

浙江大学实验报告

专业：电气工程及其自动化

姓名：潘谷雨

学号：3220102382

日期：2024.11.26

地点：教二 213

课程名称：控制理论（乙） 指导老师：姚维 成绩：

实验名称：控制系统的模型转换

一、实验目的和要求

1、掌握控制系统不同模型的表示方法及相互转换方法。

2、掌握 Mworks 模型转换方法。

二、实验内容和原理

同一控制系统表示可表示为三种不同的模型：传递函数、零极点增益、状态空间。为分析系统的特性，有必要在各种模型之间进行转换。

传递函数模型：

$$H(s) = \frac{num(s)}{den(s)} = \frac{b_1s^m + b_2s^{m-1} + \dots + b_{m-1}s + b_m}{a_1s^n + a_2s^{n-1} + \dots + a_{n-1}s + a_n}$$

在 Mworks 中，直接用分子、分母的系数表示，即

$$nums = [b_1, b_2, \dots, b_m]$$

$$dens = [a_1, a_2, \dots, a_n]$$

零极点增益模型：

$$H(s) = k \frac{(s - z_1)(s - z_2) \dots (s - z_m)}{(s - p_1)(s - p_2) \dots (s - p_n)}$$

在 Mworks 中，用 z, p, k 向量组表示，即

$$z = [z_1, z_2, \dots, z_m]$$

$$p = [p_1, p_2, \dots, p_n]$$

$$k = [k]$$

状态空间模型：

$$\dot{x} = ax + bu$$

$$y = cx + du$$

在 Mworks 中，系统可用(a,b,c,d)表示。

三、主要仪器设备

Mworks 软件、计算机

四、操作方法和实验步骤

实验要求：

编制 Mworks 程序得出零极点模型及状态空间模型并用 Mworks 画出零极点图。

1、根据系统的传递函数模型

$$H(s) = \frac{\text{num}(s)}{\text{den}(s)} = \frac{6s + 18}{s^3 + 8s^2 + 17s + 10}$$

求出系统的零极点模型及状态空间模型并判断系统的稳定性。

2、给定连续系统状态空间方程：

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -2.8 & -1.4 & 0 & 0 \\ 1.4 & 0 & 0 & 0 \\ -1.8 & -0.3 & -1.4 & -0.6 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$
$$y = [0 \ 0 \ 0 \ 1]x$$

求系统传递函数模型和零极点模型，并判断其稳定性。

五、实验数据记录和处理

1、已知系统的传递函数模型

在 Mworks 中编写代码如下：

```
1  clc()
2  clear()
3
4  num=[6,18];
5  den=[1,8,17,10];
6  H=tf(num,den)
7  println("传递函数: ")
8  println(H)
9
10 (z,p,k)=tf2zpk(num,den)
11 println("零点: ", "$z")
12 println("极点: ", "$p")
13 println("增益: ", "$k")
19 figure()
20 pzplot(H[1], "r")
21 pzgrid(true)
22 title("零极点图_pzplot")
23 hold("on")
24
25 display("状态空间模型: ")
26 Ac,Bc,Cc,Dc=tf2ss(num,den);
27
28 println("A矩阵: ", "$Ac")
29 println("B矩阵: ", "$Bc")
30 println("C矩阵: ", "$Cc")
31 println("D矩阵: ", "$Dc")
33 display("系统是否稳定: ")
34 if all(real.(p).<0)
35     display("系统稳定")
36 else
37     display("系统不稳定")
38 end
```

运行得到以下结果：

```
传递函数:
      6s + 18
-----
s^3 + 8s^2 + 17s + 10

零点: [0.0, 0.0, -3.0]
极点: [-5.000000000000007, -1.999999999999995, -1.000000000000013]
增益: [6.0]
零极点模型:
      1.0s + 3.0
6.0-----
(1.0s + 5.000000000000007)(1.0s + 1.999999999999995)(1.0s + 1.000000000000013)
```

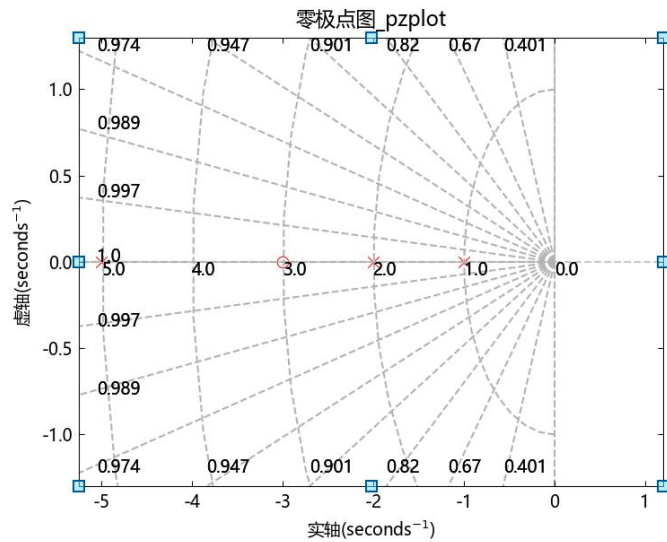
```

"状态空间模型： "
A矩阵: [-8.0 -17.0 -10.0; 1.0 0.0 0.0; 0.0 1.0 0.0]
B矩阵: [1.0; 0.0; 0.0;]
C矩阵: [0.0 6.0 18.0]
D矩阵: [0.0;]

"系统是否稳定： "
"系统稳定"

```

绘制零极点图图像得到:



2、已知连续系统状态空间方程

在 Mworks 中编写代码如下:

```

1  clc()
2  clear()
3
4  A=[-2.8 -1.4 0 0;
5      1.4 0 0 0;
6      -1.8 -0.3 -1.4 -0.6;
7      0 0 0.6 0];
8  B=[1;0;1;0];
9  C=[0 0 0 1];
10 D=0;
11 sys=ss(A,B,C,D)
12 println("状态空间模型: ")
13 println(sys)
14
15 display("传递函数模型: ")
16 tf_sys=tf(sys)
17 println(tf_sys)
18
19 figure()
20 pzmap(tf_sys)
21 pzgrid(true)
22 title("零极点图_pzmap")
23 hold("on")
24
25 display("零极点模型: ")
26 z,p,k=zpkdata(tf_sys)
27 println("零点: ", "$z")
28 println("极点: ", "$p")
29 println("增益: ", "$k")
30
31 zpk_sys=zpk(z,p,k)
32 println(zpk_sys)
33
34 println("系统是否稳定: ")
35 if all(real(pole(sys)).<0)
36     println("系统稳定")
37 else
38     println("系统不稳定")
39 end

```

运行得到以下结果:

状态空间模型:

```

A =
-2.8 -1.4 0.0 0.0
1.4 0.0 0.0 0.0
-1.8 -0.3 -1.4 -0.6
0.0 0.0 0.6 0.0

B =
1.0
0.0
1.0
0.0

C =
0.0 0.0 0.0 1.0

D =
0.0

```

"传递函数模型: "

```

8.881784197001252e-16s^3 + 0.6000000000000023s^2 + 0.6000000000000019s + 0.9239999999999989
-----
1.0s^4 + 4.19999999999997s^3 + 6.2399999999999s^2 + 3.751999999999922s + 0.7055999999999983

```

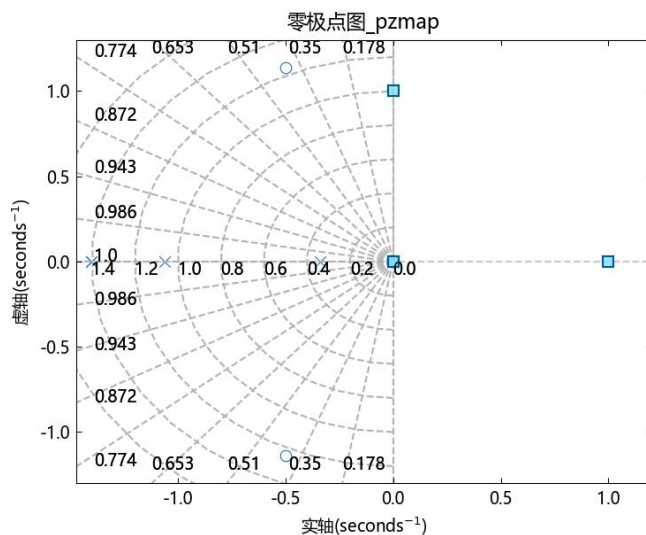
```

"零极点模型："
零点: Vector{ComplexF64}[[-6.755399441055762e14 + 0.0im, -0.4999999999999992 + 1.1357816691600524im, -0.4999999999999992 - 1.1357816691600524im];]
极点: Vector{ComplexF64}[[-1.400000071887354 + 0.0im, -1.3999999281126272 + 0.0im, -1.0605551275464145 + 0.0im, -0.33944487245360083 + 0.0im];]
增益: [8.881784197001252e-16;]
      (1.0s + 6.755399441055762e14)(1.0s^2 + 0.9999999999999984s + 1.5399999999999938)
8.881784197001252e-16-----
      (1.0s + 1.400000071887354)(1.0s + 1.3999999281126272)(1.0s + 1.0605551275464145)(1.0s + 0.33944487245360083)

```

系统是否稳定：
系统稳定

绘制零极点图像得到：



六、实验结果与分析

1、已知系统的传递函数模型

系统的零极点模型为

$$H(s) = 6 \frac{s + 3}{(s + 5)(s + 2)(s + 1)}$$

状态空间模型为

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \begin{bmatrix} -8 & -17 & -10 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u \\ y &= [0 \ 6 \ 18]x \end{aligned}$$

系统稳定。

2、已知连续系统状态空间方程

系统的零极点模型为

$$H(s) = 8.88 \times 10^{-16} \frac{(s + 6.76 \times 10^{14})(s^2 + s + 1.54)}{(s + 1.40)^2(s + 1.06)(s + 0.34)}$$

传递函数模型为

$$H(s) = \frac{8.88 \times 10^{-16}s^3 + 0.60s^2 + 0.60s + 0.92}{s^4 + 4.20s^3 + 6.24s^2 + 3.75s + 0.71}$$

系统稳定。

七、讨论、心得、体会

通过本次实验，我掌握了控制系统不同模型的表示方法及其在 **Mworks** 中的转换方法，学会了如何使用 **Mworks** 进行系统稳定性分析。实验中，我意识到了理论使用适当工具进行系统设计和分析的价值。此外，我也提高了在处理模型转换和系统稳定性分析时解决问题的能力。