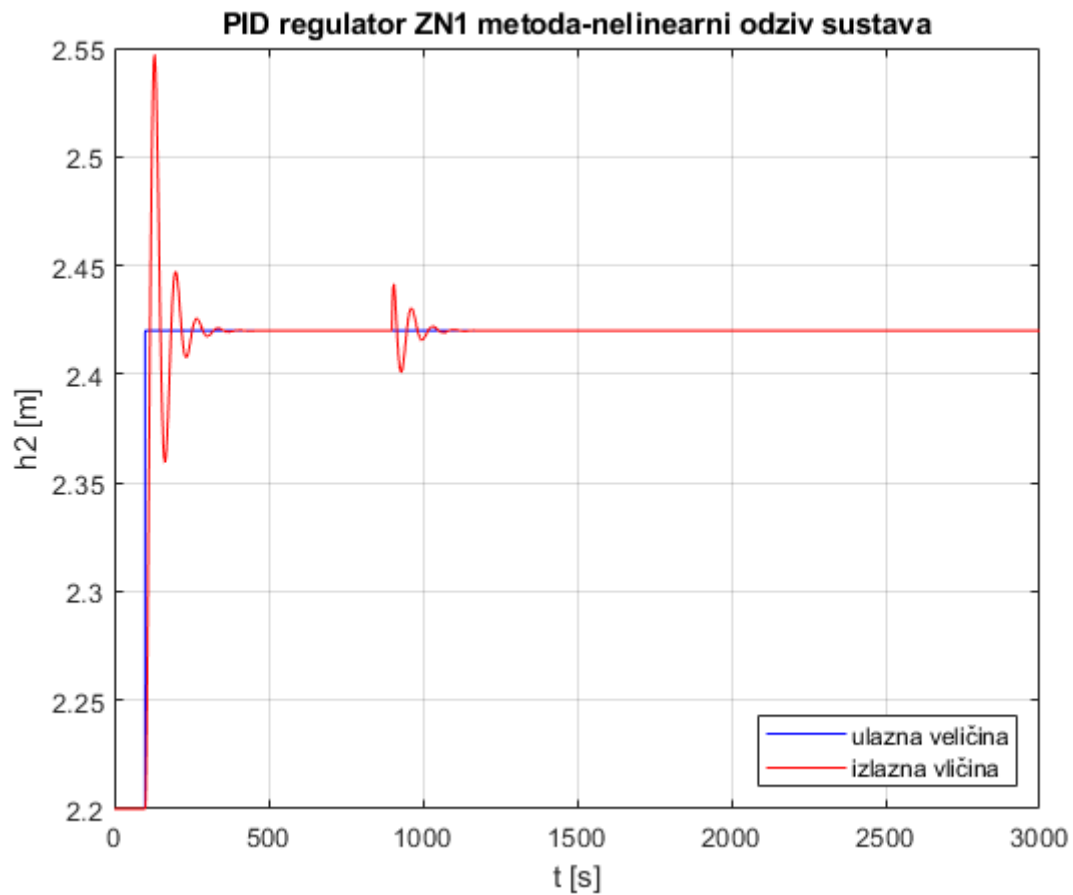
Kod PI regulatora vrijeme poremećaja sam stavio u 2000 s jer se sustav ne smiri sve do

2000 s te se ne vidi poremećaj i njegovo ispravljanje. Ovdje se vidi da se za razliku od P regulatora izlazna veličina poklapa sa ulaznom.



### h) prikazati dobiveni odziv izlazne veličine uz PID regulator.

PID regulator ima sva tri dijela regulatora te je izlazna veličina jednaka ulaznoj te da je vrijeme potrebno za ispravljanje poremećaja minimalno (manje nego kod PI i P regulatora).



## Za provedeni eksperiment prema ZN2 metodi

### i) koliko iznose pojačanje $K_s$ , vrijeme zadržavanja $t_z$ i vrijeme porasta $t_a$ ?

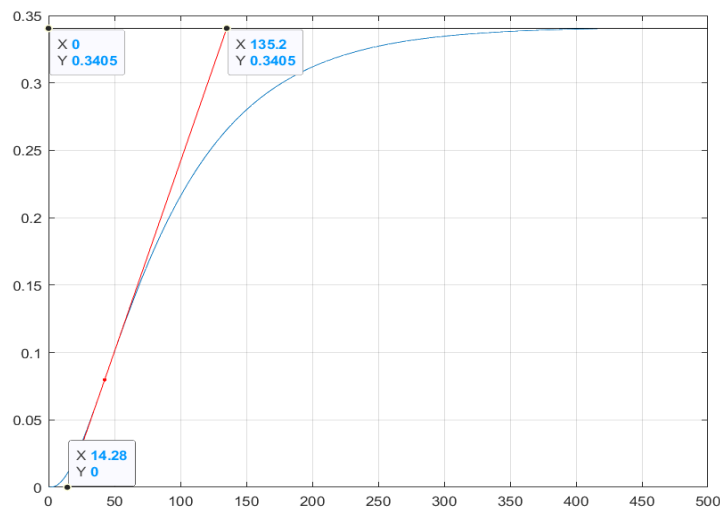
Tražene veličine sam pronašao pomoću odziva na step u matlabu i crtanja tangente u točki infleksije. Izgled odziva i koda je prikazan na slici ispod.

$T_z$ =udaljenost između ishodišta i točke gdje tangenta siječe x-os. Iznosi 14.28 s.

$T_a$ =udaljenost između točke gdje tangenta siječe x-os( $T_z$ ) i gdje tangenta siječe pravac koji predstavlja vrijednost u kojoj sustav poprima konstantnu vrijednost.

$T_a$  iznosi  $135.2 - 14.28 = 121.22$  s

$K_s$ =vrijednost u kojoj odziv poprima konstantnu vrijednost. Iznosi 0.3405



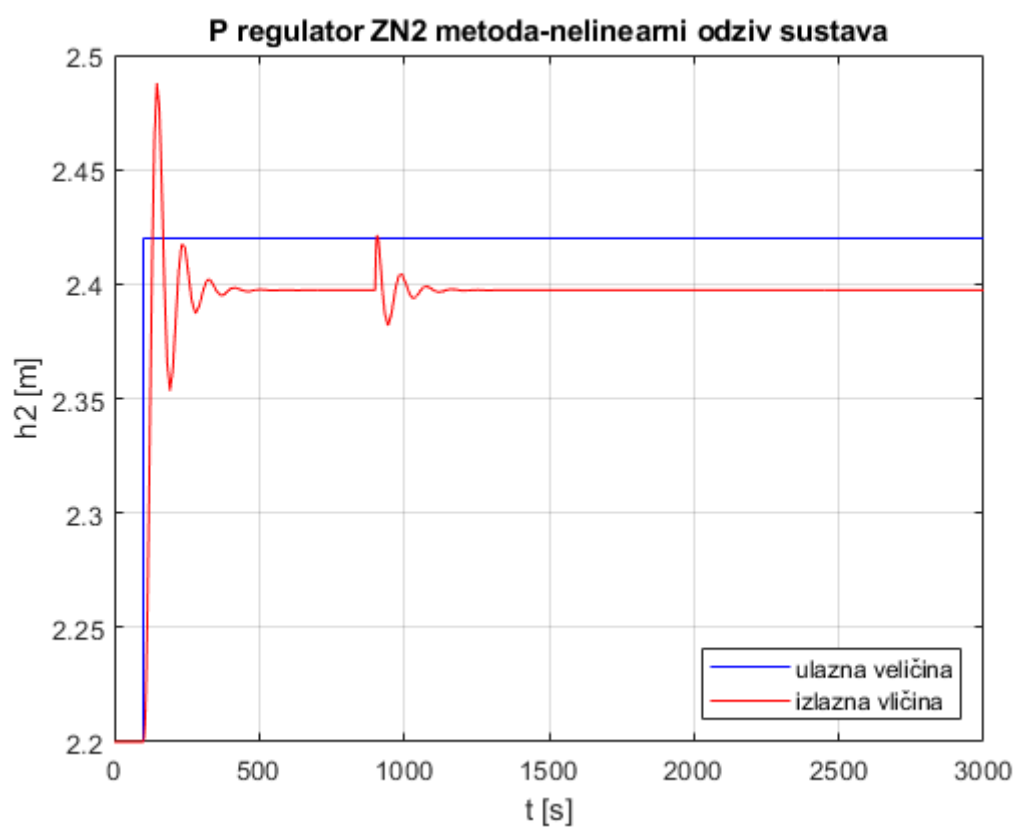
```
% [y,t] = step(Gs);
% h = mean(diff(t));
% dy = gradient(y, h);
% [~,idx] = max(dy);
% b = [t([idx-1,idx+1]) ones(2,1)] \ y([idx-1,idx+1]);
% tv = [-b(2)/b(1); (max(y)-b(2))/b(1)];
% f = [tv ones(2,1)] * b;
%
% figure(1);
% plot(t, y)
% hold on
% plot(tv, f, '-r')
% line([0 500],[0.3405 0.3405],'color','black');
% plot(t(idx), y(idx), '.r')
% hold off
% grid
```

j) popuniti tablicu s izračunatim parametrima P, PI i PID regulatora.

Za izračunavanje vrijednosti u tablici koristio sam pomoćnu varijablu  $a = \frac{K_p * T_z}{T_a}$ .

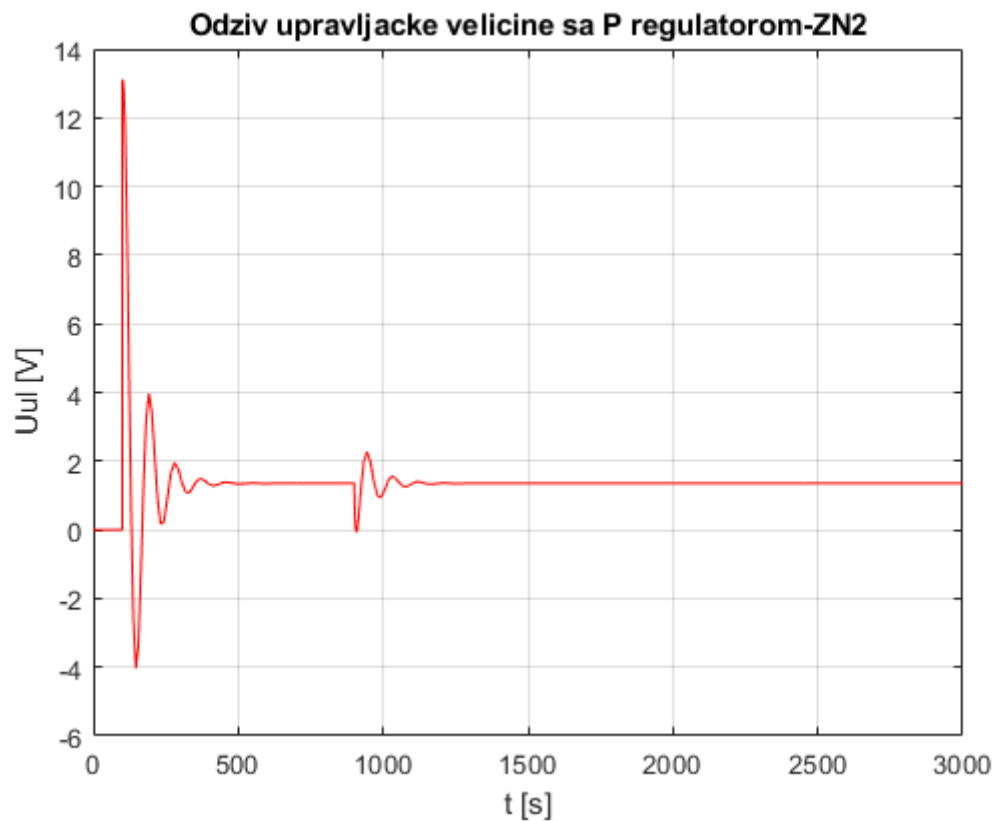
	K	Ti	Td	Tv
P	1/a=24.9304			
PI	0.9/a=22.4373	3*Tz=42.84 s		
PID	1.2/a=29.9165	2*Tz=28.56 s	0.5*Tz=7.14 s	0.05*Tz=0.714 s

k) prikazati dobiveni odziv izlazne veličine uz P regulator.





**l) prikazati dobiveni odziv upravljačke veličine uz P regulator.**

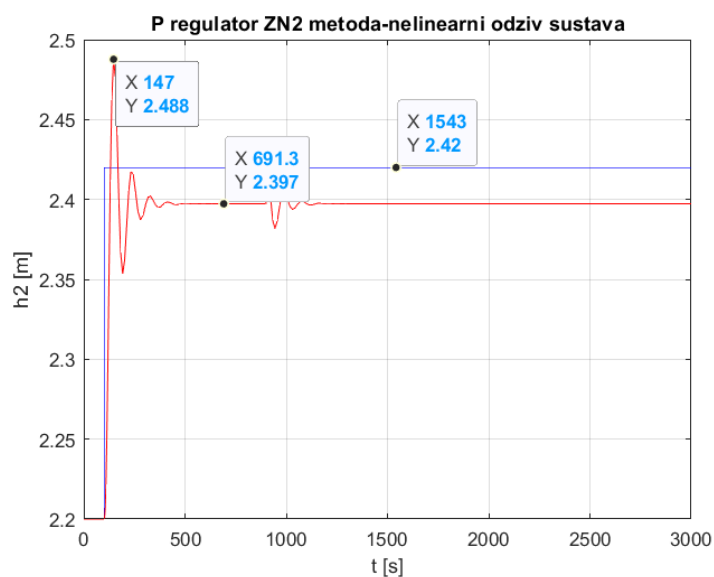


**m) koliko iznosi maksimalno nadvišenje  $\sigma_m$  ako se primijeni P regulator ?**

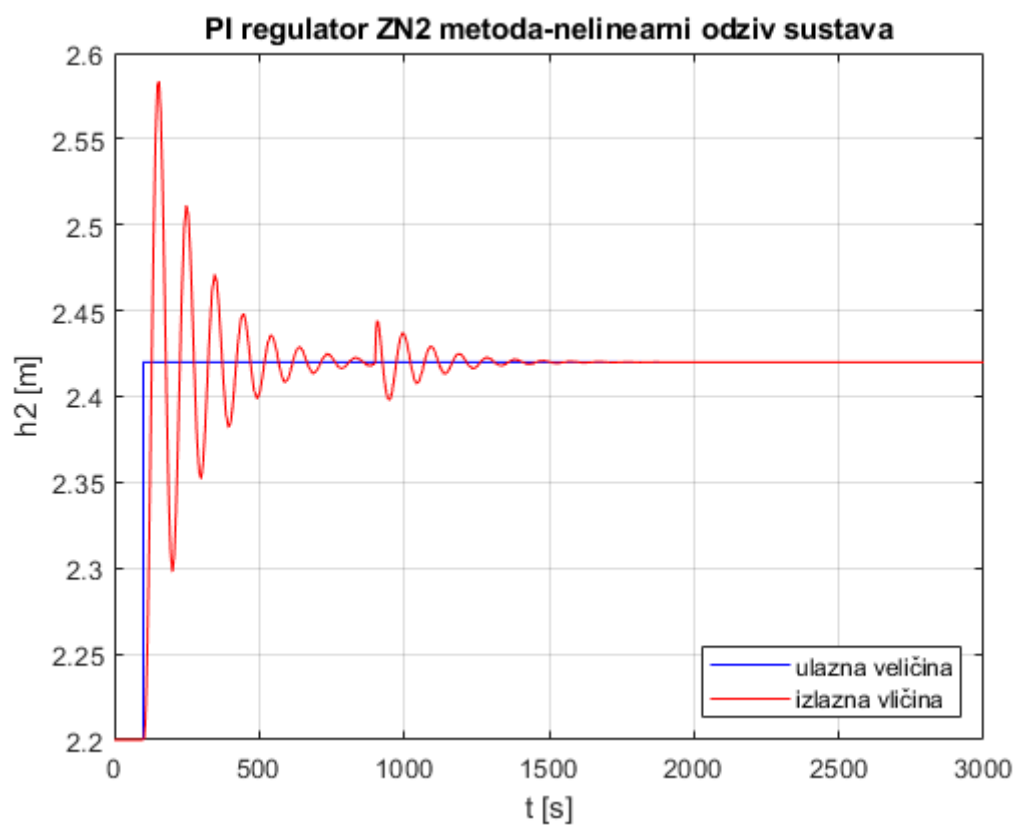
$$\sigma_m = (2.488 - 2.42) / (2.42 - 2.397) * 100 = 30.9\%$$

**n) koliko iznosi pogreška u stacionarnom stanju  $\varepsilon_\infty$ . ako se primijeni P regulator?**

$$\varepsilon_\infty = 2.42 - 2.397 = 0.023 \text{ m} = 2.3 \text{ cm}$$



o) prikazati dobiveni odziv izlazne veličine uz PI regulator;



p) prikazati dobiveni odziv izlazne veličine uz PID regulator;

