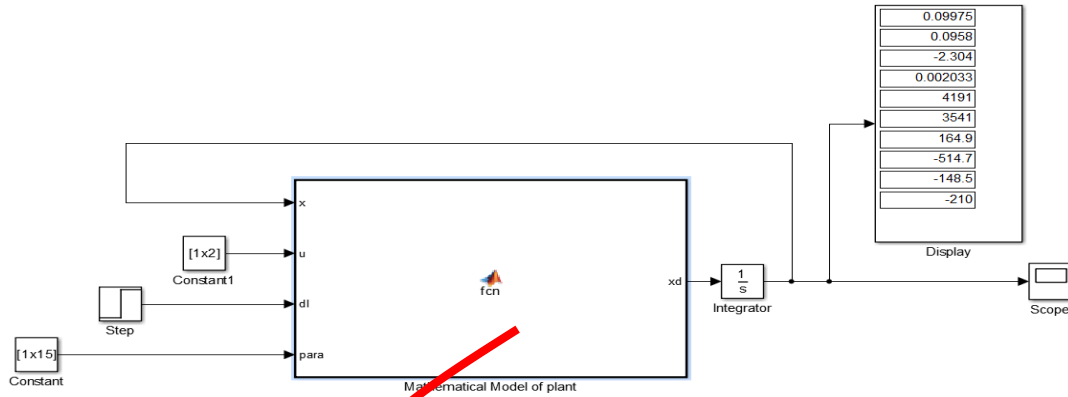


## شبیه سازی معادلات غیر خطی مربوط به نیروگاه

معادلات غیرخطی مربوط به نیروگاه، به صورت ۱۰ عدد معادله، با دو عدد ورودی می باشد. لذا این سیستم به عنوان یک سیستم چند ورودی خروجی بوده که دارای ۱۰ عدد پارامتر خروجی و ۲ عدد پارامتر ورودی می باشد. معادلات حالت توصیف کننده رفتار دینامیکی نیروگاه با توجه به [1] به صورت زیر قابل توصیف می باشند:

$$\left\{ \begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\frac{1}{T_{fu}}x_1 + \frac{1}{T_{fu}}u_1 \\ \dot{x}_2 &= -\frac{1}{T_w}x_2 + \frac{1}{T_w}x_1 \\ \dot{x}_3 &= \frac{1}{C_D}x_2 - \frac{K_b\sqrt{x_3-x_4}}{C_D} \\ \dot{x}_4 &= \frac{K_b\sqrt{x_3-x_4}}{C_{SH}} - \frac{x_4x_6}{C_{SH}} \\ \dot{x}_5 &= -\frac{1}{T_{SR}}x_5 + \frac{1}{T_{SR}}(u_2 - x_4x_6 - \frac{x_{10}}{R}) \\ \dot{x}_6 &= -\frac{1}{T_{sm}}x_6 + \frac{1}{T_{sm}}x_5 \\ \dot{x}_7 &= -\frac{1}{T_{ch}}x_7 + \frac{F_{hp}}{T_{ch}}x_4x_6 \\ \dot{x}_8 &= -\frac{1}{T_{co}}x_8 + \frac{1}{T_{co}}\frac{F_{lp}}{F_{ip}}(x_9 - x_8 - x_7) \\ \dot{x}_9 &= \frac{1}{T_{ch}}x_7 + \frac{F_{lp}}{T_{ch}}x_4x_6 - \frac{1}{T_{th}}(x_9 - x_8 - x_7) + \frac{1}{T_{th}}\frac{F_{ip}}{F_{hp}}x_7 \\ &\quad - \frac{1}{T_{co}}x_8 + \frac{1}{T_{co}}\frac{F_{lp}}{F_{ip}}(x_9 - x_8 - x_7) \\ \dot{x}_{10} &= -\frac{D}{M}x_{10} + \frac{1}{M}x_9 - \frac{1}{M}d_l \end{aligned} \right.$$

## شبیه سازی در محیط سیمولینک:



```
function xd = fcn(x,u,dl,para)
```

```
%Tfu ==> Combustion time constant
```

```
%Tw ==> Water walls time constant
```

```
%Kb ==> Pressure drop coefficient between drum and throttle
```

```
%Csh ==> Storing coefficient of superheated pipes
```

```
%Cd ==> Storing coefficient of drum
```

```
%Tsr ==> Speed relay time constant
```

```
%Tsm ==> Servo mechanism time constant
```

```
%R ==> Speed droop
```

```
%Tch ==> Steam chest time constant
```

```
%Trh ==> Reheat time constant
```

```
%Tco ==> Cross over time constant
```

```
%Fhp ==> Participation portion of the high pressure turbine in the produced mechanical power
```

```
%Fip ==> Participation portion of the intermediate pressure turbine in the produced mechanical power
```

```
%Flp ==> Participation portion of the low pressure turbine in the produced mechanical power
```

```
%M ==> Generator inertial constant
```

```
%D ==> Generator damping coefficient
```

```
%dl ==> Electric load disturbance
```

```
Tw=para(1);
```

```
Tfu=para(2);
```

```
Cd=para(3);
```

```
Csh=para(4);
```

```
Kb=para(5);
```

```
Tch=para(6);
```

```
Trh=para(7);
```

```
Tco=para(8);
```

```
R=para(9);
```

```

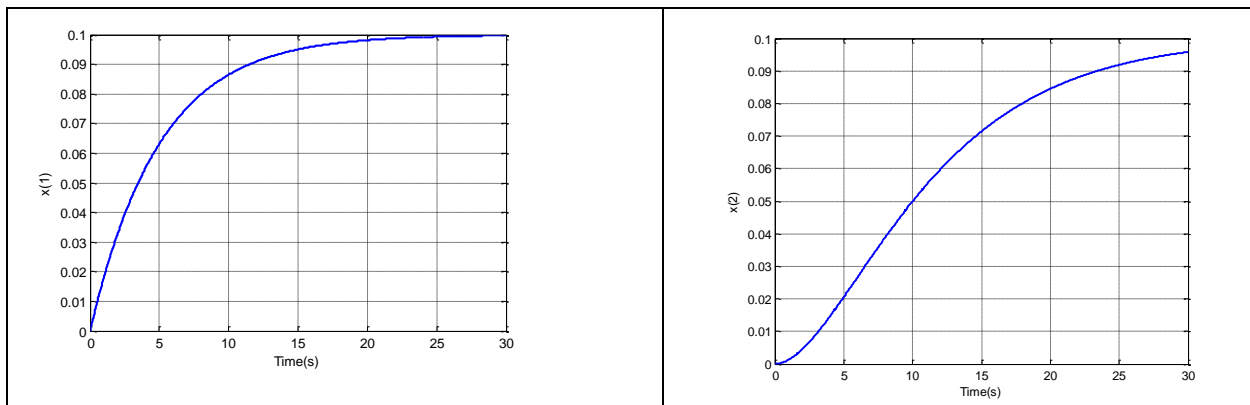
Tg=para(10);
Fhp=para(11);
Fip=para(12);
Flp=para(13);
M=para(14);
D=para(15);
Tsr=.01;
Tsm=Tg-Tsr;

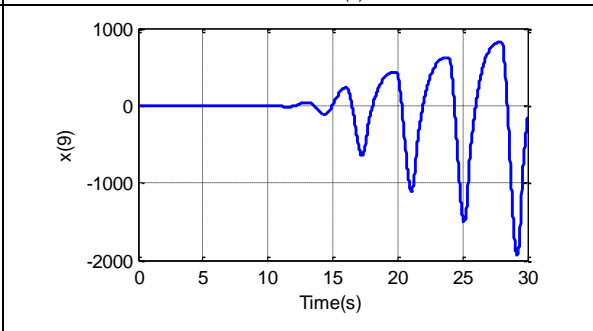
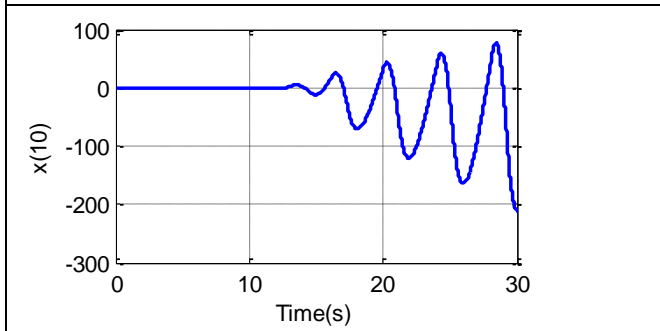
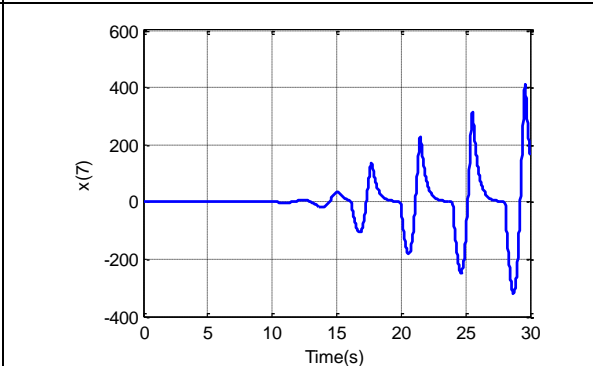
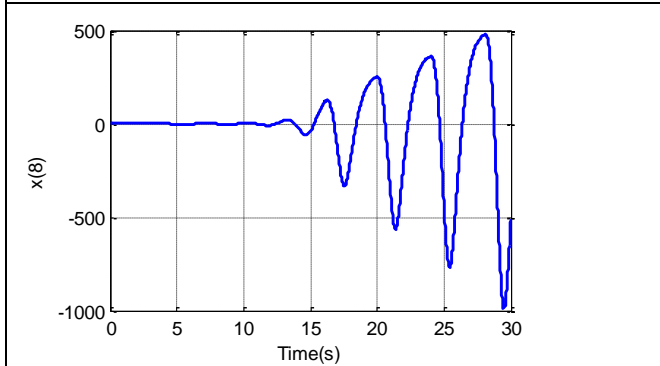
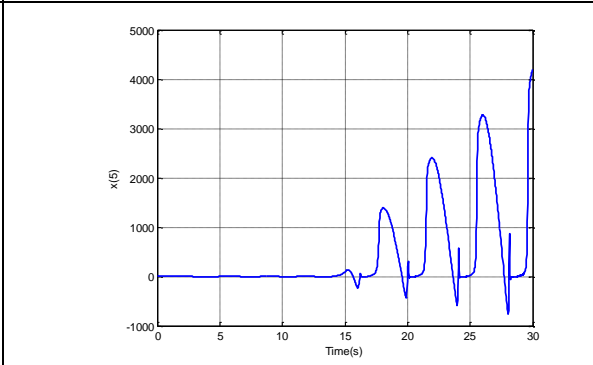
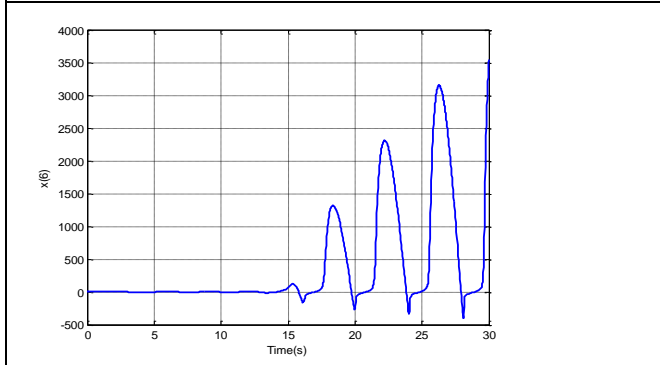
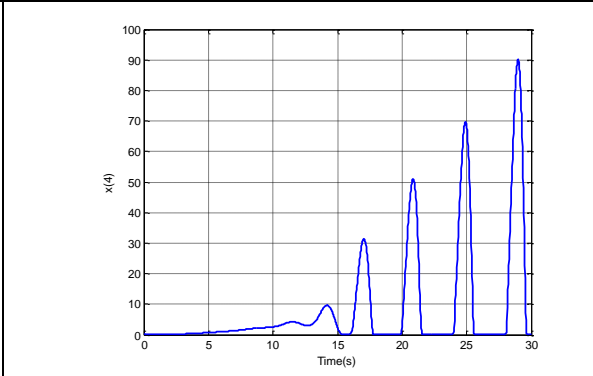
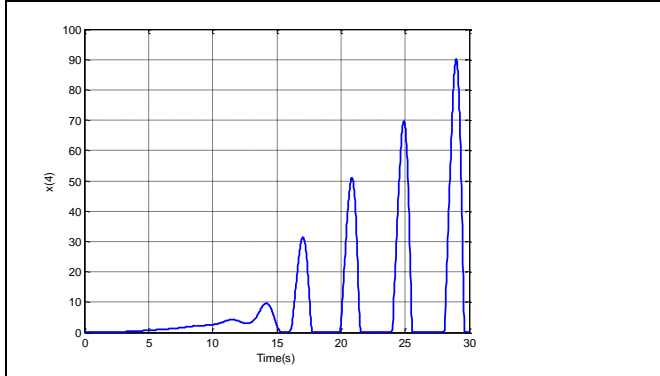
xd=[-1/Tfu*x(1)+1/Tfu*u(1)...
    ;-1/Tw*x(2)+1/Tw*x(1)...
    ;1/Cd*x(2)-Kb*sqrt(abs(x(3)-x(4)))/Cd...
    ;Kb*sqrt(abs(x(3)-x(4)))/Csh-x(4)*x(6)/Csh...
    ;1/Tsr*(-x(5)+u(2)-x(4)*x(6)-x(10)/R)...
    ;1/Tsm*(-x(6)+x(5))...
    ;1/Tch*(-x(7)+Fhp*x(4)*x(6))...
    ;1/Tco*(-x(8)+Flp/Fip*(x(9)-x(8)-x(7)))...
    ;1/Tch*(x(7)+Flp*x(4)*x(6))-1/Trh*(x(9)-x(8)-x(7)-Fip/Fhp*x(7))+1/Tco*(-
x(8)+Flp/Fip*(x(9)-x(8)-x(7)))...
    ;1/M*(-D*x(10)+x(9)-d1)];

```

همانطور که در شکل فوق نشان داده شده است، سیستم دینامیکی با دریافت پارامترهای نیروگاه، و هم چنین متغیرهای حالت سیستم در تکرار قبلی، میزان متغیرهای حالت سیستم را در تکرار قبلی بدست می آورد.

خروجی این سیستم، به ازای ورودی  $u = [0.1, 0.2]$ ، در شکل های زیر نشان داده شده است:





```

clc
close all
clear all
%-----
para=[7 5 108 12 3.78 0.4 7.65 0.63 0.05 0.2 0.29 0.29 0.42 6 0.01 ];
u=[0.1,0.2];
dl=0;
time=50;
dt=0.001;
N=time/dt;
x(1,:)= [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]';
for i=1:N
    xd = state_space(x(i,:),u,dl,para);
    x(i+1,:)=dt*xd+x(i,:);
end
%-----
tout=linspace(0,time,N+1);
figure(1)
plot(tout,x(:,1),'LineWidth',2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('x(1)')
grid
%-----
figure(2)
plot(tout,x(:,2),'LineWidth',2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('x(2)')
grid
%-----
figure(3)
plot(tout,x(:,3),'LineWidth',2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('x(3)')
grid
%-----
figure(4)
plot(tout,x(:,4),'LineWidth',2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('x(4)')
grid
%-----
figure(5)
plot(tout,x(:,5),'LineWidth',2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('x(5)')
grid
%-----
figure(6)
plot(tout,x(:,6),'LineWidth',2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('x(6)')
grid

```

```

%-----
figure(7)
plot(tout,x(:,7),'LineWidth',2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('x(7)')
grid
%-----
figure(8)
plot(tout,x(:,8),'LineWidth',2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('x(8)')
grid
%-----
figure(9)
plot(tout,x(:,9),'LineWidth',2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('x(9)')
grid
%-----
figure(10)
plot(tout,x(:,10),'LineWidth',2)
xlabel('Time(s)')
ylabel('x(10)')
grid

```

و اما function مورد استفاده در کد فوق به صورت زیر تعریف شده است:

```

function xd = state_space(x,u,dl,para)

%Tfu ==> Combustion time constant
%Tw ==> Water walls time constant
%Kb ==> Pressure drop coefficient between drum and throttle
%Csh ==> Storing coefficient of superheated pipes
%Cd ==> Storing coefficient of drum
%Tsr ==> Speed relay time constant
%Tsm ==> Servo mechanism time constant
%R ==> Speed droop
%Tch ==> Steam chest time constant
%Trh ==> Reheat time constant
%Tco ==> Cross over time constant
%Fhp ==> Participation portion of the high pressure turbine in the produced
mechanical power
%Fip ==> Participation portion of the intermediate pressure turbine in the
produced mechanical power
%Flp ==> Participation portion of the low pressure turbine in the produced
mechanical power
%M ==> Generator inertial constant
%D ==> Generator damping coefficient
%dl ==> Electric load disturbance

Tw=para(1);
Tfu=para(2);
Cd=para(3);
Csh=para(4);
Kb=para(5);
Tch=para(6);

```

```

Trh=para (7);
Tco=para (8);
R=para (9);
Tg=para (10);
Fhp=para (11);
Fip=para (12);
Flp=para (13);
M=para (14);
D=para (15);
Tsr=.01;
Tsm=Tg-Tsr;

xd=[-1/Tfu*x(1)+1/Tfu*u(1) ...
    ;-1/Tw*x(2)+1/Tw*x(1) ...
    ;1/Cd*x(2)-Kb*sqrt(abs(x(3)-x(4)))/Cd...
    ;Kb*sqrt(abs(x(3)-x(4)))/Csh-x(4)*x(6)/Csh...
    ;1/Tsr*(-x(5)+u(2)-x(4)*x(6)-x(10)/R) ...
    ;1/Tsm*(-x(6)+x(5)) ...
    ;1/Tch*(-x(7)+Fhp*x(4)*x(6)) ...
    ;1/Tco*(-x(8)+Flp/Fip*(x(9)-x(8)-x(7))) ...
    ;1/Tch*(x(7)+Flp*x(4)*x(6))-1/Trh*(x(9)-x(8)-x(7)-Fip/Fhp*x(7))+1/Tco*(-
x(8)+Flp/Fip*(x(9)-x(8)-x(7))) ...
    ;1/M*(-D*x(10)+x(9)-d1)];

```

پس از Run کردن کد main.m جواب بدست آمده از آن با شبیه سازی سیمولینک یکسان بوده و بنابراین کاربر می تواند بجای استفاده از بلوک سیمولینک از کد استفاده شده در فوق نیز استفاده نمود.