

به نام خدا



شبیه سازی 3 درس کنترل دیجیتال

حامد آجورلو 97101167

استاد : جناب دکتر حائری

زمستان 1400

(۱)  
از نسبت ساری قبل تابع تبدیل گسسته را بدست آوردیم که عبارت است از:

$$G(z) = \frac{0.01447z + 0.01369}{z^2 - 1.825z + 0.847}$$

$$T_s = 0.166^s$$

$$\frac{B(z)}{A(z)} = \frac{0.01447(z + 0.94609)}{z^2 - 1.825z + 0.847}$$

$$\begin{cases} \bar{B}(z) = 0.01447(z + 0.94609) \\ B^+(z) = 1 \end{cases}$$

میدانیم که قدم کل تابع تبدیل سیستم طبقه بسته باشد که RST برابر عبارت زیر است:

$$G_c(z) = \frac{B(z)T(z)}{A(z)R(z) + B(z)S(z)}$$

که در ادامه چند جمله ای های  $R$ ،  $S$  و  $T$  را به خواصم بزر.

(2)  
 می‌دانیم برای اینکه پاسخ سیستم حلقه بسته (و برابر سرفید از سیستم حلقه باز باشد، باید  
 قطب‌های سیستم حلقه بسته 2 برابر نزدیک‌تر به مبدا باشند. به این منظور ریشه‌های معادله را  
 بدست خواهیم آورد.

$$A(z) = z^2 - 1.825z + 0.847 \quad \begin{cases} z_1 = 0.9125 + 0.1197j \\ z_2 = 0.9125 - 0.1197j \end{cases}$$

$$\begin{aligned} A_d(z) &= \left( z - \left( \frac{0.9125 + 0.1197j}{2} \right) \right) \left( z - \left( \frac{0.9125 - 0.1197j}{2} \right) \right) \\ &= z^2 - 0.9125z + 0.211746 \end{aligned}$$

درجه‌ی چند جمله‌ای‌های  $R$  و  $S$  و  $T$  — یک درجه پایین‌تر از  $A_d$ .

$$\begin{cases} R(z) = z + r_1 \\ S(z) = s_0 z + s_1 \\ T(z) = t_0 z + t_1 \end{cases} \Rightarrow A(z)R(z) + B(z)S(z) = A_d(z)B^+(z)A_0(z)$$

درجه  $A_d(z)$  باید برابر 1 باشد، چرا که طرف چپ معادله درجه 3 می‌باشد.

حال بنابر هریک از خواسته‌ها و شرایط طراحی، 3 عبارت  $R(z)$ ،  $S(z)$  و  $T(z)$  بدست می‌آوریم.

(3)

الف) در صورت مسئله زنگ زده است که  $r_1$  های چند جمله ای  $A_0$ ، نصف  $r_1$  های  $A_d$  باشند، لذا به همین طریق عمل خواهیم کرد.

$$A_0(z) = z - \frac{0.45625}{z} = z - 0.2281$$

حال خواهیم داشت:

$$A(z)R(z) + B(z)S(z)$$

$$\begin{aligned} &= (z^2 - 1.825z + 0.847)(z + r_1) + (0.01447z + 0.01369)(S_0z + S_1) \\ &= z^3 + (r_1 - 1.825)z^2 + (-1.825r_1 + 0.847)z + 0.847r_1 \\ &\quad + 0.01447S_0z^2 + (0.01447S_1 + 0.01369S_0)z + 0.01369S_1 \\ &= z^3 + (r_1 - 1.825 + 0.01447S_0)z^2 + (-1.825r_1 + 0.847 + 0.01447S_1 + 0.01369S_0)z \\ &\quad + (0.847r_1 + 0.01369S_1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_d(z)B^+(z)A_0(z) &= (z^2 - 0.9125z + 0.211746)(1)(z - 0.2281) \\ &= z^3 + (-0.2281 - 0.9125)z^2 + ((-0.9125)(-0.2281) + 0.211746)z \\ &\quad - (0.2281)(0.211746) \end{aligned}$$

0.41988

معادله باید با هم برابر باشند پس خواهیم داشت:

$$\begin{cases} (r_1 - 1.825 + 0.01447S_0) = (-0.2281 - 0.9125) \\ -1.825r_1 + 0.847 + 0.01447S_1 + 0.01369S_0 = 0.41988 \\ 0.847r_1 + 0.01369S_1 = (-0.2281)(0.211746) \end{cases}$$

$$S_0 = 26.0795$$

$$S_1 = -15.4678$$

$$r_1 = 0.307029$$

حل معادلات

همچنین برای محاسبه چند جمله ای  $T(z)$  خواهیم داشت:

$$B(z)T(z) = B_d(z)A_o(z) \Rightarrow \cancel{B(z)}T(z) = N\cancel{B(z)}A_o(z)$$

خطای حالت پایدار باید برابر صفر باشد.

$$\lim_{z \rightarrow 1} \frac{B_d(z)}{A_d(z)} = 1$$

$$\lim_{z \rightarrow 1} \frac{B_d(z)}{A_d(z)} = \frac{0.01447(z + 0.944609)}{z^2 - 0.9125z + 0.211746} \bigg|_{z=1} = 0.09403 \rightarrow \boxed{N = 10.634}$$

$$T(z) = 10.634z - 2.42561$$

به این ترتیب هر 3 چند جمله ای  $S$ ،  $R$  و  $T$  به یکدیگر نزدیک خواهند شد.

ب) در صورت مسئله زنگ زده است که  $r_1$  های چند جمله ای  $A_0$  در مقدار بگیرند، لذا به همین ترتیب عمل می کنیم در  $r_1$  های این چند جمله ای و ایدروسی مبدأ قرار می دهیم.

$$A_0(z) = z$$

$$\begin{aligned} A(z)R(z) + B(z)S(z) &= (z^2 - 1.825z + 0.847)(z + r_1) + (0.01447z + 0.01369)(S_0z + S_1) \\ &= z^3 + (r_1 - 1.825)z^2 + (-1.825r_1 + 0.847)z + 0.847r_1 + (0.01447S_0)z^2 \\ &\quad + (0.01447S_1 + 0.01369S_0)z + (0.01369S_1) \\ &= z^3 + (r_1 - 1.825 + 0.01447S_0)z^2 + (-1.825r_1 + 0.847 + 0.01447S_1 + 0.01369S_0)z \\ &\quad + 0.847r_1 + 0.01369S_1 \end{aligned}$$

$$Ad(z)B^+(z)A_0(z) = (z^2 - 0.9125z + 0.211746)(1)(z) = z^3 - 0.9125z^2 + 0.211742z$$

$$\begin{cases} r_1 - 1.825 + 0.01447S_0 = -0.9125 \\ -1.825r_1 + 0.847 + 0.01447S_1 + 0.01369S_0 = 0.211742 \\ 0.847r_1 + 0.01369S_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} S_0 &= 34.814 \\ S_1 &= -25.288 \\ r_1 &= 0.408 \end{aligned}$$

← حل معادلات

$$T(z) = 10.634z$$

N نیز مشابه سمت الف بدست می آید

حال که محاسبات مربوطه انجام شده است ، دو مدل برای هر یک از 2 شرایط ذکر شده در دستور کار طراحی می کنیم . بلوک های R,S,T را در هر یک از مدل ها جایگزین می نماییم و نتایج را به ازای ورودی های ذکر شده مشاهده می نماییم . همانطور که در قسمت 7 دستور کار ذکر شده در هر بخش پاسخ مدل خطی و غیر خطی را با هم مقایسه می کنیم .

4 ( الف ) قید : ریشه های چند جمله ای  $A_0$  را نصف ریشه های چند جمله ای  $A_d$  قرار می دهیم .

کنترل کننده ی حاصل را به مدل خطی گسسته اعمال می نماییم :

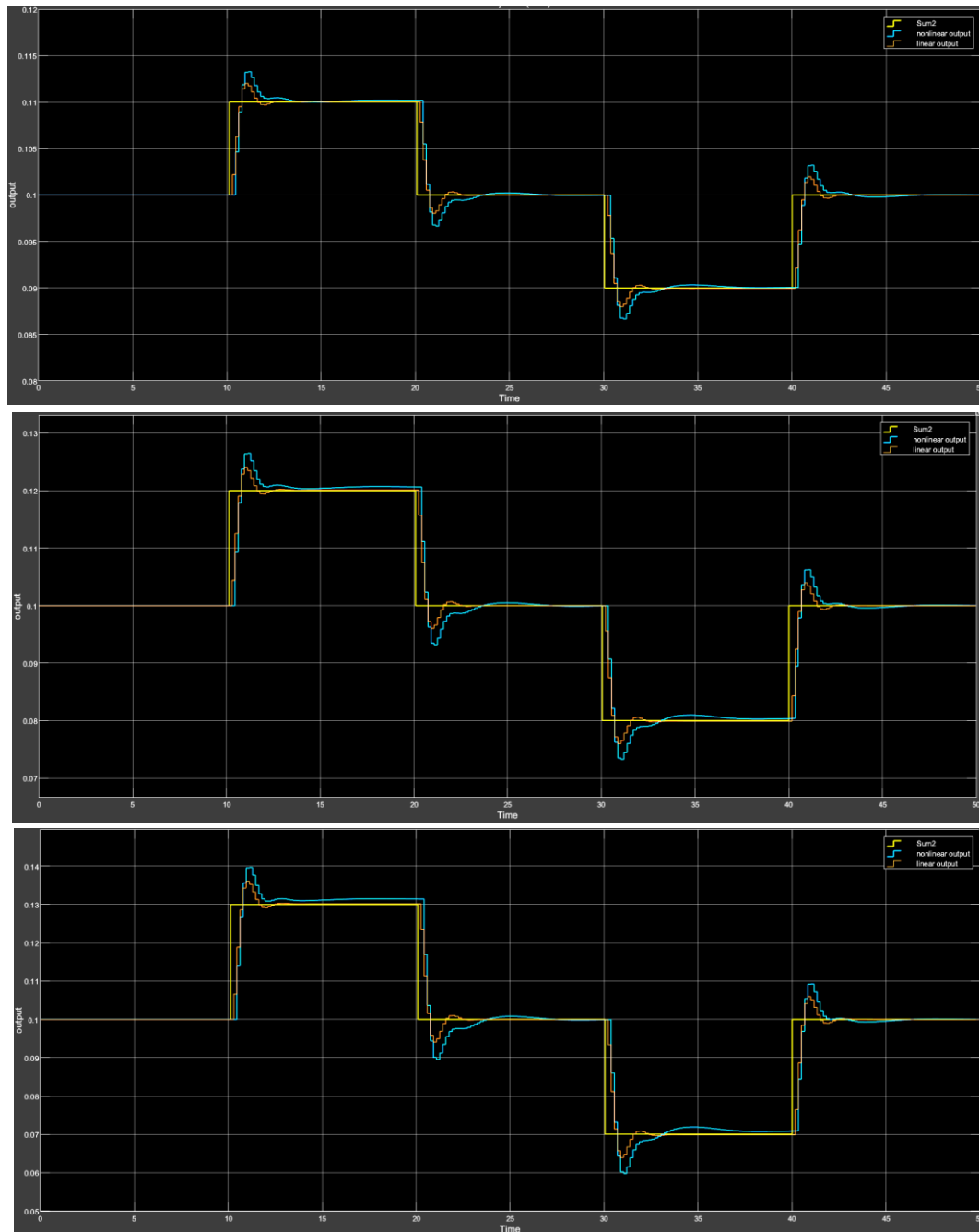


Figure 1 : controlling Discrete linear system with high pace controller

در این قسمت با طراحی کنترل کننده قصد داریم که پاسخ سیستم را نسبت به سیستم حلقه باز دو برابر سریع تر کنیم که این کار با موفقیت پیاده سازی شده است و خروجی دو برابر سریع تر از حالت حلقه باز ، ورودی را فالو می کند . همچنین داشتن خطای حالت ماندگار صفر بسیار حائز اهمیت است که همانطور که ملاحظه می فرمایید این خطا نیز صفر می باشد . لازم به ذکر است که هرچه ورودی از نقطه ی کار فاصله می گیرد ، بالازدگی افزایش یافته و خطای حالت گذرا افزایش می یابد .

ب) قید : ریشه های چند جمله ای  $A_0$  را در مبدا قرار می دهیم .

کنترل کننده ی حاصل را به مدل خطی گسسته اعمال می نماییم :

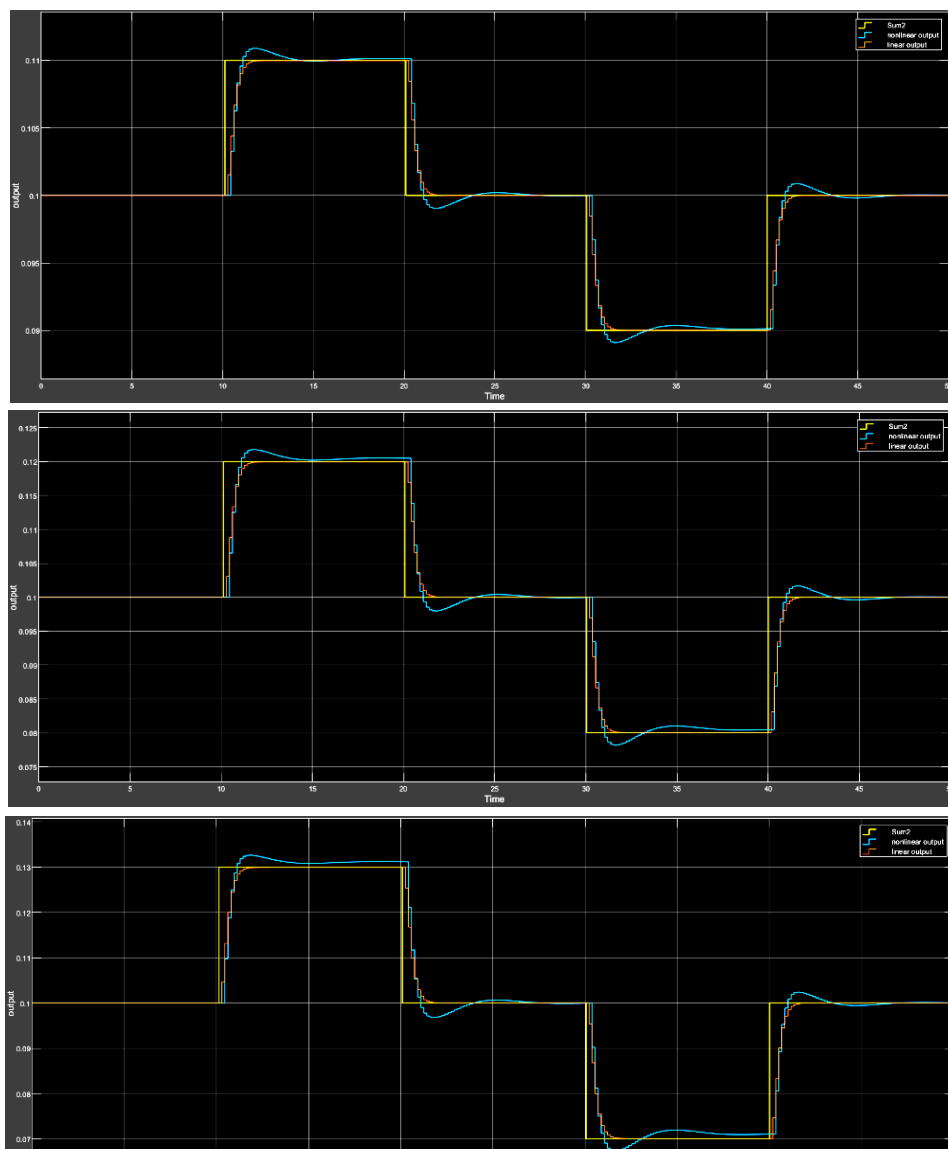


Figure 2 : controlling Discrete linear system using controller with roots in origin



همانطور که مشاهده می فرمایید در این حالت بالازدگی کمتری داریم و پاسخ سریعتر به سیگنال ورودی همگرا می شود که همین انتظار را نیز داشتیم چرا که ریشه در مبدا قرار داده شده است .

5 ( مشابه قسمت قبل نتیجه ی دو طراحی را تحت عنوان الف و ب نمایش می دهیم .

( الف )



Figure 3 : controlling discrete nonlinear system using high  
pace controller

ب) مشابه بخش قبل می بینیم که بالازدگی کمتری داریم و سریعتر پاسخ همگرا می شود.

شرایط مد نظر مسئله نیز کاملاً رعایت شده است.

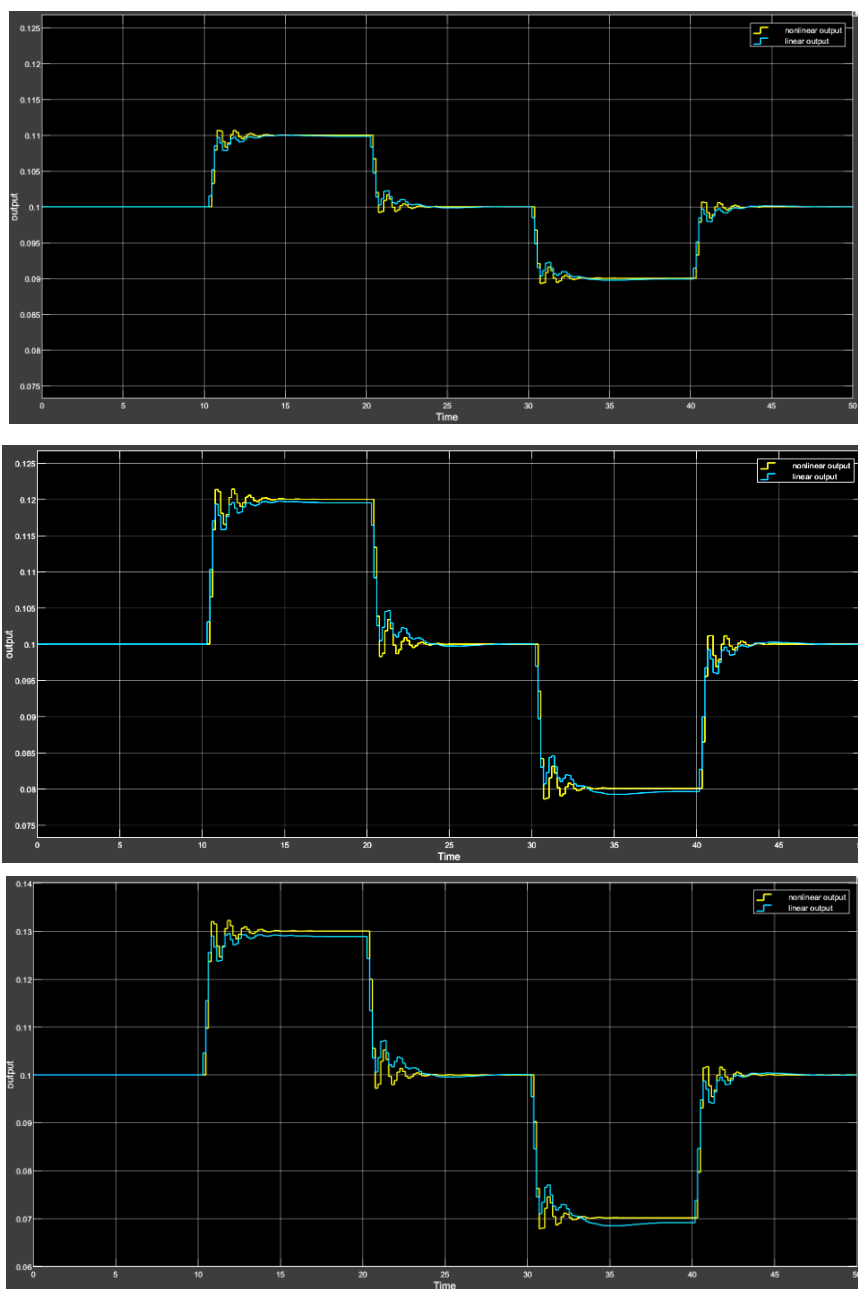


Figure 4: controlling discrete nonlinear system using controller with roots in origin

6) مشابه قسمت قبل نتیجه ی دو طراحی را تحت عنوان الف و ب نمایش می دهیم .

(الف)



Figure 5: controlling continuous nonlinear system using high pace controller

(ب)

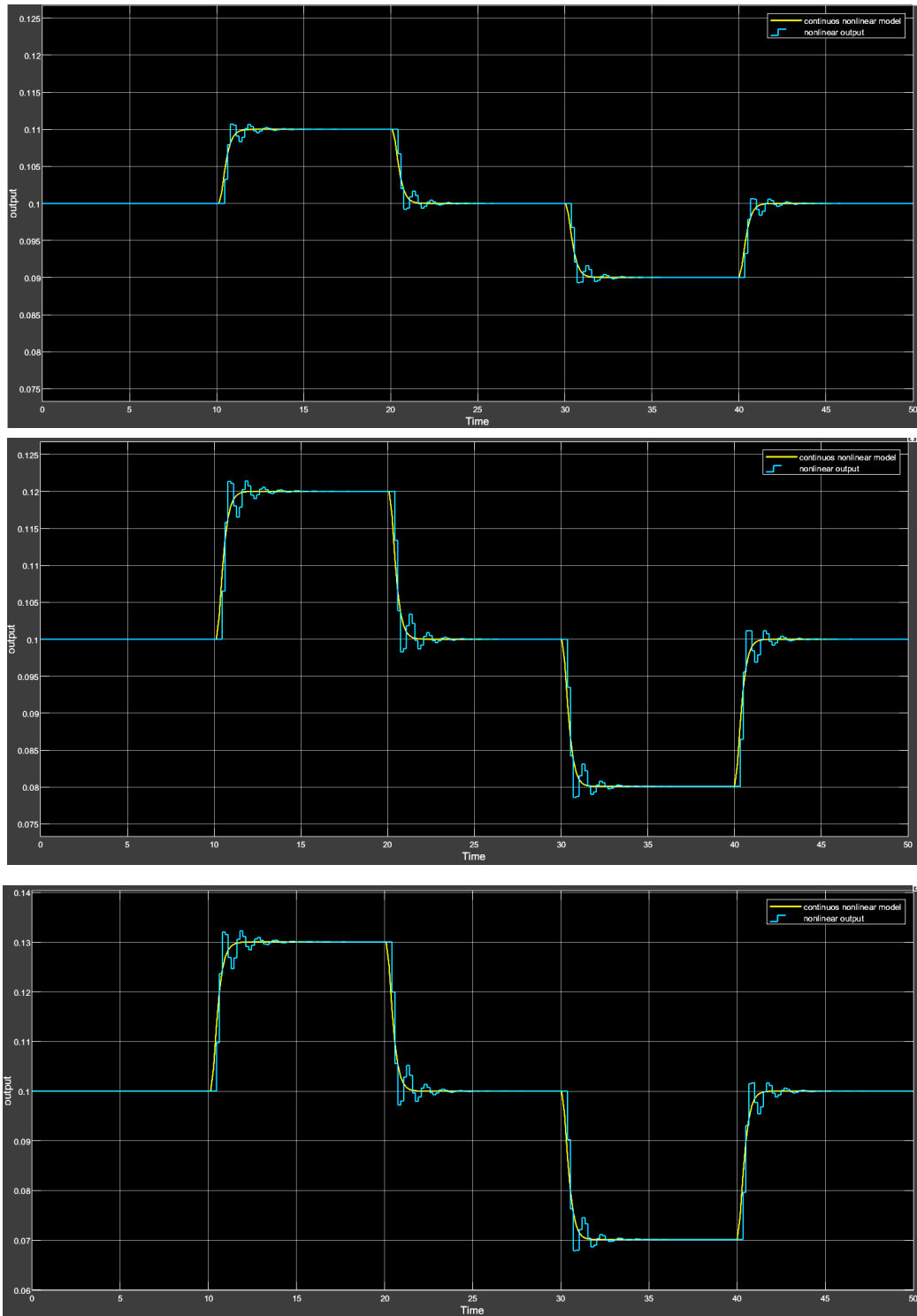


Figure 6 : controlling continuous nonlinear system using controller with roots in origin

مشابه قسمت های قبل در این قسمت نیز پاسخ کنترل کننده ی دوم سریعتر و با بالازدگی کمتر همگرا می شود و خطای حالت ماندگار نیز در تمامی جواب ها صفر می باشد .

در مجموع می توان گفت که در حالات مختلف و تحت شرایط گوناگون کنترل کننده ی بخش ب عملکرد چابک تر و بهتری را از خود به نمایش گذاشت و با بالا زدگی کمتر و سرعت بیشتر به پاسخ مطلوب همگرا شد . همانطور که دستیار آموزشی محترم در پاسخ شبیه سازی دوم اشاره کردند ، مدل گسسته ی خطی طراحی شده توسط بنده در شبیه سازی دوم ، بالا زدگی بیش از حد مجاز دارد که در پاسخ های بخش الف هر قسمت نیز این موضوع مشهود است که میتوان با اعمال تغییراتی در B این بالازدگی غیر مجاز را رفع نمود . در مجموع کنترل کننده ها از دقت مناسب برخوردار هستند و نتایج رضایت بخش می باشد .