

بسمه تعالی

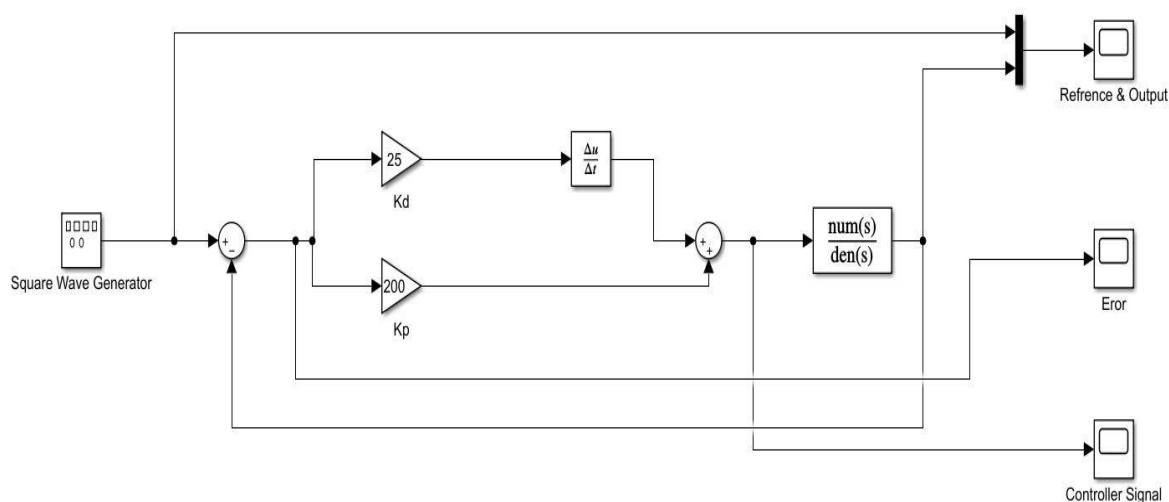
گزارش کار مینی پروژه 1 ابزار دقیق

## سوال 1)

### قسمت الف:

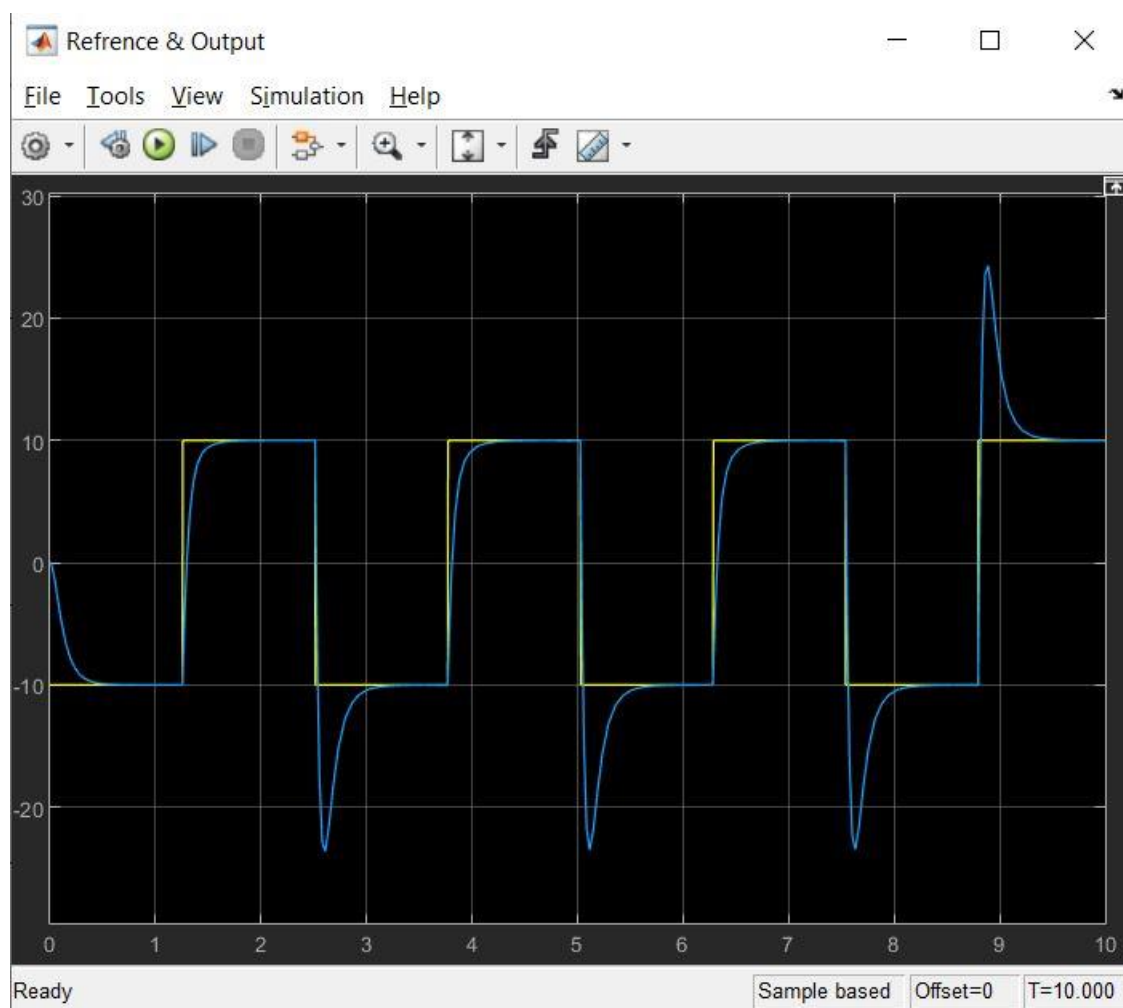
با توجه به شکل های پایین و خروجی های مشاهده شده در اسکوپ متوجه خواهیم شد که هر چقدر  $k_p$  را افزایش دهیم سرعت سیستم جهت دنبال کردن ورودی مرجع بیشتر خواهد شد ولی سیستم دچار نوسانات شدید میشود و با کم کردن  $k_p$  سرعت سیستم انقدر کم شود که ممکن است با توجه به ورودی مرجع که موج مربعی میباشد نتواند فرصت کافی ضمن دنبال کردن این مرجع را داشته باشد و از طرفی  $K_d$  بسیار کوچک باشد نوسانات زیادی روی خروجی میبینیم که اگر بسیار بزرگ شود انقدر نوسانات را کم میکند که اجازه رسیدن خروجی به ورودی مرجع را نمی دهد و هم چنین زمان کم شدن O.S را انقدر زیاد میکند که خروجی فرصت پیدا نمیکند O.S را با توجه به موج مربعی کم کند.

شکل 1) مدار طراحی شده در Simulink در نرم افزار متلب ( $K_d=25, k_p=200$ )

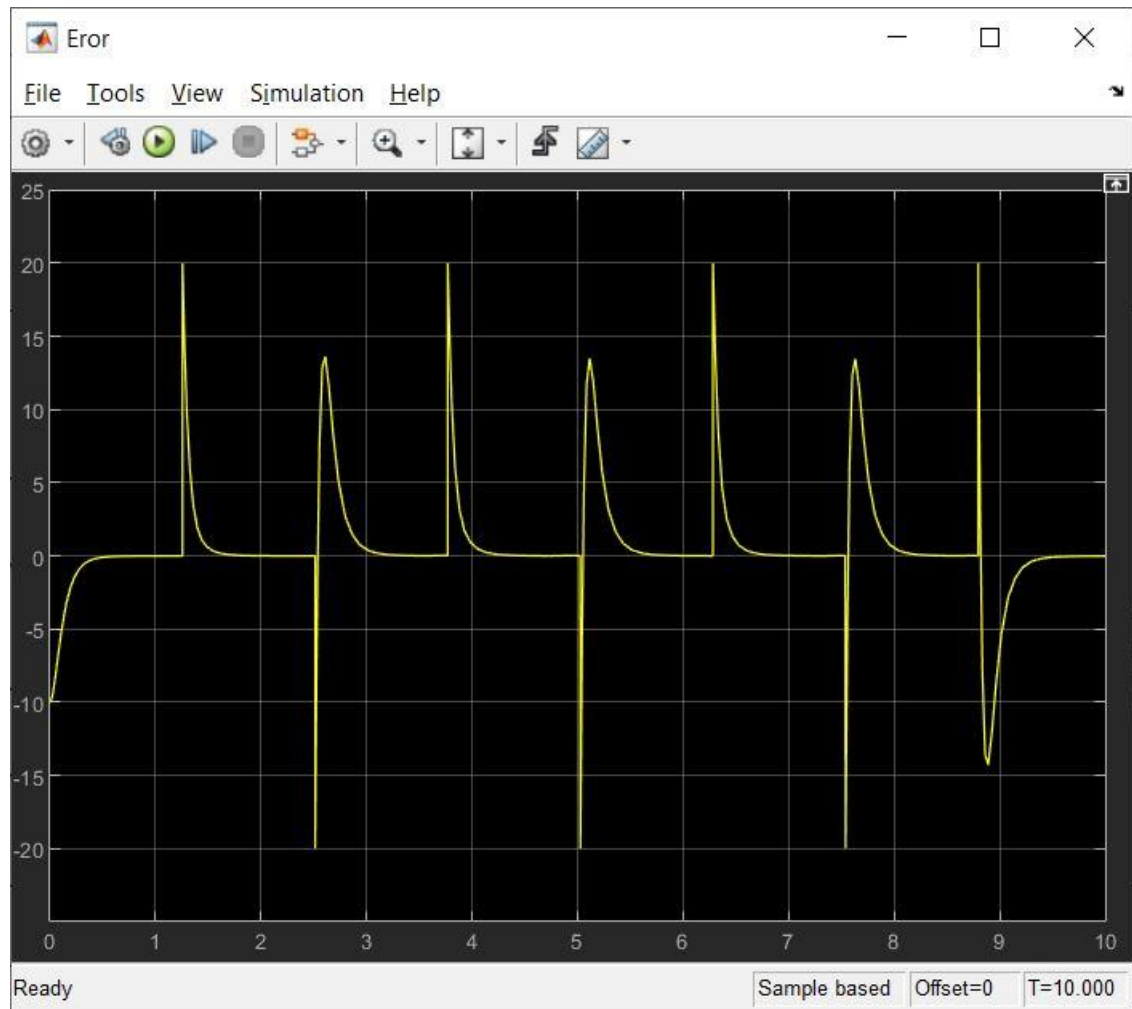


در شکل بالا به جای  $num$  1 و به جای  $den$   $s^2+s$  قرار داده ایم.

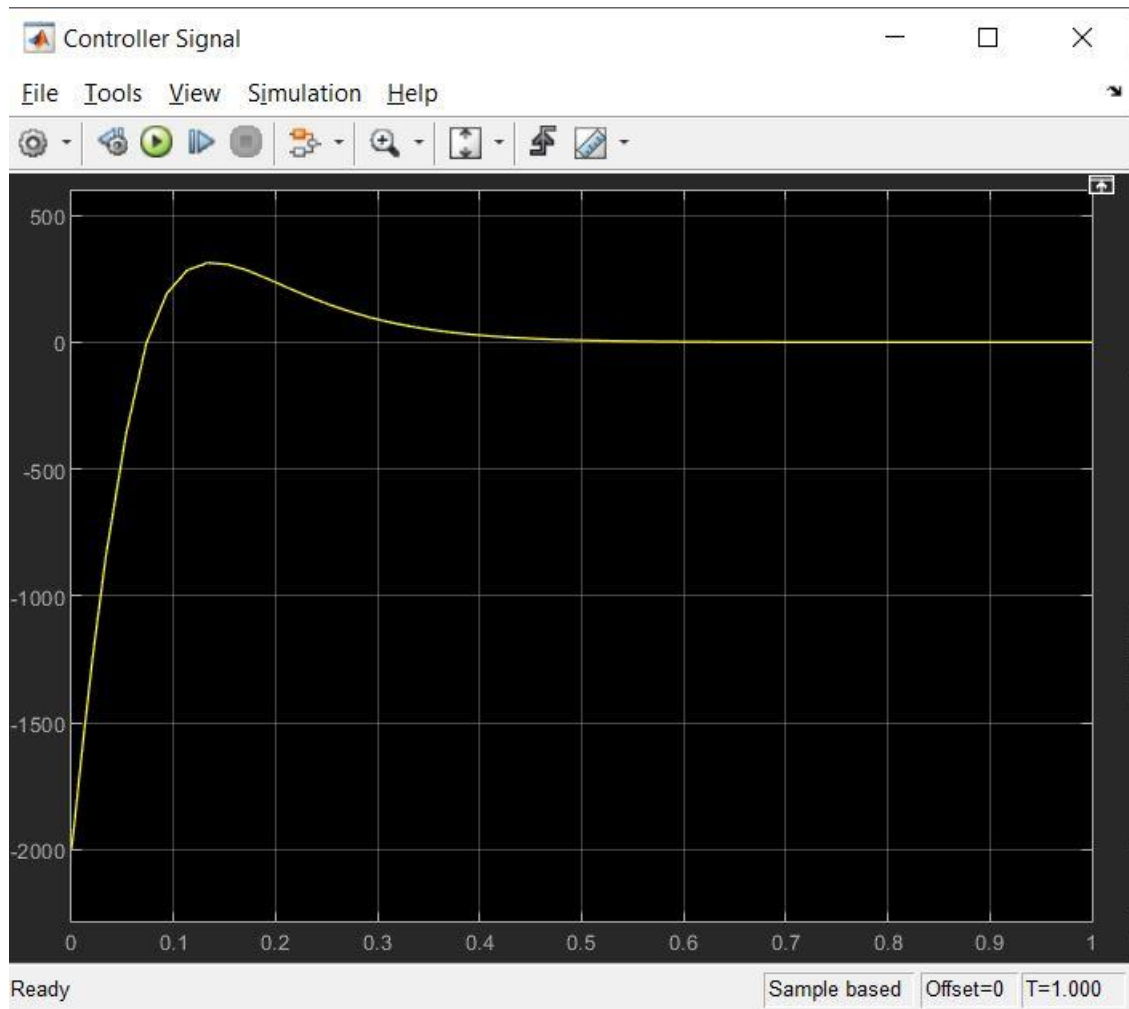
شکل 2) موج مربعی با رنگ زرد و خروجی سیستم با رنگ آبی در کنار هم قرار داده شده اند.



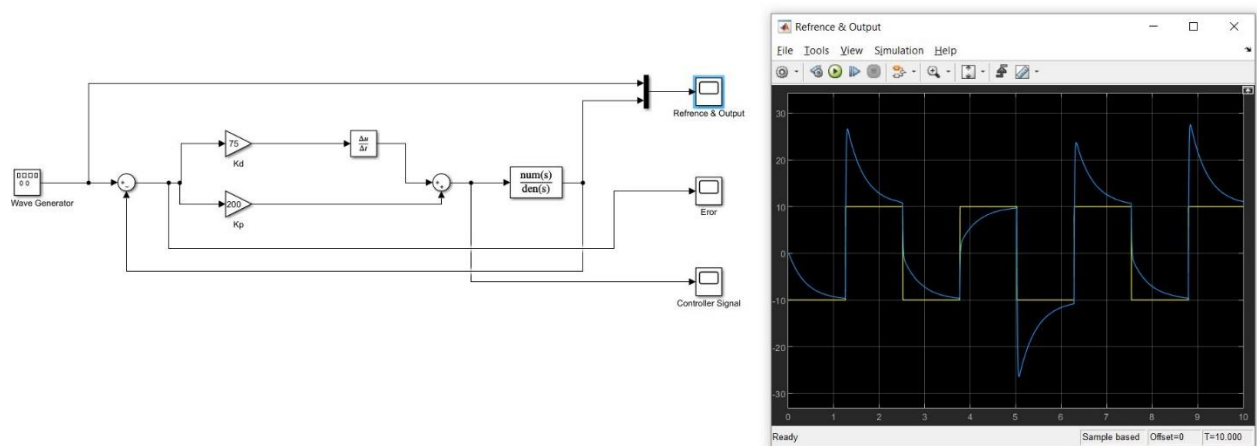
شکل 3) سگنال خطا



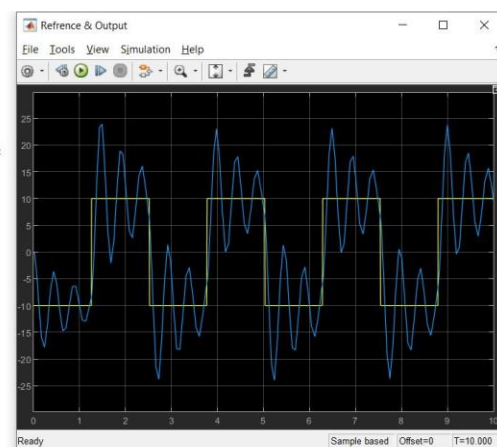
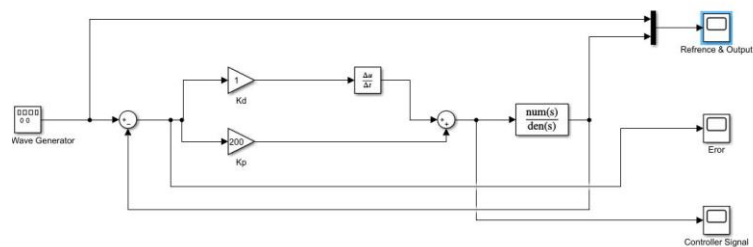
شکل 4) سیگنال کنترلی تا  $T=1s$



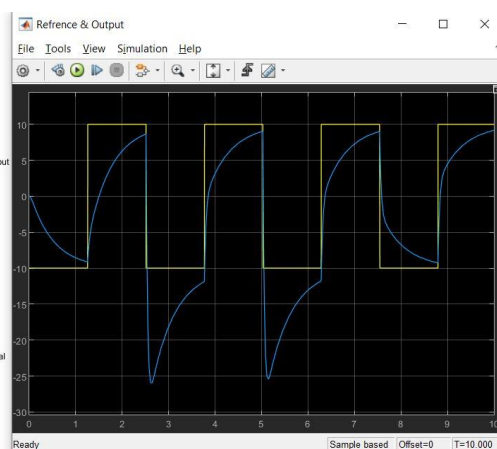
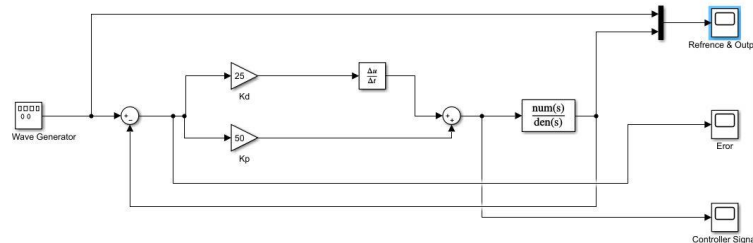
شکل 5) موج ورودی و خروجی با  $K_d=75$



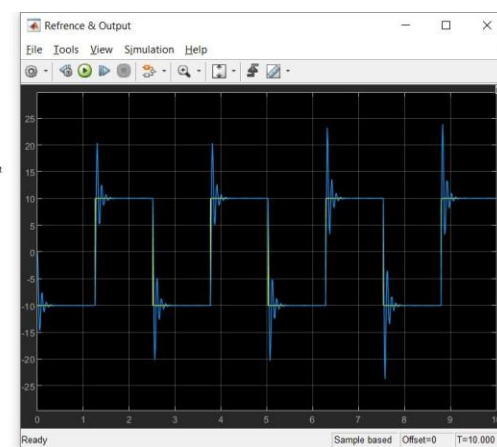
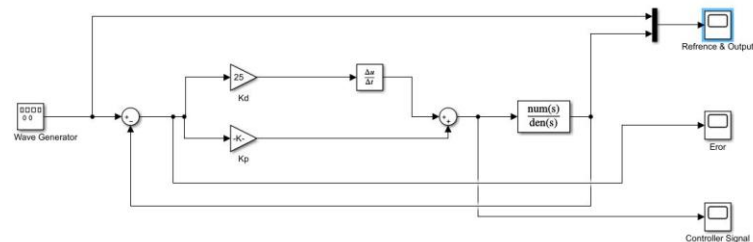
شکل 6) موج ورودی و خروجی با  $K_d=1$



شکل 7) موج ورودی و خروجی با  $K_p=50$



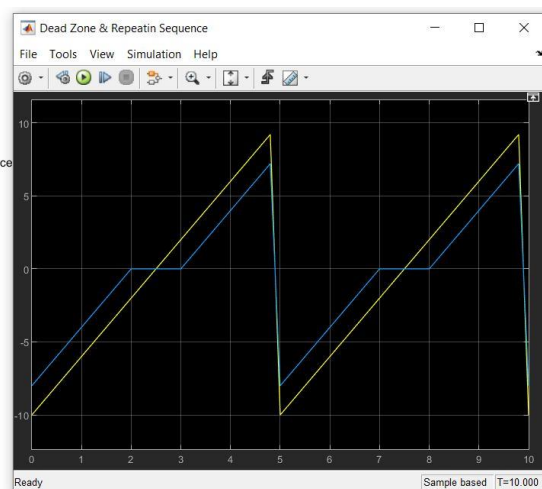
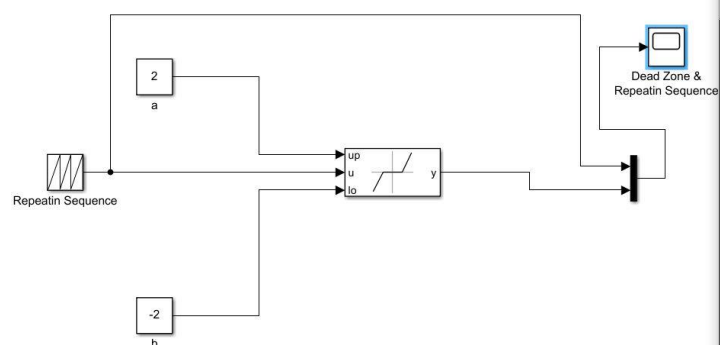
شکل 8) موج ورودی و خروجی با  $K_p=4000$



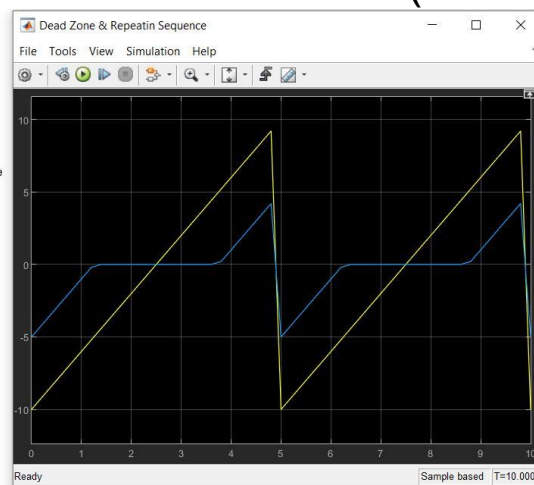
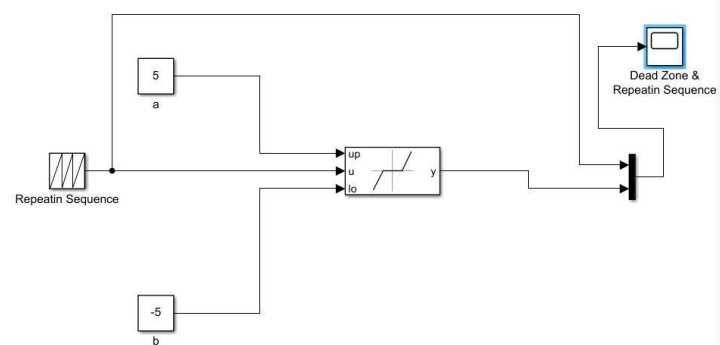
سوال (1)

قسمت ب)

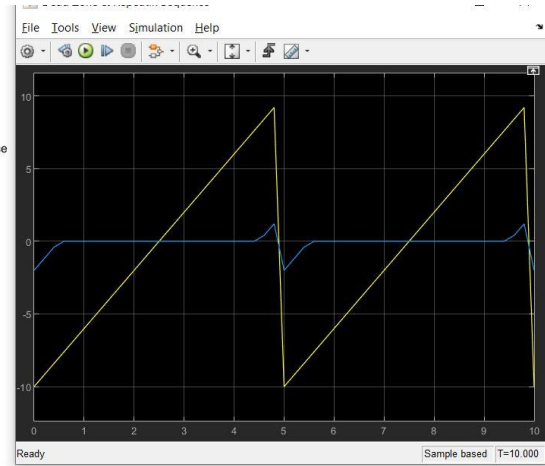
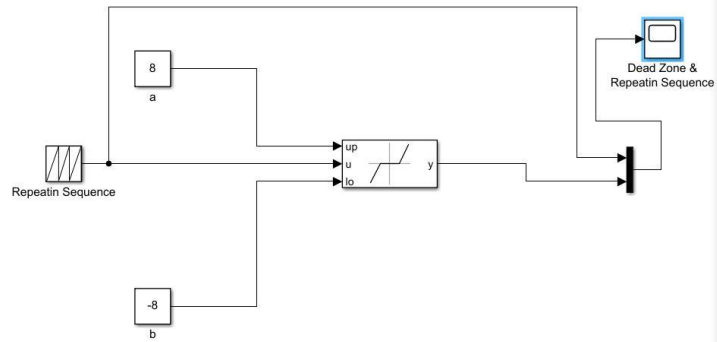
شکل 9)  $a=b=2$



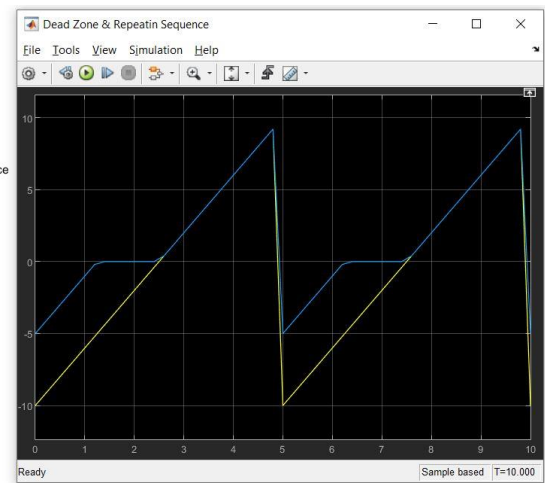
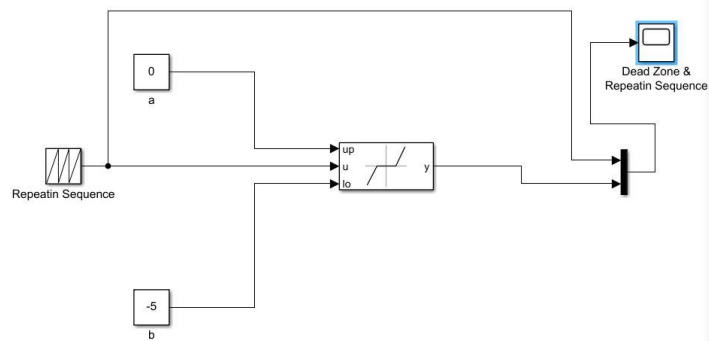
شکل 10)  $a=b=5$



شكل 11)  $a=b=8$

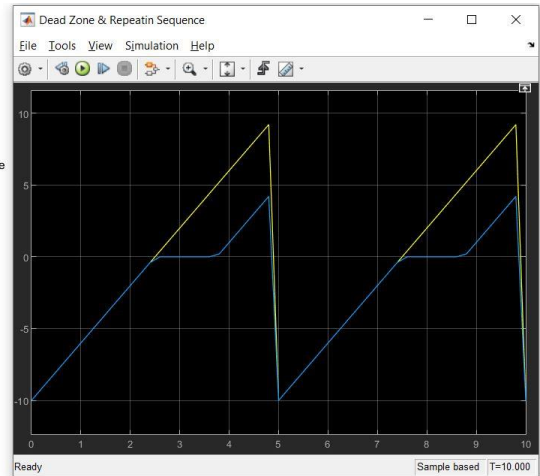
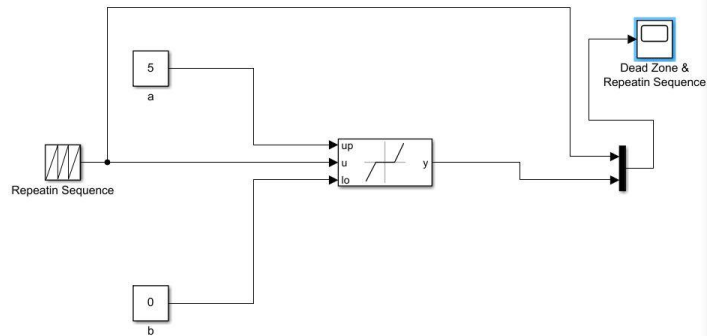


شكل 12)  $a=0, b=5$





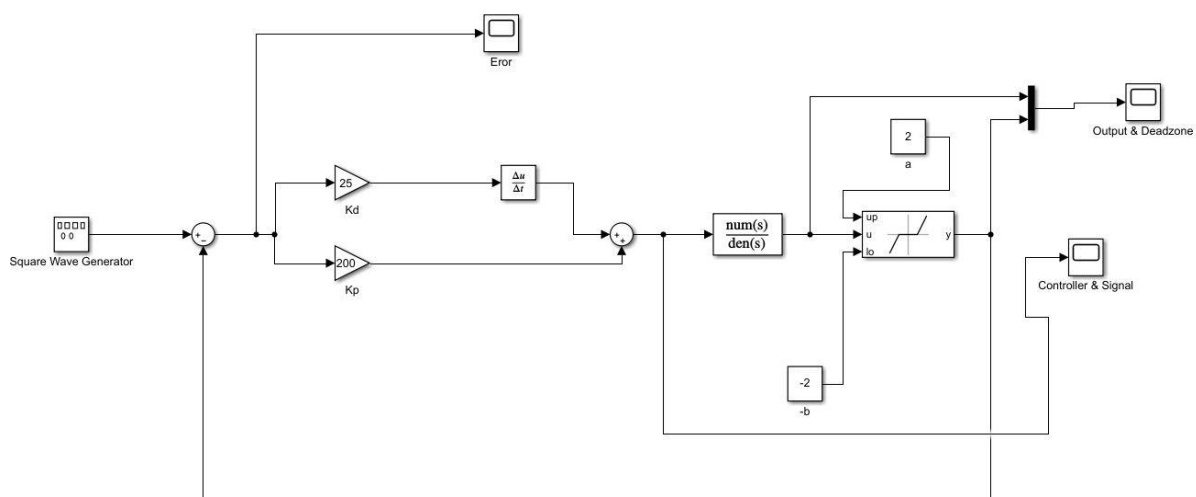
شکل 13)  $a=5, b=0$



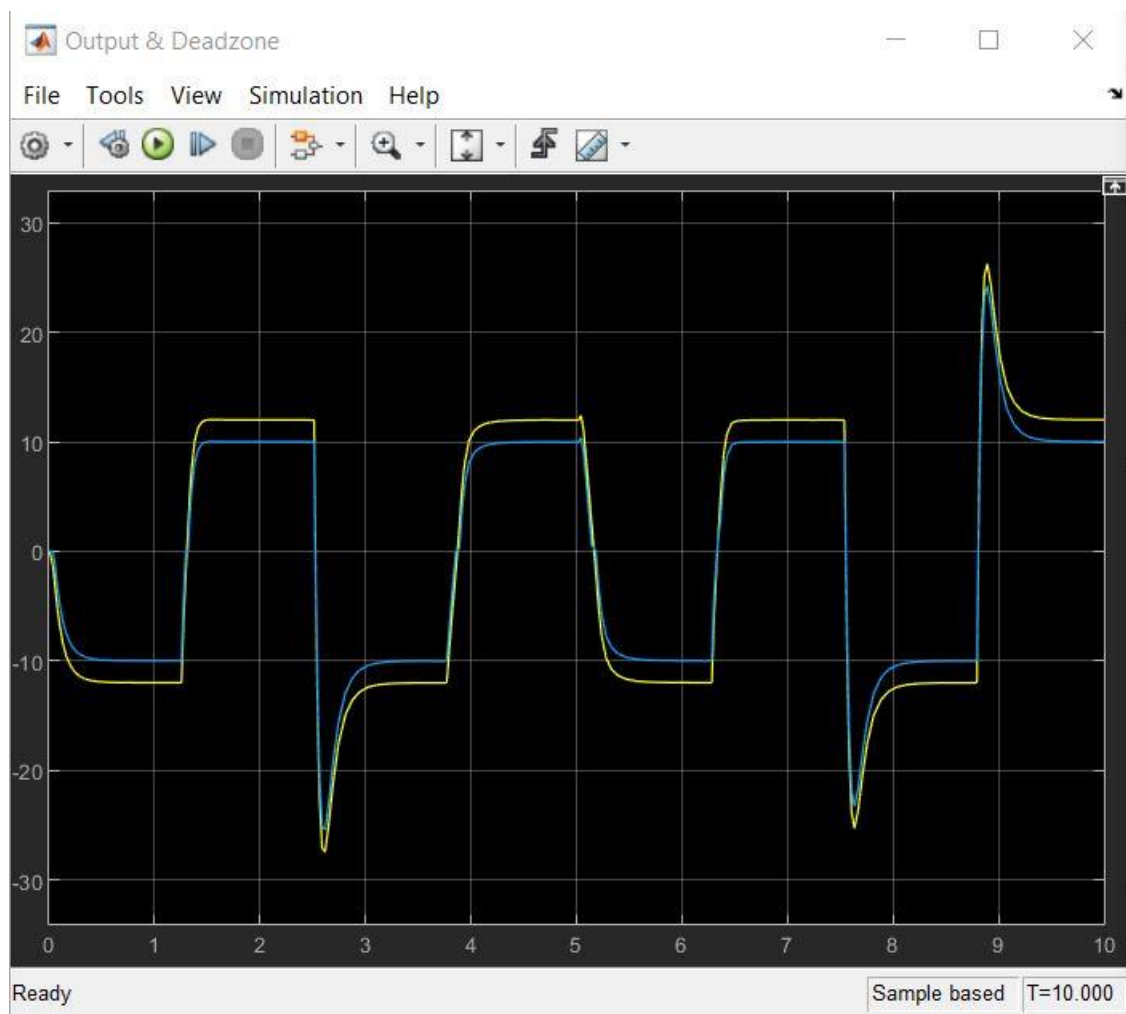
تحلیل بلوک Dead Zone توسط اشکال بالا :

اگر سیگنالی به  $u$  این بلوک وصل کنیم بسته به مقداری که در ورودی های  $up$  و  $lo$  می‌دهیم سیگنال خروجی از این بلوک متفاوت خواهد بود بدین شکل که اگر  $up=a$  و  $lo=-b$  به طوری که  $a>0$  ,  $b>0$  باشند انگاه سیگنال ورودی را اگر  $y \in [-b, a]$  باشد را صفر رد میکند و برای باقی نقاط خطی به موازات سیگنال اصلی از  $x$  های مد نظر میکشد.

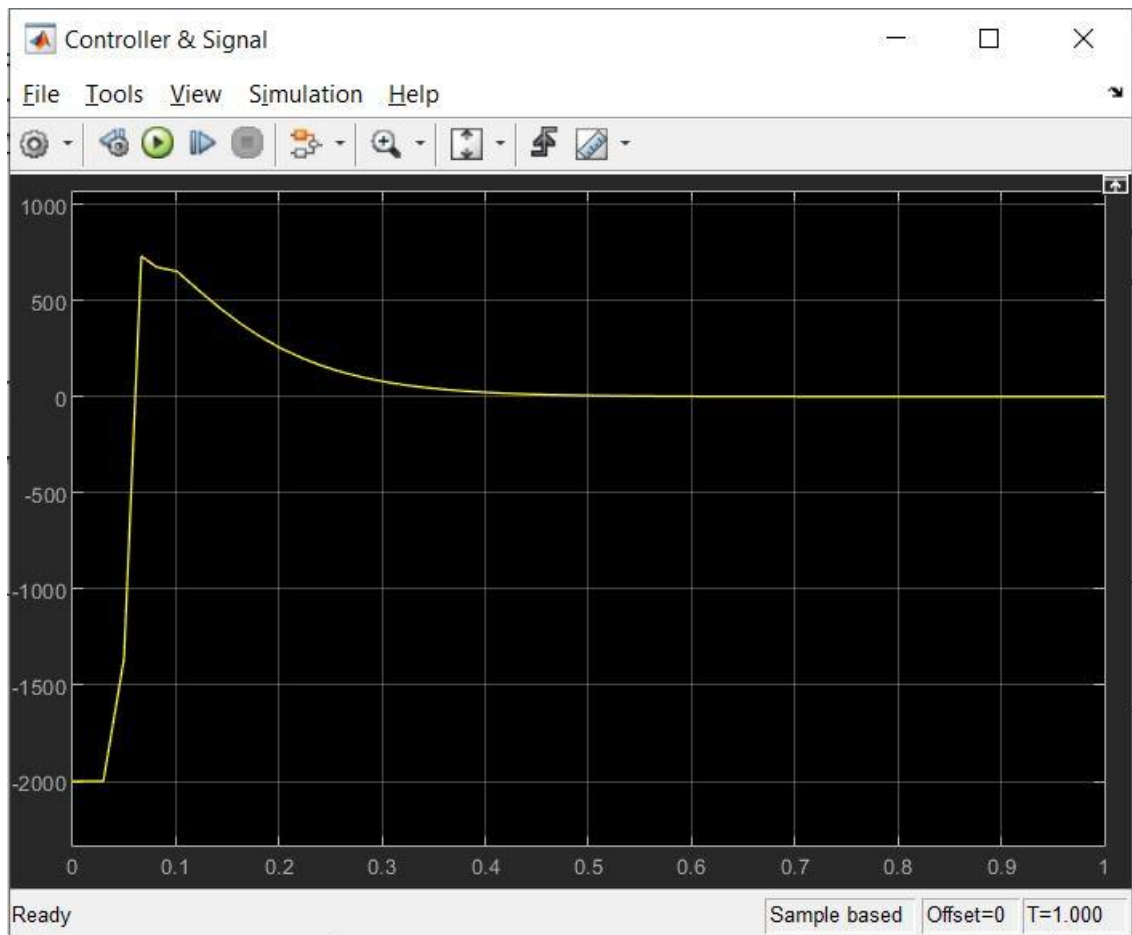
شکل 14) اضافه کردن Dead Zone به قسمت الف



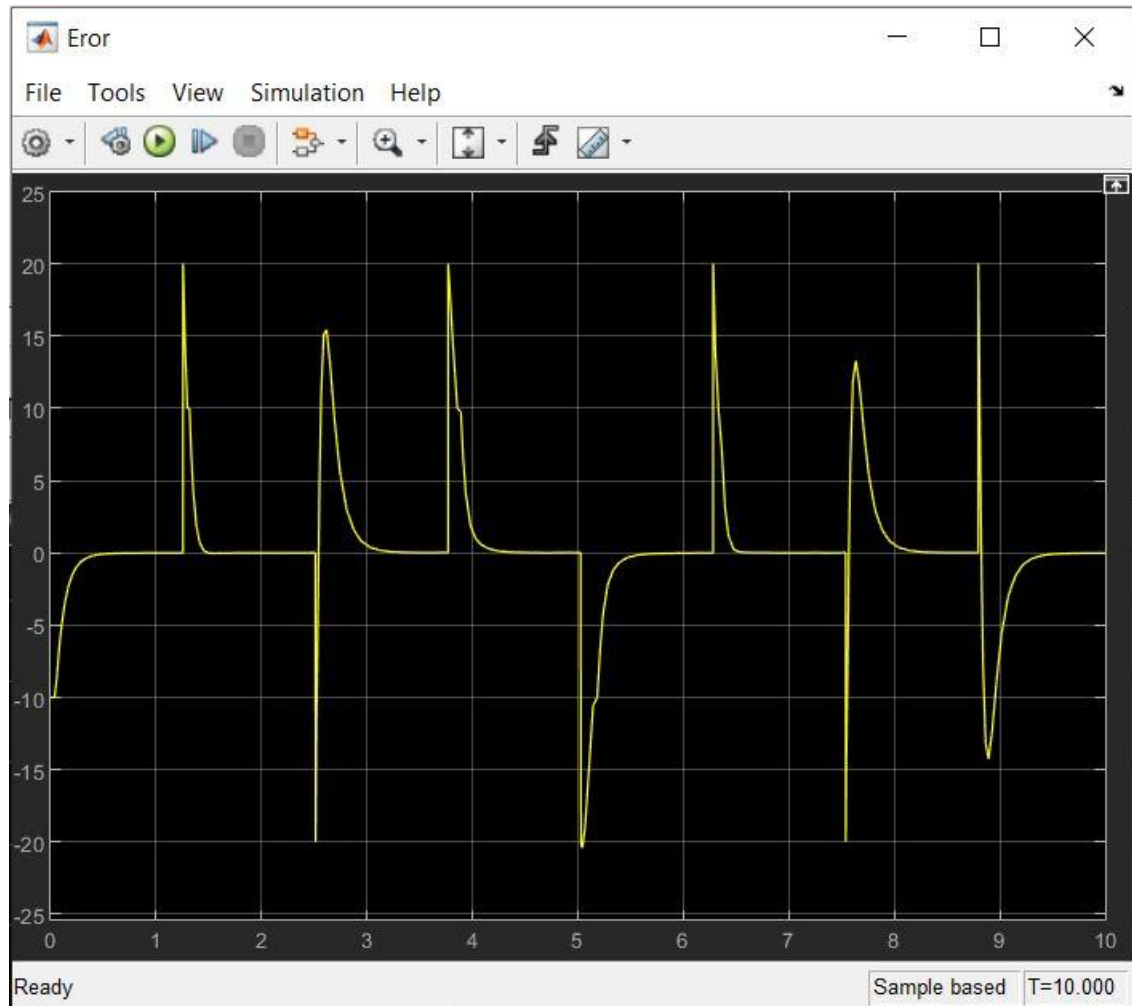
شکل 15)  $a=2, b=2$  برای خروجی فرایند که به رنگ زرد و خروجی Dead zone به رنگ ابی نمایش داده شده است



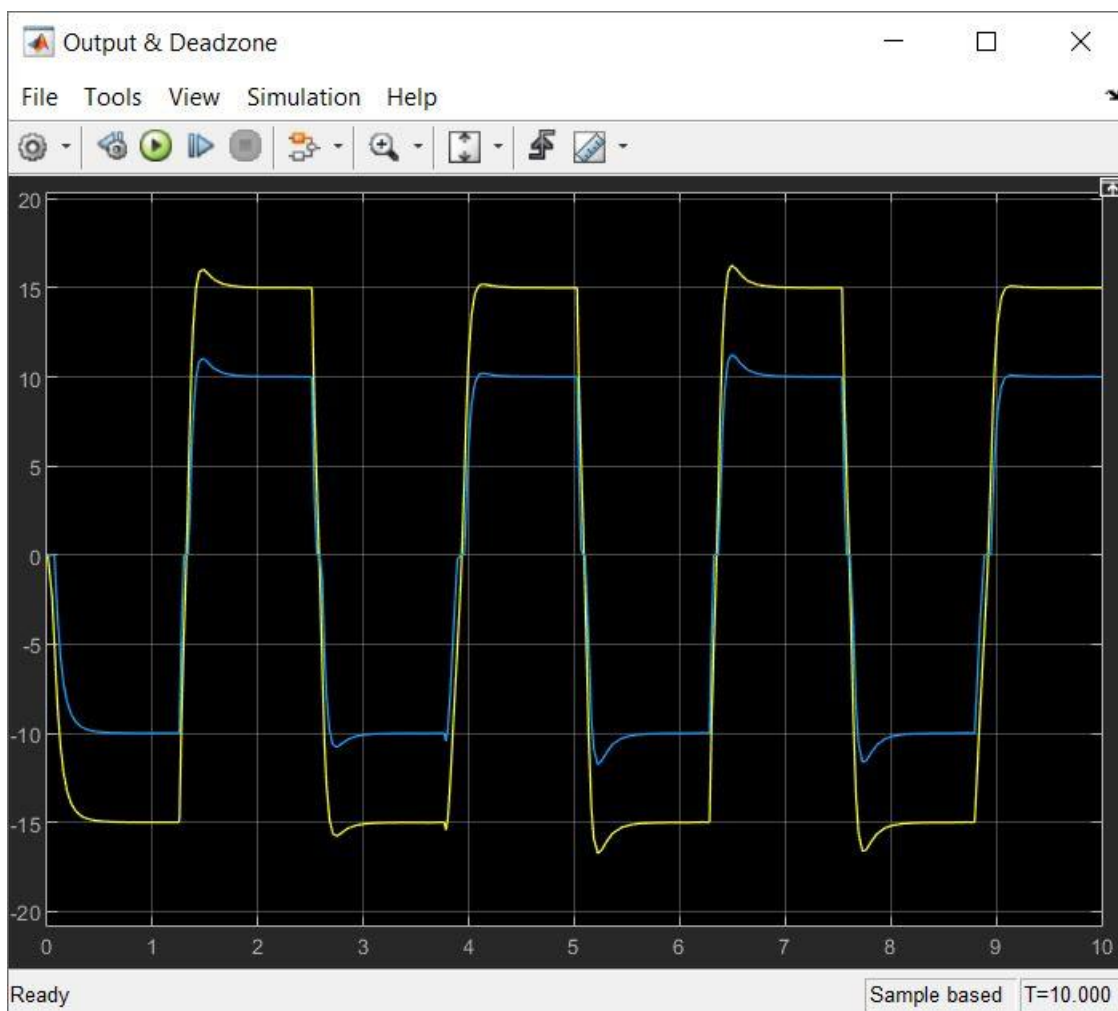
شکل 16) برای سیگنال کنترلر  $a=2, b=2$  و  $T=1s$



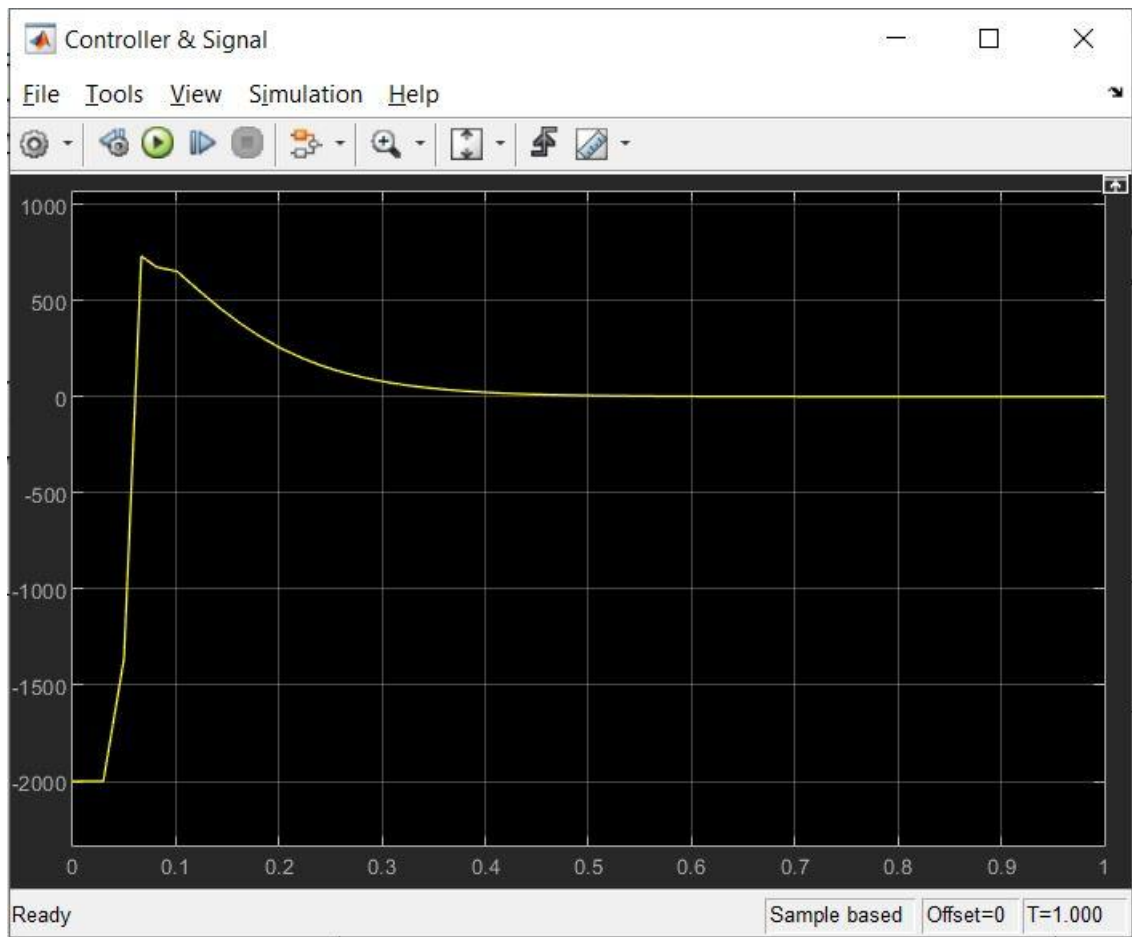
شکل 17)  $a=2, b=2$  برای سیگنال خطا



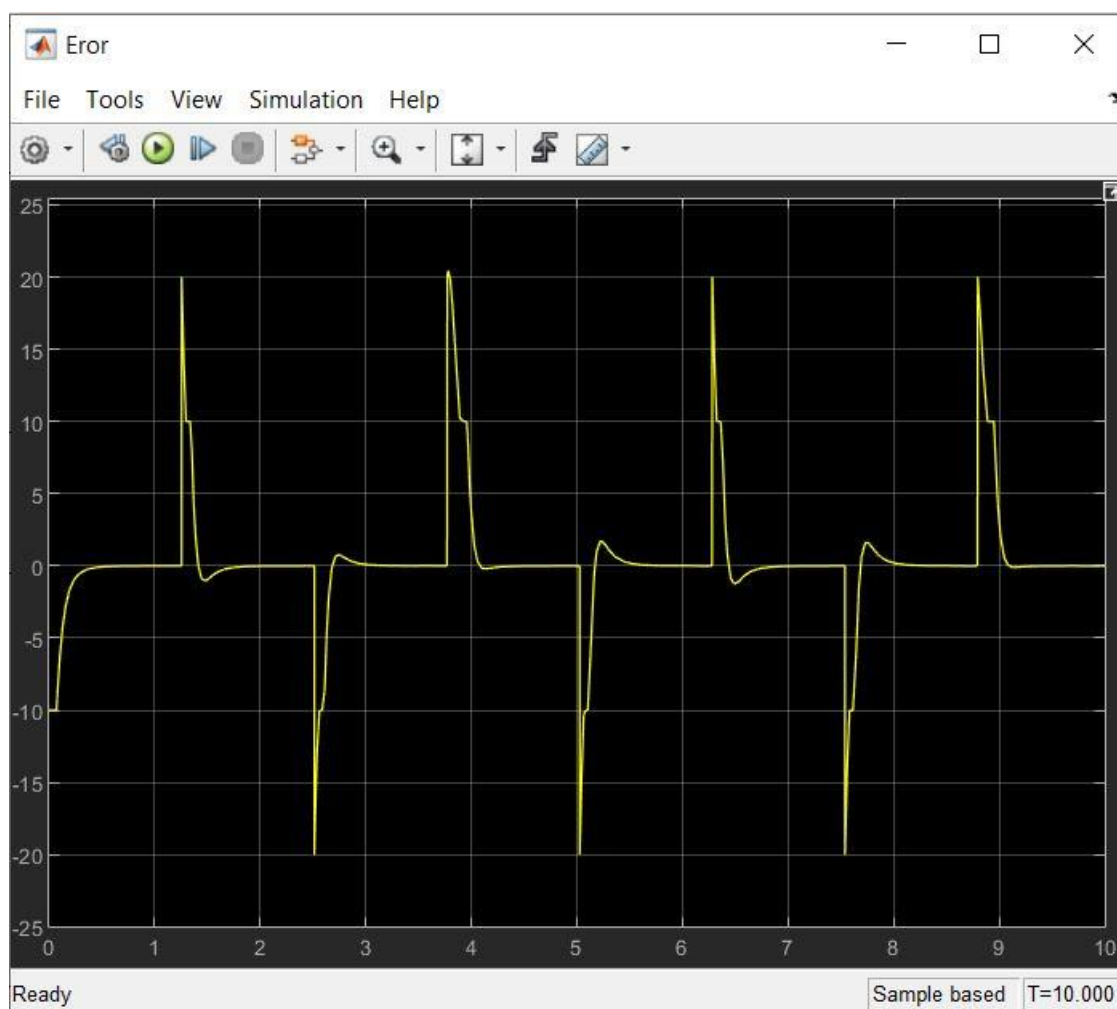
شکل 18) برای خروجی فرایند به رنگ زرد و خروجی deadzone به رنگ آبی نمایش داده شده است.



شکل 19) برای سیگنال کنترلر  $a=5, b=5$  و  $T=1s$

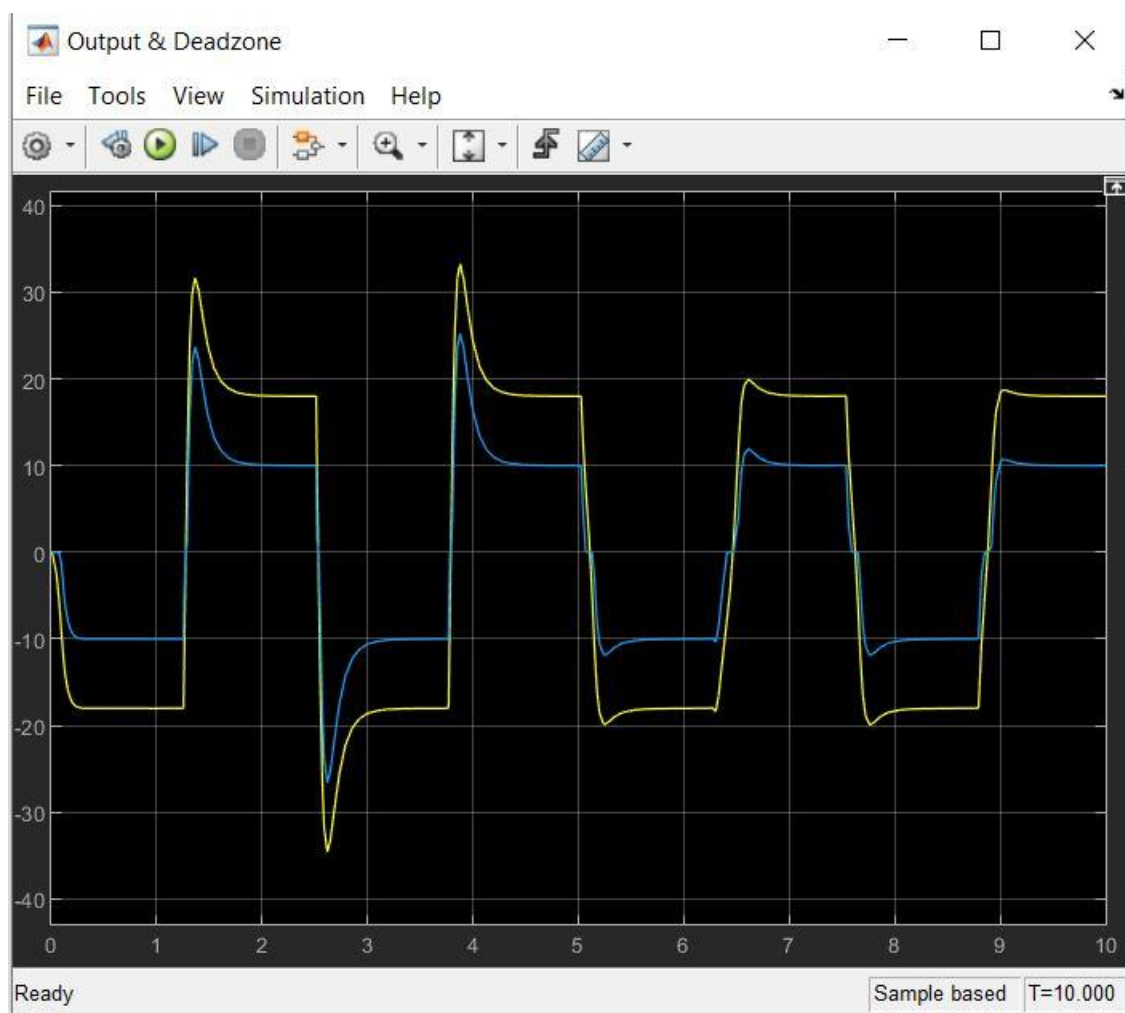


شکل 20) برای  $a=5, b=5$  سیگنال خطا

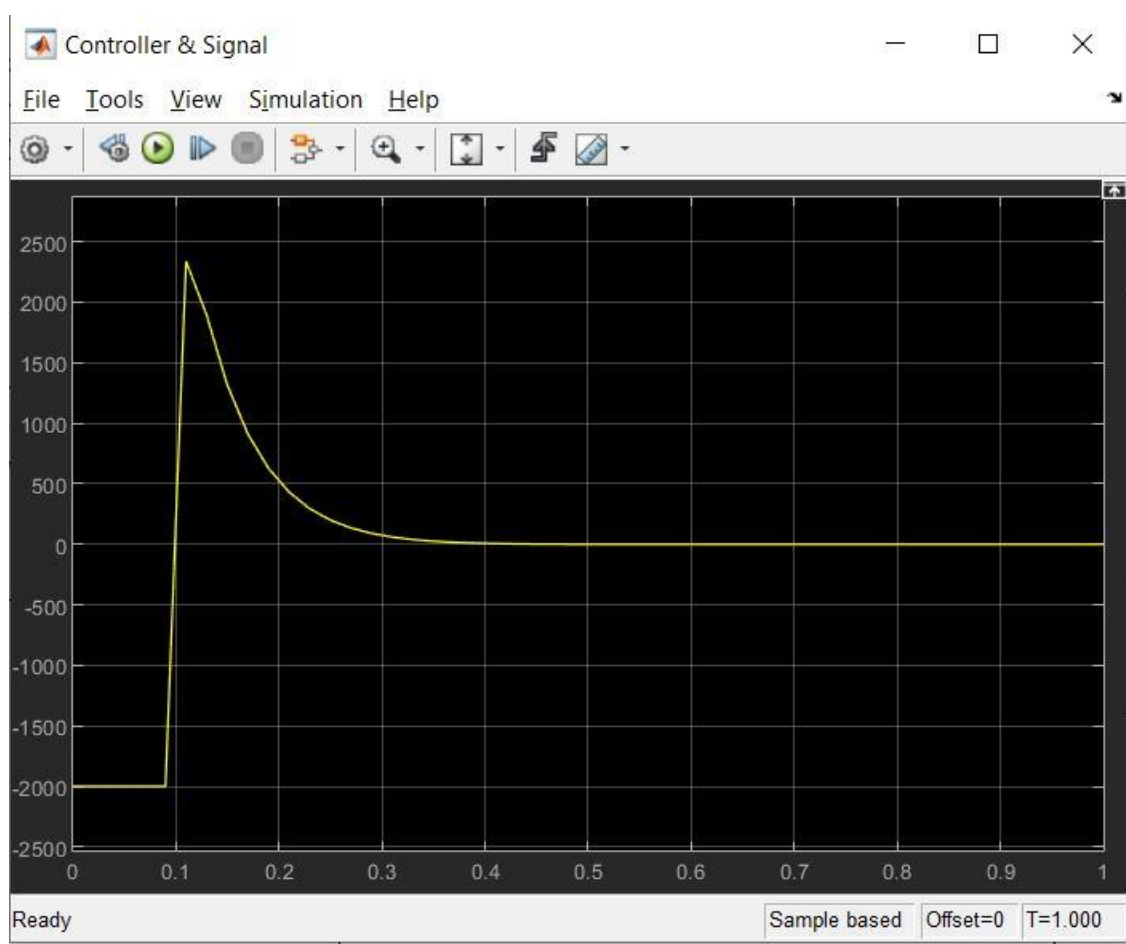




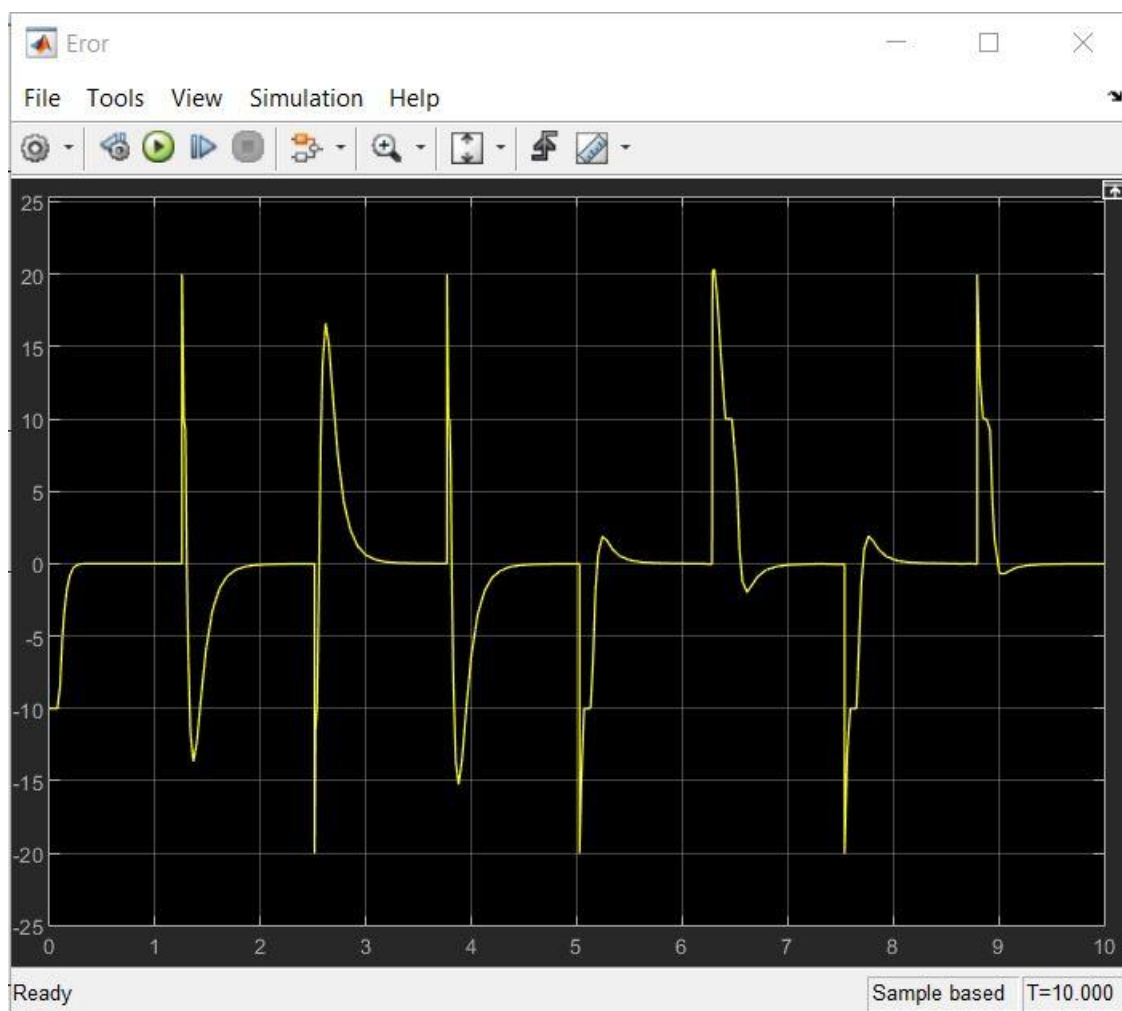
شکل 21)  $a=8, b=8$  برای خروجی فرایند به رنگ زرد و خروجی deadzone به رنگ آبی نمایش داده شده است



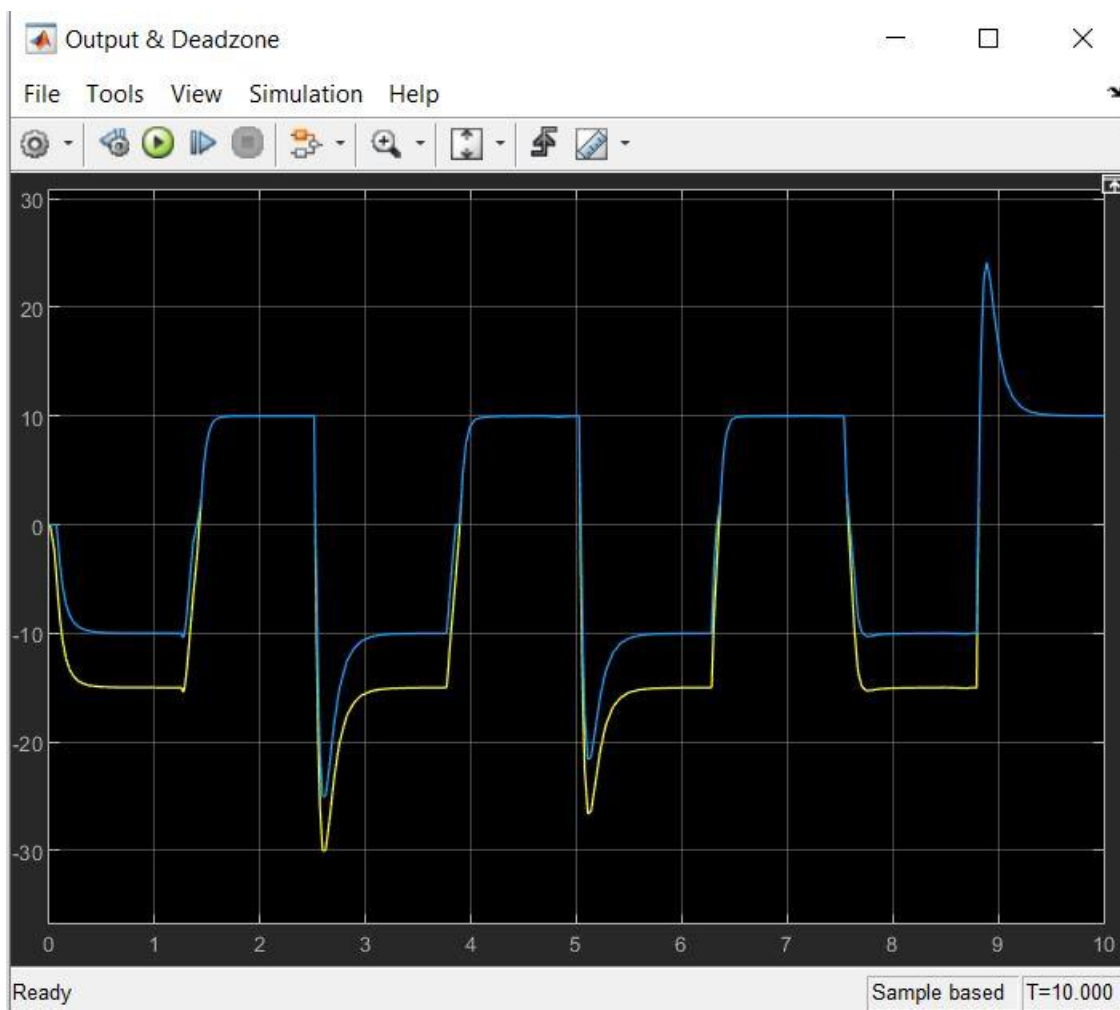
شکل 22) برای سیگنال کنترلر  $a=8, b=8$  و  $T=1s$



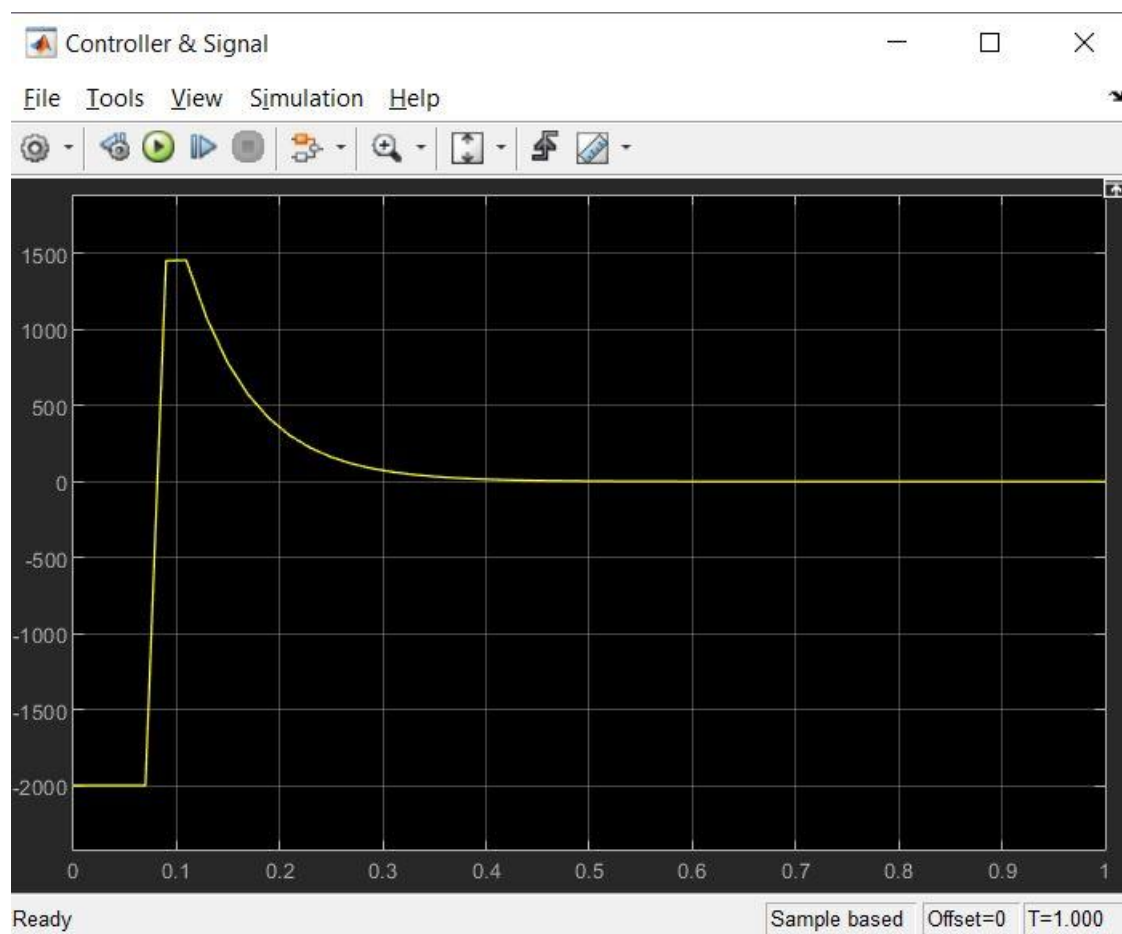
شکل 23) برای سیگنال خطا  $a=8, b=8$



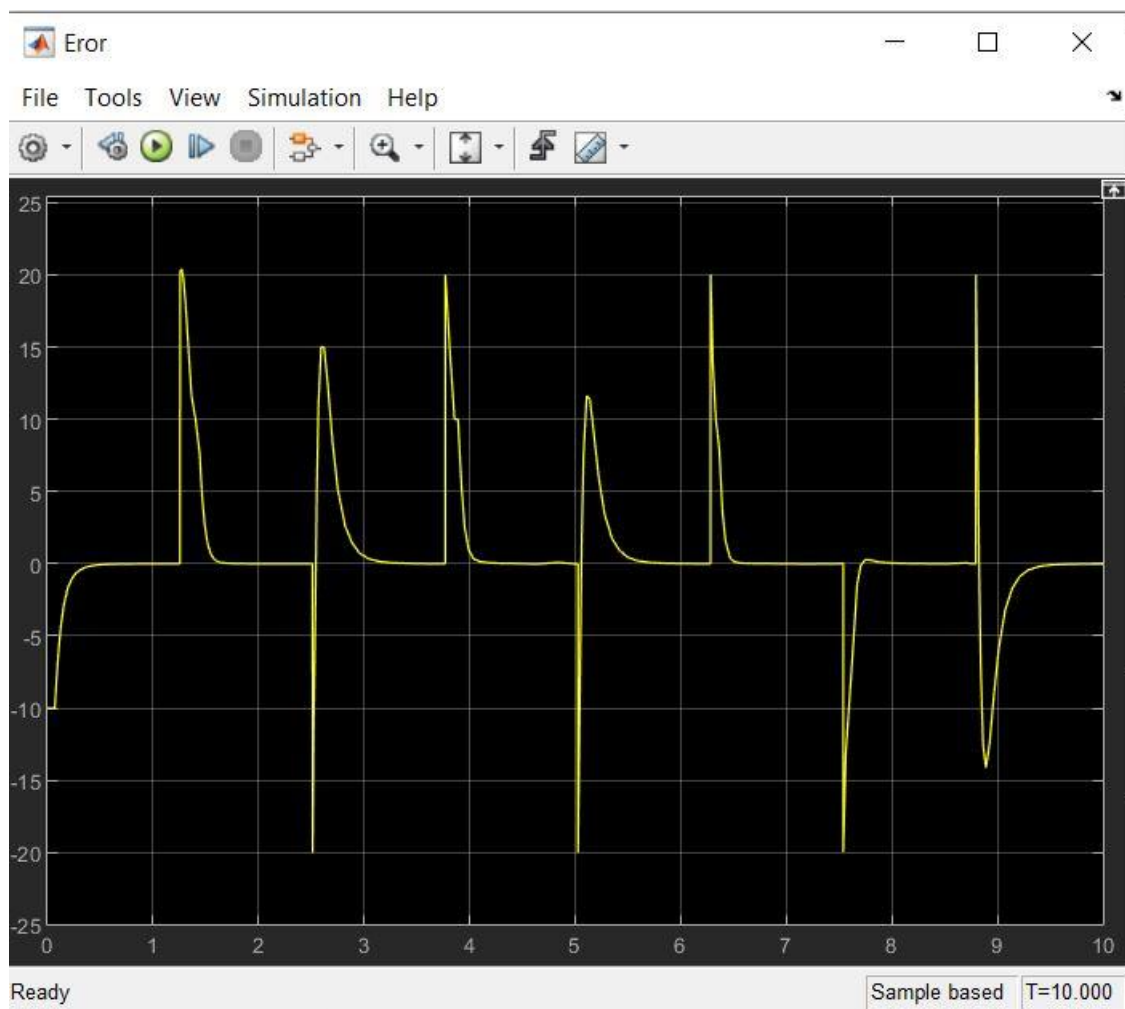
شکل 24) برای خروجی فرایند به رنگ زرد و خروجی deadzone به رنگ ابی نمایش داده شده است.



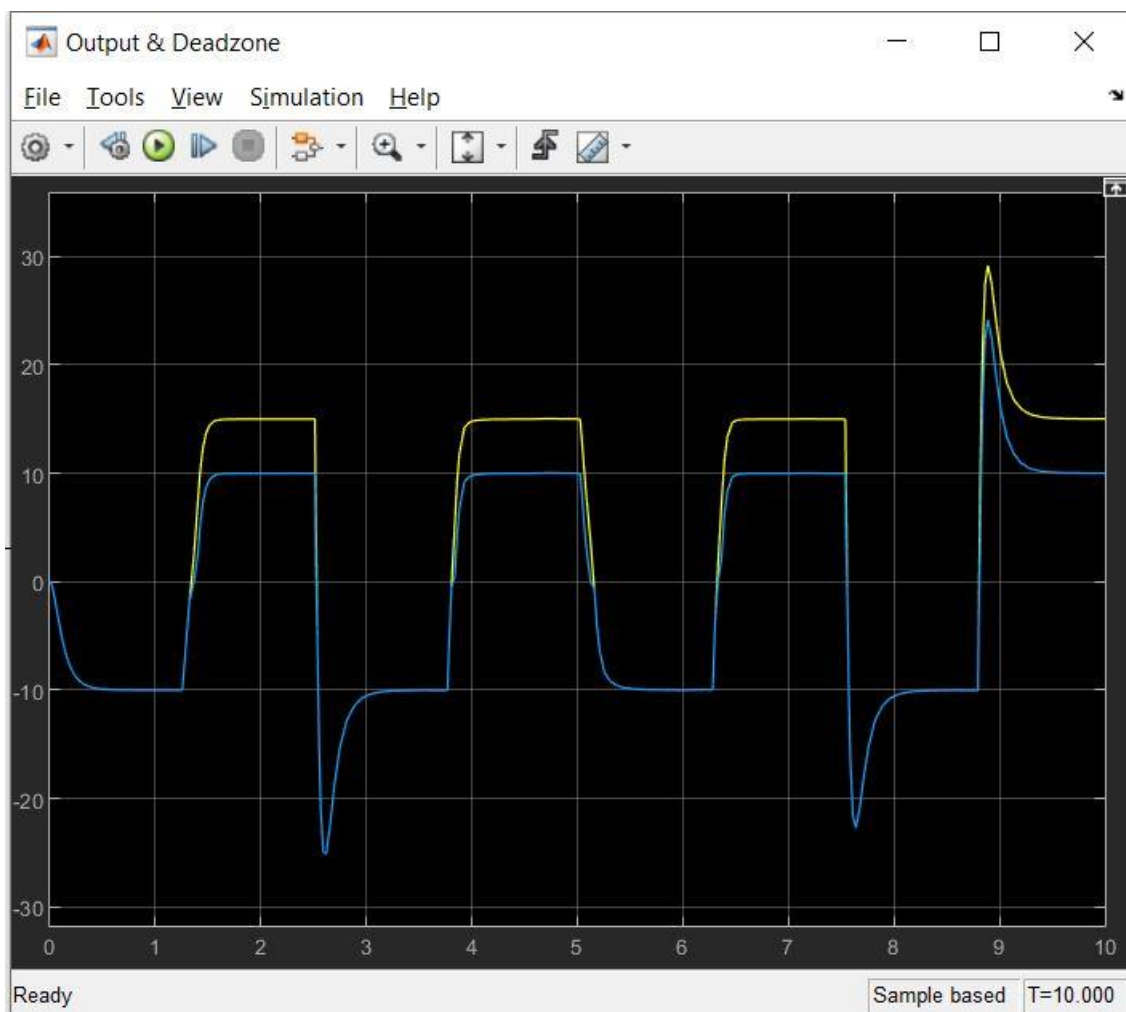
شکل 25) برای سیگنال کنترلر  $a=0, b=5$  و  $T=1s$



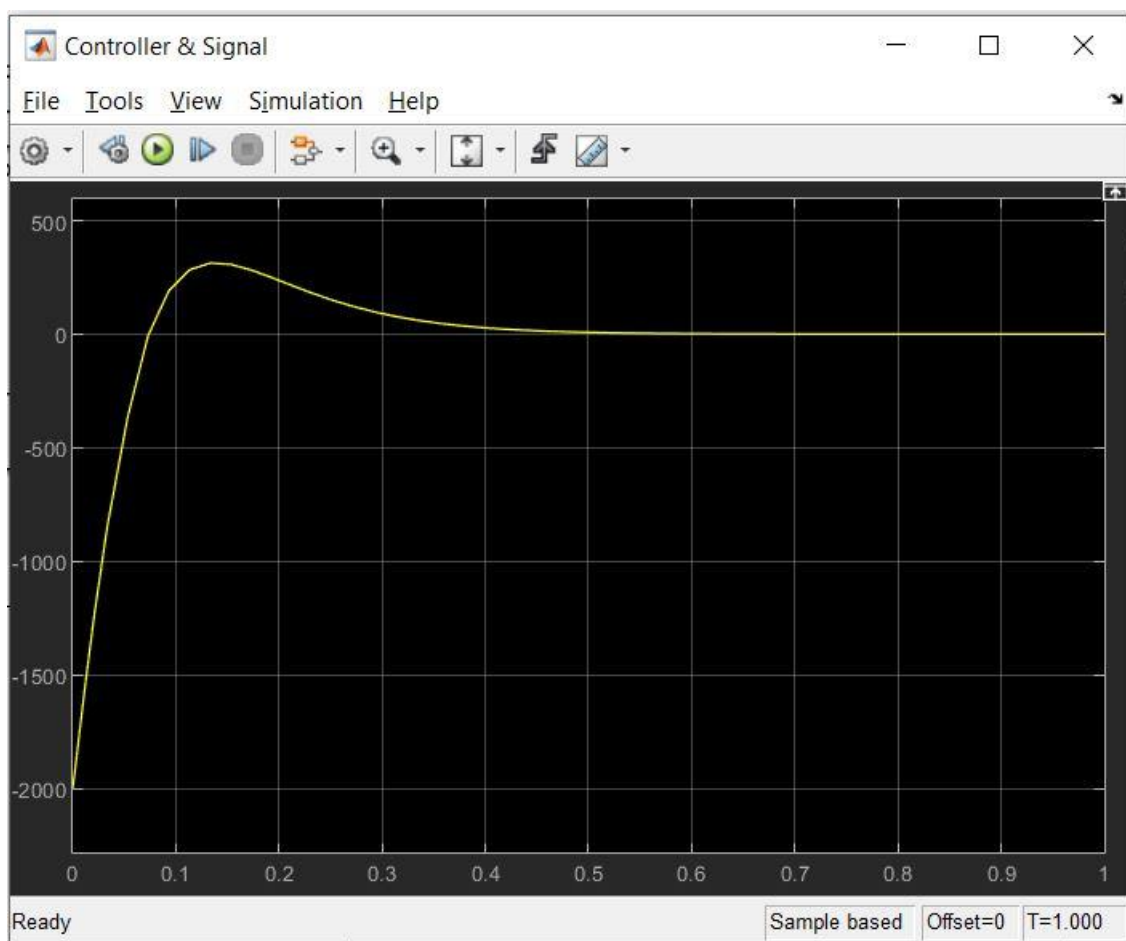
شکل 26) برای سیگنال خطا  $a=0, b=5$



شکل 27)  $a=5, b=0$  برای خروجی فرایند به رنگ زرد و خروجی deadzone به رنگ آبی نمایش داده شده است.

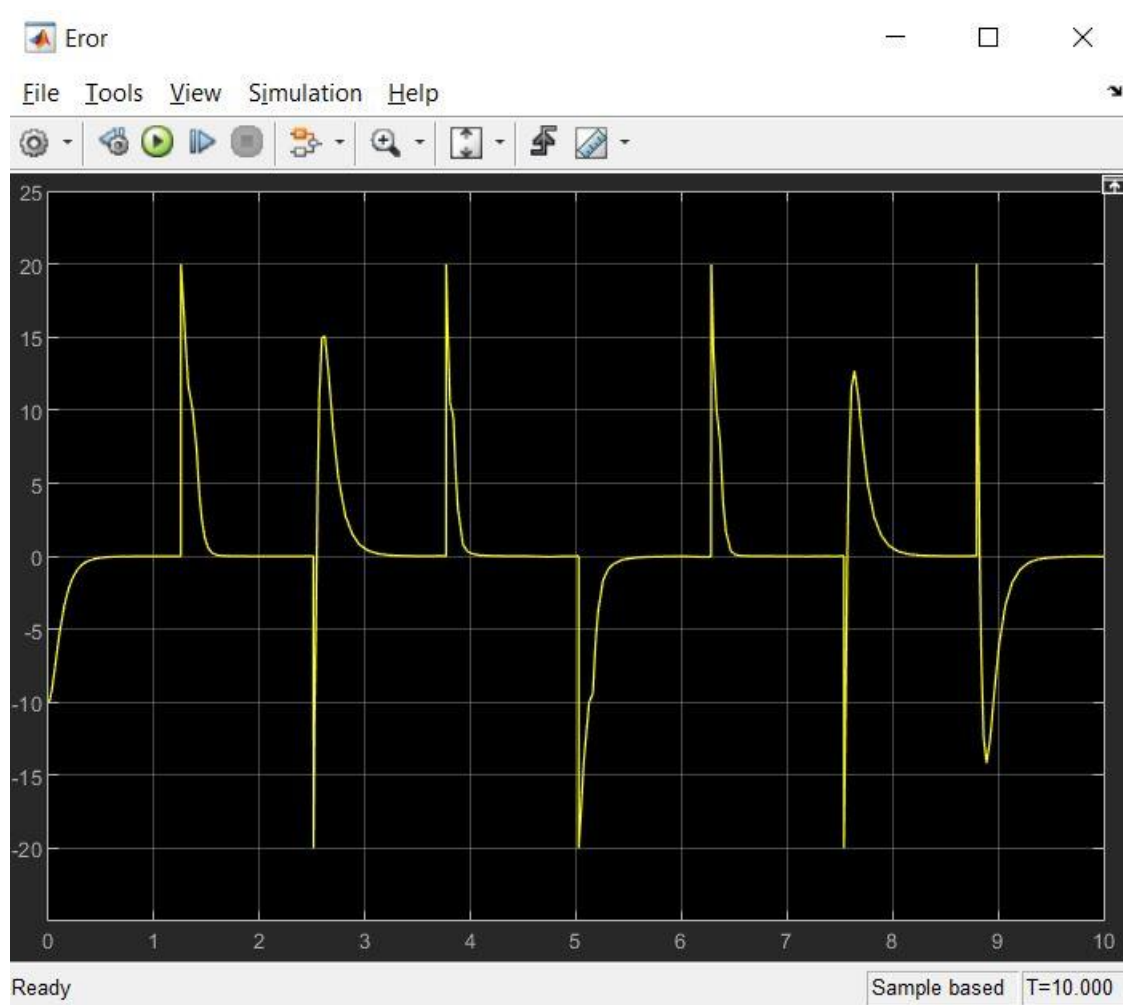


شکل 28) بای سیگنال کنترلر  $T=1s$  با  $a=5, b=0$





شکل 29) برای سیگنال خطا  $a=5, b=0$



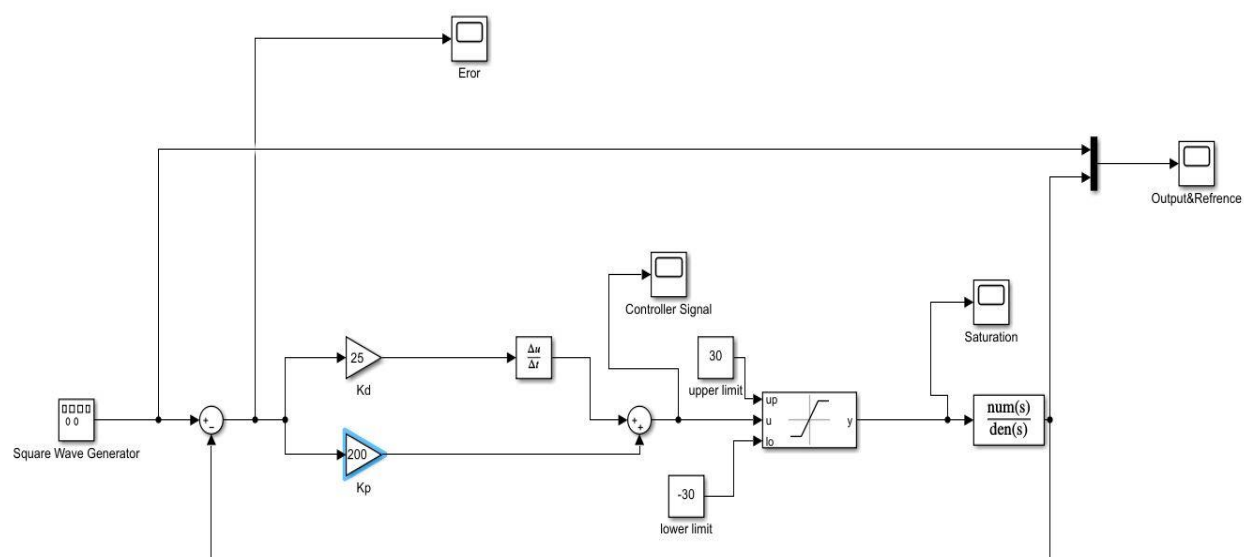
تحلیل اضافه کردن Dead Zone به مدار :

اگر با دادن  $a, b$  مناسب به  $\text{limit}$  های Dead Zone میتوانیم کاری کنیم که O.S و نوسانات را بهتر کنیم و به عبارتی حالت گذرا را میتوانیم بسیار بهتر کنیم چرا که اگر عملکرد خروجی سیستم را برای  $a=5, b=5$  مشاهده کنیم به اهمیت این موضوع پی میبریم و یا به عبارتی میتوان با  $a, b$  مناسب میتوان فقط حالت ماندگار سیستم را ببینیم و ویژگی های استاتیکی را مشاهده کنیم.

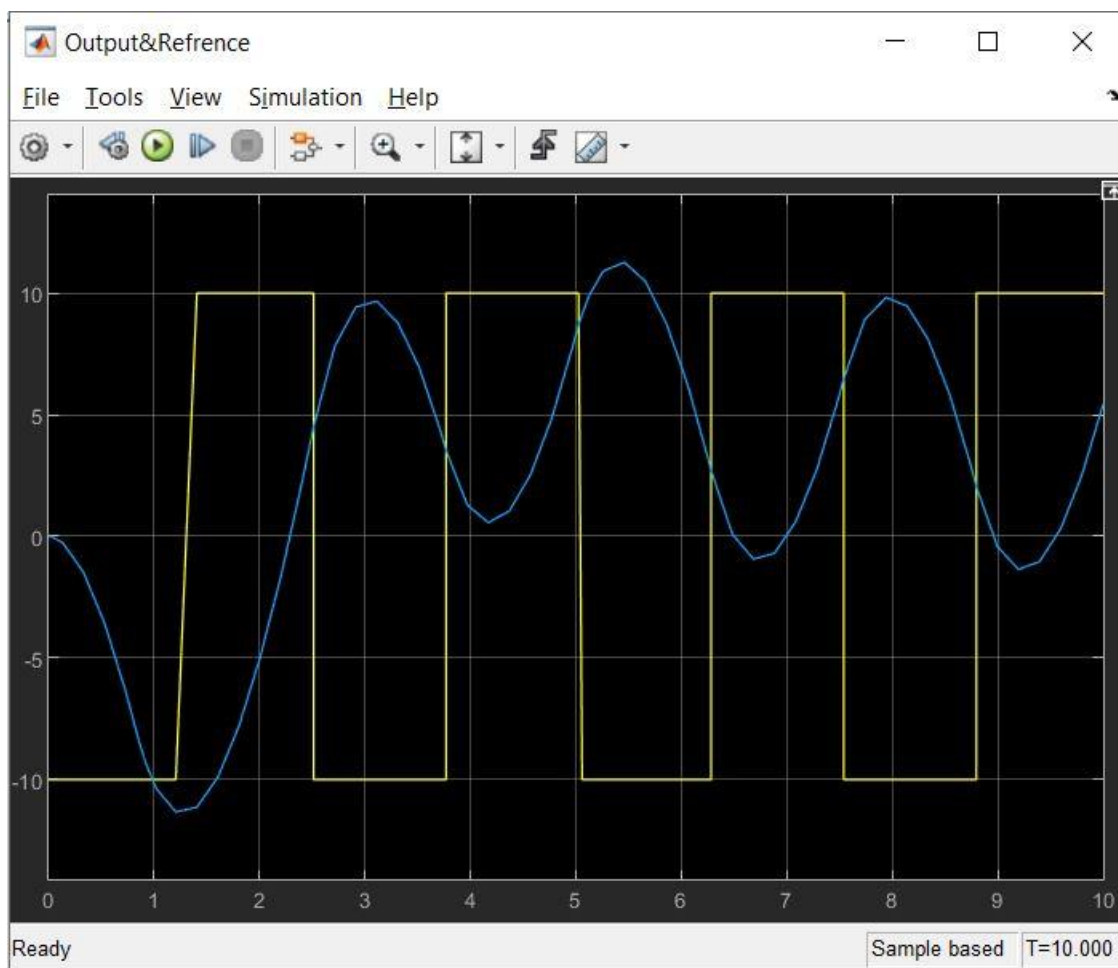
سوال 1)

قسمت ج)

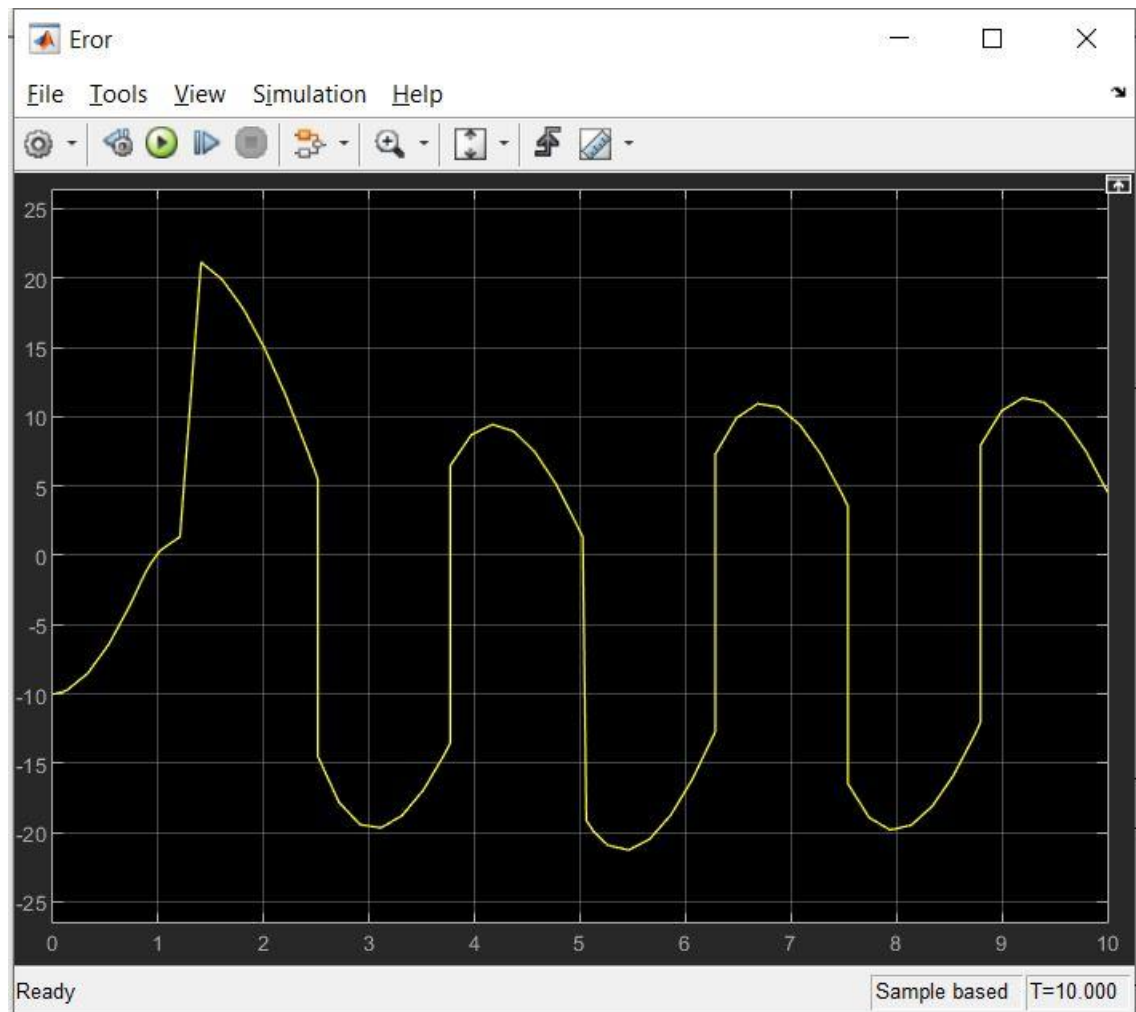
شکل 30) اضافه کردن بلوک Saturation به قسمت الف



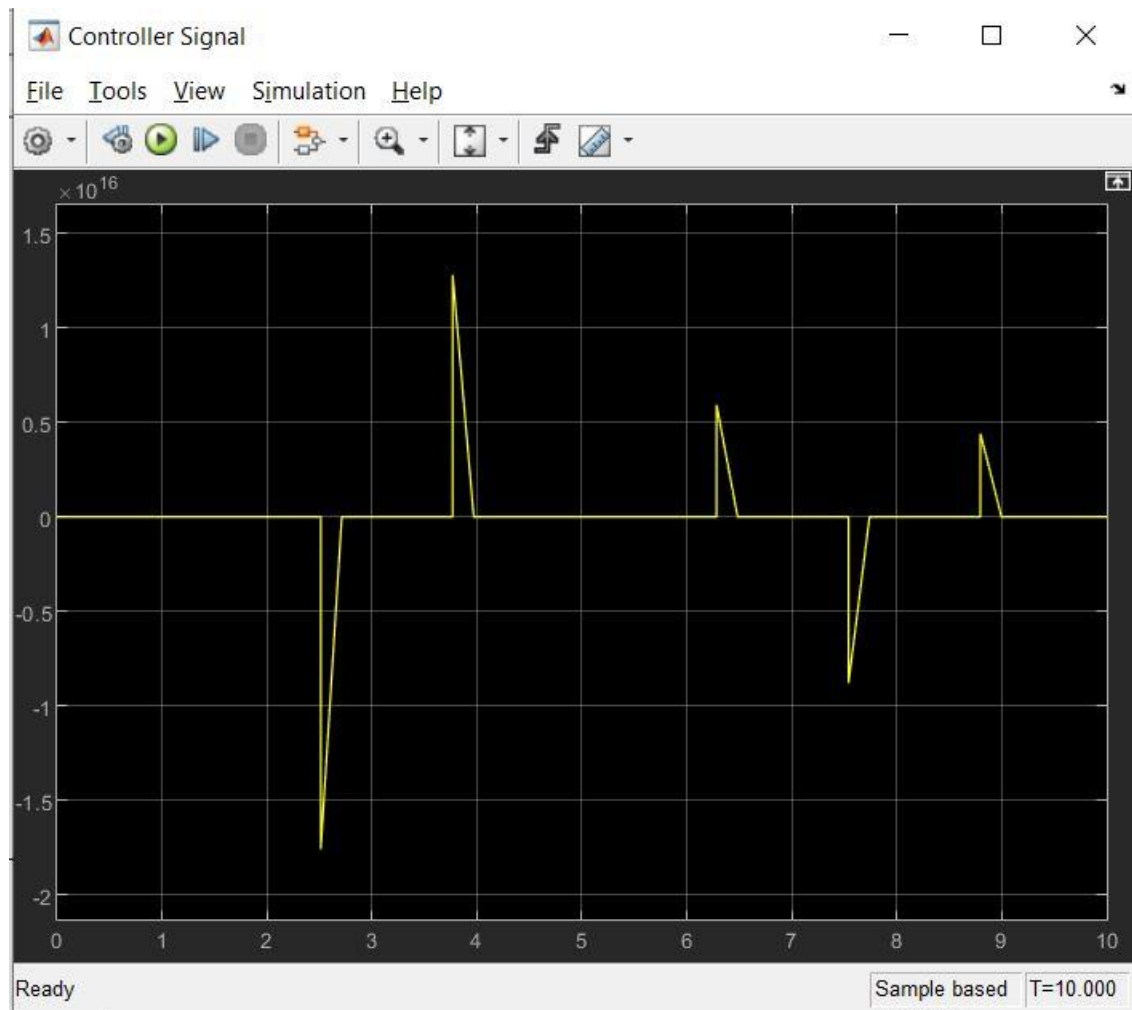
شکل 31)  $up\ limit=30, lower\ limit=-30$  برای خروجی فرایند به رنگ آبی و ورودی مرجع به رنگ زرد نمایش داده شده است.



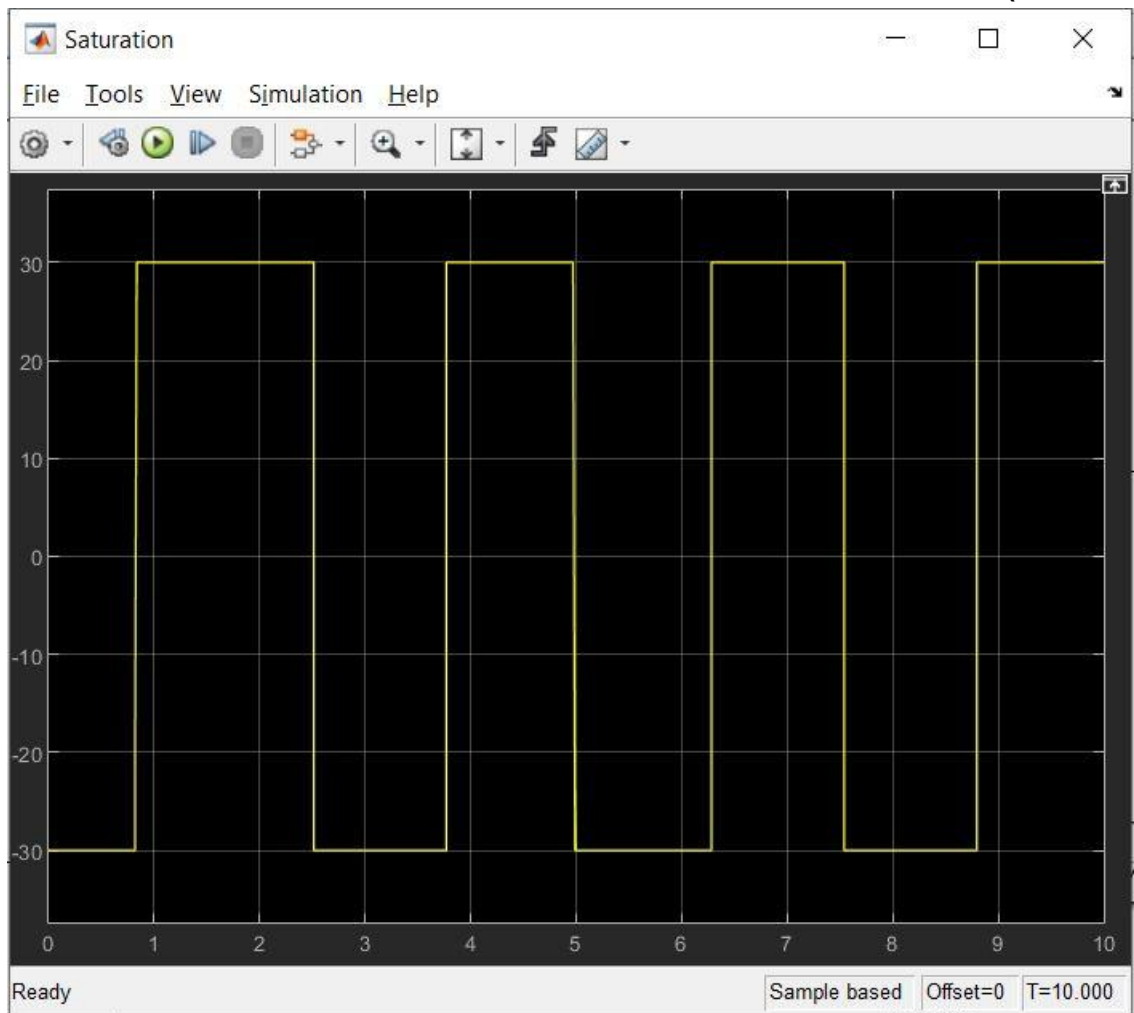
شکل 32) up limit=30, lower limit =-30 برای سیگنال خطا



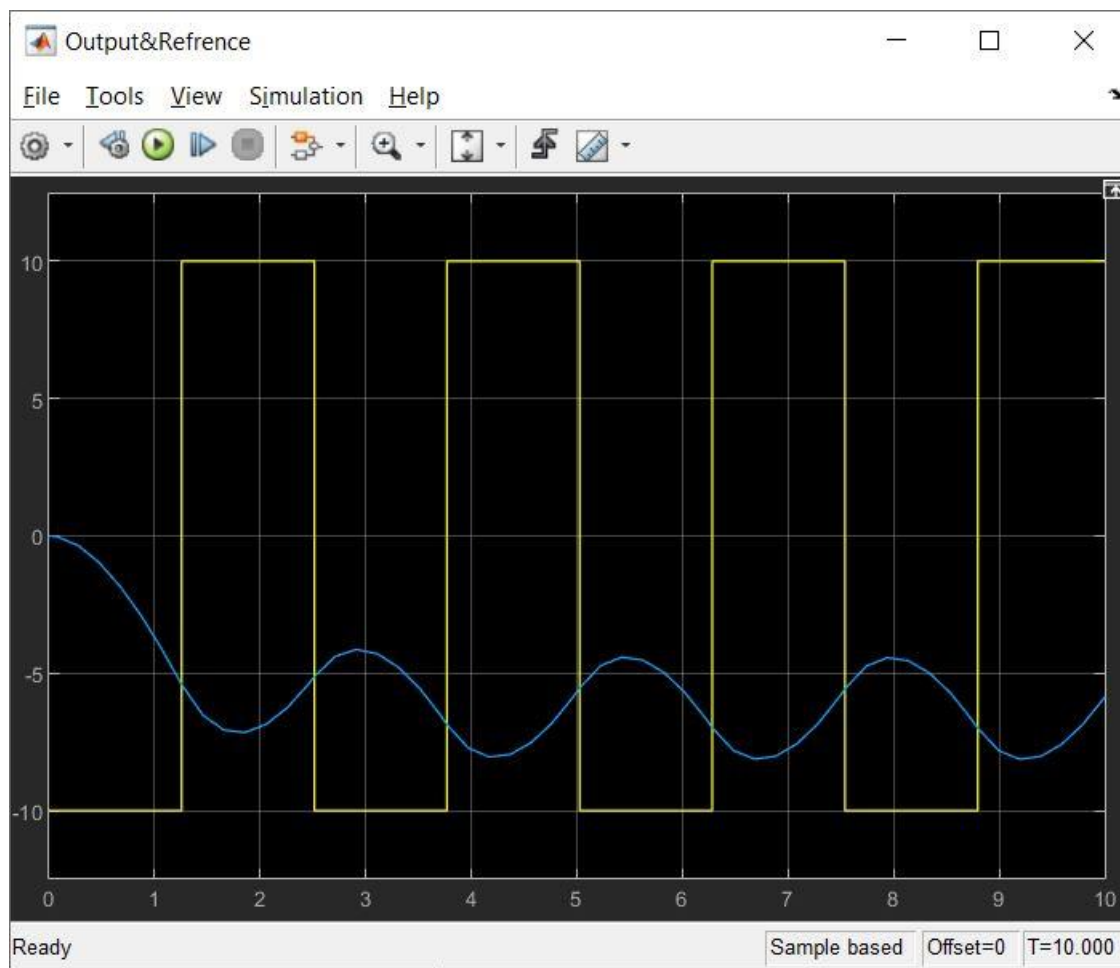
شکل 33)  $T=10s$  برای سیگنال کنترلر  $up\ limit=30, lower\ limit=-30$



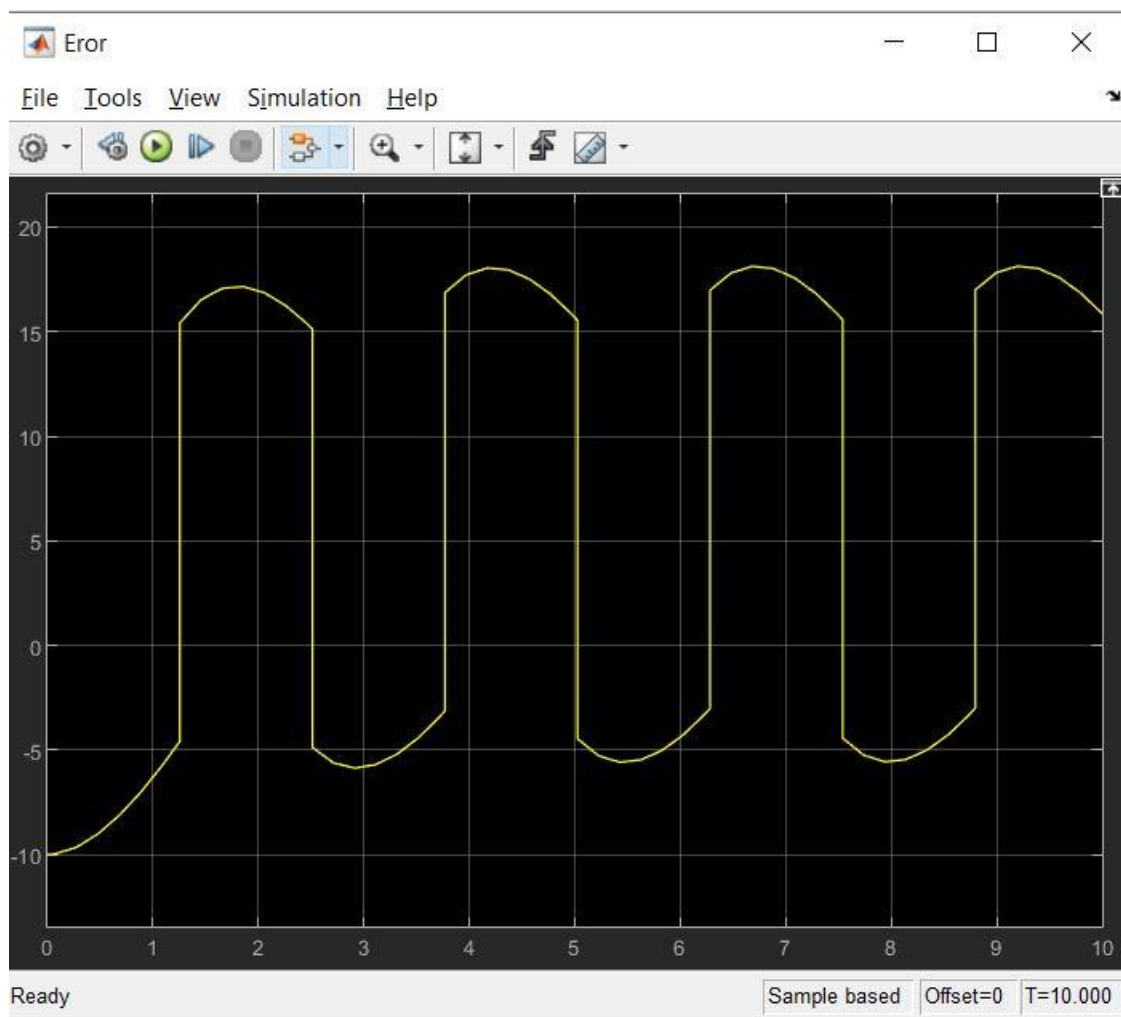
شکل 34) Saturation برای سیگنال up limit=30, lower limit =-30



شکل 35)  $up\ limit=10, lower\ limit=-10$  برای خروجی فرایند به رنگ آبی و ورودی مرجع به رنگ زرد نمایش داده شده است

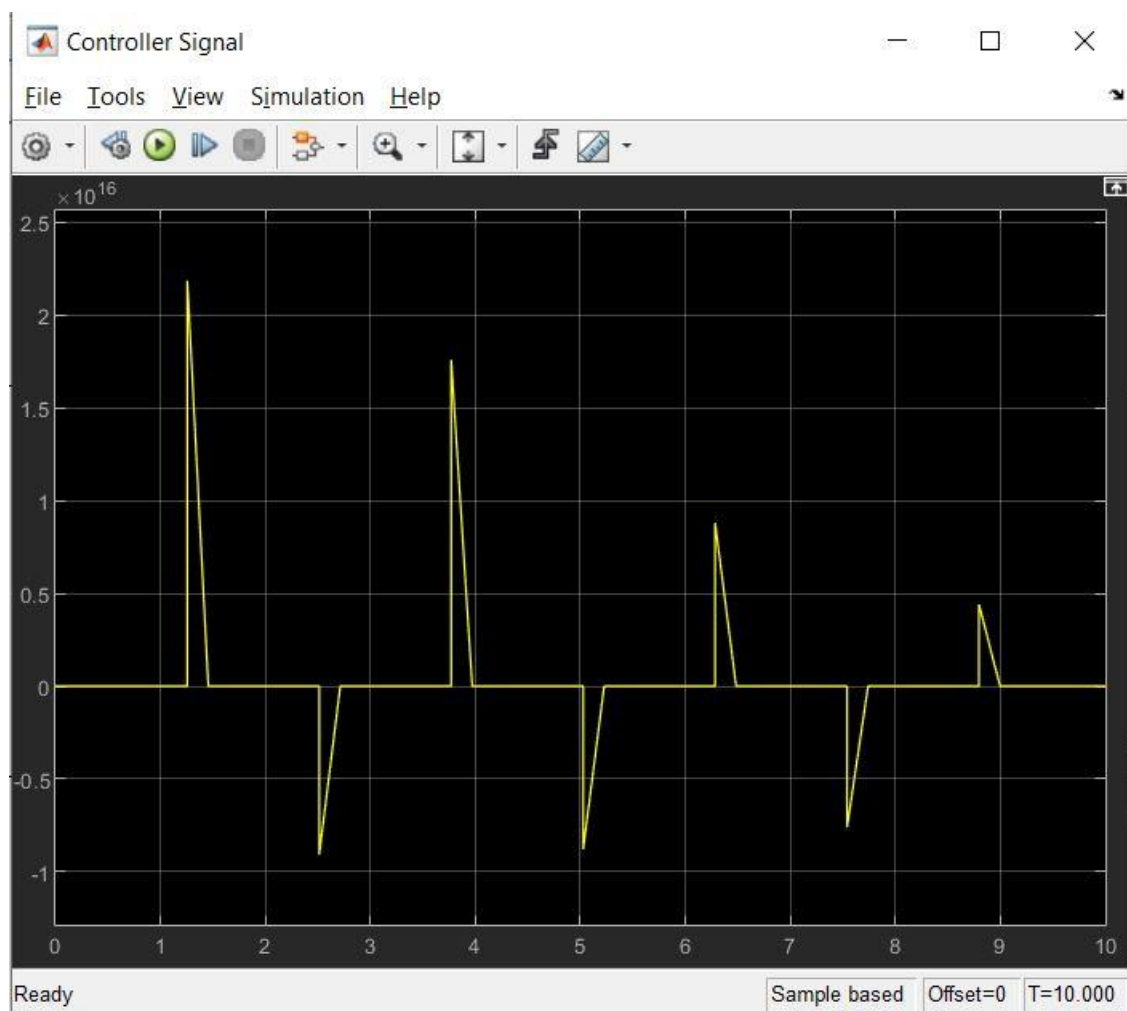


شکل 36) up limit=10, lower limit =-10 برای سیگنال خطا

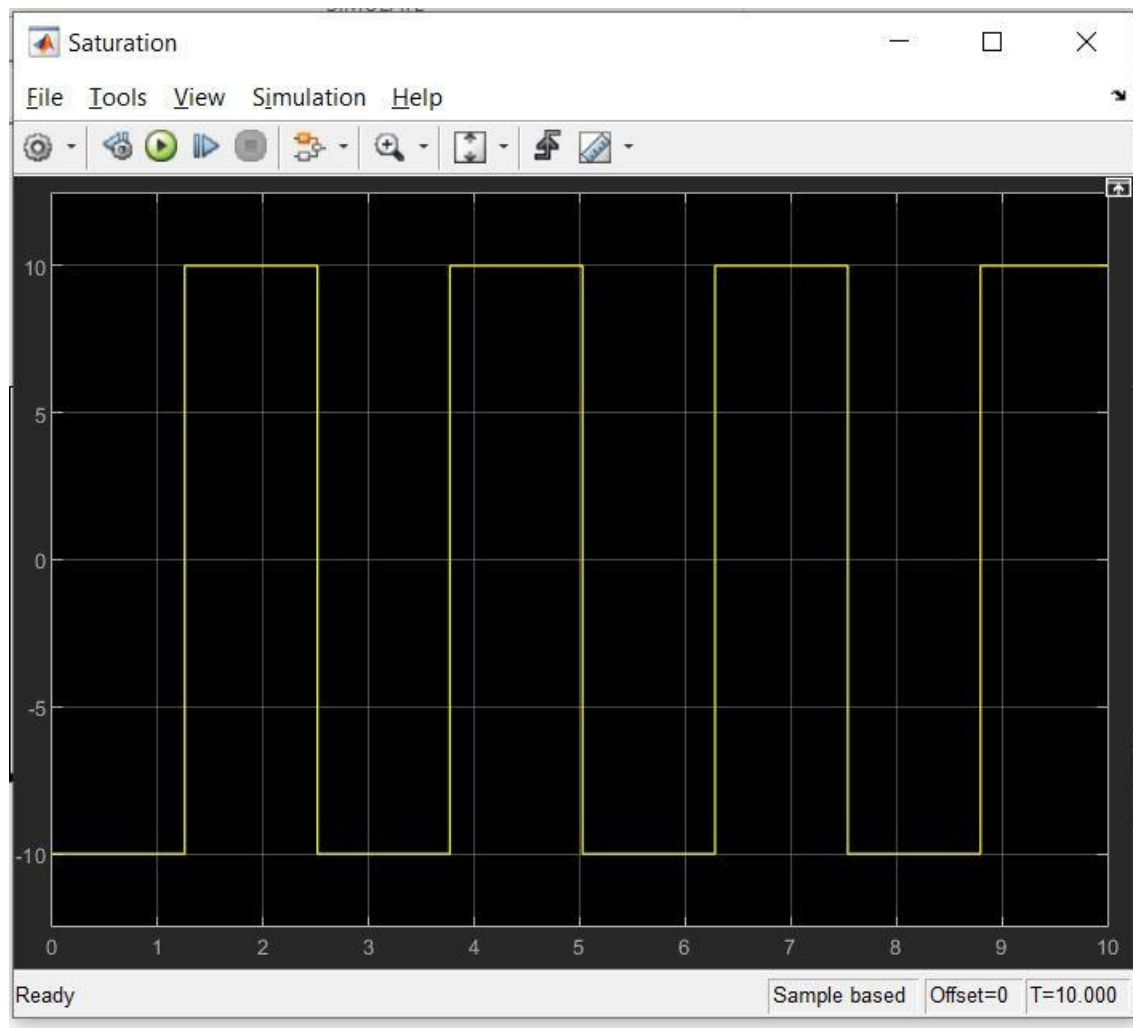




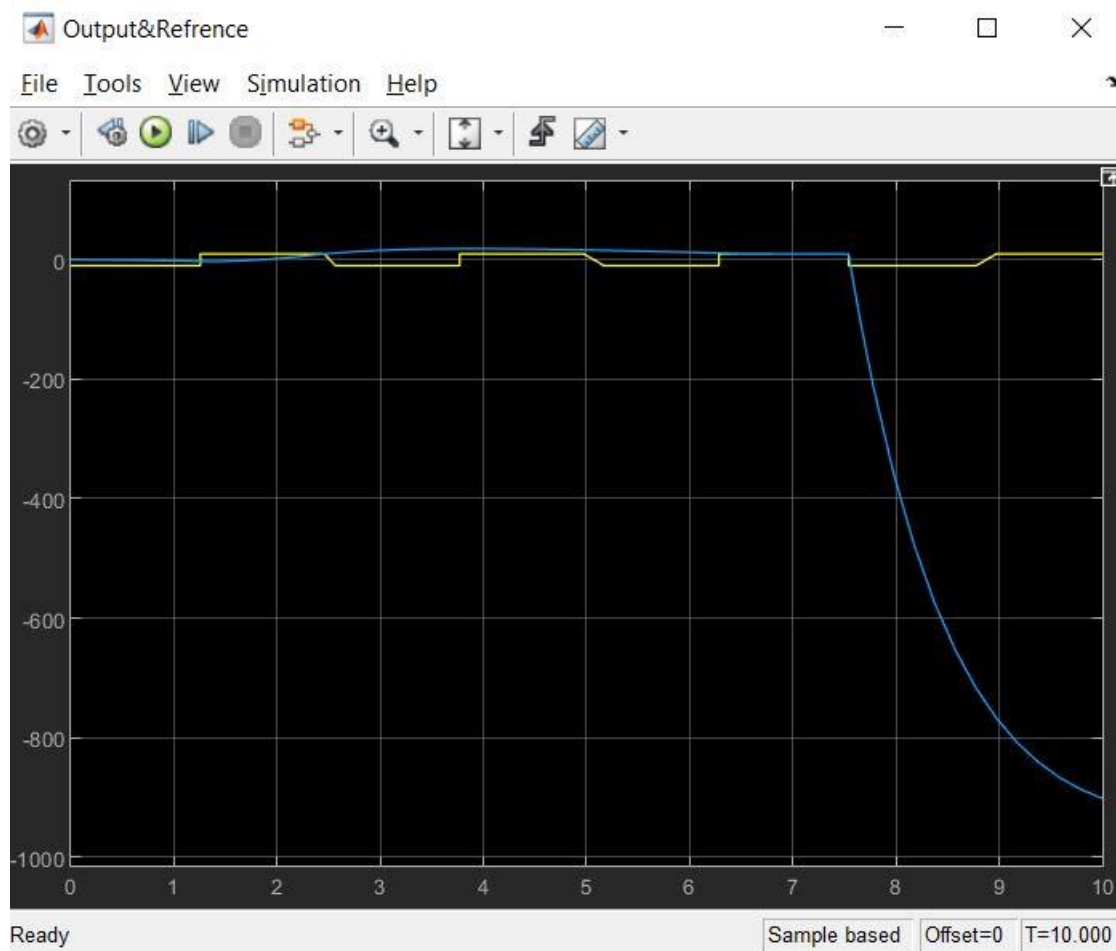
شکل 37)  $T=10s$  برای سیگنال کنترلر  $up\ limit=10, lower\ limit=-10$



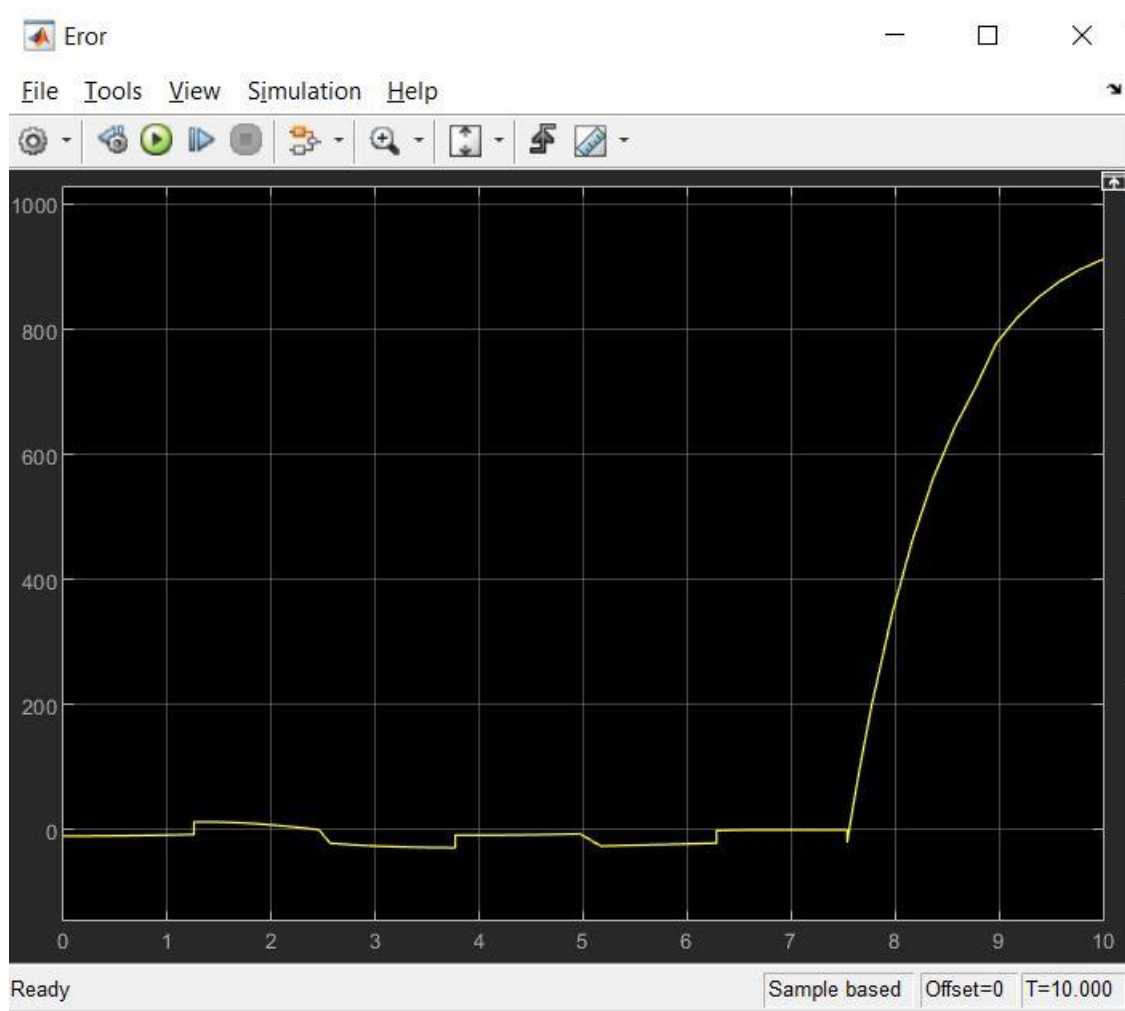
شکل 38) up limit=10, lower limit =-10 برای سیگنال Saturation



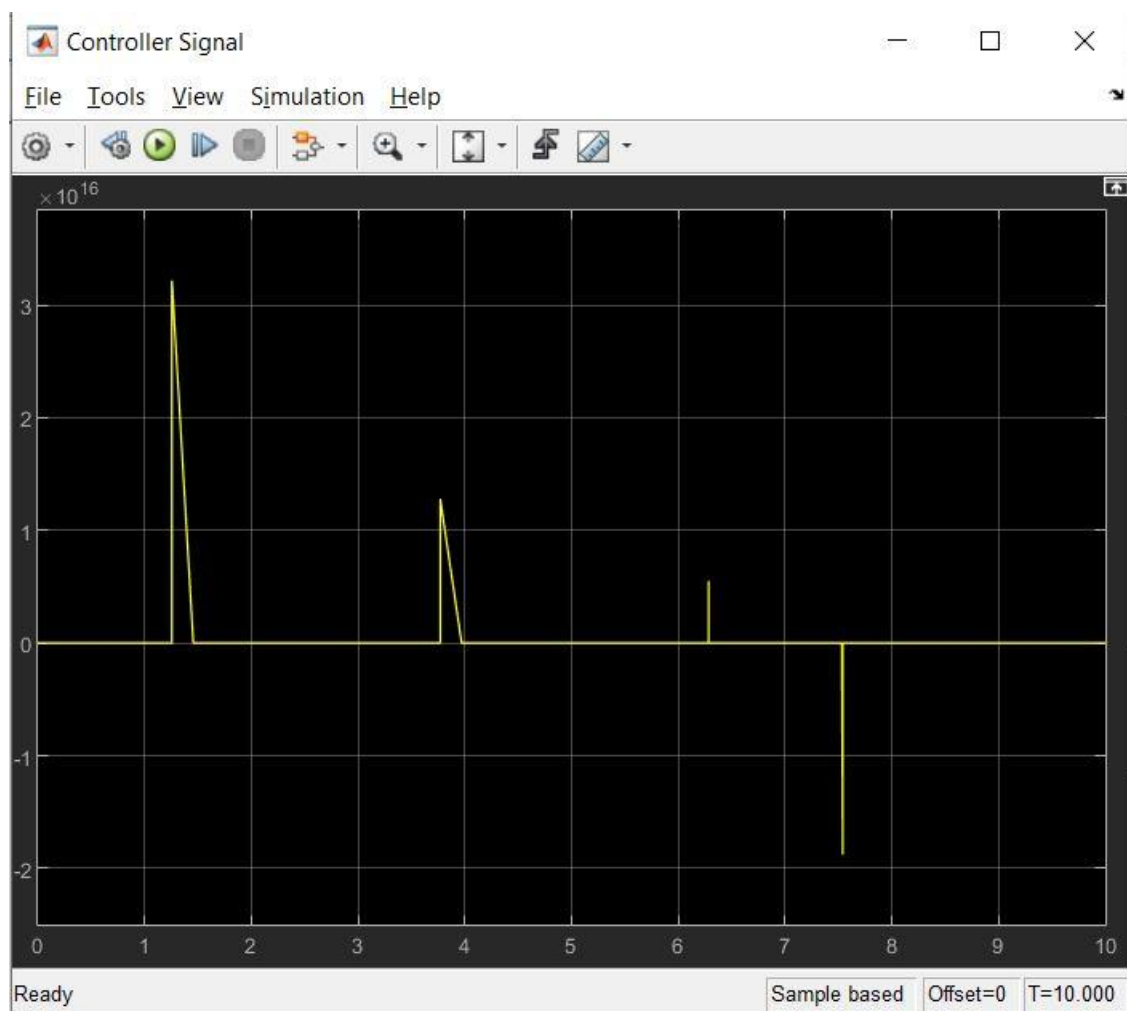
شکل 39)  $up\ limit=30, lower\ limit=-5$  برای خروجی فرایند به رنگ آبی و ورودی مرجع به رنگ زرد نمایش داده شده است



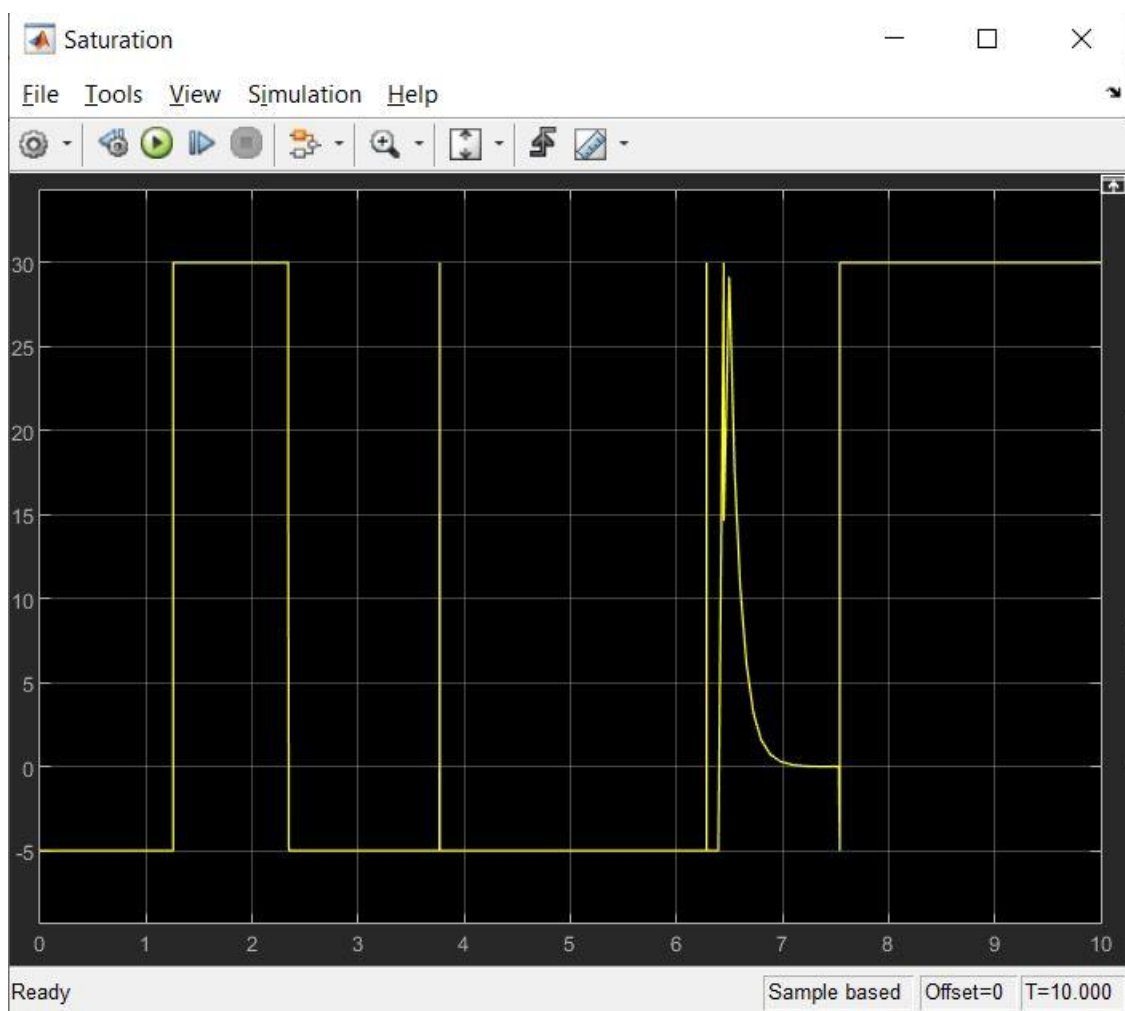
شکل 40) up limit=30, lower limit =-5 برای سیگنال خطا



شکل 41)  $up\ limit=30, lower\ limit =-5$  برای سیگنال کنترلر  $T=10s$



شکل 42) Saturation برای سیگنال up limit=30, lower limit =-5



### تحلیل بلوک Saturation :

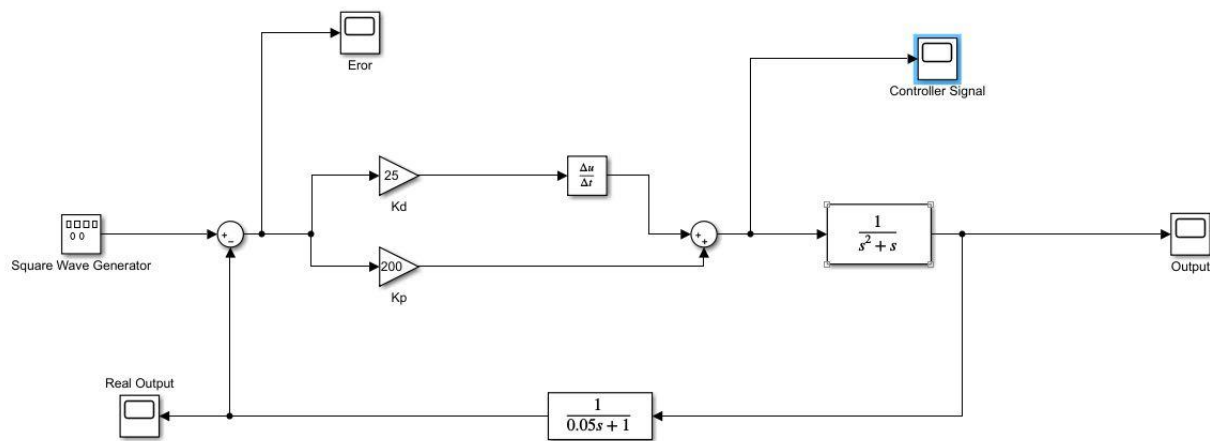
با اضافه کردن این بلوک به مدار به سیگنال کنترلی این force را می‌دهیم که بیشتر از Upper Limit بلوک Saturation و کوچکتر از Lower Limit این بلوک نباشد و چنانچه بیشتر از Upper Limit و کوچکتر از Lower Limit بود نگاه با توجه به شکل سیگنال خطا با مقداری ثابت جمع خواهد شد که در نهایت مقدار خروجی ما را دچار مشکل میکند و همانطور که در شکل 39

مشاهده میکنیم مقدار خروجی مطابق انتظار نبوده و تا  $\infty$  ادامه پیدا کرده است  
 و البته این موضوع به مقادیر upper limit و lower limit نیز دارد .

سوال 1)

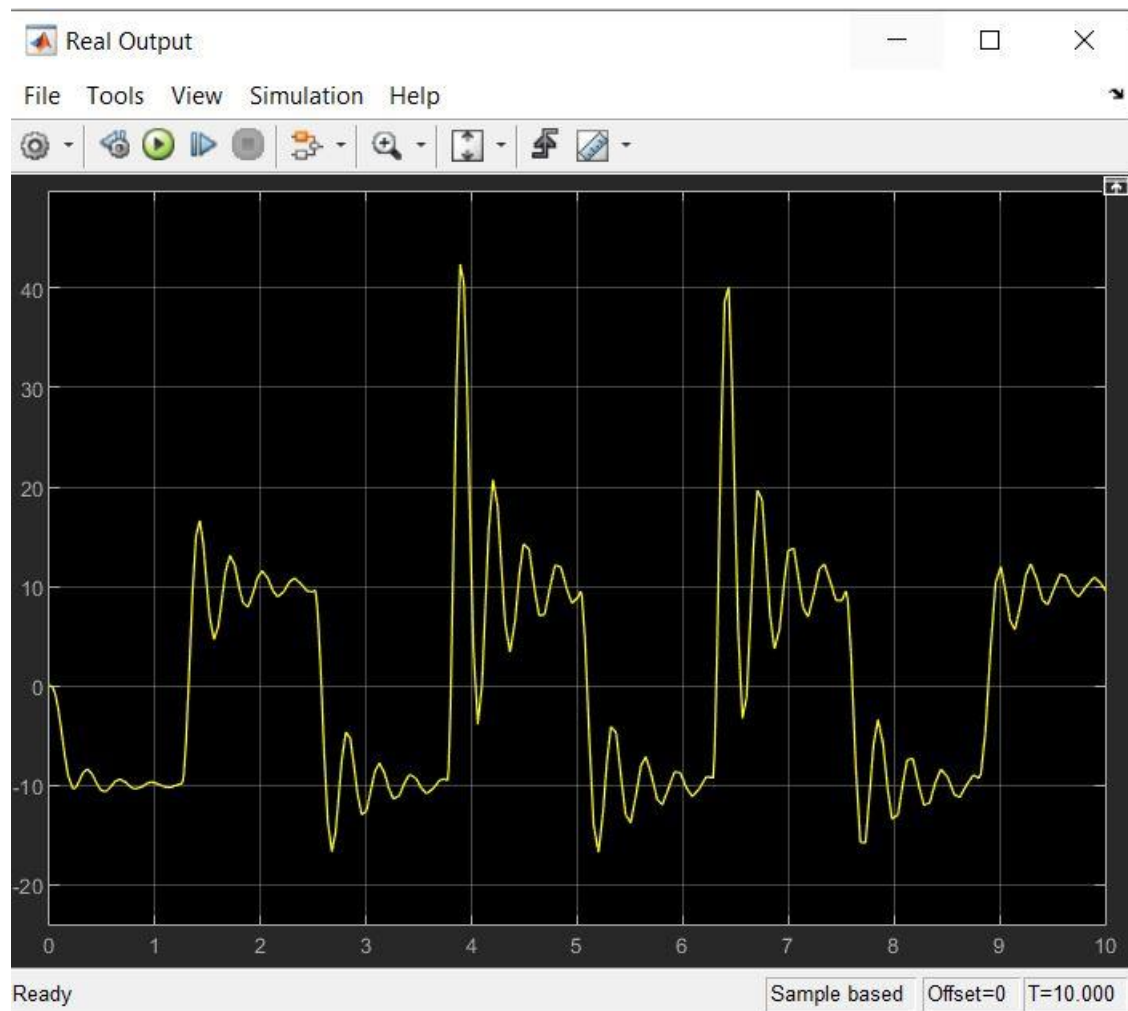
قسمت د)

شکل 43) اضافه کردن تابع تبدیل حسگر به قسمت الف



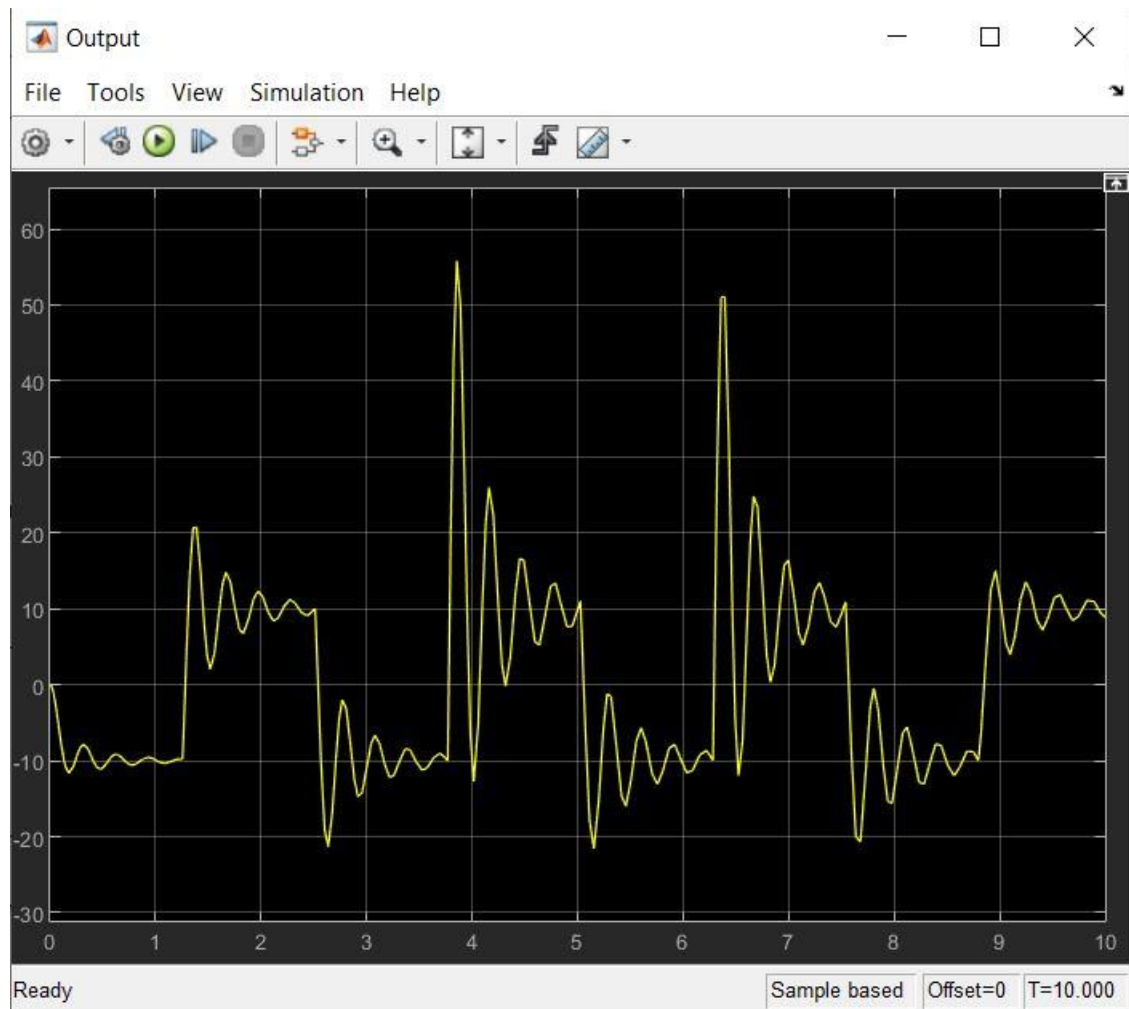
حال به جای  $\tau$  باید 3 مقدار 0.05 و 0.3 و 1 را قرار دهیم و خواهیم داشت:

شکل 44) خروجی واقعی فرایند برای  $\tau=0.05$

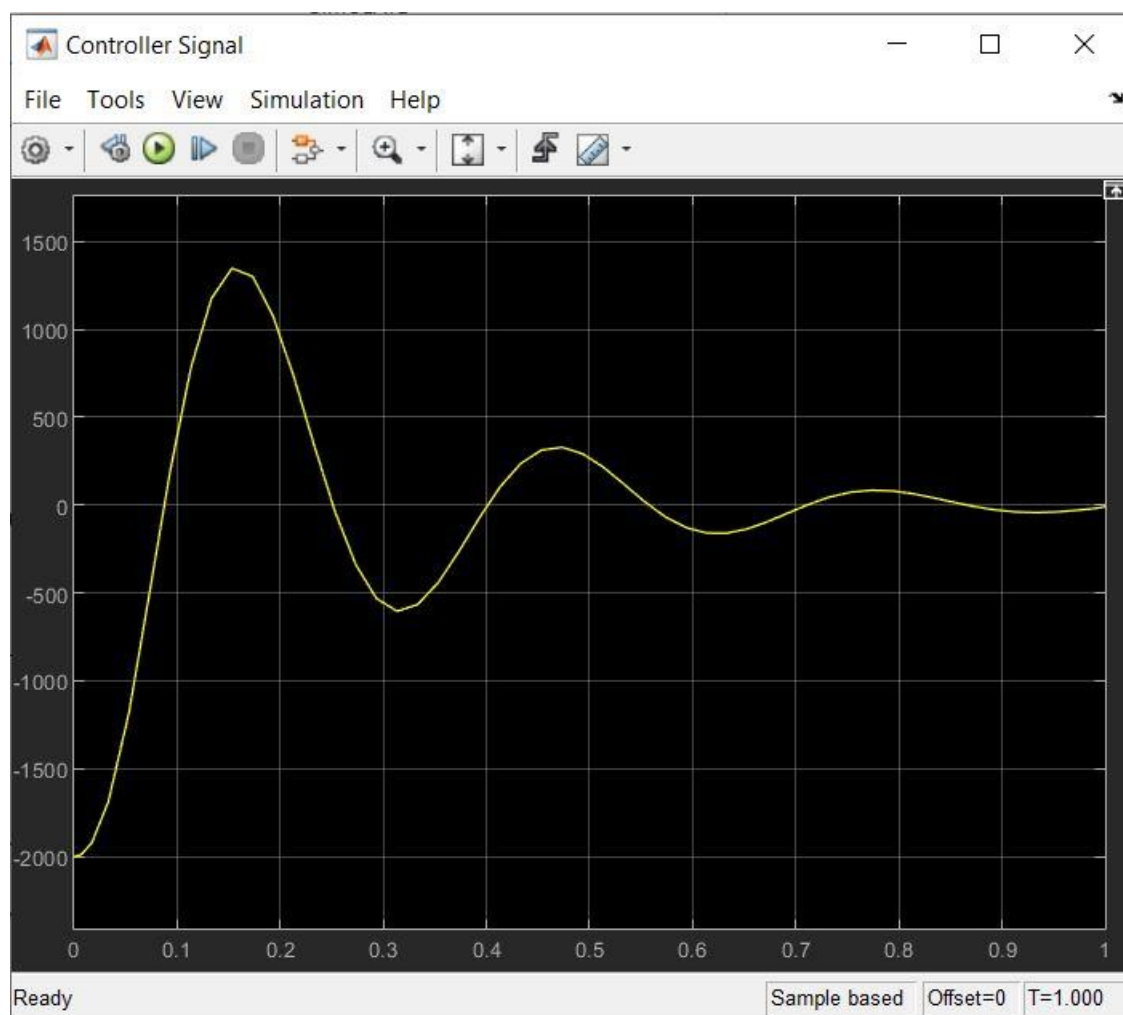




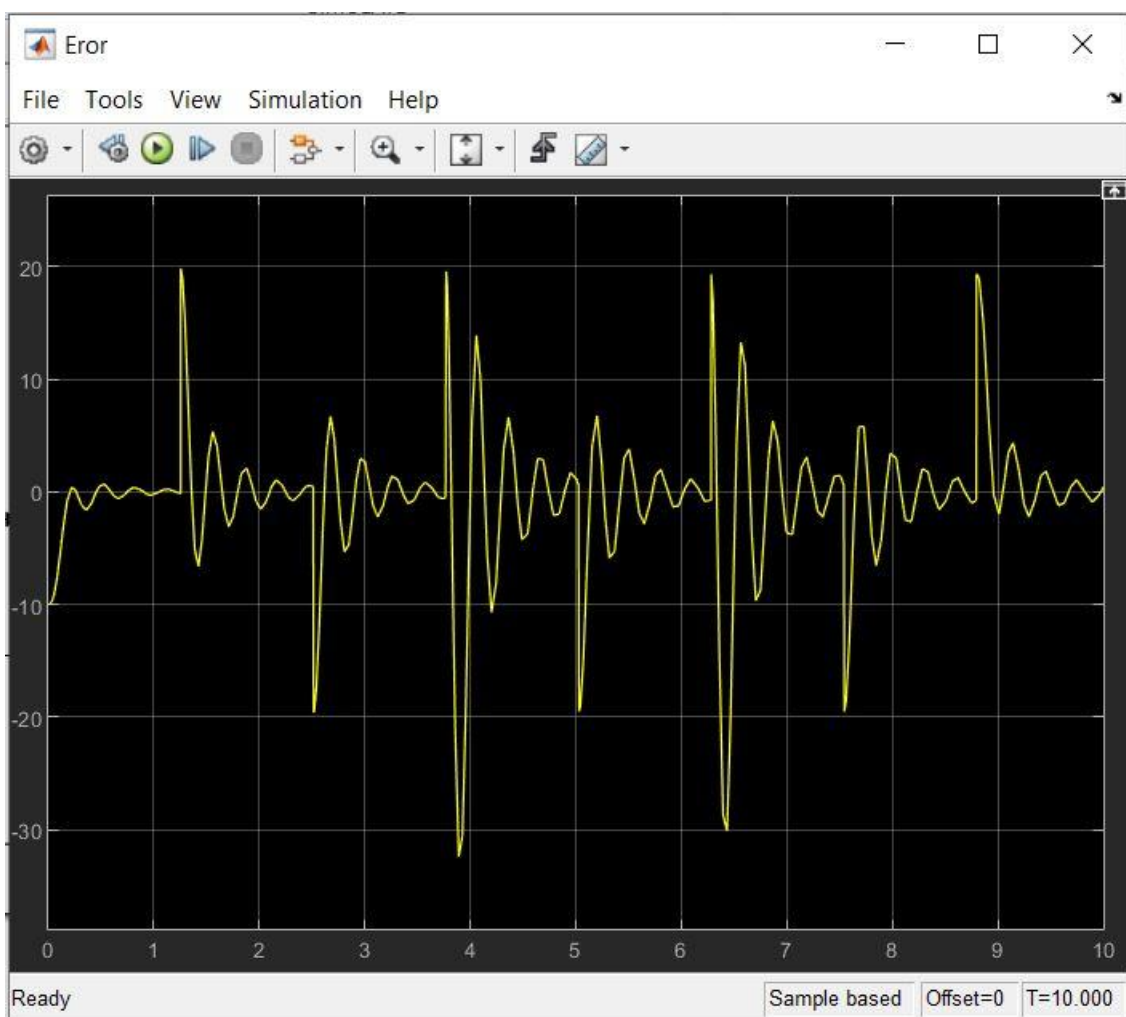
شکل 45) خروجی فرایند برای  $\tau=0.05$



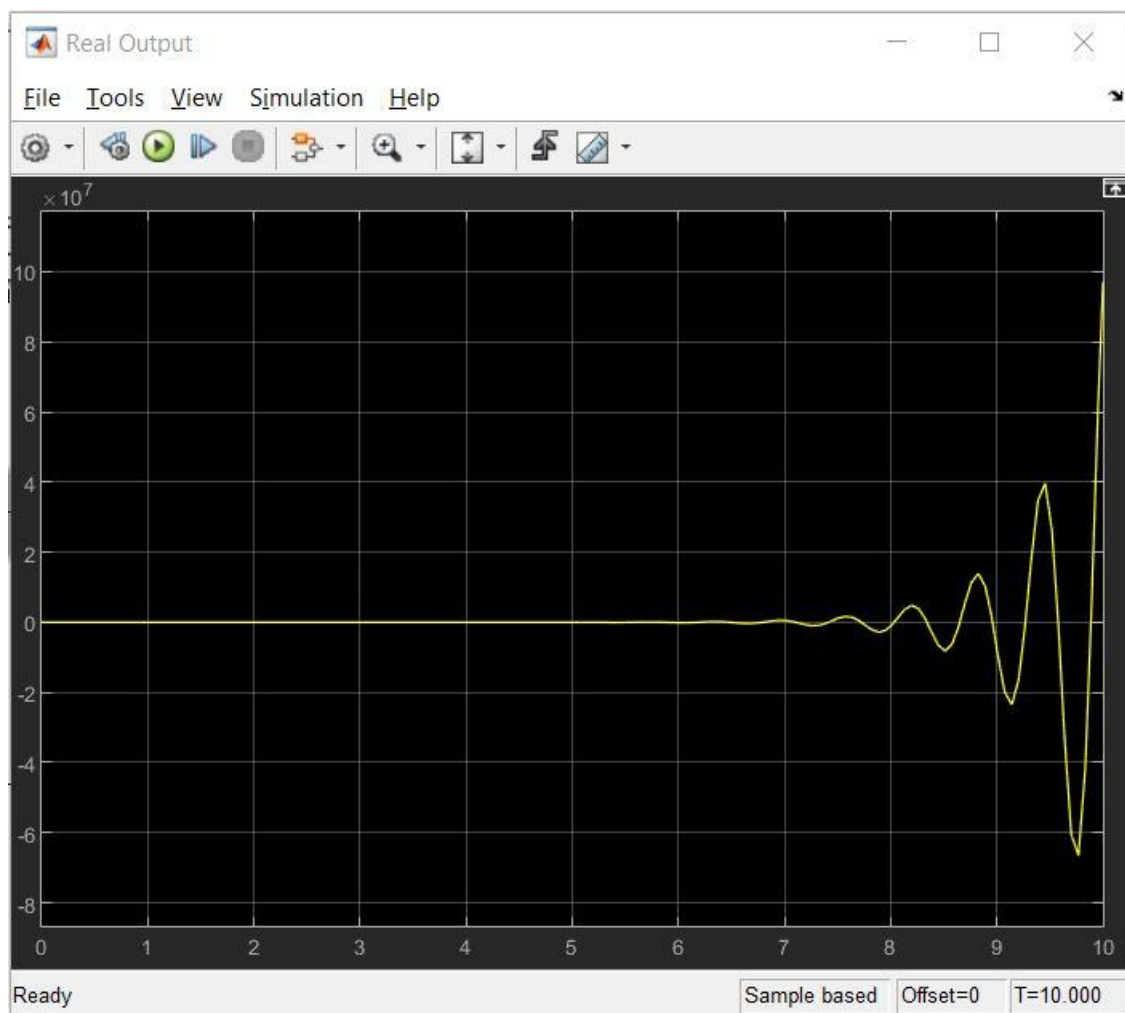
شکل 46) سیگنال کنترلر برای  $\tau=0.05$  در  $T=1s$



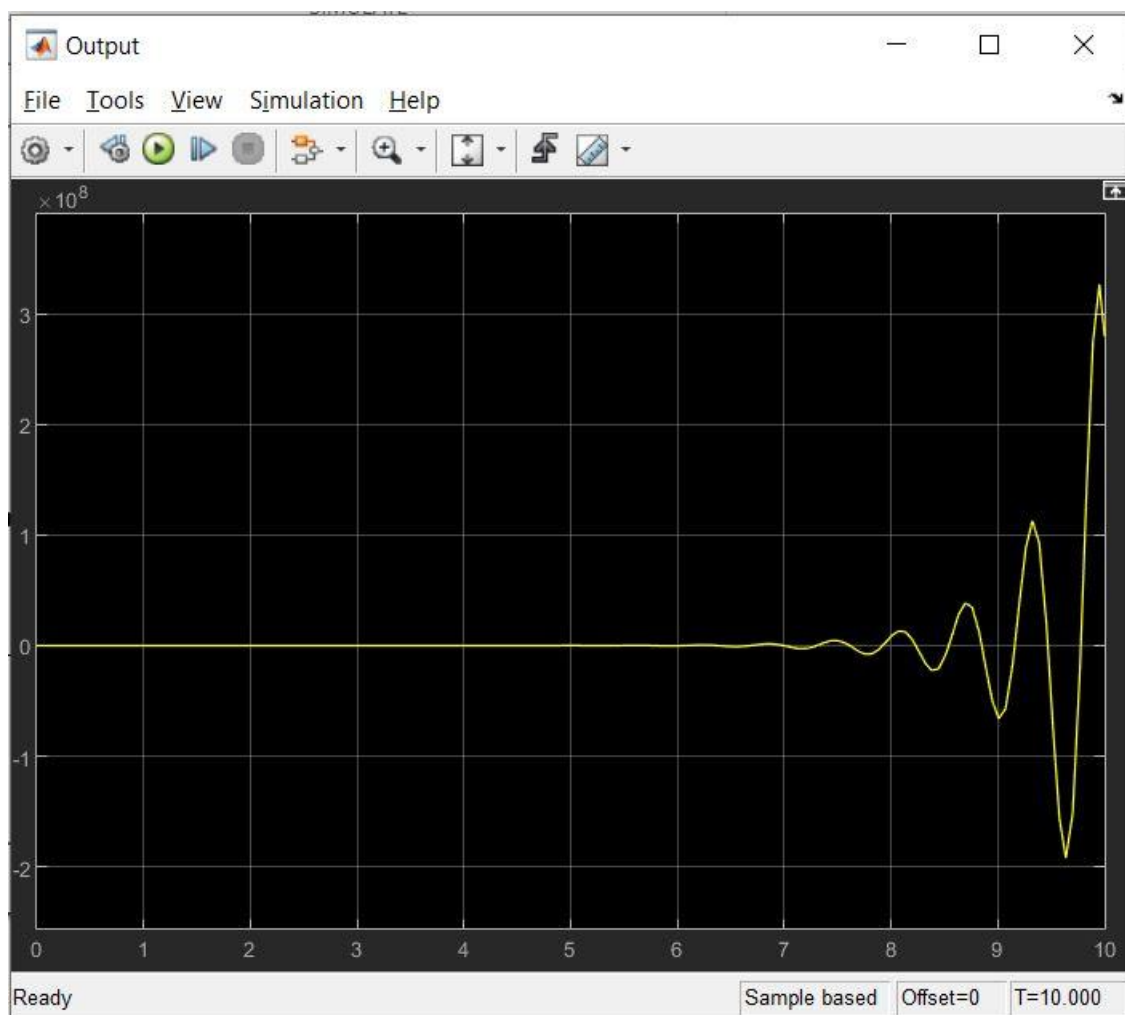
شکل 47) سیگنال خطا برای  $\tau=0.05$



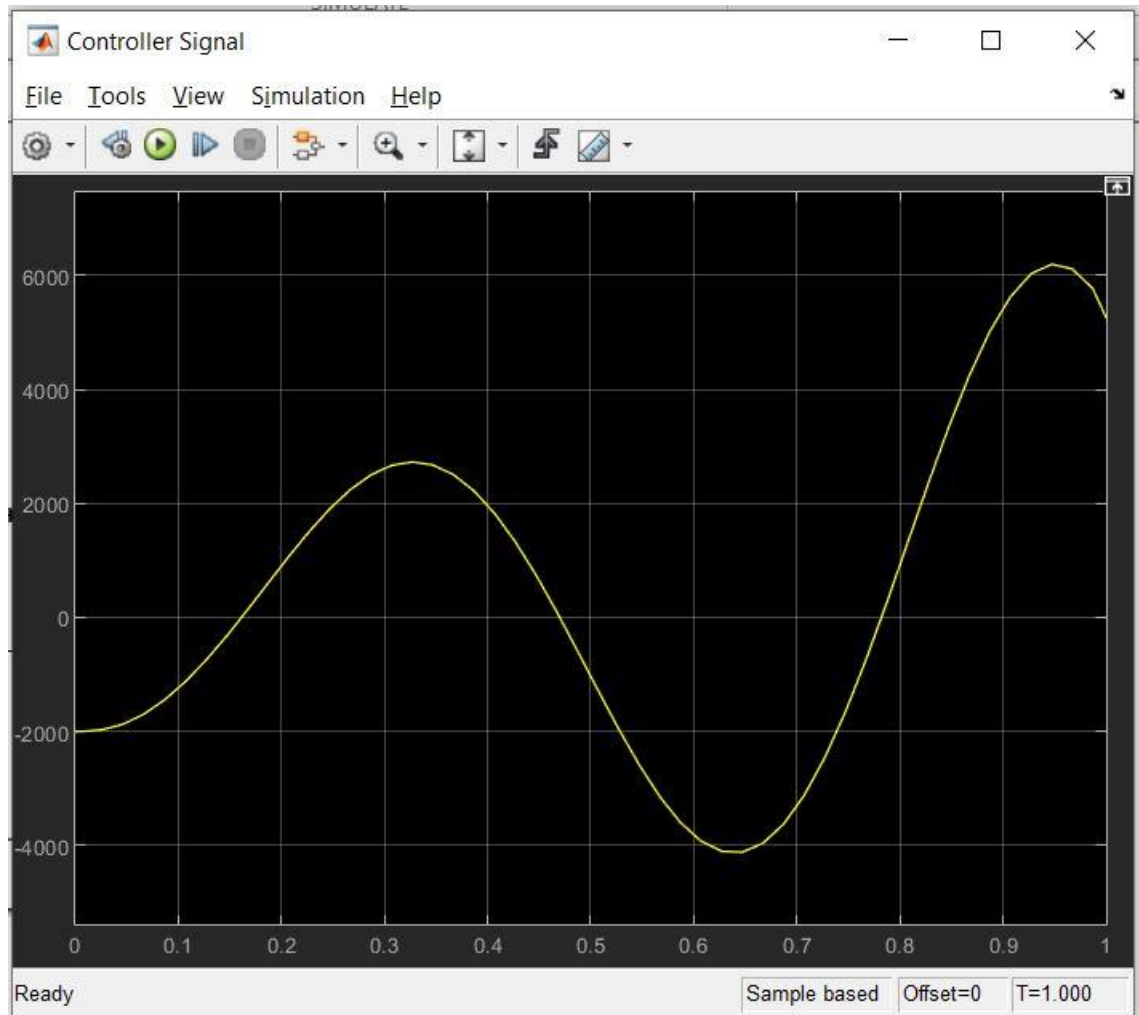
شکل 48) خروجی واقعی فرایند برای  $\tau=0.3$



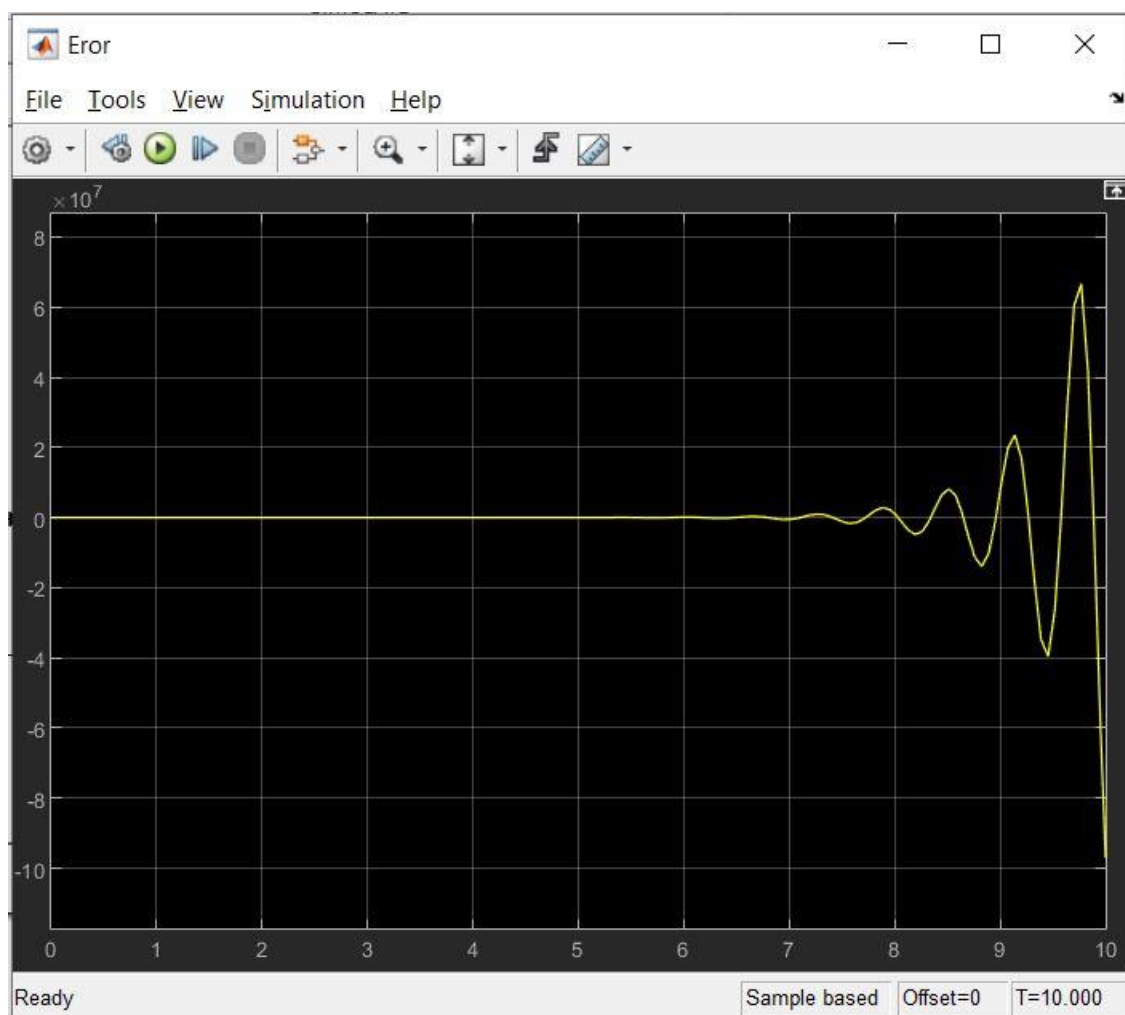
شکل 49) خروجی فرایند برای  $\tau=0.3$



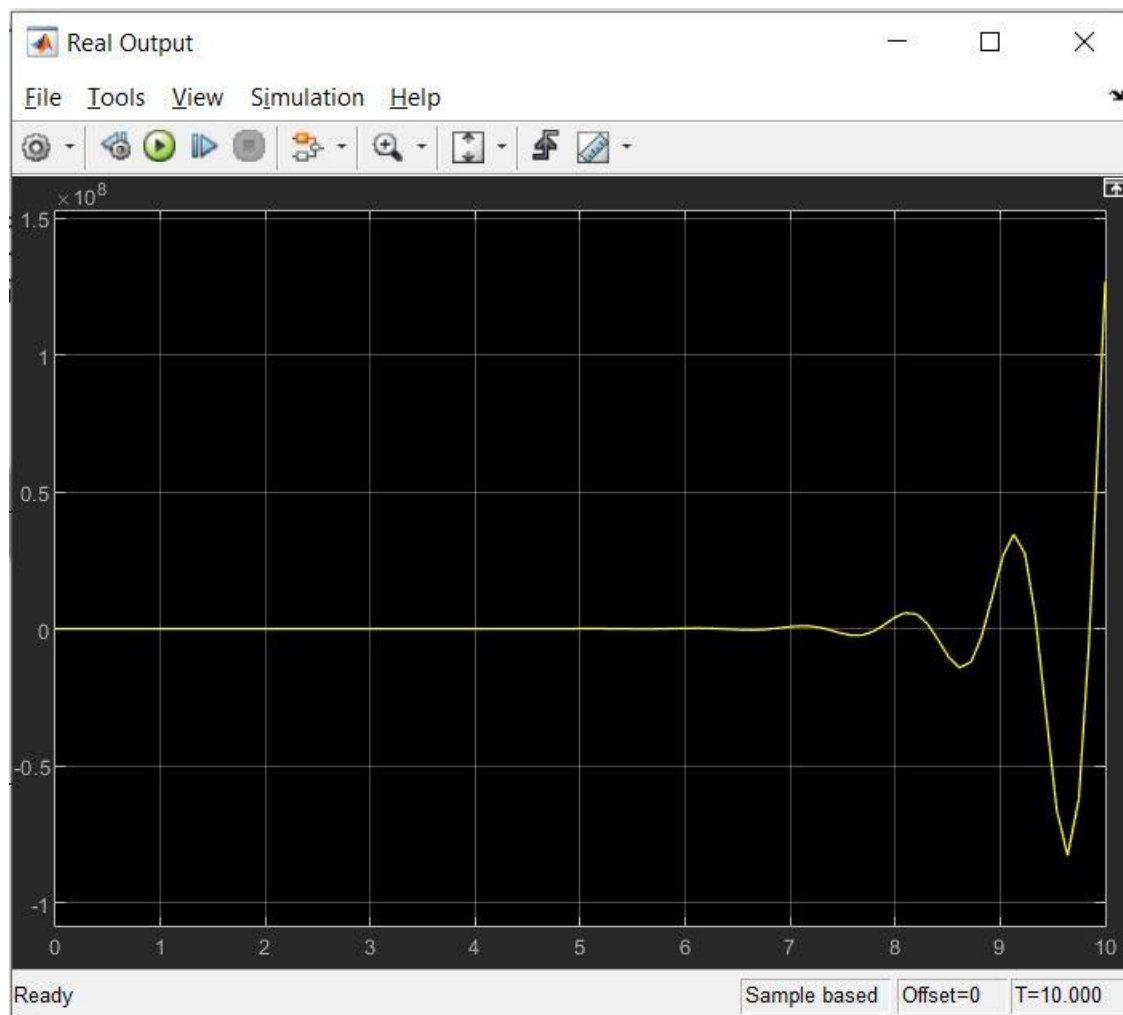
شکل 50) سیگنال کنترلر برای  $\tau=0.3$  در  $T=1s$



شکل 51) سیگنال خطا برای  $\tau=0.3$

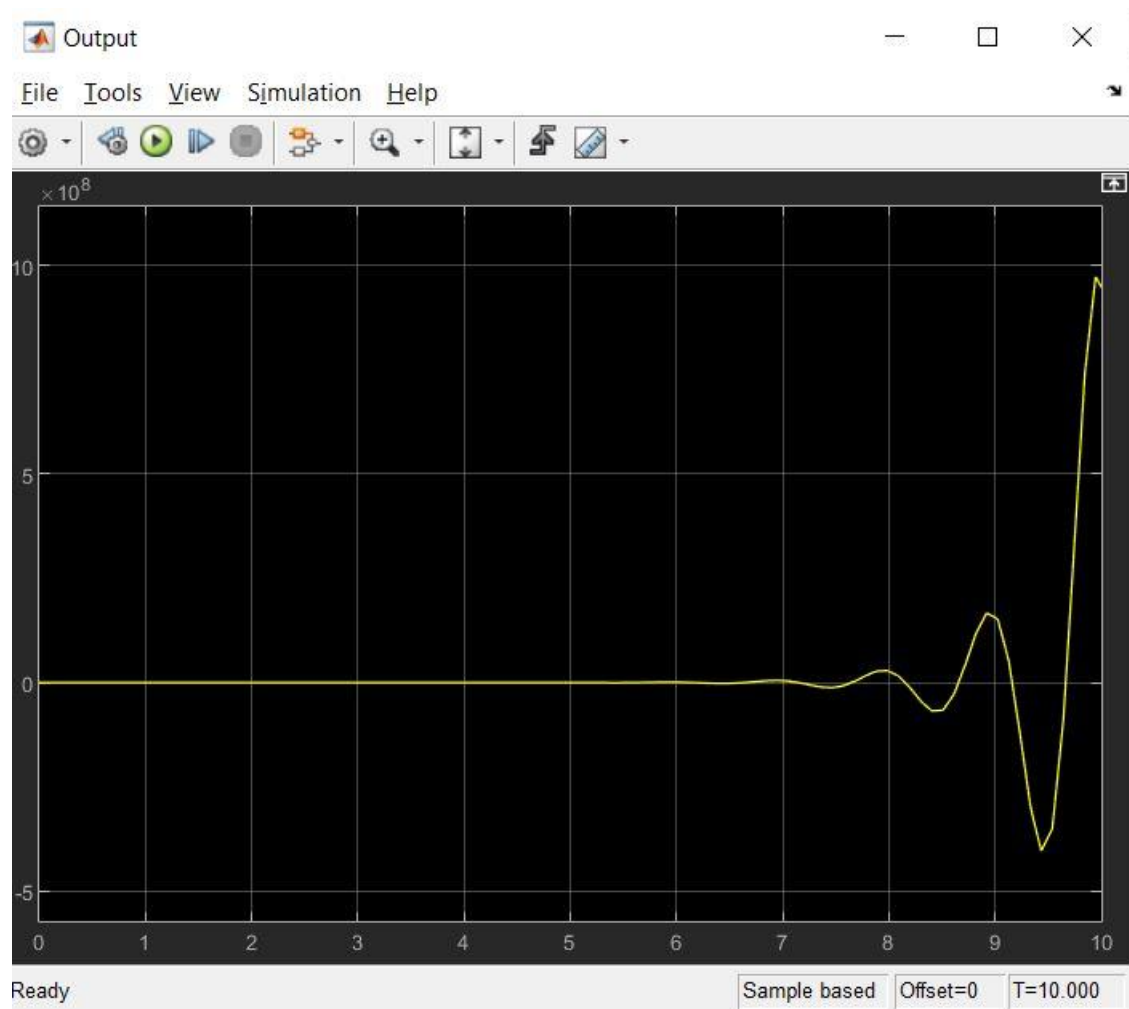


شکل 52) خروجی واقعی فرایند برای  $\tau=1$

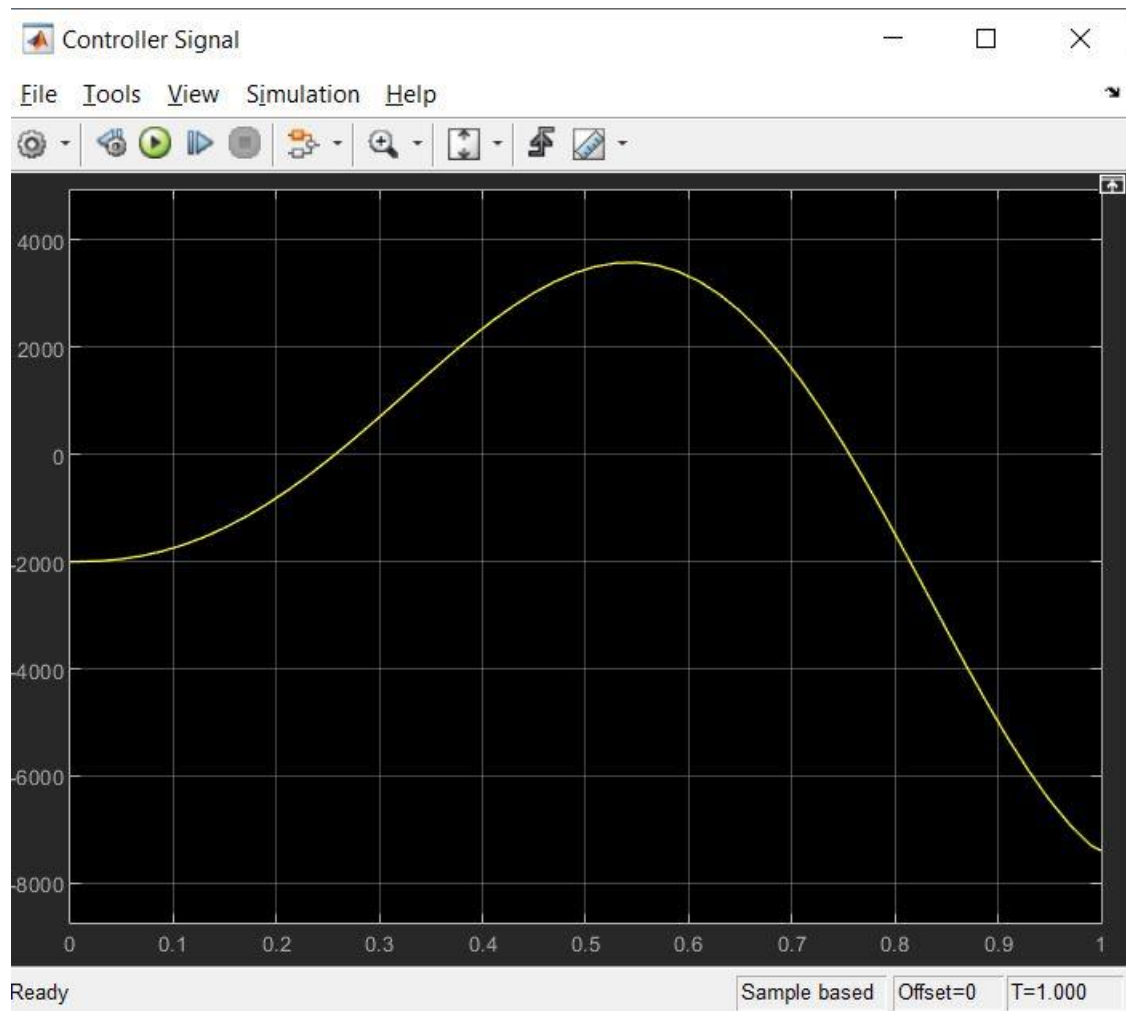




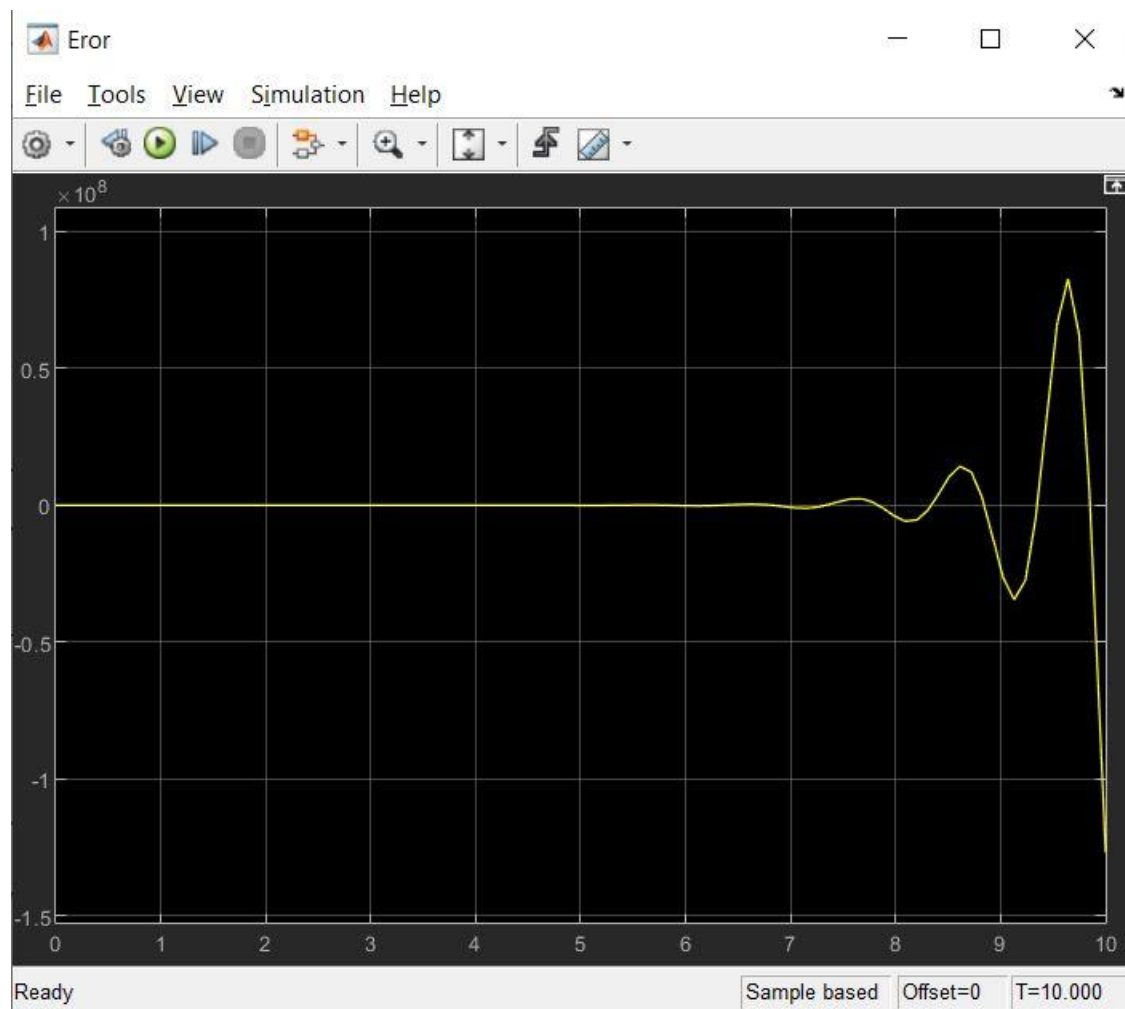
شکل 53) خروجی فرایند برای  $\tau=1$



شکل 54) سیگنال کنترلر برای  $\tau=1$  در  $T=1s$

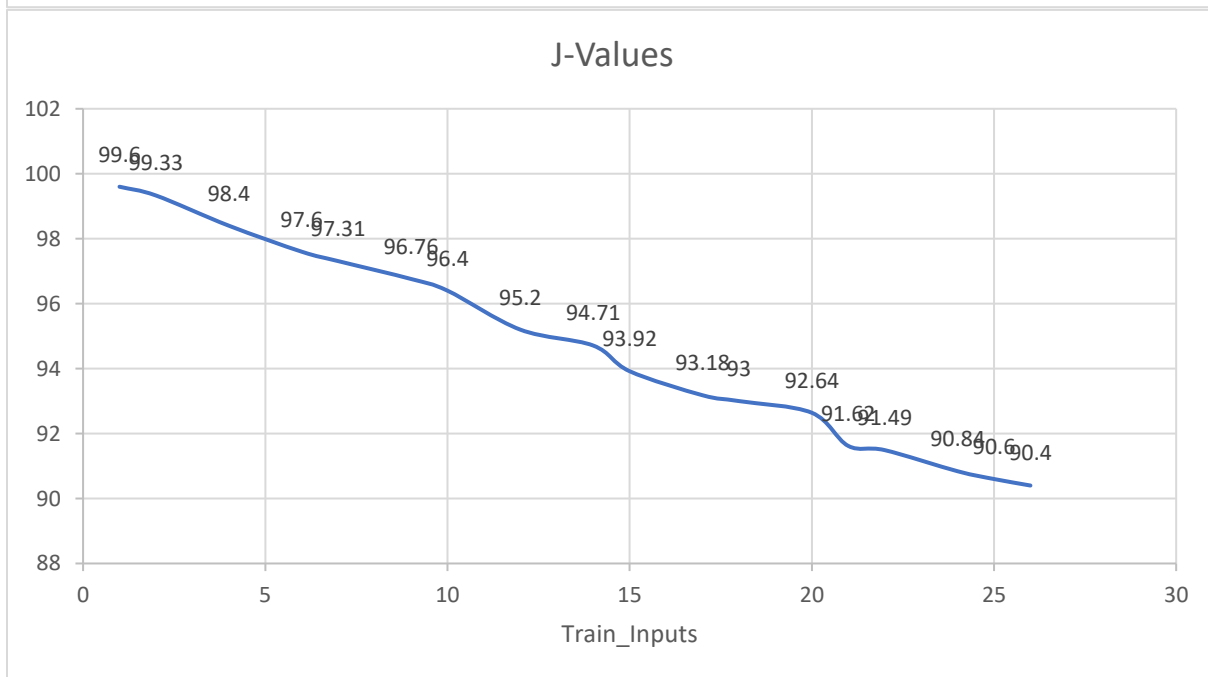
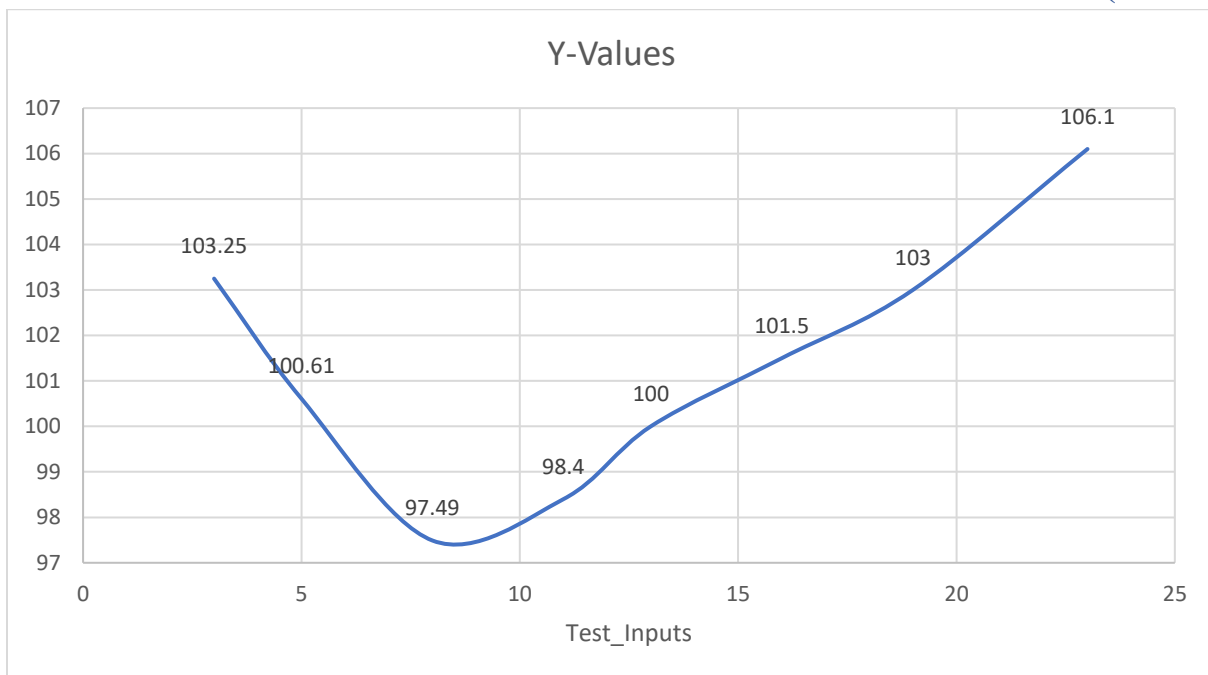


شکل 55) سیگنال خطا برای  $\tau=1$



تحلیل با اضافه کردن بلوک حسگر :

در این قسمت چون موج ورودی ما مربعی می باشد و با اضافه کردن حسگر که فقط  $\tau$  در آن ها متفاوت است و به سرعت سیستم در حالت دینامیکی و حالت گذرای حسگر تاثیر میگذارد و از قبل میدانیم که حسگر موجب یک تاخیر میشود که در نهایت موجب نوسانات زیاد می باشد اما به خاطر موج ورودی مربعی ما هر چه  $\tau$  زیاد شود سرعت حسگر کمتر میشود و زمان بیشتری میخواهد تا به حالت ماندگار برسد ولی موج مربعی اجازه این فرصت را نداده و باعث تشکیل شکل های 48 و 52 میشود.

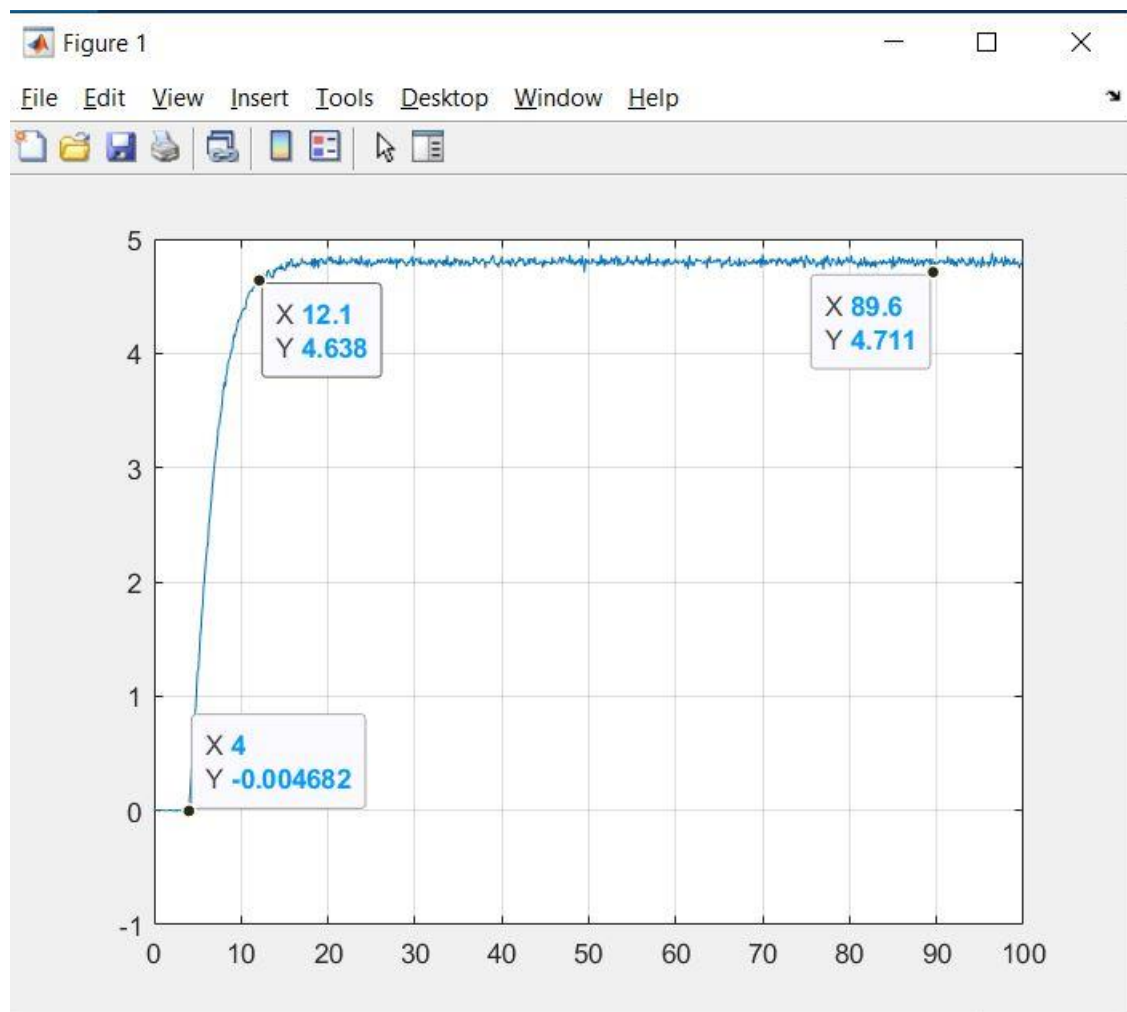


تحلیل نمودارهای بالا:

میدانیم که تابع هزینه برای داده های آموزشی در حال کمتر شدن میباشد چنانچه که تابع هزینه برای داده های تست در ابتدا در حال کم شدن میباشد و پس از چند داده تست افزایش میابد و اگر بخواهیم این داده ها را با خانواده های چند جمله ای مدل کنیم  $n=8$  درجه ای خانواده خواهد بود چرا که داده های تست پس از  $n=8$  در حال افزایش و قبل از آن در حال کاهش میباشد بنابراین چند جمله ای مد نظر ما دارای درجه 8 میباشد.

سوال 3)

قسمت الف)



همان طور که در شکل بالا میبینیم سنسور مد نظر ما از  $x=4$  شروع کرده و با تاخیر  $\tau * 4$  به حات ماندگار خود که تقریباً 4.7 می باشد، میرسد.

سوال 3)

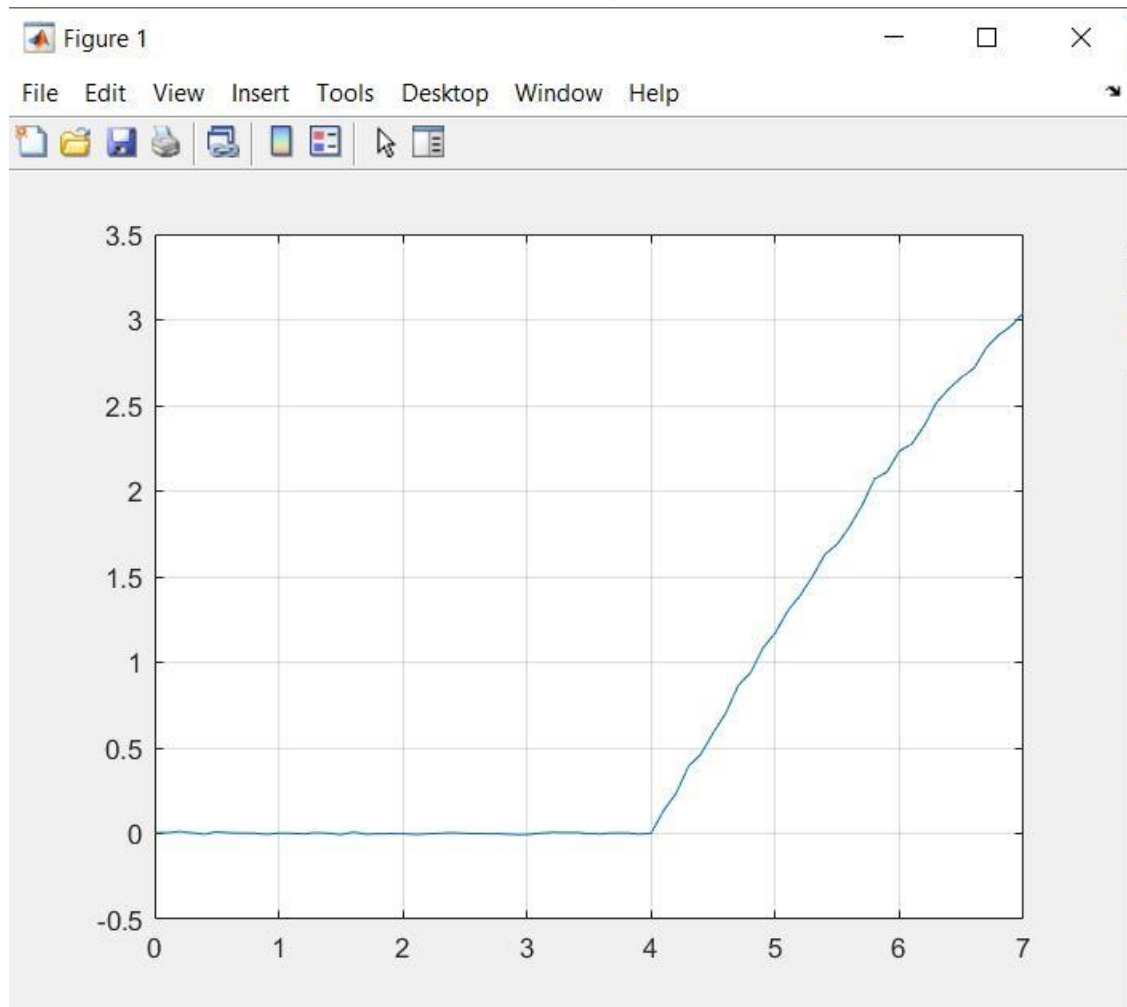
قسمت ب)

میدانیم که صحت و دقت از ویژگی های استاتیکی یک حسگر یا سنسور میباشد بنابراین با توجه به شکل قسمت الف دارای دقت خوبی میباشد چرا که خروجی ها مستقل از ورودی مدار چیست به یکدیگر نزدیک میشوند (برای ورودی های بزرگتر از 12) ولی دارای صحت خوبی نمیباشد چرا که سنسوری ایده ال باید ورودی خود را دنبال کند ولی  $y$  همچنان 4.7 میماند و برای ورودی های  $4 < u$  و  $u < 12$  با شیب تقریبی  $4.6/12$  ،  $u$  را دنبال میکند که در این بازه صحت بهتری دارد اما دقت کمتری خواهد داشت ولی برای ورودی های  $0 < u < 4$  دقت نسبت خوبی دارد ولی صحت خوبی ندارد چرا که سنسور باید ورودی خود را دنبال کند ولی  $y=0$  میباشد بنابراین صحت خوبی ندارد .

سوال 3)

قسمت پ)

با توجه به شکل بالا دارای هیستریزیسی یا پسماندی هستیم که  $\max \text{ output}$  hysteresis ان 0 میباشد و در واقع دارای ناحیه ی مرده میباشد و  $\min$  input hysteresis برای ان با توجه به شکل بالا برابر 4 میباشد و اگر بخواهیم فضای dead zone را بهتر ببینیم شکل پایین دید خوبی به ما میدهد.



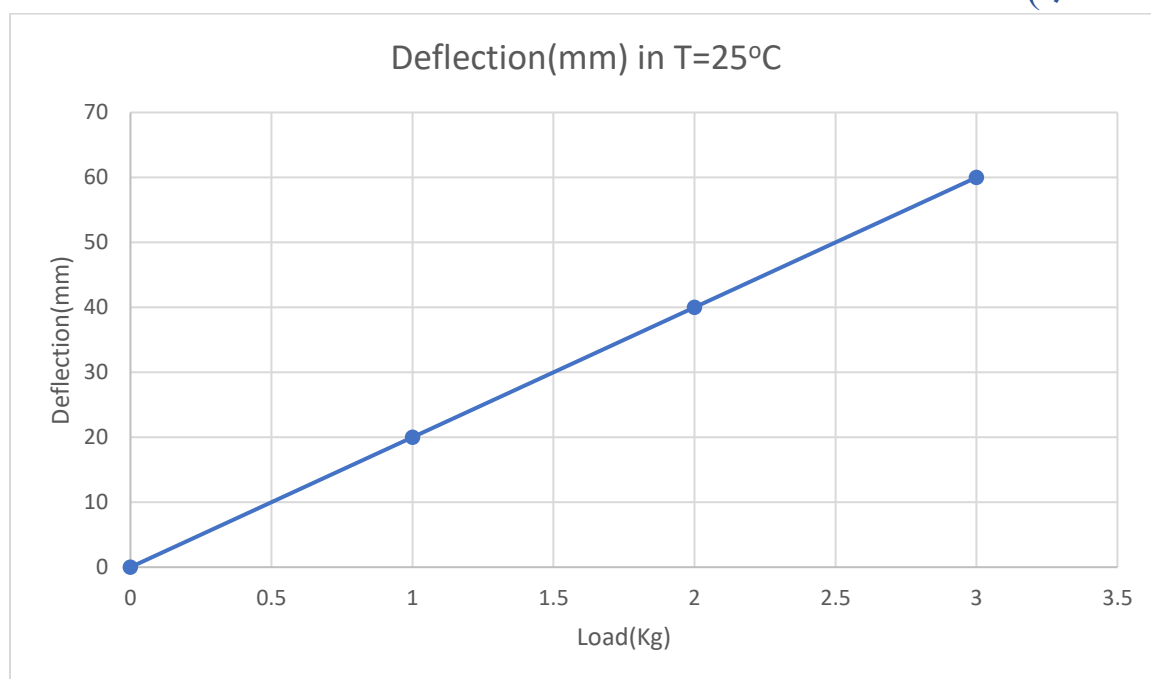
سوال 4)

قسمت الف)

اگر ویژگی دقت مد نظر ما باشد انگاه حسگر نوع تهی یا  $\text{null type}$  گزینه ی مناسبی خواهد بود چرا که رزولوشن نوع تهی دست خودمان میباشد این در حالی است که در نوع انحرافی یا  $\text{deflection type}$  رزولوشن دست ما نخواهد بود و از قبل فیکس میباشد حال آنکه نوع تهی عیب بسیار بزرگی دارد که یک اپراتور این عملیات را انجام میدهد و اگر بخواهیم تغییرات سریع باشد زمانی که بخواهیم این تعادل را برقرار کنیم زمان خیلی کمی خواهیم داشت و عملا امکان پذیر نیست بنابراین نوع تهی در جاهایی که به ندرت تغییرات وجود دارد استفاده میشود.

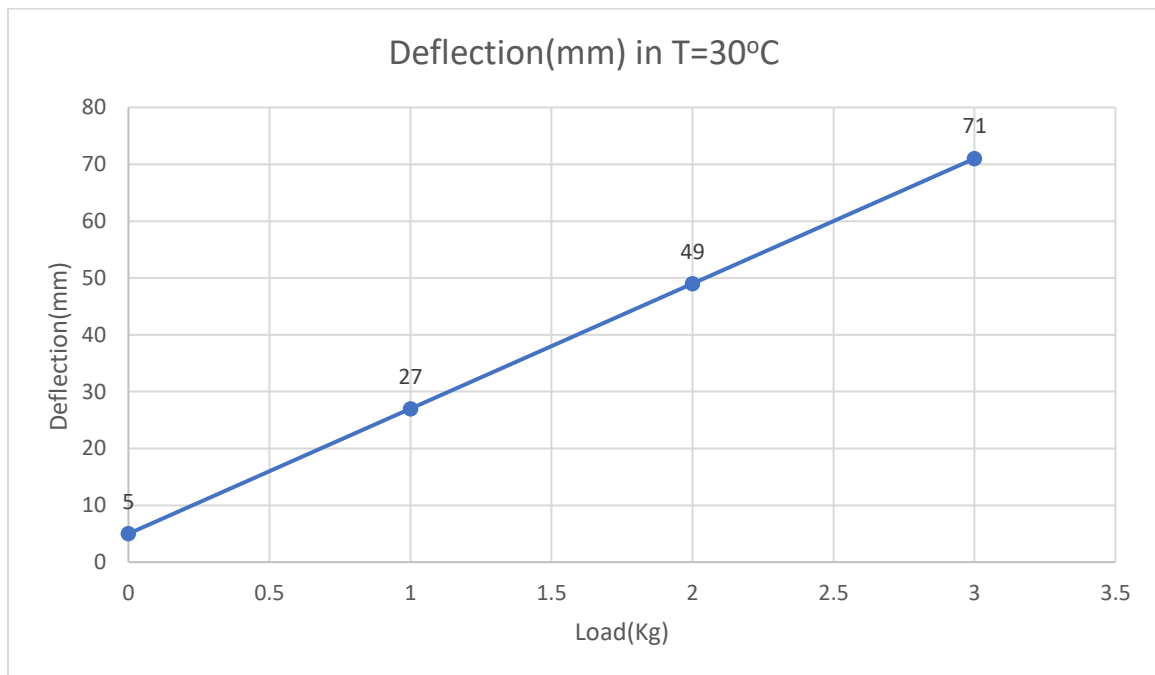
سوال 4)

قسمت ب)



همان طور که در نمودار بالا مشاهده میکنیم که سنسور در  $25^{\circ}\text{C}$  کالیبره شده است و حساسیت  $20\text{mm/Kg}$  میباشد با توجه به خط که شیب آن 20 میباشد.





با توجه به نمودار بالا که سنسور در  $30^{\circ}\text{C}$  استفاده شده است  
Zero Sensitivity یا انحراف در صفر برابر 5 می باشد.

و با توجه به نمودار بالا و شیب خط  $22\text{mm/Kg}$  می باشد و بنابراین

$$\text{Zero Drift per degree} = 5/5 = 1\text{mm}/^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Sensitivity Drift per degree} = (22-20)/5 = 0.4(\text{mm per Kg})/^{\circ}\text{C}$$

سوال 5)

قسمت الف)

اگر در عمق  $h$  دمای اندازه گیری شده  $T_h$  باشد و  $T_x$  و  $T_h$  با رابطه زیر به هم مربوط میشوند (چون از جنس first order Instrument میباشد):

$$T_h = \frac{T_x}{1+50s} = \frac{20-0.01x}{1+50s} = \frac{20-0.01x}{1+50s}$$

و چون  $x$  از جنس zero order Instrument میباشد خواهیم داشت:

$$T_h = \frac{20-0.005t}{1+50s}$$

حال برای پیدا کردن جواب معادله بالا که دارای جواب گذرا و ماندگار میباشد که در نهایت خواهیم داشت:

$$T_h = T_{\text{ماندگار}} + T_{\text{گذرا}}$$

$$T_h = C * e^{\frac{-t}{50}} + 20 - 0.005(t-50)$$

در  $t=0$  دما برابر 20 میباشد که از اینجا  $C=0.25$  به دست میاید:

زمان	ارتفاع	دمای خوانده شده	خطای دما
0	0	20	0
100	50	19.7838	0.3838
200	100	19.2546	0.2546
300	150	18.7506	0.2506
400	200	18.2501	0.2501
500	250	17.7500	0.2500

سوال 5)

قسمت ب)

در 1000 متری زمان 2000 ثانیه خواهد بود و خواهیم داشت:

$$T_h = 0.25e^{-40} + 20 - 0.005(1950) \Rightarrow T_h = 10.2500$$

سوال 6)

قسمت الف)

$$T_{\text{peak}} = 2s = \frac{\tau * \pi}{\sqrt{1 - \zeta^2}}$$

$$3 * \frac{\tau}{\zeta} = 3s \Rightarrow \tau = \zeta$$

بنابراین با این اطلاعات می‌توانم  $\zeta$  را یافت :

$$\zeta = \frac{2}{\sqrt{\pi^2 + 4}}$$

$$\tau = \frac{2}{\sqrt{\pi^2 + 4}}$$

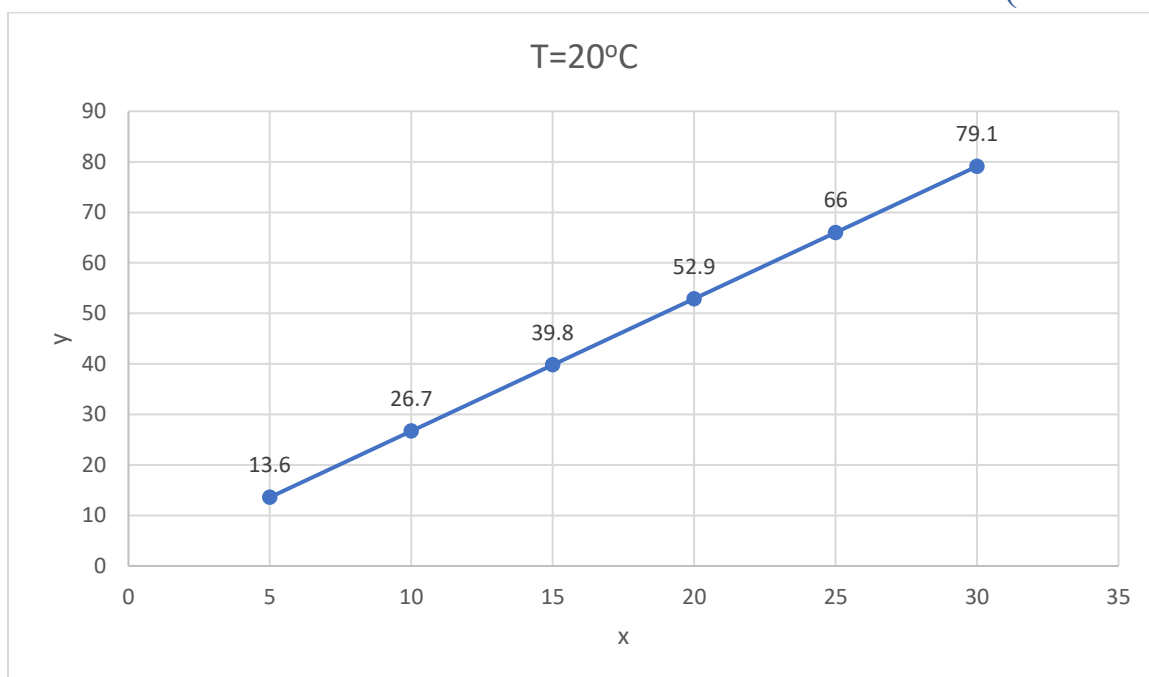
$$W_n = \frac{1}{\tau}$$

$$K = 10$$

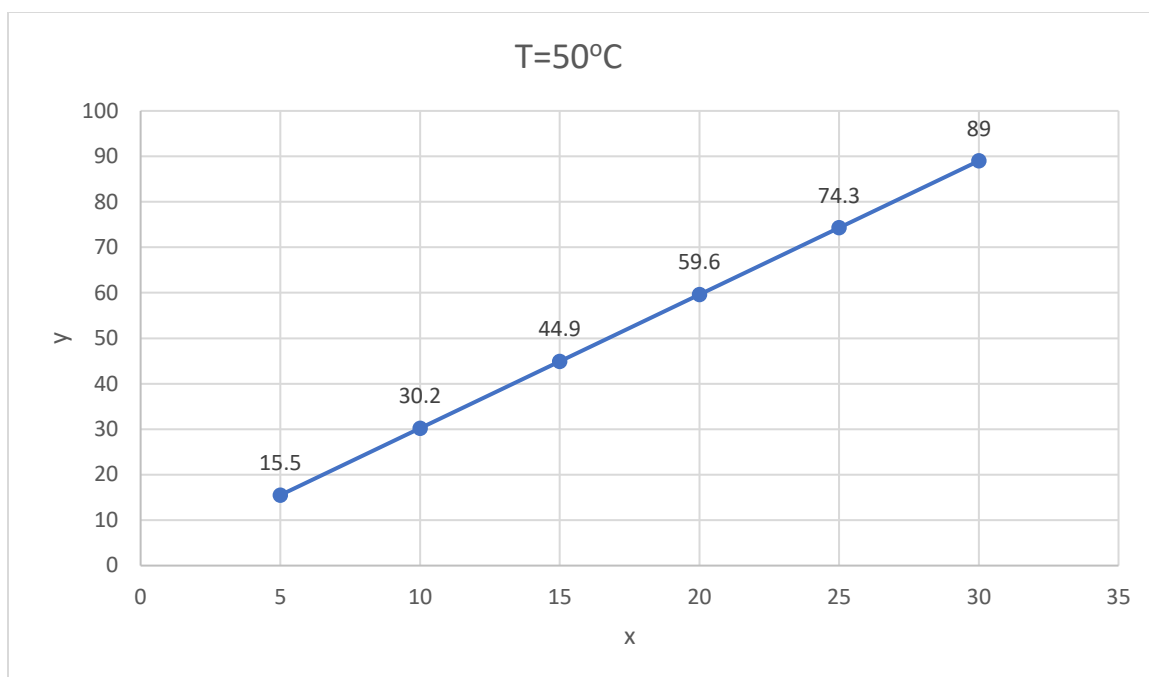
$$Y(2) = \frac{1}{\tau * \sqrt{1 - \zeta^2}} * e^{\frac{-\zeta * 2}{\tau}} * \sin\left(\frac{\sqrt{1 - \zeta^2}}{\tau} * 2\right) = 0.6722$$

سوال 7)

قسمت الف)



خط مشاهده شده دارای شیب 2.62 میباشد و عرض از مبدا 0.5 میباشد.



در نمودار بالا خط مد نظر ما شیبی برابر 2.94 و عرض از مبدا با 0.8 دارد.

$$\text{Zero drift per degree} = \frac{0.3}{30} = 0.01$$

$$\text{Sensitivity drift per degree} = \frac{0.32}{30} = 0.01066666$$

سوال 7)

قسمت ب)

در اینجا 20 درجه را معیار قرار میدهیم و خواهیم داشت:

عرض از مبدا در  $T=40^{\circ}\text{C}$  :

$$0.5 + \frac{0.3}{30} * 40 = 0.9$$

شیب خط در  $T=40^{\circ}\text{C}$  :

$$2.62 + \frac{0.32}{30} * 40 \approx 3.046$$

حال اگر  $x=50$  باشد :

$$Y=3.046*50+0.9=153.2$$