



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق

گزارش 1

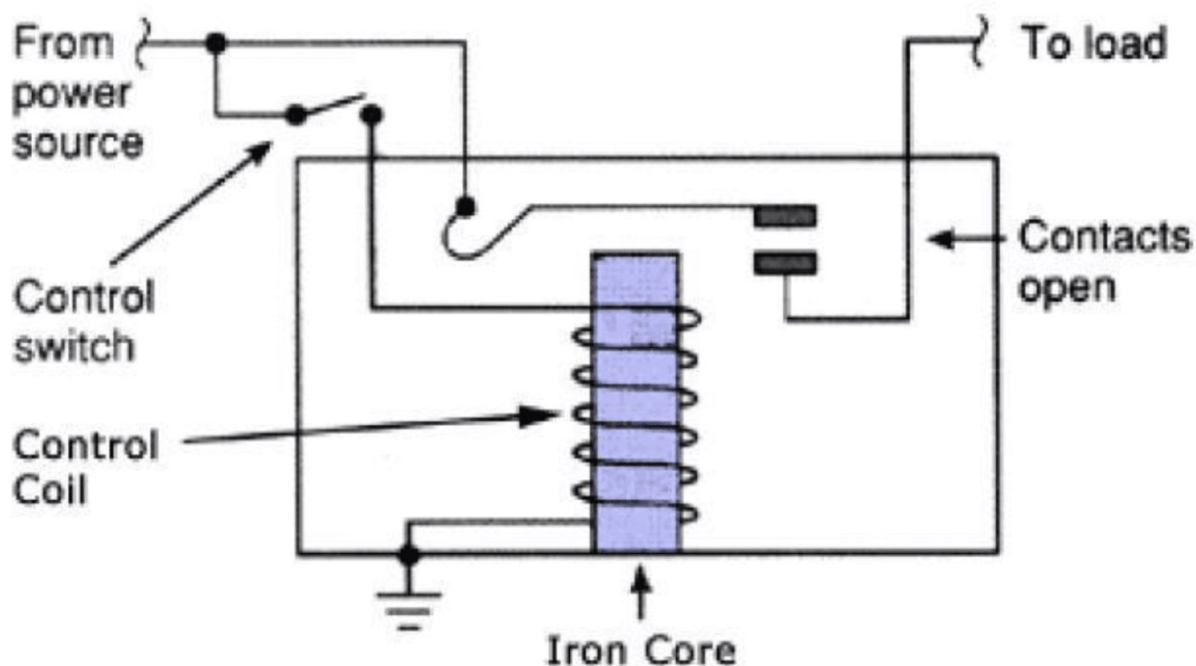
کنترلر دمای دیگ

امیرحسین مشق دوست

9730303

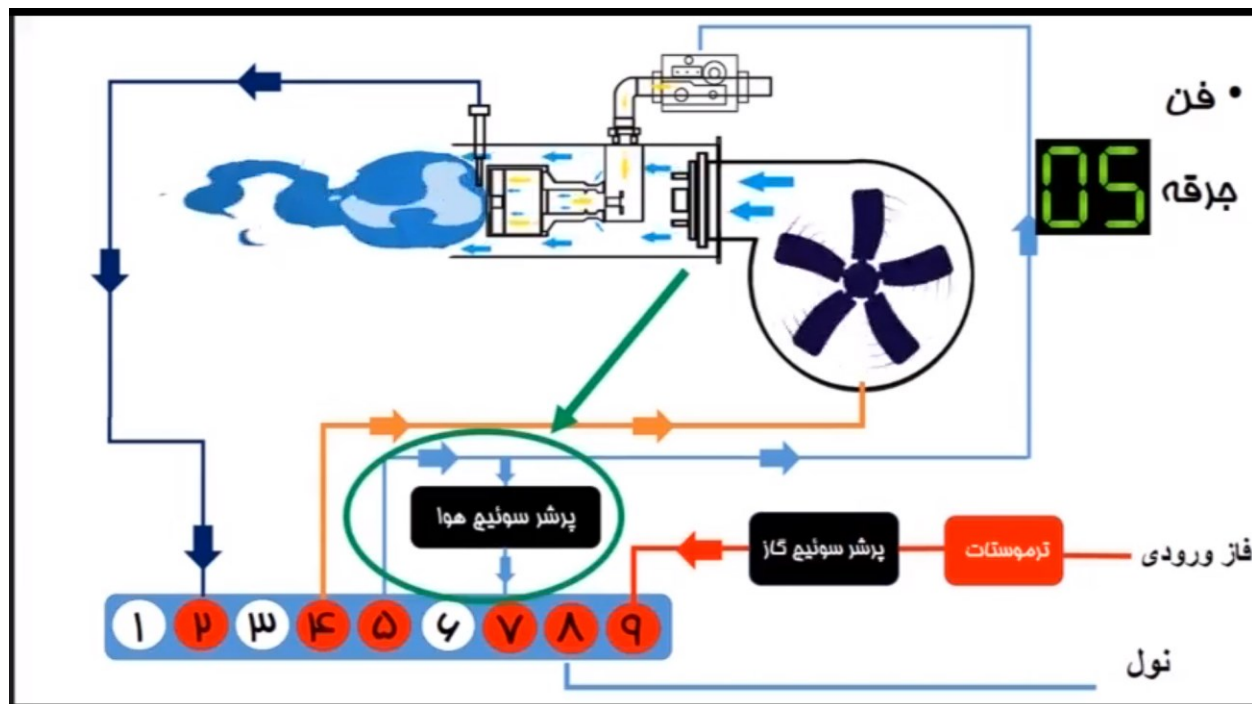
رله

به طور کلی رله قطعه ای در سیستم است که وظیفه ی اتصال یا قطع قسمت های سیستم را به عهده دارد. در واقع رله با ساختار و عملکرد ساده ای که دارد از اصلی ترین سیستم های کنترل کننده در صنعت محسوب میشود. حال به توضیح مختصری راجع به کارکرد آن می پردازیم:



همانطور که میبینیم نمونه ای ساده از رله طبق شکل بالا دارای یک سیمپیچ و هسته ی آهنی جهت تولید میدان مغناطیسی و یک کلید فنری است ، با اتصال وصل کردن سوویچ کنترل (که بسته به کاربرد های مختلف میتواند به صورت سوویچ هم نباشد) میدان مغناطیسی توسط هسته ی آهنی پدید می آید که میتواند کلید فنری را ببندد و بین بار و منبع اتصال برقرار کند. حال فرض کنید به جای سوویچ کنترل سر دیگر سیمپیچ به کنترلر ما وصل شده باشد که در صورت لزوم آن را صفر و یک کند. این دقیقاً استفاده ای است که ما در مشعل از رله میکنیم.

رله مشعل شکوه مدل 790



رله ی مشعل مورد نظر 9 پایه دارد که به ترتیب فعال شدن به توضیح هر کدام میپردازیم:

9- شامل یک thermostat (ترموستات حد) برای بررسی دمای دیگ و یک gas pressure switch بررسی وجود گاز و کافی بودن آن است که نهایتاً به فاز متصل میشود. اگر هر کدام از این دو خطا بدهند مشعل روشن نمیشود ولی چراغ اخطار رله روشن نمی میشود.



gas pressure switch



Limit thermostat

8- مستقیماً به نول وصل میشود.

4- با اتصال صحیح دو ترمینال فوق پایه ی 4 برقرار شده و فن را به گردش در می آورد تا فن به مدت 30 ثانیه به تنهایی و بدون فعال کردن شیر گاز و جرعه زن کار میکند. هدف تخلیه ی دیگ و دودکش است تا منفجر نشود.

3و5- بعد از این 30 ثانیه این دو پایه با هم فعال میشوند، پایه ی 5 شیر گاز و پایه ی 3 جرعه زن را به مدت 5 ثانیه روشن میکند.

2- اگر در این 5 ثانیه شعله شکل گرفته باشد از طریق فوتوسل و یا میله ی یون که توسط پایه ی 2 به رله وصل است مشعل به کار خود ادامه میدهد و در غیر این صورت رله خطا میدهد و گاز قطع میشود.



میله ی یون

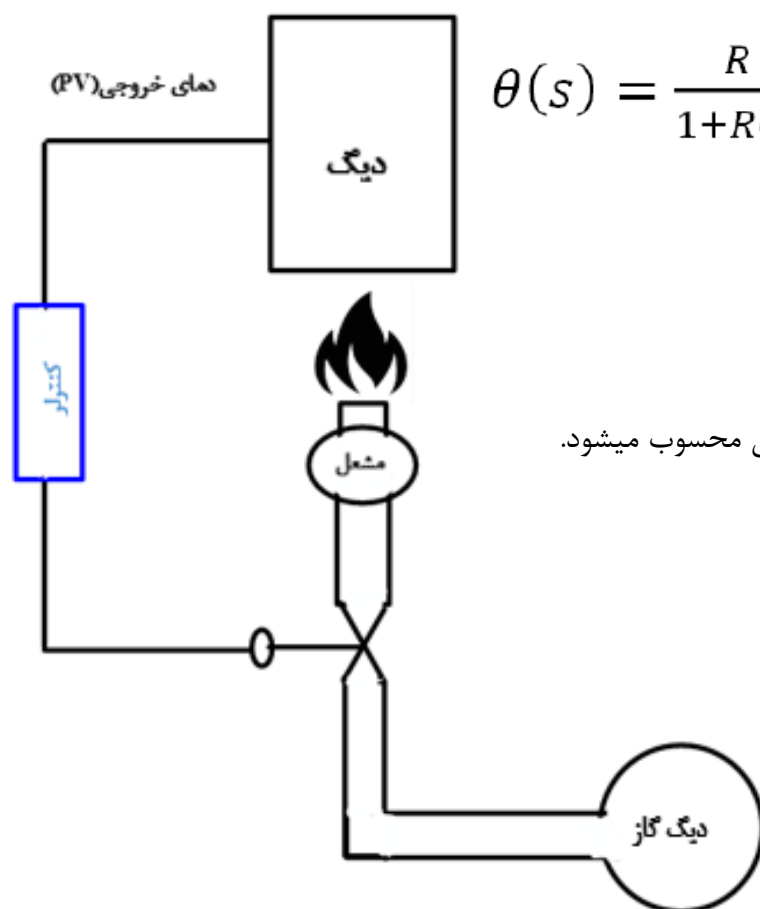
7- با فعال شدن شیر گاز (پایه ی 5) پایه ی 7 که به air pressure switch متصل است هم در مدار می آید، وظیفه ی آن بررسی عملکرد فن است تا ببیند آیا میچرخد یا نه و آیا افت فشار مناسب را ایجاد کرده یا خیر.

1- پایه ی 1 همواره به آجیری وصل است که در صورت خطا در هر یک از مراحل بالا به صدا در می آید.

تمام مشعل ها بخش های فوق را دارا هستند. به این مدل مشعل های ساده اصطلاحاً مشعل های شعله پایین یا بالا میگویند چون فقط دو مود کاری خاموش و روشن دارند.

پلنت کنترل دما

مشعل در واقع در نقش actuator است و مدلی که ما به بررسی آن می پردازیم مدل کنترل دمای دیگ است. برای این منظور به مشعل های صنعتی پیچیده تری نیاز داریم که به آن ها مشعل های مدولار و یا تدریجی می گویند. در این مشعل ها مطابق شکل پایین با قرار دادن کنترلی در مسیر دمای خروجی که با ترموستات اندازه گیری میشود، آن را به ولو گاز مورد تغذیه ی مشعل وصل میکنیم و با حد اقل شدن دما، کنترلر جریان 20 میلی آمپر را بوجود می آورد تا ولو باز تر شود و با عبور گاز بیشتر، بیشتر سوزش داشته باشیم تا دما بالا رود. همینطور با افزایش دما، کنترلر با ایجاد جریان 4 آمپر ولو را میبندد تا با عبور کمتر گاز و در نتیجه سوختن کمتر دما کاهش پیدا کند و این چنین به SP خواهیم رسید.



$$\theta(s) = \frac{R}{1+RCs} h_i(s) + \frac{1}{1+RCs} \theta_a(s)$$

θ در واقع همان دمای دیگ (PV) است .

R مقاومت دیواره ی دیگ است .

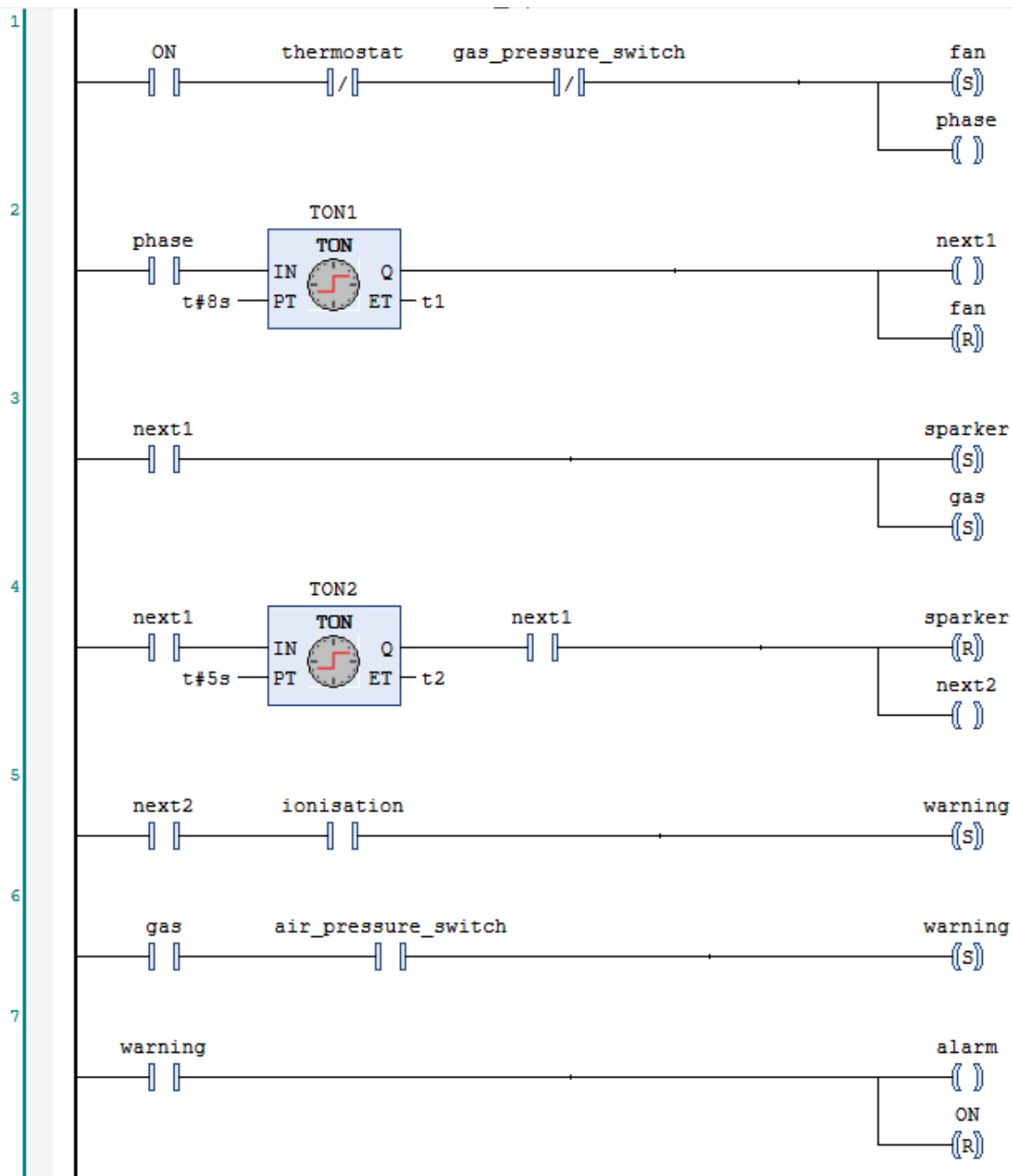
θ_a دمای بیرون دیگ است که ورودی اختلالی محسوب میشود.

C ظرفیت گرمایی دیگ است.

h_i نرخ حرارت ورودی است.

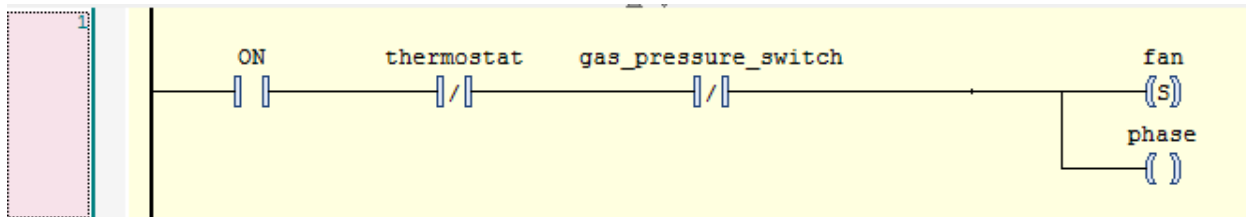
گزارش 1 - PLC

در این قسمت با توجه به مراحل که راجع به رله ی ساده ی 9 پایه ای شکوه اعلام کردیم ، آن را با ladder پیاده سازی میکنیم. مراحل کار عینا به ترتیب گزارش قبل است.



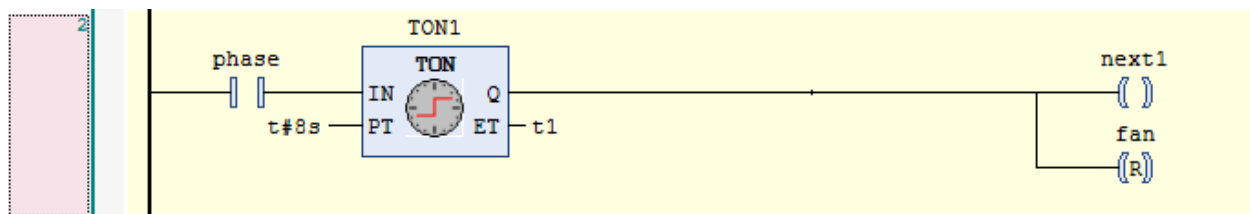
حال به توضیح مجدد مراحل میپردازیم.

1



با روشن کردن کلید آن ، در صورت درست بودن وضعیت ترموستات دیگ و سوویچ فشار گاز ، فاز مدار فعال و فن شروع به کار میکند.

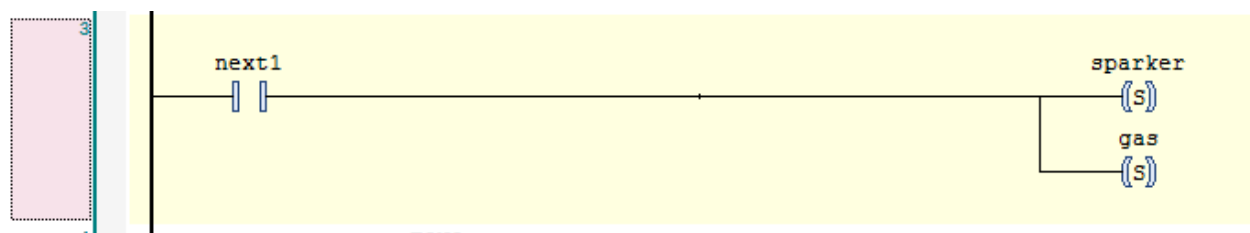
2



فن به مدت 30 ثانیه میچرخد تا دودکش را تخلیه کند (در اینجا 8 ثانیه گذاشتیم که سریعتر شبیه سازی شود)

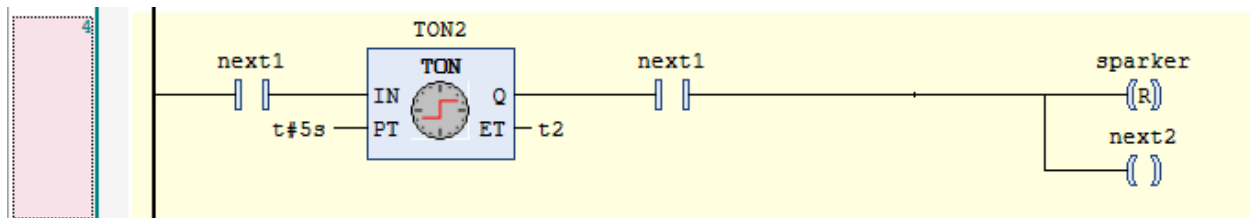
با گذشت این 30 ثانیه فن که در مرحله ی قبل روشن شده بود خاموش میشود و کویل next1 را برای مرحله ی بعد روشن میکند.

3



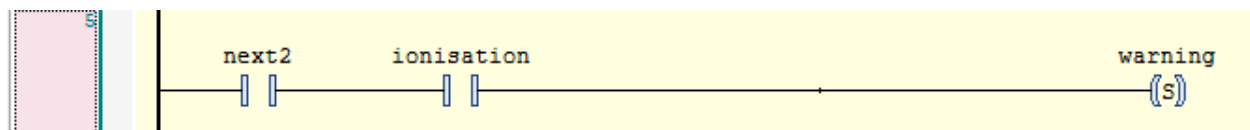
در این مرحله ولو گاز و جرقه زن همزمان فعال میشوند تا آتش شکل بگیرد.

4



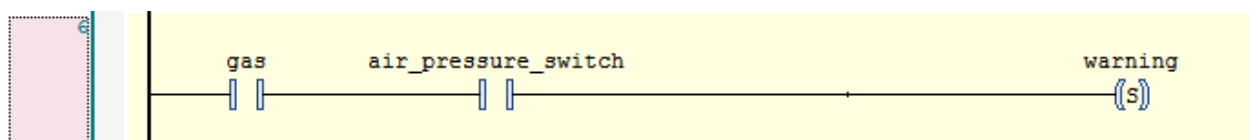
با گذشت 5 ثانیه جرقه زای خاموش شده ولی ولو گاز همچنان باز است و کویل next 2 را برای بررسی ایجاد شعله فعال میکند.

5

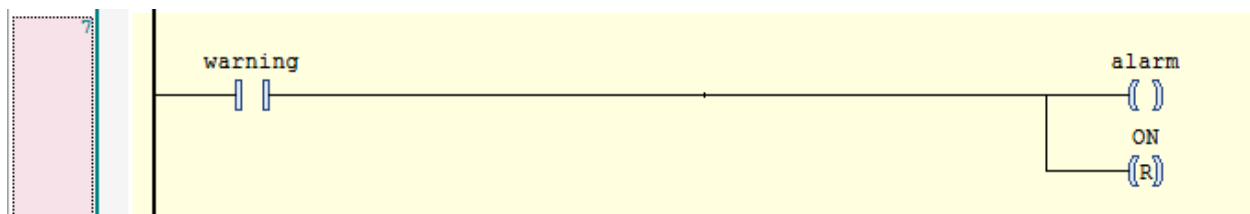


با فعال شدن کویل next 2 کویل ionization در مسیر کویل warning قرار میگیرد، کویل ionization در واقع نقش چک کردن ایجاد شعله را در اختیار دارد به این صورت که اگر شعله نداشته باشیم روشن میشود و کویل warning را که در مرحله ی آخر توضیح می دهیم را فعال میکند.

6



با فعال شدن ولو گاز کویل gas بسته میشود و کویل air pressure switch در مسیر قرار میگیرد. در صورت مناسب نبودن فشار هوای فن این کویل فعال می شود (در واقع مانند ionization نقش سنسور را دارد). با فعال شدن آن و در صورت وصل بودن گاز باز هم مانند مرحله ی 5 کویل warning ست میشود.



با فعال شدن کلید warning در هر کدام از مراحل قبل 2 اتفاق می افتد. اولاً کوئل آلارم فعال میشود و زنگی به صدا در می آید و به ما هشدار میدهد، دوماً کلید ON در network اول خاموش میشود و تمام مدار خاموش میشود.

گزارش 2 - مدلسازی تابع تبدیل

$$G(s) = K \frac{s+z}{(s+p_1)(s+p_2)(s+p_3)(s+p_4)(s+p_5)}$$

P5	P4	P3	P2	P1	z	K	SN
8.9	8.5	4.1	1.7	0.3	6.3	2.51	9730303

(کد های متلبی که استفاده شده در انتهای همین بخش آمده است.)

$$G(s) = 2.51 \times \frac{s+6.3}{(s+0.3)(s+1.7)(s+4.1)(s+8.5)(s+8.9)}$$

ابتدا پارامتر های مهم (بهره-زمان تاخیر-زمان سکون) را محاسبه میکنیم.

بهره: برای محاسبه ی بهره از قضیه ی مقدار نهایی استفاده میکنیم.

$$\lim_{s \rightarrow 0} s T(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{s} G(s) = 2.51 \times \frac{6.3}{0.3 \times 1.7 \times 4.1 \times 8.5 \times 8.9}$$

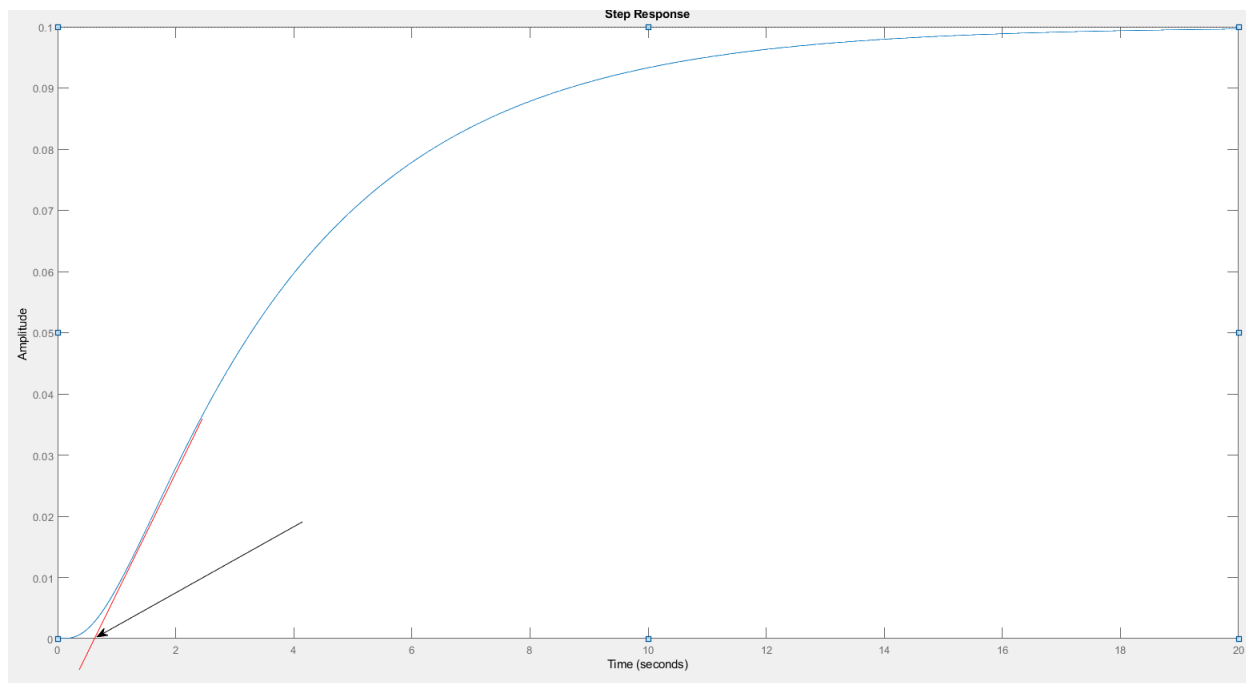
در نتیجه بهره برابر 0.1 خواهد بود.

Tar:

$$T_{av} = \sum_i \frac{1}{p_i} - \sum_j \frac{1}{z_j} = \frac{1}{0.3} + \frac{1}{1.7} + \frac{1}{4.1} + \frac{1}{8.5} + \frac{1}{8.9} - \frac{1}{6.3}$$

زمان سکون میانگین تقریباً برابر 4.2367 خواهد بود.

زمان تاخیر: محل برخورد مماس با بیشترین شیب با محور افقی است. پس با کمک متلب به رسم آن می پردازیم.



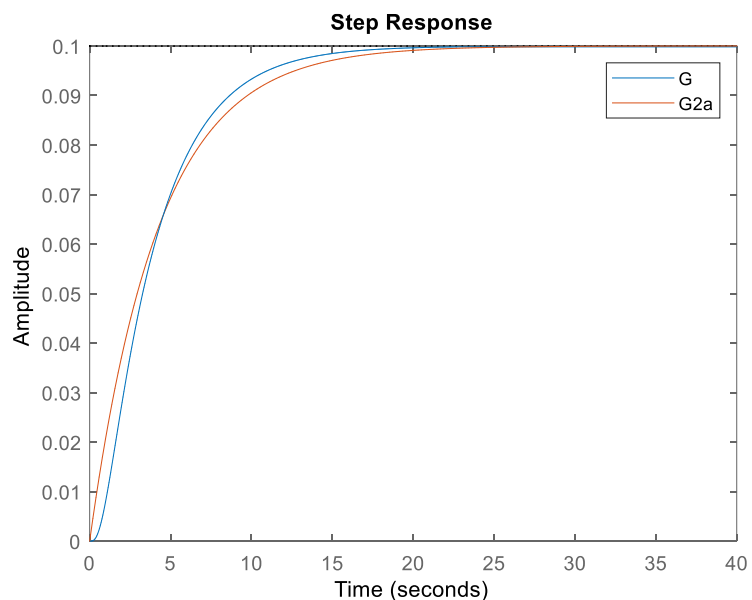
در نتیجه زمان تاخیر به تقریب برابر 0.68 و a تقریباً 0.015 است.

مدل 2 پارامتری:

$$G_{2a}(s) = \frac{K}{1 + T_{ars}}$$

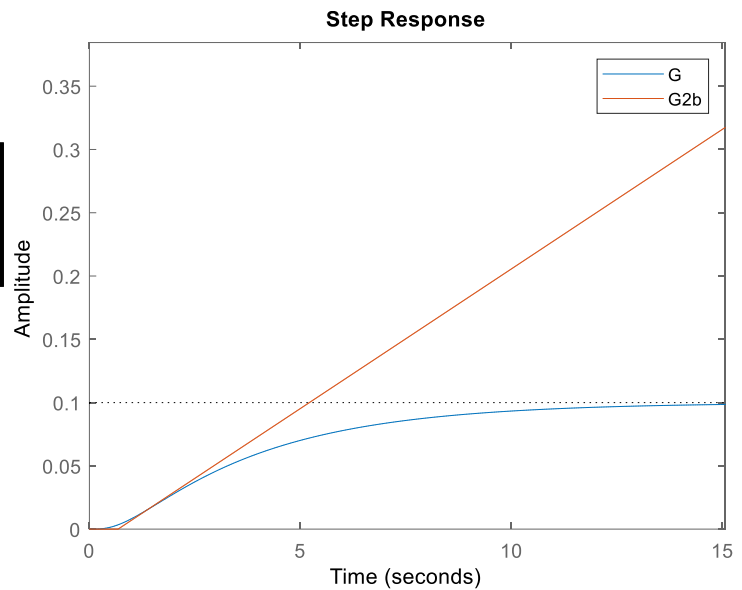
$$G_{2a}(s) = \frac{0.1}{1 + 4.23s}$$

همان طور که میبینیم این مدل در حالت گذرا چندان خوب نیست اما در حالت ماندگار خوب عمل میکند.



$$G_{2b}(s) = \frac{a}{sL} e^{-sL}$$

$$G_{2b}(s) = \frac{0.015}{0.68s} \times e^{-0.68s}$$



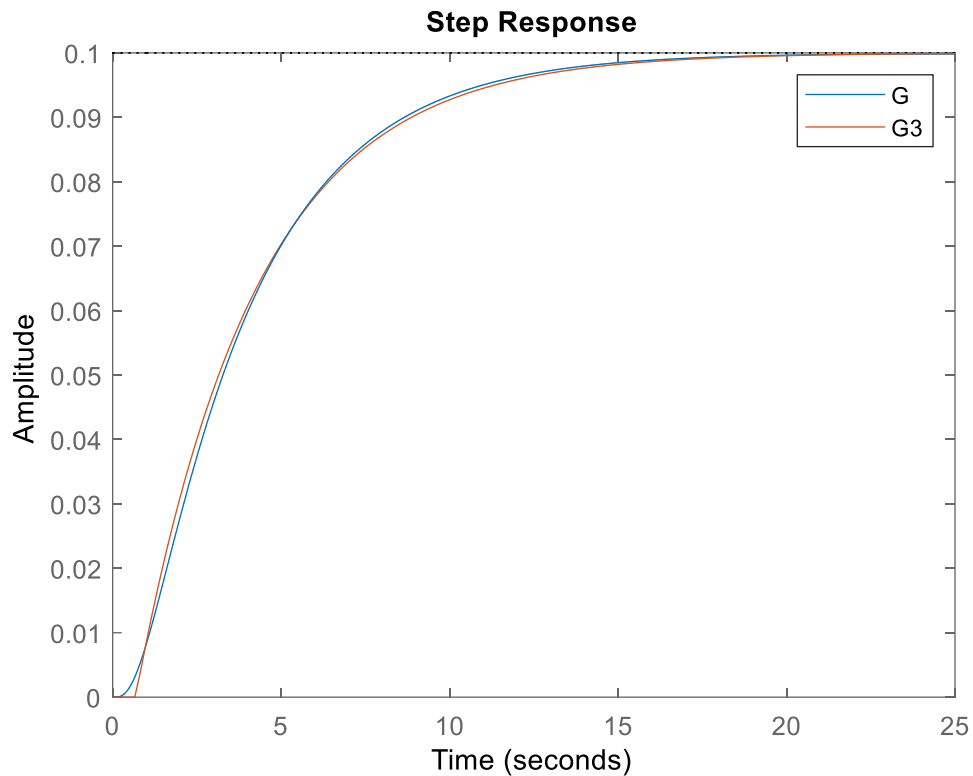
در این مدل سازی همانطور که می بینیم حالت گذرا به خوبی مدل شده اما مناسب حالت ماندگار نیست.

مدل 3 پارامتری:

$$G(s) = \frac{K}{1+sT} e^{-sL}$$

$$T = T_{\text{act}} + L$$

$$G_3(s) = \frac{0.1}{1+(4.23-0.68)s} e^{-0.68s}$$



همتنطور که مشخص است مدل فوق از 2 مدل قبلی عملکرد بهتری دارد و هم در حالت گذرا و هم حالت ماندگار پاسخ قابل قبولی به ما میدهد.

Matlab codes

```

1 - K=2.51;z=6.3;p1=0.3;p2=1.7;p3=4.1;p4=8.5;p5=8.9;
2 - s=tf('s');
3 - G=zpk(K*(s+z)/((s+p1)*(s+p2)*(s+p3)*(s+p4)*(s+p5)));
4 - step(G);
5 - k=0.1;Tar=4.2367;L=.68;a=.015;
6 - %% 2parameters
7 - G2a=k/(1+Tar*s);
8 - step(G);
9 - hold on;
10 - step(G2a);
11 - legend('G','G2a');
12
13 - G2b=a/(s*L) * exp(-s*L);
14 - step(G);
15 - hold on;
16 - step(G2b);
17 - legend('G','G2b');

```

```
18      %% 3parameters
19 -    T=Tar-L;
20 -    G3=k/(1+s*T) *exp(-s*L);
21 -    step(G);
22 -    hold on;
23 -    step(G3);
24 -    legend('G','G3');
```

گزارش 3 – طراحی کنترل کننده ی PID

در این بخش میخواهیم با داشتن مدل 2 پارامتری از بخش قبل پارامتر های یک کنترل کننده ی PID را برای سیستم مورد نظر بدست آوریم. برای این منظور میتوانیم از روش های مختلف کمک بگیریم.

$$C(s) = k \left(1 + \frac{1}{sT_i} + sT_d \right)$$

$$L = 0.68$$

$$T_{ay} = 4.2367$$

$$a = 0.015$$

$$k_p = 0.1$$

$$G(s) = 2.51 \times \frac{s+6.3}{(s+0.3)(s+1.7)(s+4.1)(s+8.5)(s+8.7)}$$

Ziegler Nichols

برای بدست آوردن پارامتر های K, T_i, T_d از جدول زیر کمک میگیریم.

Controller	aK	T_i/L	T_d/L	T_p/L
P	1			4
PI	0.9	3		5.7
PID	1.2	2	1/2	3.4

$$k = \frac{1.2}{0.015} = 80$$

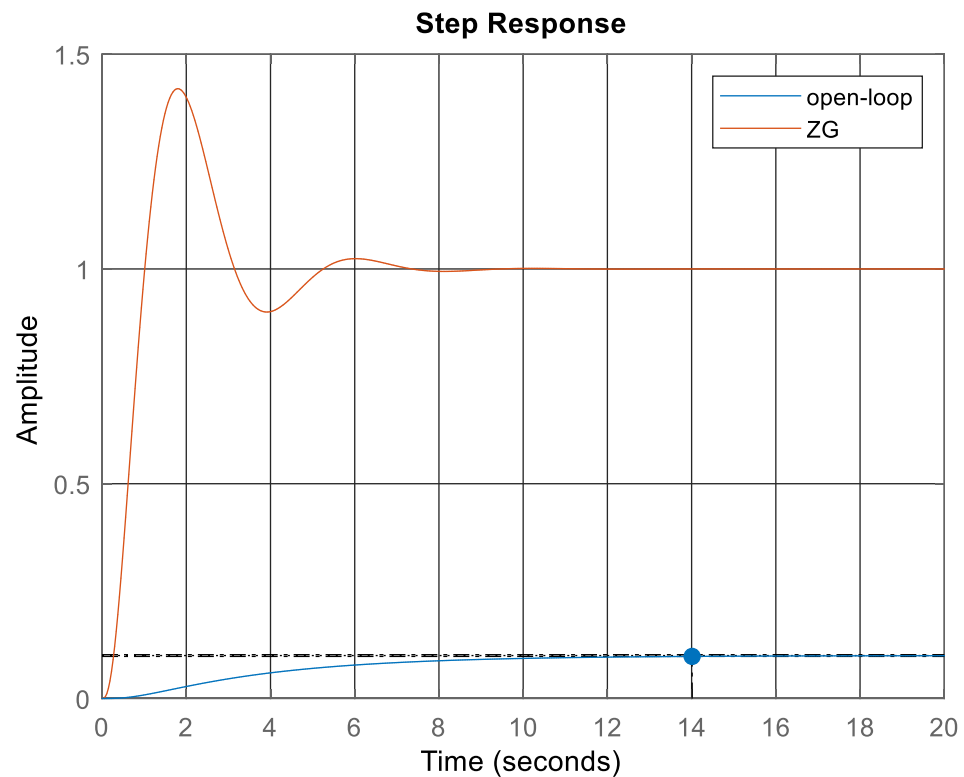
$$T_d = \frac{1}{2} \times 0.68 = 0.34$$

$$T_i = 2 \times 0.68 = 1.36$$

طبق پارامترهای بدست آمده برای $C(s)$ خواهیم داشت:

$$C1 = \frac{36.99 s^2 + 108.8 s + 80}{1.36 s}$$

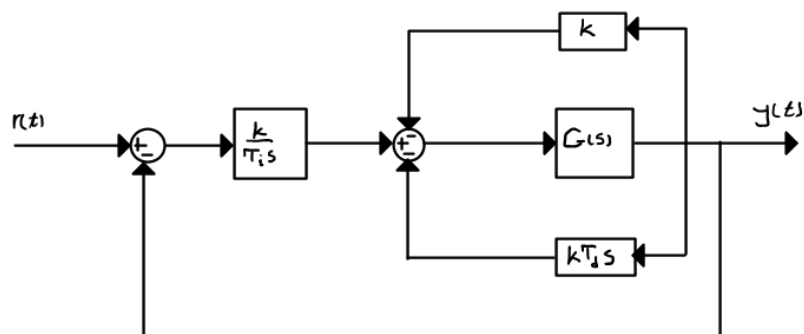
و خروجی به فرم زیر خواهد بود:



وزن دهی

همانطور که مشاهده میشود مشکل مقدار نهایی حل شده ولی فراجش بسیار زیاد است که میتوان با وزن دهی مناسب سیگنال فرمان این مشکل را نیز حل کرد.

$$\begin{matrix} b=0 \\ c=0 \end{matrix} \Rightarrow u(t) = k \left(e_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s e_d \right)$$

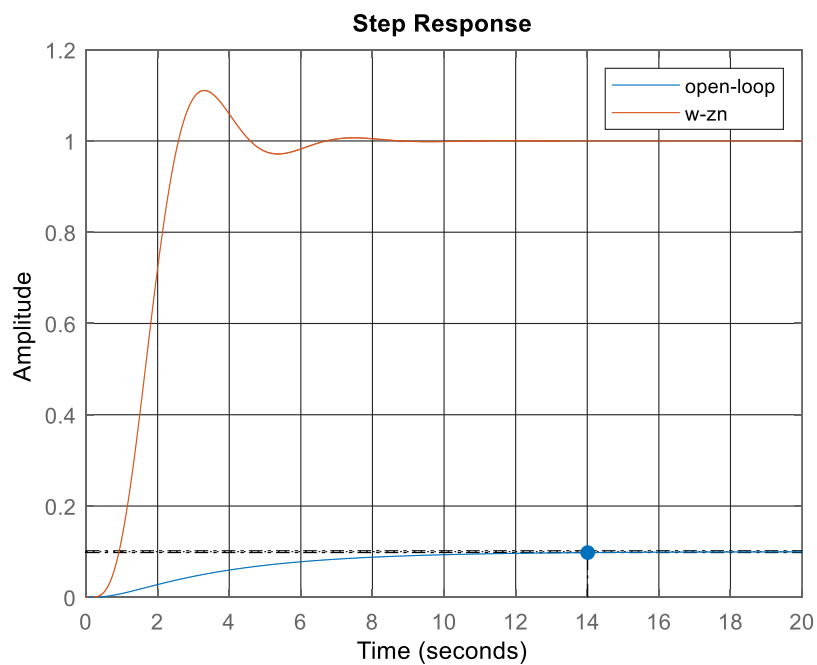


```
>> T2=feedback((feedback(G,(80+80*0.34*s),1)*80/(1.36*s)),1)
```

T2 =

147.65 (s+6.3)

(s+4.78) (s+3.081) (s^2 - 1.464s + 0.8195) (s^2 + 17.1s + 77.05)



همانطور که میبینیم فراجش کاهش پیدا کرده است.

IAE

ابتدا مقدار T را با داشتن L و Tar از بخش قبل محاسبه میکنیم:

$$T = Tar - L = 4.23 - 0.68 = 3.55$$

حال با بهره‌گیری از جدول زیر پارامترها را حساب میکنیم:

Controller Gain (K_c)	Integral Time (T_i)	Derivative Time (T_d)
$K_c = \frac{A \left[\frac{t_d}{\tau} \right]^B}{g_p}$	$T_i = \frac{\tau}{C} \times \left[\frac{t_d}{\tau} \right]^D$	$T_d = \tau \times E \left[\frac{t_d}{\tau} \right]^F$

$$\begin{aligned} t_d &= L \\ \tau &= T \\ g_p &= k_p \end{aligned}$$

Constants for Minimum IAE Tuning

	A	B	C	D	E	F
PI	0.984	-0.986	0.608	0.707	0	0
PID	1.435	-0.921	0.878	0.749	0.482	1.137

پارامترها به این صورت به دست می‌آیند:

$$K_c = \frac{1.435 \times \left(\frac{0.68}{3.55} \right)^{-0.921}}{0.1} = 65.7463$$

$$T_i = \frac{3.55}{0.878} \times \left(\frac{0.68}{3.55} \right)^{0.749} = 1.1726$$

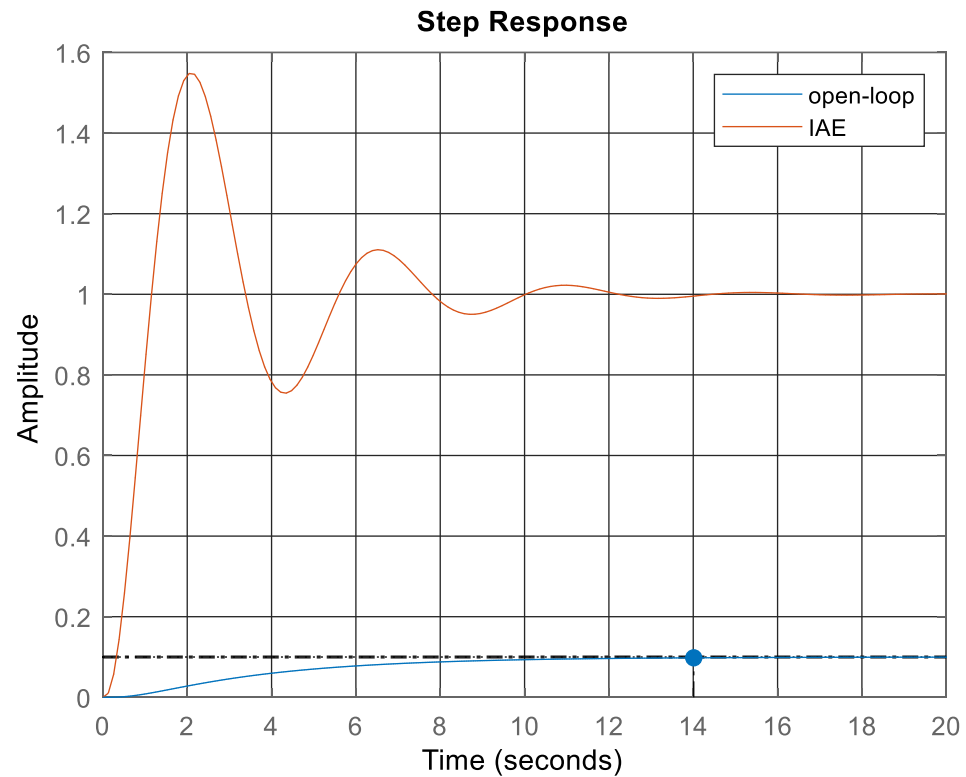
$$T_d = 3.55 \times 0.482 \times \left(\frac{0.68}{3.55} \right)^{1.137} = 0.2614$$

پس با محاسبه ی $C(s)$ جدید و قرار دادن آن سر راه پلنت به خروجی صفحه ی بعد خواهیم

رسید:

C3 =

$$\frac{20.15 s^2 + 77.09 s + 65.75}{1.173 s}$$



باز هم میبینیم که فراجاهش زیاد است و مناسب نیست اما مقدار نهایی اصلاح شده است.

تنظیم لاندا

در این روش هم با داشتن مقادیر T, L, K_p از قسمت های قبل پارامتر های مورد نظر را حساب میکنیم.

$$T_t = T + \frac{L}{2} = 3.89$$

$$T_d = \frac{TL}{L^2 T} = 0.3103$$

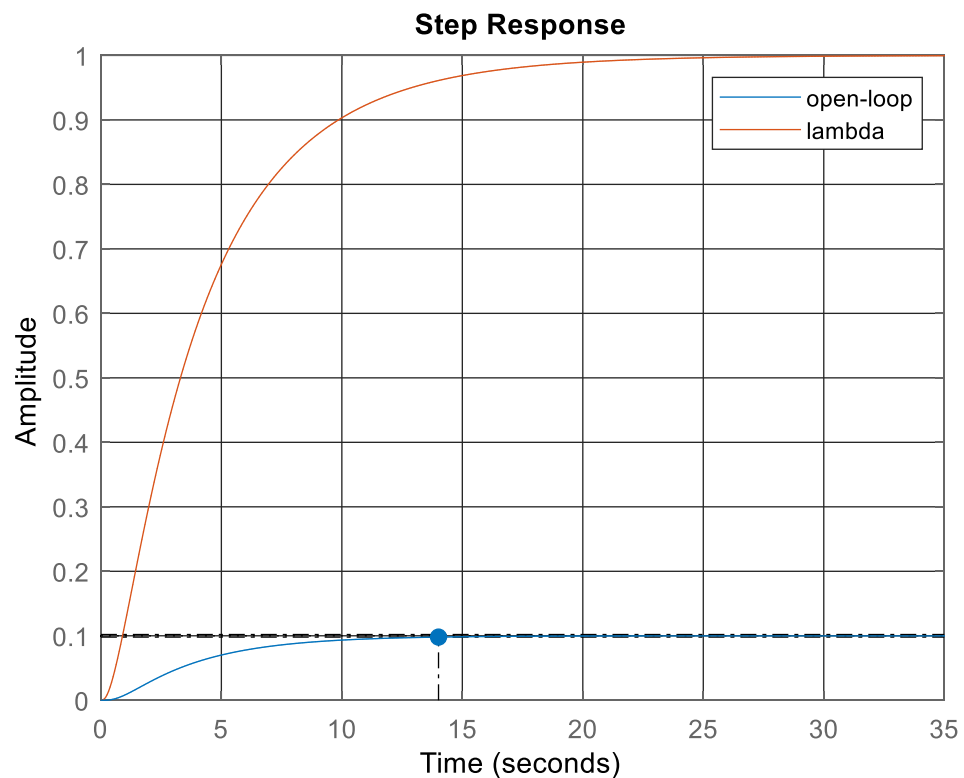
$$k = \frac{1}{k_r} \times \frac{\frac{L}{2} + T}{\frac{L}{2} + T_{CL}} = 8.5120 \quad T_{CL} = 4.23$$

C4 =

پس برای C(s) جدید خواهیم داشت:

$$\frac{10.27 s^2 + 33.11 s + 8.512}{3.89 s}$$

و خروجی به فرم زیر خواهد بود:



همانطور که پیداست مشکل فراجش از بین رفته است ولی سیستم کند تر شده که مطلوب ما

نیست.