

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：2024.12.11

地点：仿真实验

课程名称：控制理论（乙） 指导老师：姚维 成绩：

实验名称：控制系统的根轨迹分析

一、实验目的和要求

- 掌握用计算机辅助分析法分析控制系统的根轨迹
- 熟练掌握 Sysplorer 仿真环境。

二、实验内容和原理

根轨迹是指，当开环系统某一参数（一般来说，这一参数选作开环系统的增益 k ）从零变到无穷大时，死循环系统特征方程的根在 s 平面上的轨迹。因此，从根轨迹，可分析系统的稳定性、稳态性能、动态性能。同时，对于设计系统可通过修改设计参数，使闭环系统具有期望的零极点分布，因此根轨迹对系统设计也具有指导意义。在 Sysplorer 中，绘制根轨迹有关的函数有：rlocus, rlocfind, pzmap 等。

三、主要仪器设备

Mworks 软件、计算机

四、操作方法和实验步骤

实验内容：

已知单位负反馈的开环传递函数为：

$$G(s) = \frac{k(s+2)}{(s^2+4s+3)^2}$$

绘制系统的根轨迹图形，并分析系统的稳定性。

实验要求：

- 编制 Syslab 程序，画出实验所要求根轨迹，求出系统的临界开环增益，并用闭环系统的冲激响应证明。
- 在 Sysplorer 仿真环境中，组成系统的仿真框图，观察临界开环增益时系统单位阶跃响应曲线并记录。

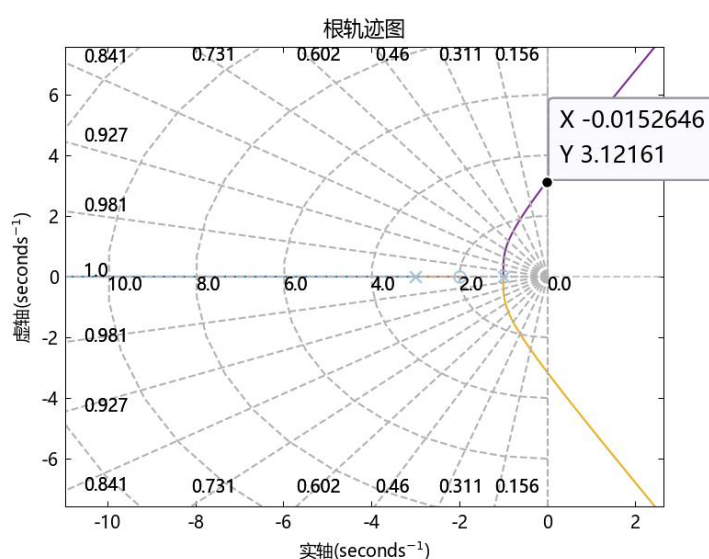
五、实验数据记录和处理

1、根轨迹绘制

(1) 编写程序，如下

```
1  clear()
2  clc()
3  figure(11)
4  num = [1 2]
5  den = conv([1 4 3],[1 4 3])
6  G = tf(num,den)
7  rlocus(G)                                     #绘制根轨迹
8  sgrid("on")
```

运行得到根轨迹图的如下：



如图所示，根轨迹和虚轴的交点大概在(0,3.12i)，计算得到增益 $K = 54.29$ 。

此时的闭环传递函数为 $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s)} = \frac{k(s+2)}{k(s+2)+(s^2+4s+3)^2}$ ，编写闭环系统传递函数程序：

```
10 @variables k w
11 char_eq = k*(im*w + 2) + ((im*w)^2 + 4*im*w + 3)^2 #特征方程
12 char_r = real(char_eq) #特征方程实部
13 char_i = imag(char_eq) #特征方程虚部
14 res = nsolve([char_r,char_i],[k,w],[10,4])
16 k_cr = res[1]
17 println("k=",k_cr)
18
19 w_tmp = res[2]
20 println("w=",w_tmp)
```

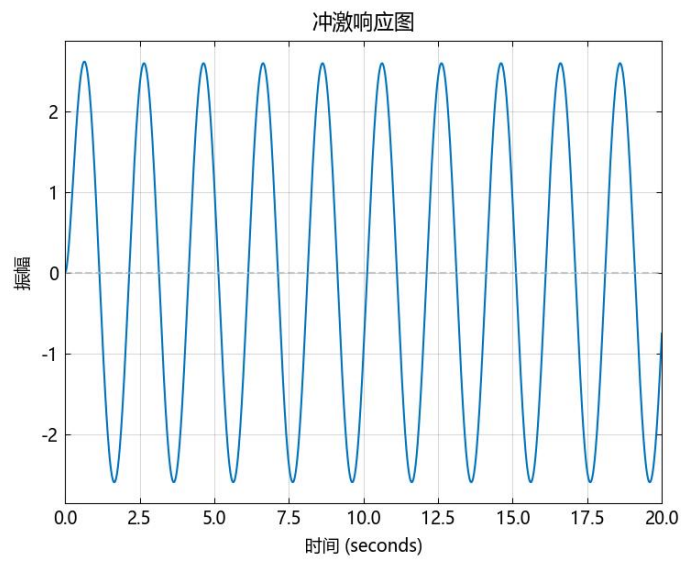
得到增益与临界频率：

```
k=55.42562584220407
w=3.1509051446013903
```

绘制单位冲激响应曲线：

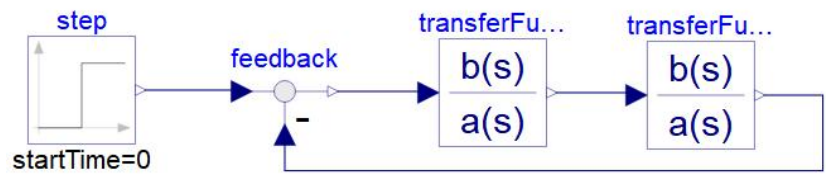
```
22 figure(12)
23 closed_loop = feedback(k_cr*G,1) #单位负反馈闭环系统
24 impulse(closed_loop, 20) #单位冲激响应
25 grid("on")
```

得到单位阶跃响应曲线如下，可知大约处于临界稳定状态，验证结果基本符合预期。



2、控制框图

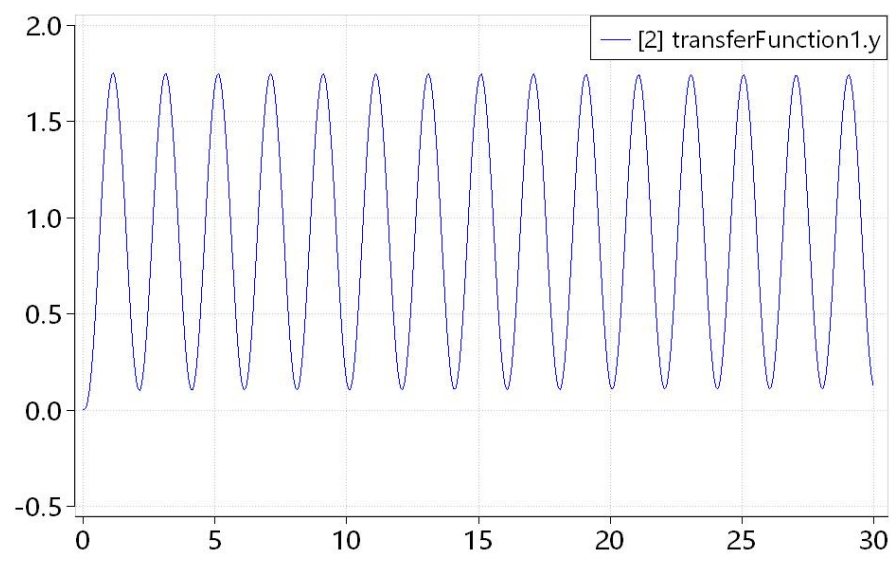
在 Sysplorer 环境中搭建仿真模型，如下：



两传递函数参数分别为：

参数		参数	
b	{55.4256, 55.4256*2}	b	{1}
a	{1,4,3}	a	{1,4,3}

设置运行时间为 30s，步长 0.01s，得到波形如下：



六、实验结果与分析

- 1、利用 **Mworks** 求取根轨迹并通过 **rlocus** 函数寻找根轨迹与虚轴交点，可以很方便地得到系统稳定的增益 **k** 的极限值。**K** 取 54.29 时，所有的极点均在 **S** 平面左半边，证明系统此时是稳定的。
- 2、理论计算可以得到根轨迹与虚轴交点实际位于 $(0, 3.1509i)$ 处，对应 **K** 的临界值为 55.4256。
- 3、利用 **Sysplorer** 搭建模型的仿真结果类似，代入 **K** 的极限值，使用单位阶跃响应验证，图像基本显示为临界稳定。

七、讨论、心得、体会

实验中我学习了控制系统根轨迹的绘制方法，加深了我对根轨迹的含义和系统稳定性的理解。同时我也在这个过程中，利用仿真软件求取临界开环增益等参数，掌握并熟悉了 **Sysplorer** 环境中的闭环负反馈系统的建模方法，让我再一次感受到 **Mworks** 仿真工具的重要性。在今后的学习中，我必须要加深控制系统的理解，为搭建复杂、稳定的系统打下坚实的基础。