

Charakterystyka czasowa

AUTOR

1 Cel ćwiczenia.

Badanie charakterystyk czasowych, dla różnych równań

2 Rozwiązanie analityczne równania różniczkowego i jego wykres.

$$\ddot{x}(t) + \dot{x}(t) - 2x(t) = u(t), u(t) = 1, \dot{x}(0) = 0, x(0) = 2$$

Rozwiązanie swobodne:

$$\begin{aligned}\ddot{x}_s(t) + \dot{x}_s(t) - 2x_s(t) &= 0 \\ x_s(t) &= Ae^{\lambda t}, \dot{x}_s(t) = \lambda Ae^{\lambda t}, \ddot{x}_s(t) = \lambda^2 Ae^{\lambda t} \\ \lambda^2 Ae^{\lambda t} + \lambda Ae^{\lambda t} - 2Ae^{\lambda t} &= 0 / : Ae^{\lambda t} \\ \lambda^2 + \lambda - 2 &= 0 \\ \Delta = 9, \lambda_1 = -2, \lambda_2 = 1 \\ x_s(t) &= A_1 e^{-2t} + A_2 e^t - \text{rozwiązanie swobodne}\end{aligned}$$

Rozwiązanie wymuszone:

$$\begin{aligned}\ddot{x}_w(t) + \dot{x}_w(t) - 2x_w(t) &= 1 \\ u(t) = 1, \dot{u}(t) = 0, \ddot{u}(t) &= 0 \\ x_w(t) &= C_1 \cdot 1 + C_2 \cdot 0 + C_3 \cdot 0 \\ \dot{x}_w(t) = 0, \ddot{x}_w(t) &= 0 \\ -2C_1 = 1 \Rightarrow C_1 = -\frac{1}{2} \Rightarrow X_w(t) &= -\frac{1}{2} - \text{rozwiązanie wymuszone}\end{aligned}$$

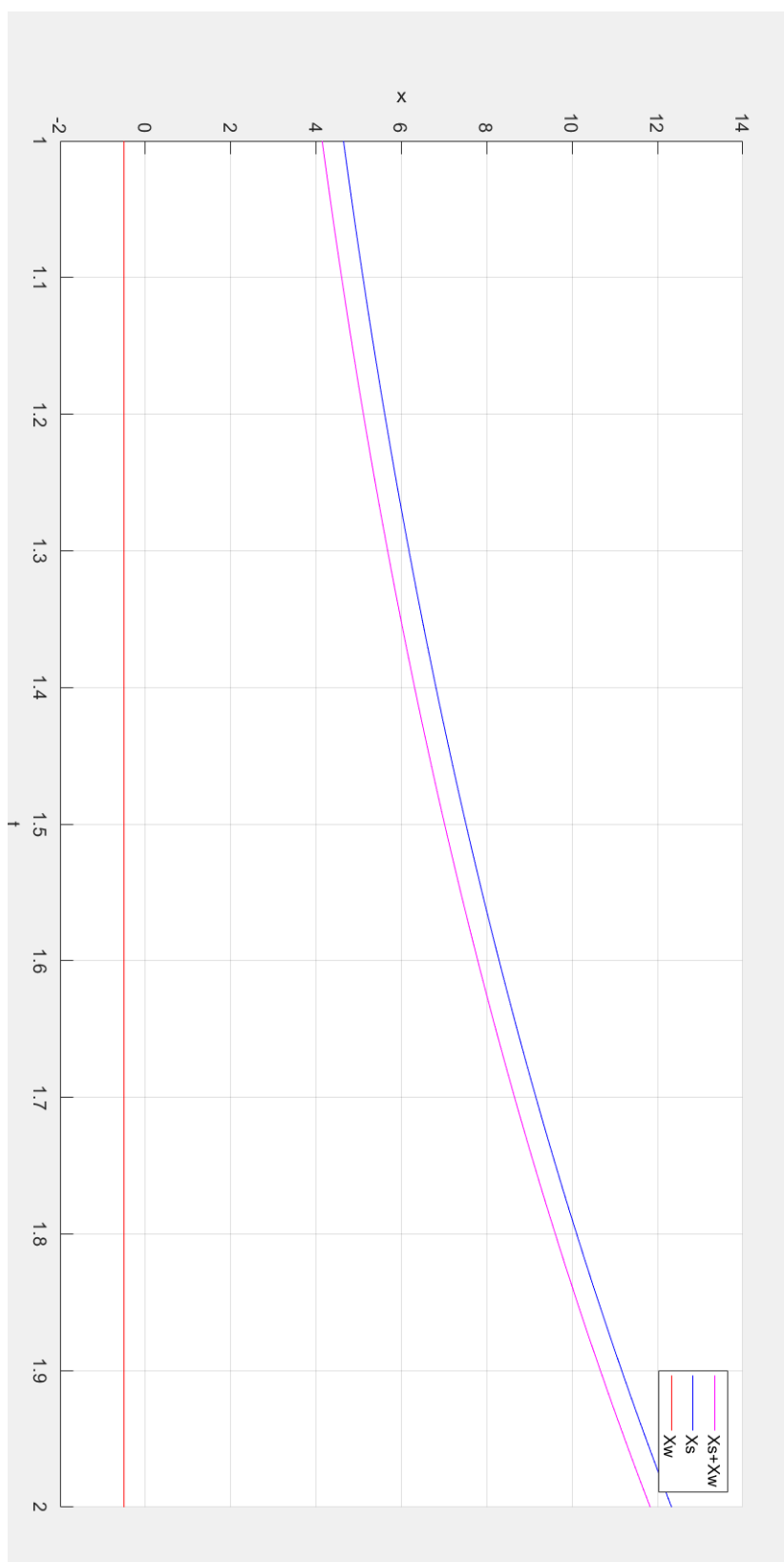
Rozwiązanie ogólne:

$$\begin{aligned}x(t) &= x_s(t) + x_w(t) \\ x(t) &= A_1 e^{-2t} + A_2 e^t - \frac{1}{2} - \text{rozwiązanie ogólne}\end{aligned}$$

Rozwiązanie szczególne:

$$\begin{aligned}x(t) &= A_1 e^{-2t} + A_2 e^t \\ \dot{x}(t) &= -2A_1 e^{-2t} + A_2 e^t \\ x(0) &= A_1 + A_2 - \frac{1}{2} = 2 \\ \dot{x}(0) &= -2A_1 + A_2 = 0 \\ A_1 &= \frac{A_2}{2} \\ \frac{A_2}{2} + A_2 - \frac{1}{2} &= 2 \Rightarrow A_2 = \frac{5}{3} = \frac{10}{6} \Rightarrow A_1 = \frac{5}{6} \\ x(t) &= \frac{5}{6} e^{-2t} + \frac{10}{6} e^t - \frac{1}{2} - \text{rozwiązanie szczególne}\end{aligned}$$

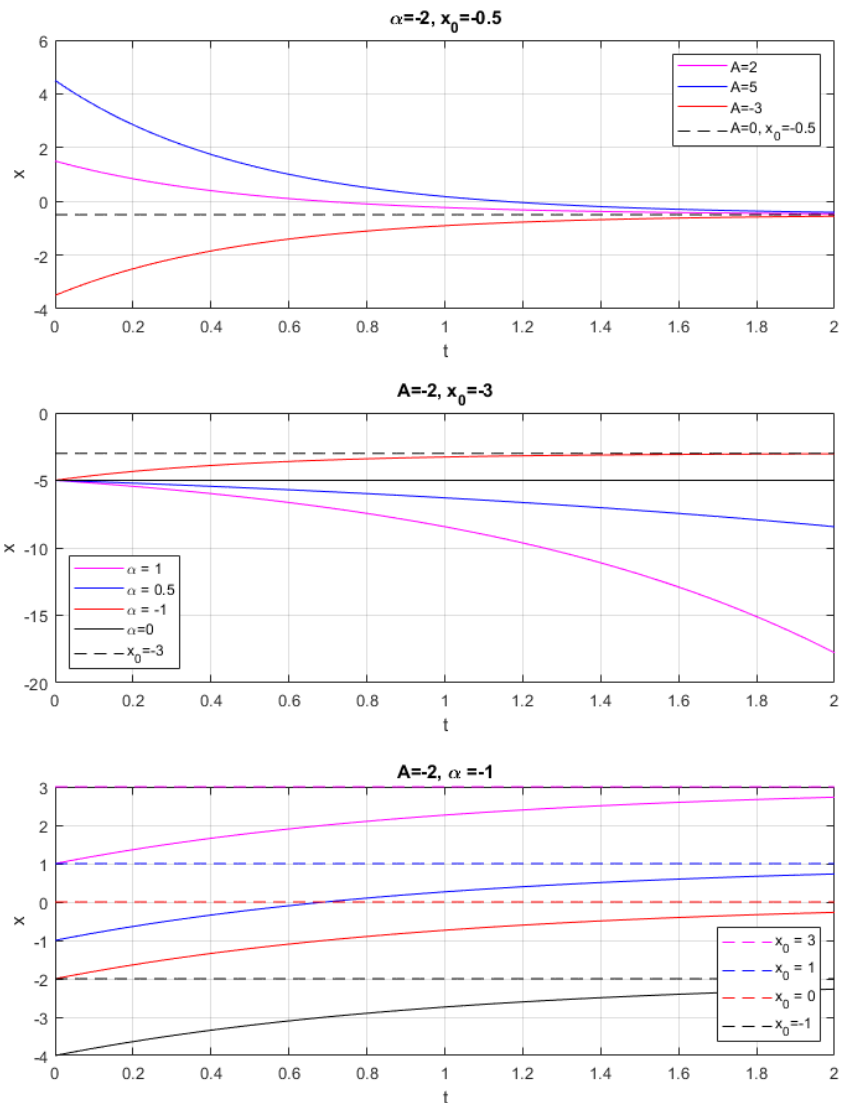
Wykres:



3 Badanie wpływu parametrów.

3.1 A, α, x_0

$$x(t) = Ae^{\alpha t} + x_0$$



Wniosk:

Parametr A nie ma wpływu na stabilność układu. Wpływa na to czy wykres maleje czy rośnie w zależności od tego czy jest ujemny czy dodatni oraz gdzie spotyka się z osią pionową.

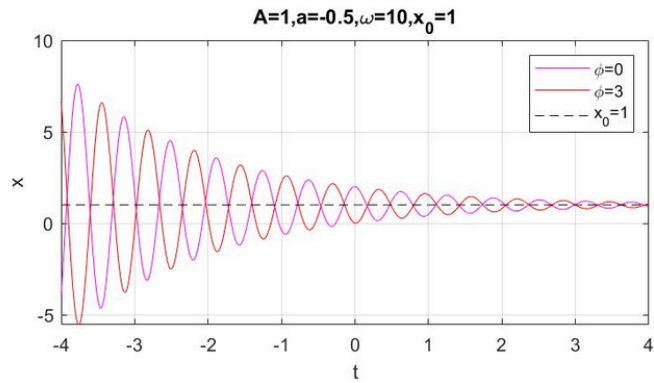
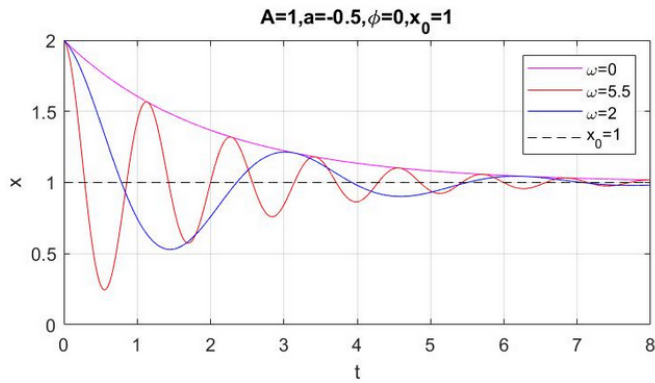
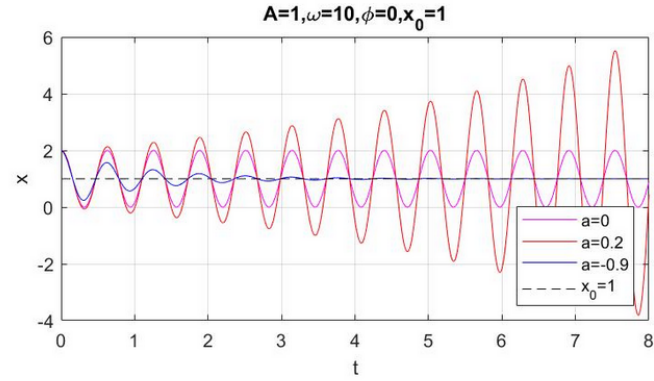
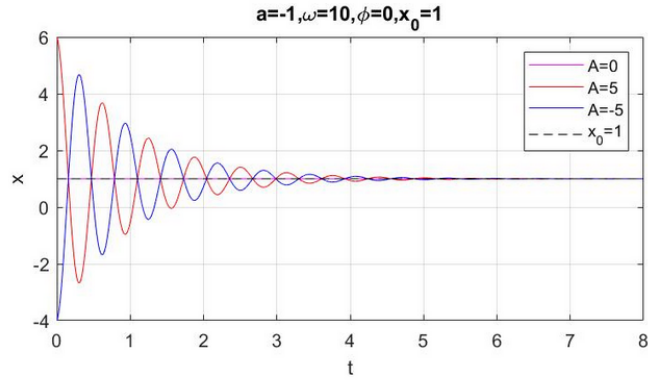
Parametr α wpływa na stabilność układu. Dla $\alpha > 0$ układ jest nie stabilny a dla $\alpha < 0$ układ jest stabilny.

Parametr x_0 nie wpływa na stabilność układu. Decyduje o wartości na jakiej układ się ustabilizuje.

Przesuwa wykres w górę lub w dół zależnie od wartości parametru.

3.2 α, ω, φ

$$x(t) = Ae^{\alpha t} \cos(\omega t + \phi) + x_o$$



Wnioski:

Parametr α wpływa znacząco na zanikanie funkcji. Dla $\alpha < 0$ funkcja zanika do zera (układ się stabilizuje).

Dla $\alpha > 0$ funkcja będzie uciekać od zera (układ jest nie stabilny).

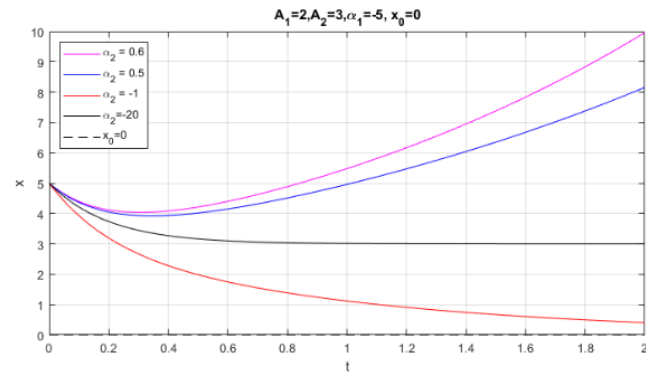
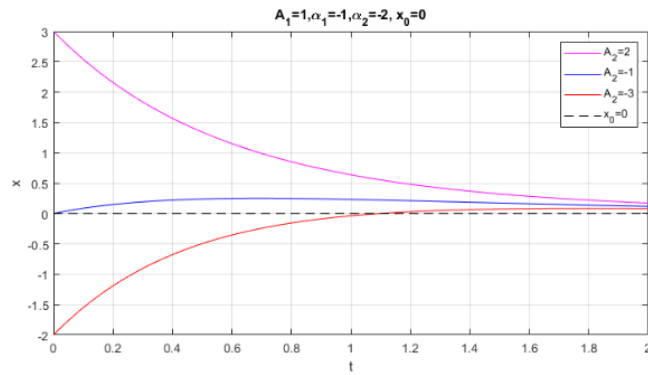
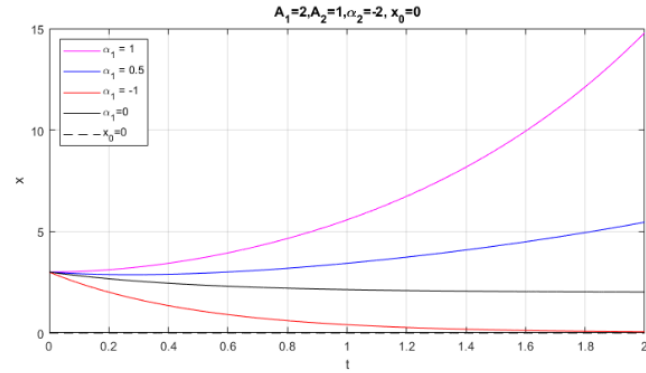
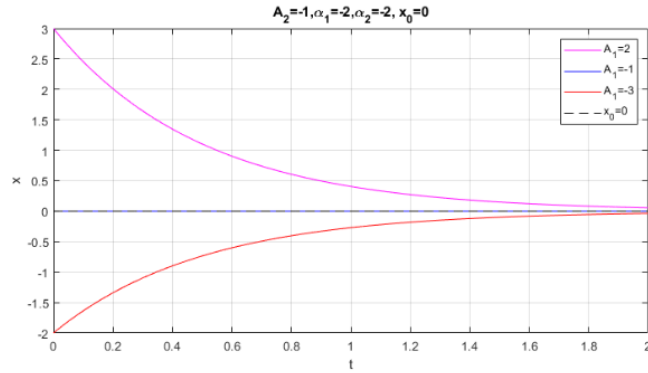
Parametr ω wpływa na częstotliwość oscylacji funkcji. Dla dużych ω oscylacje funkcji będą się pojawiać częściej funkcja będzie bardziej zagęszczona.

Parametr ϕ wpływa na przesunięcie fazowe funkcji.

3.3 α_i, A_i

a)

$$x(t) = A_1 e^{\alpha_1 t} + A_2 e^{\alpha_2 t} + x_o$$

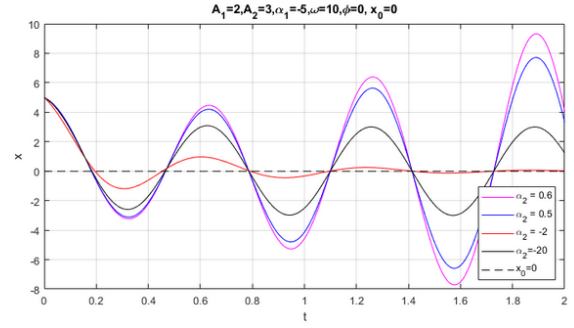
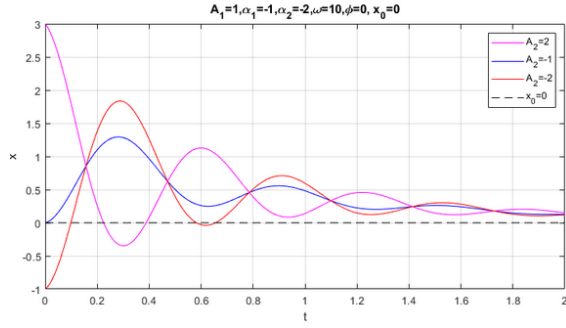
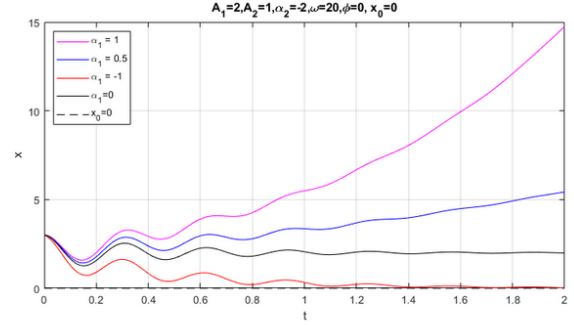
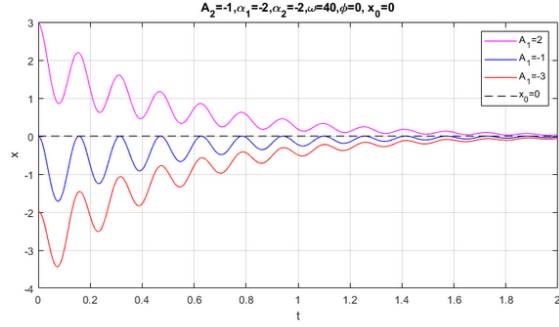


Wnioski:

Sumowanie parametr α_i wpływa znacząco na to czy funkcja zanika. Dla dwóch parametrów α_i o ujemnych znakach funkcja zanika, lecz gdy tylko jeden z parametrów α_i jest dodatni to funkcja już nie zanika. Sumowanie parametru A_i jest bardzo intuicyjne. Gdy dwie składowe mają taki sam znak ich wpływ na kształt funkcji jest zsumowany. W przypadku gdzie parametry A_i mają różne znaki najbardziej znaczący jest ten który ma większą wartość bezwzględną.

b)

$$x(t) = A_1 e^{\alpha_1 t} + A_2 e^{\alpha_2 t} \cos(\omega t + \varphi)$$



Wnioski:

Sumowanie parametru α_i ma duży wpływ na to czy funkcja zanika. Dla dwóch parametrów $\alpha_i < 0$ funkcja zanika, w sytuacji gdzie tylko jeden z parametrów $\alpha_i < 0$ a drugi parametr $\alpha_i > 0$ to funkcja nie zanika. Sumowanie parametru A_i w tej funkcji działa analogicznie do funkcji w podpunkcie 3.3a. Jeśli znaki parametrów A_i są takie same ich efekt się dodaje, jeśli znaki parametrów A_i są różne to najważniejszy jest parametr z większą wartością bezwzględną.

4 Wnioski.

Jak pokazują powyższe przykłady znając jeden z parametrów funkcji możliwe jest w mniejszym lub większym stopniu oszacowanie jej wyglądu. Może być to przełożone na ocenianie opisów modeli i szybki sposób stwierdzania czy model się ustabilizuje czy nie, ponieważ niektóre parametry w przeciwieństwie do innych mają wpływ na to czy funkcja zanika do jakiejś wartości (stabilizuje się) czy nie.

5 Załączniki.

```
clear all;
t=1:0.001:2;
x=5/6*exp(-2*t)+10/6*exp(t)-1/2;
hold on;
plot(t,x,'m');
v=5/6*exp(-2*t)+10/6*exp(t);
plot(t,v,'b');
xw=0;
for i=1:length(t)
    xw(i)=-1/2;
end
plot(t,xw,'r');
legend('Xs+Xw','Xs','Xw');
ylabel('x');
xlabel('t');
```

```

1  clear;
2  close all;
3
4
5  %x_sz=Ae^alpha*t+x0;
6  %AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
7  subplot(3,1,1);
8  x_sz=0:0.001:2;
9  t=0:0.001:2;
10 a=-2;
11 xw=-0.5;
12
13 A1=2;
14 for i=1:(length(t))
15     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
16 end
17 plot(t,x_sz,'m-');
18 hold on;
19 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
20 A1=5;
21 for i=1:(length(t))
22     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
23 end
24 plot(t,x_sz,'b-');
25
26 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
27 A1=-3;
28 for i=1:(length(t))
29     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
30 end
31 plot(t,x_sz,'r-');
32 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
33 A1=0;
34 for i=1:(length(t))
35     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
36 end
37 plot(t,x_sz,'k--');
38 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
39 title('\alpha=-2, x_{\theta}=-0.5');
40 legend('A=2', 'A=5', 'A=-3', 'A=0, x_{\theta}=-0.5');
41 xlabel('t');
42 ylabel('x');
43 grid on;
44 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
45
46
47
48
49
50
51 %aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
52 subplot(3,1,2);
53
54 A1=-2;
55 xw=-3;
56
57 a=1;
58 for i=1:(length(t))
59     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
60 end
61 plot(t,x_sz,'m-');
62 hold on;
63 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
64 a=0.5;
65 for i=1:(length(t))
66     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
67 end
68 plot(t,x_sz,'b-');
69 hold on;
70 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```



```
64 a=0.5;
65 for i=1:(length(t))
66     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
67 end
68 plot(t,x_sz,'b-');
69 hold on;
70 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
71 a=-2;
72 for i=1:(length(t))
73     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
74 end
75 plot(t,x_sz,'r-');
76 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
77 a=0;
78 for i=1:(length(t))
79     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
80 end
81 plot(t,x_sz,'k-');
82 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
83 A1=0;
84 for i=1:(length(t))
85     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
86 end
87 plot(t,x_sz,'k--');
88 title('A=-2, x_{0}=-3');
89 legend({'\alpha = 1','\alpha = 0.5','\alpha = -1','\alpha=0','x_{0}=-3'},
'Location','southwest');
90 xlabel('t');
91 ylabel('x');
92 grid on;
93
94
95
96
97 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
98 subplot(3,1,3);
99 A1=-2;
100 a=-1;
101
102 xw=3;
103 for i=1:(length(t))
104     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
105 end
106 plot(t,x_sz,'m-');
107
108 hold on;
109 A1=0;
110 for i=1:(length(t))
111     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
112 end
113 A1=-2;
114 p1=plot(t,x_sz,'m--');
115 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
116 xw=1;
117 for i=1:(length(t))
118     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
119 end
120 plot(t,x_sz,'b-');
121
122 hold on;
123 A1=0;
124 for i=1:(length(t))
125     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
126 end
127 A1=-2;
128 p2=plot(t,x_sz,'b--');
129 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
130 xw=0;
131 for i=1:(length(t))
132     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
133 end
134 plot(t,x_sz,'r-');
```

```

129 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
130 xw=0;
131 for i=1:1:(length(t))
132     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
133 end
134 plot(t,x_sz,'r-');
135
136 A1=0;
137 for i=1:1:(length(t))
138     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
139 end
140 A1=-2;
141 p3=plot(t,x_sz,'r--');
142 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
143 xw=-2;
144 for i=1:1:(length(t))
145     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
146 end
147 plot(t,x_sz,'k-');
148 A1=0;
149 for i=1:1:(length(t))
150     x_sz(i)=A1*exp(a*t(i))+xw;
151 end
152 A1=-2;
153 p4=plot(t,x_sz,'k--');
154 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
155
156 title('A=-2, \alpha =-1');
157 legend([p1,p2,p3,p4],{'x_{\theta} = 3', 'x_{\theta} = 1', 'x_{\theta} = 0', 'x_{\theta}=-1'}, 'Location',
        'southeast');
158 xlabel('t');
159 ylabel('x');
160 grid on;

```