

استاد: دکتر نیری
تاریخ تحویل: ۱۴۰۲/۰۲/۰۸

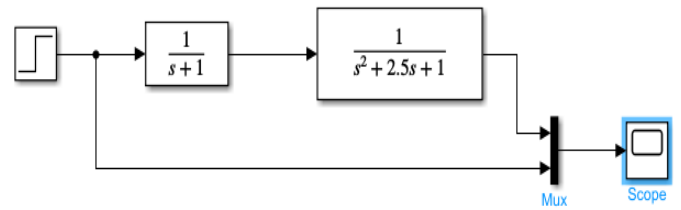
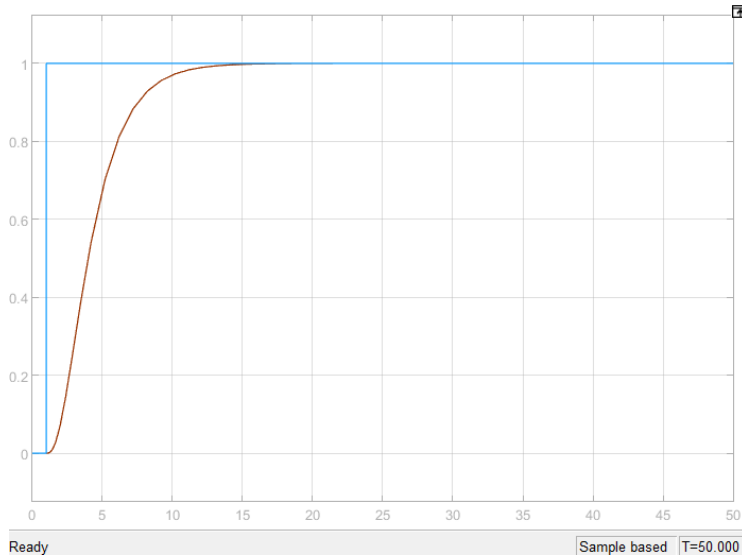
ابزار دقیق
تمرین اول

شیرین جمشیدی
۸۱۰۱۹۹۵۷۰

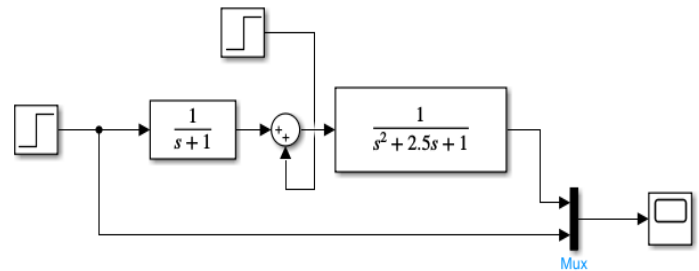
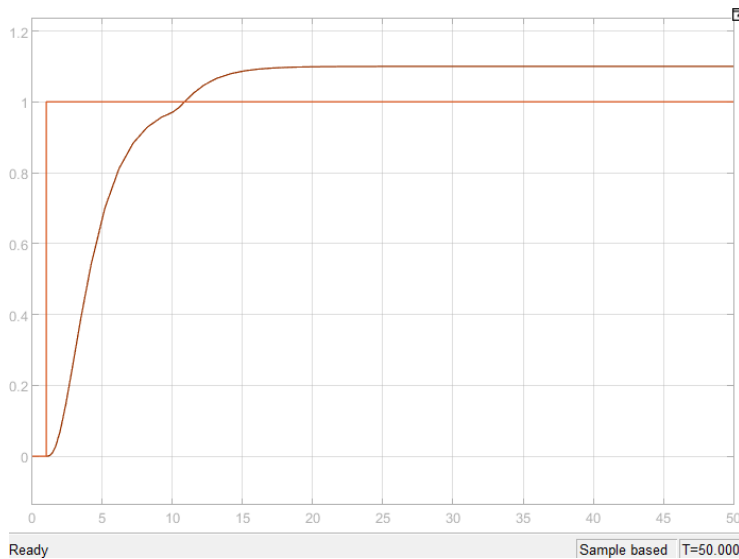


۱.

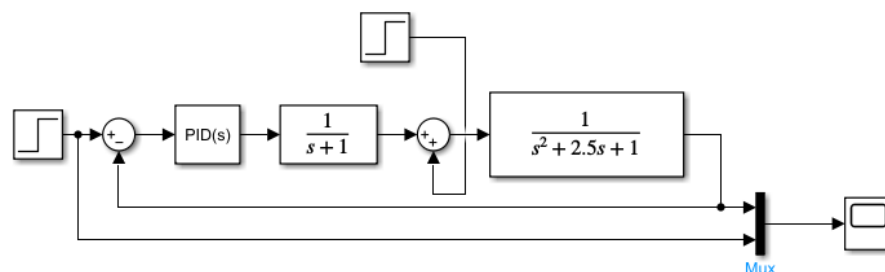
(الف)



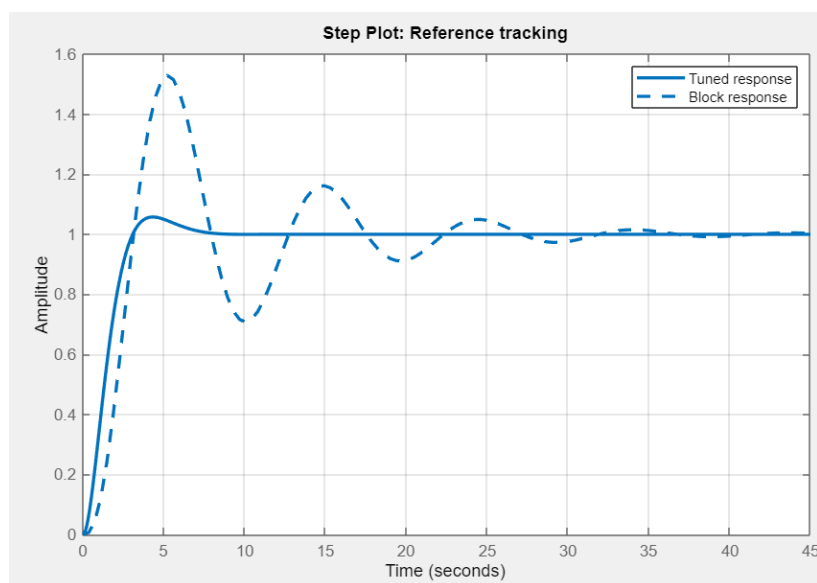
(ب)



سیستم پس از اضافه کردن نویز، overshoot و خطای ماندگار دارد.



با استفاده از گزینه‌ی PID Tuner، میتوان از طراحی اتوماتیک کنترلر خود سیمولینک استفاده کرد و خواهیم داشت:



Source: internal

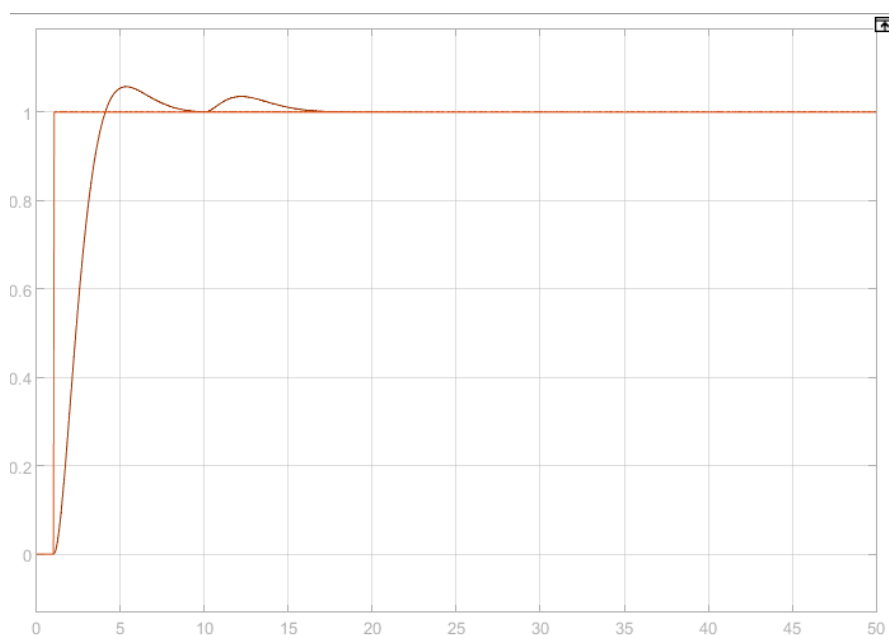
Proportional (P): 2.11087574351998

Integral (I): 0.797818859642285

Derivative (D): 1.23660085164441

☒ Use filtered derivative

Filter coefficient (N): 77.3551687364108

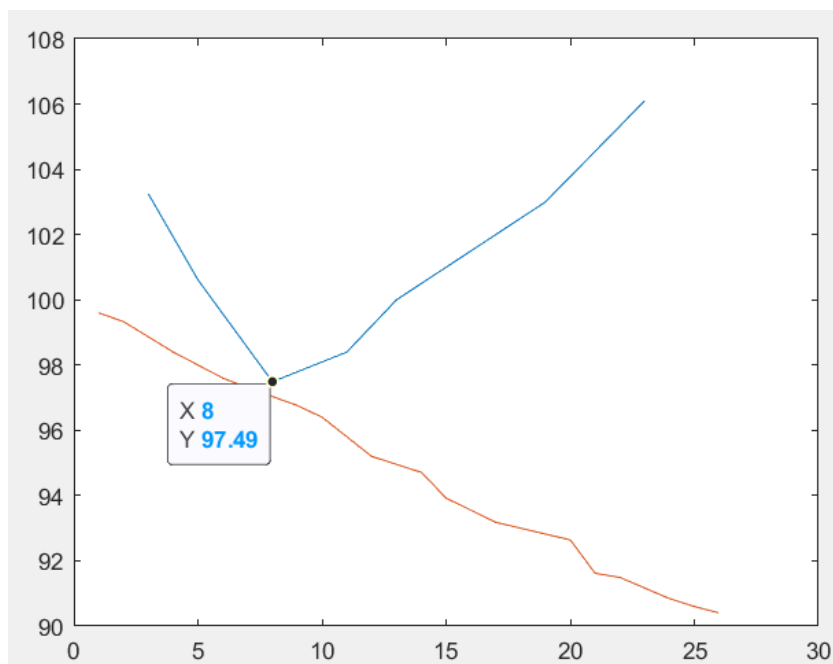


همانطور که مطلوب است، میبینیم که PID controller به خوبی توانسته سیستم را پایدار کند و خطای حالت دائم را از بین ببرد.

۲. با وارد کردن دیتاهای داده شده و تقسیمشان به **train** و **test** به نحوی زیر،

```
n_Trainset=[1 2 4 6 7 9 10 12 14 15 17 18 20 21 22 24 25 26];  
n_Testset=[3 5 8 11 13 16 19 23];  
J_Trainset=[99.6 99.33 98.4 97.6 97.31 96.76 96.4 95.2 94.71 93.92 93.18 93 92.64  
91.62 91.49 90.84 90.6 90.4 ];  
J_Testset=[103.25 100.61 97.49 98.4 100 101.5 103 106.1];
```

و ترسیم هزینه بر حسب n ، به نمودار زیر میرسیم:



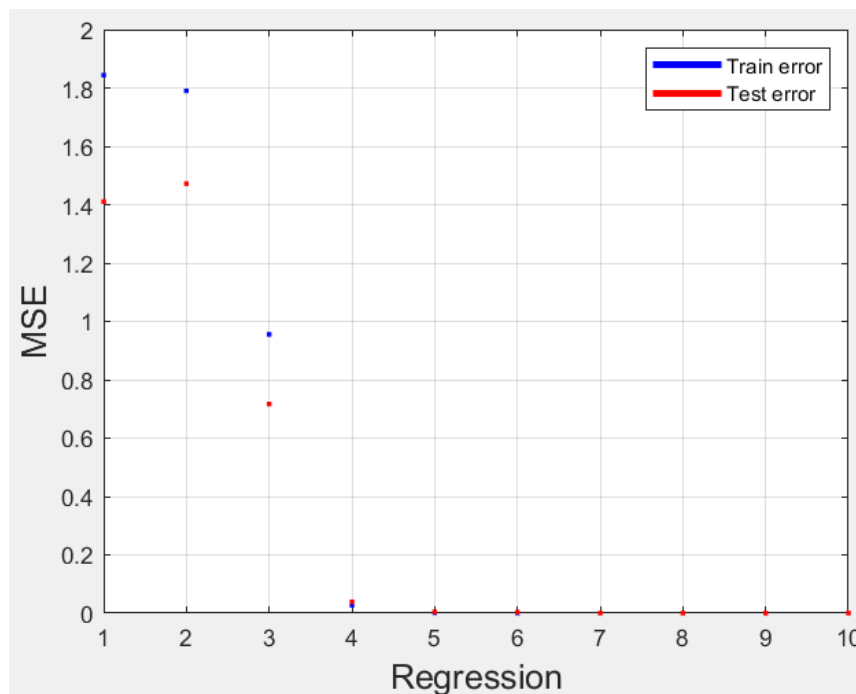
نمودار قرمز مربوط به هزینه **train** و نمودار آبی مربوط به هزینه **test** میباشد. هزینه **train** با افزایش n ، کاهش پیدا میکند که علت آن این است که با افزایش درجه منحنی، مدل مد نظر میتواند تطابق بیشتری با داده‌های **train** بگیرد. اما از یک n به بعد دچار **overfit** میشویم و هزینه **test** همان با شیب تندی زیاد میشود. علت این اتفاق این است که وقتی n را از یه حدی بیشتر میکنیم، منحنی ما بیش از حد با داده‌های آموزش تطبیق میابد به حدی که نویز داده‌های آموزشی هم یاد گرفته و هنگامی که داده‌ی تست را میدهیم، نویز داده‌ها روی هم می افتد. این اتفاق اصلا مطلوب نبوده و ما بدنبال n ی هستیم که بر روی نویزها تطبیق پیدا نکند. n ی که هزینه‌ی داده‌ی تستمان در آن مینیمم شده است، n مطلوب ماست که در این سوال، n مطلوب، ۸ میباشد. (ن همان درجه خانواده مدل منحنی مشخصه میباشد.)

الف) با استفاده از کد زیر، دیتاهای رندوم را جنریت میکنیم.

```
Data = sin(temp)+.2*randn(size(temp));
```

سایز temp را بگونه‌ای تنظیم میکنیم که ۱۰۰ دیتا جنریت شود.

ب) با نوشتن یک حلقه برای n های ۱ تا ۱۰، منحنی‌های polynomial با درجات متفاوت محاسبه و محاسبه‌ی مجموع مربعات فواصل نقاط منحنی fit شده با داده‌ها، میتوان به نمودار MSE رسید. با ترسیم MSE برای داده‌های train و test بر حسب n، به نمودار زیر میرسیم که نقاط ابی مجموع مربعات خطا برای داده‌های train و نقاط قرمز مربوط به داده‌های test میباشد:

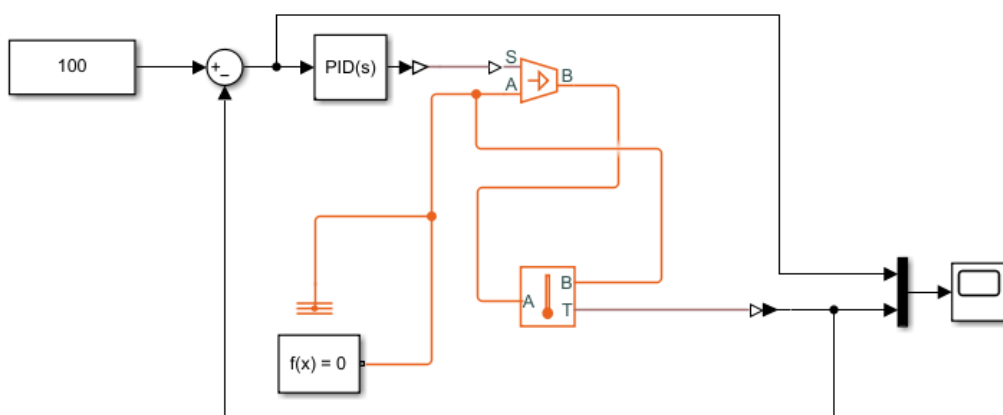


همانطور که میبینیم، MSE داده‌ها در ابتدای نمودار که مدل فیت شده یک خط صاف است بسیار زیاد بوده و در $n=5$ ، به صفر میرسد. پس منحنی polynomial با درجه‌ی چهار، مدل خوبی برای فیت کردن داده‌هایمان است.

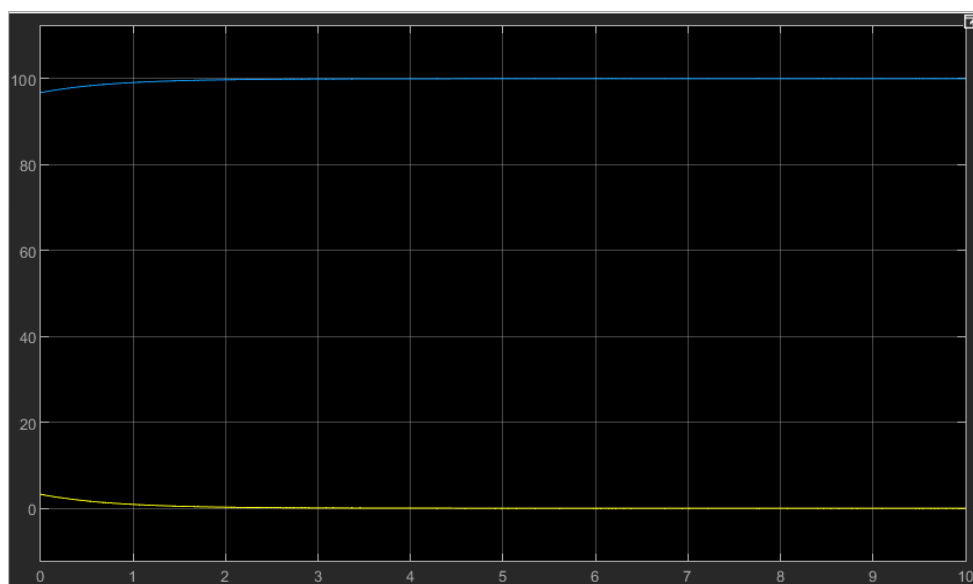
ج) با استفاده از کد زیر، مقادیر P_n را بدست میاوریم:

```
c = polyfit(Data_Trainset,Data_Trainset_y,4);
```

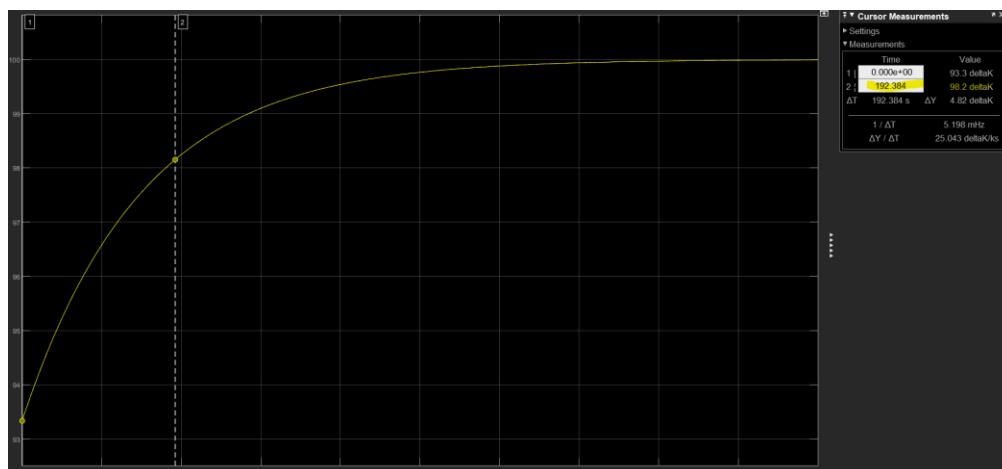
$$P_n = -0.53x^5 - 0.84x^4 + 1.01x^3 + 1.16x^2 - 0.54x^1 - 0.26$$



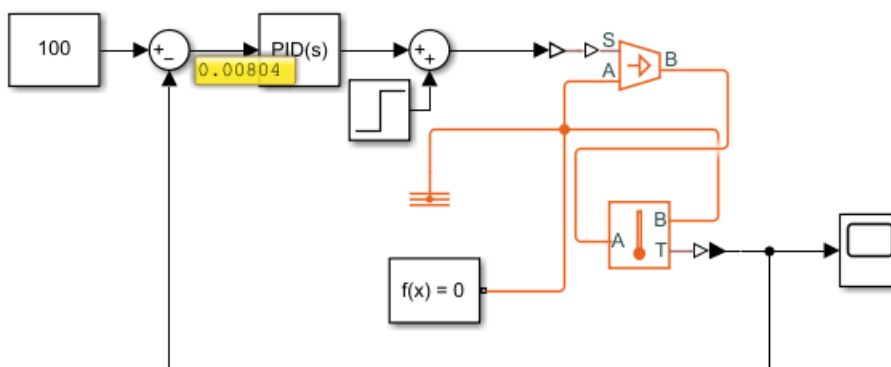
۲-۱) با انتخاب پارامترهای کنترلر دلخواه، $P=30$, $I=40$, $D=0$ ، خروجی و سیگنال خطای سیستم خواهد شد (ابی: خروجی، زرد: سیگنال خطا):



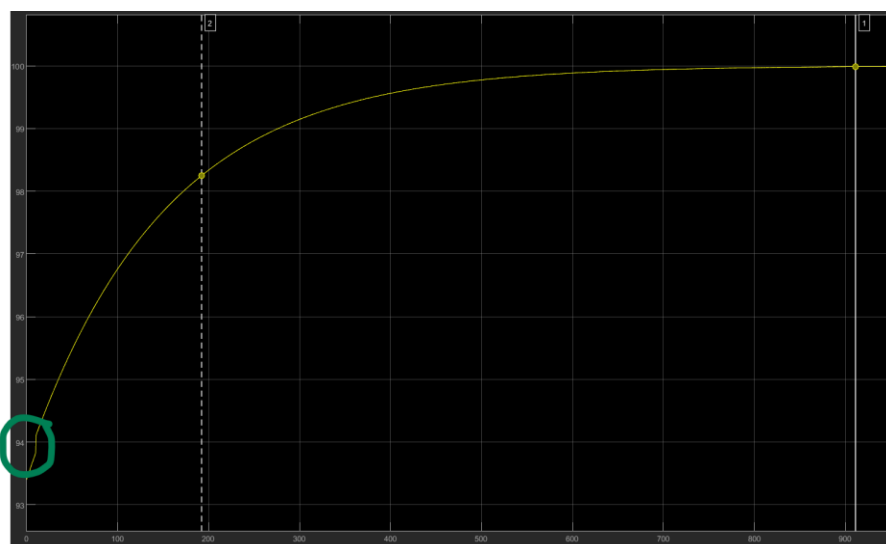
۲-۲) ثابت زمانی مطلوب سیستم، $48=8 \times 6$ ثانیه میباشد. پس باید در زمان $4T(=4 \times 48=192)$ ، به 98% مقدار نهایی خود برسد:



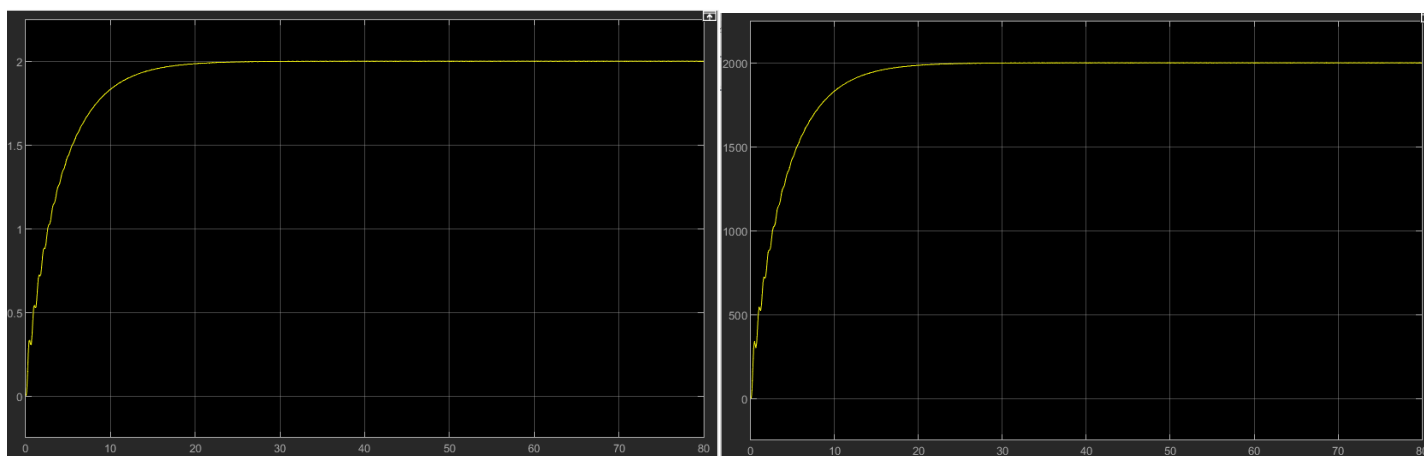
با ازمون و خطا برای رسیدن به ۹۸ در ثانیه‌ی ۱۹۲، ثابت PID را بصورت $Kp=14$ و $KI=0.1$ بدست آوردم.



اثر بایاس خود را بصورت یک گلیچ در زمان ۱۰ نشان میدهد که تابع پله از ۱ به ۵ رسیده است. اما مقدار نهایی خروجی همان ۱۰۰ میماند چراکه فیدبک واحد منفی داریم و کنترلر به نحوی عمل میکند که خروجی به مقدار نهایی ۱۰۰ برسد:



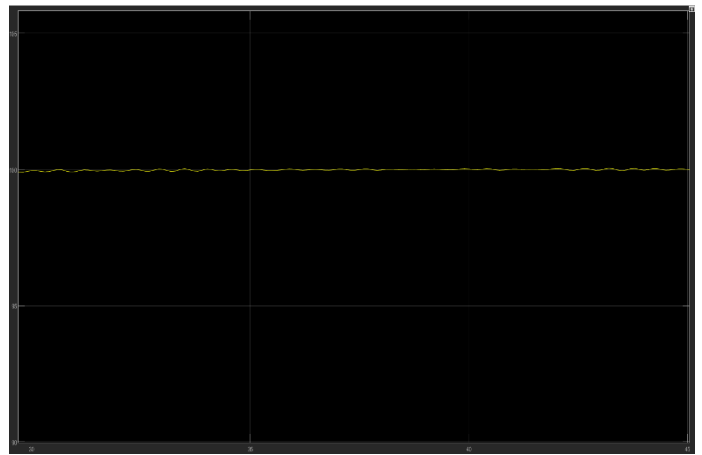
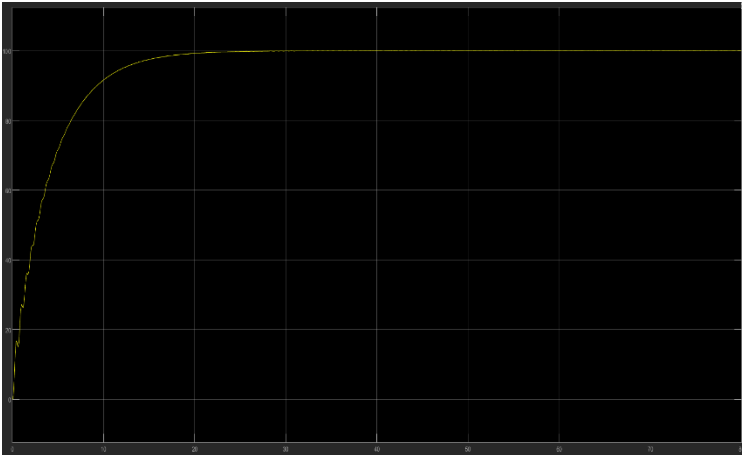
(ب) با قرار دادن ضرایب $k_p \approx 62.8$ و $K_I \approx 220$ ، خواهیم دید که حسگر طراحی شده، به ازای هر دمایی در بازه‌ی دمای خانه، خروجی پایداری دارد و ورودی را فالو کرده و اشباع نمیشود:



خواهیم دید که به ازای مقادیر بسیار بالاتر هم (2×10^{11})، اثر اشباع محرک نداریم.

پ) با افزودن یک نویز سفید، خواهیم داشت:

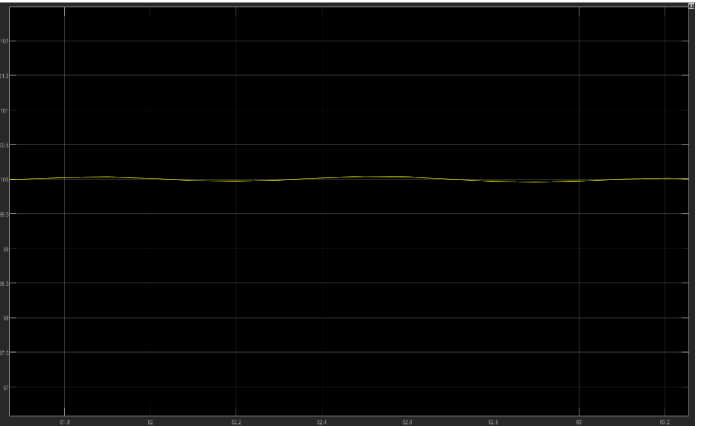
در حالت PI:



همانطور که میبینیم، در شکل کلی موج تغییری ایجاد نشده است اما اگر کمی زوم کنیم، میبینیم که نوسان کوچکی حول مقدار نهایی (۱۰۰) داریم.

در حالت PID:

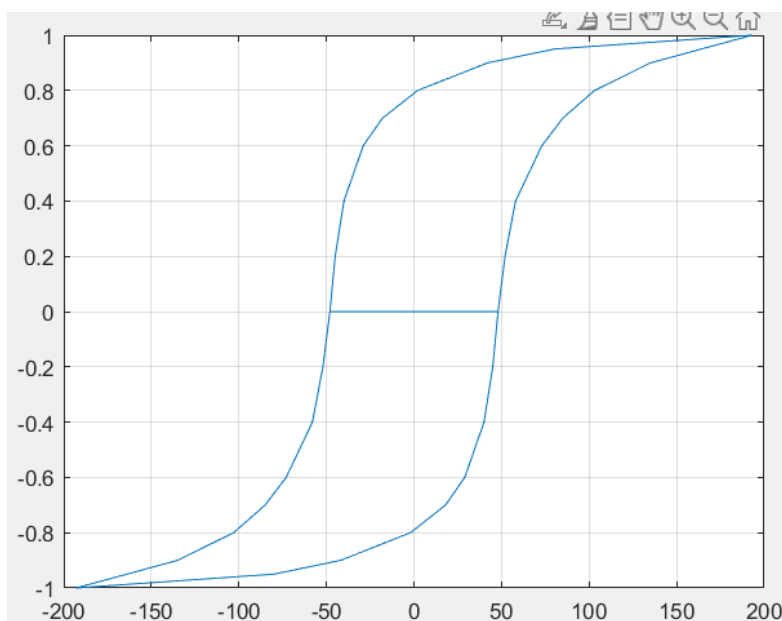
با استفاده از `tune`، کنترلر PID را طراحی میکنیم. شکل موج خروجی در این حالت خواهد شد:



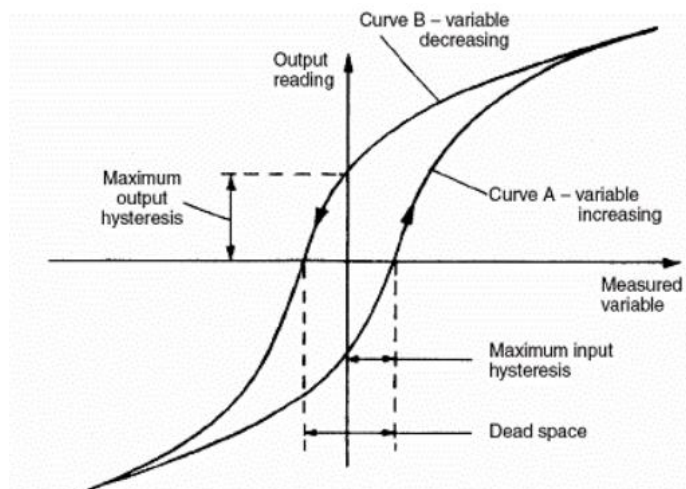
همانطور که میبینیم، در ابتدا نوسانی نه چندان مطلوب داریم اما پس از گذشت زمان کمی، به پایداری میرسیم. در این حالت هم حول مقدار نهایی نوسان اندکی داریم اما بسیار کمتر از حالت قبل میباشد.

با قطعه کد زیر و ساخت ماتریسی شامل ورودی و خروجی و قرینه‌ی ورودی و خروجی، میتوان منحنی هیستریزیس ورودی a و خروجی b را به این شکل کشید:

```
a = [a, -a];  
b = [b, -b];  
plot(a, b)  
grid on
```



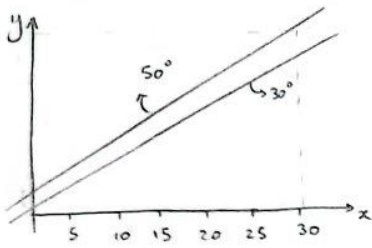
حال با استفاده از شکل زیر، پارامترهای هیستریزیس مسئله را میتوان گزارش کرد:



$$\text{Maximum output hysteresis} = \frac{0.8}{FS} = \frac{0.8}{2} = 0.4 \rightarrow 40\%fs$$

$$\text{Maximum input hysteresis} = \frac{48}{Fs} = \frac{48}{193 \times 193} = 0.124 \rightarrow 12.4\%fs$$

$$\text{Dead space} = \frac{48 - (-48)}{FS} = \frac{96}{386} = 0.249 \rightarrow 24.9\%fs$$



الف) با رسم معادله در دمای ۵۰° و ۳۰° خواهیم داشت:

$$\alpha_1 = \frac{26.7 - 13.6}{10 - 5} = 2.62 \rightarrow \text{خط } 30^\circ$$

$$\alpha_2 = \frac{30.2 - 15.5}{10 - 5} = 2.94 \leftarrow \text{خط } 50^\circ$$

$$\left. \begin{array}{l} \alpha_1 = 2.62 \\ \alpha_2 = 2.94 \end{array} \right\} \rightarrow 2.94 - 2.62 = 0.32 : \text{sensitivity drift}$$

$$\text{zero drift} = (15.5 - 2.94 \times 5) - (13.6 - 2.62 \times 5) = 0.3 : \text{zero drift}$$

در عرض از مبدأ خط ۳۰° در عرض از مبدأ خط ۵۰°

$$\text{zero drift}/C_0 = 0.01$$

$$\text{sensitivity drift}/C_0 \approx 0.0107$$

ب) برای هر ۱۵° افزایش دما، zero drift = ۰.۱، sensitivity drift = ۰.۱۰۷ افزایش می‌یابد. در دمای ۴۰° داریم:

$$\text{zero drift} = 0.2, \text{ sensitivity} \approx 0.214$$

در دمای جریان (آمبر)، خروجی، و دما (ولت) در نظر گرفته شده است.

$$\text{خط } 40^\circ : 2.62 + 0.214 = 2.834$$

$$\text{خروجی برای دمای ۵۰} : \frac{y - 0.2}{50 - 0} = 2.834 \rightarrow y = 141.87$$