



哈尔滨工业大学（深圳）

Harbin Institute of Technology, Shenzhen

实验报告

课程名称: 自动控制理论A

学生姓名: 方尧

学生学号: 190410102

学生专业: 自动化类

开课学期: 2021年秋季学期

报告时间: 2021年12月8日

指导教师: _____

哈尔滨工业大学（深圳）

实验3 线性系统的根轨迹分析 —— NI 平台实验报告

一、实验目的

1. 根据对象的开环传函, 做出根轨迹图.
2. 掌握用根轨迹分析系统的稳定性.
3. 通过实际实验, 来验证根轨迹方法.

二、实验设备

1. PC 机一台
2. NI ELVIS III 一台
3. "Circuits control Board - 1" (自动控制原理课程实验套件1)

三、实验原理 4. 导线6根

(简述实验原理, 按步骤画出系统根轨迹, 并根据根轨迹分析系统稳定性, 参照实验指导书

三节4、5点。)

1. 方框图



2. 开环传函

$$G(s) = \frac{K}{s(s+1)(0.5s+1)} \quad (\text{开环增益为 } k=500K\Omega/R)$$

3. 绘制根轨迹

分离点 $d = \frac{\sqrt{3}}{3} - 1$ 对应 $k = \frac{\sqrt{3}}{9}$, $R = 2.6M\Omega$.

虚轴交点 $D(s) = 0.5s^3 + 1.5s^2 + s + K$

Routh 判据

s^3	0.5	1	
s^2	1.5	K	
s^1	$1.5 - 0.5K$	0	
s^0	K		

得 $k=3$, $R=166.67K$
 $s_{1,2} = \pm j\sqrt{2}$

4. 分析系统稳定性

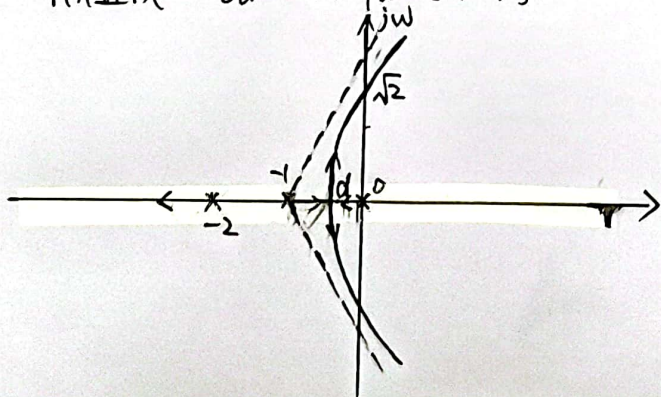
① 均为负实数 $0 < k < \frac{\sqrt{3}}{9}$, $R \geq 2.6M\Omega$

② 有一对虚轴根 $k=3$, $R=166.67K\Omega$

③ 进入右半平面 $k > 3$, $R < 166.67K\Omega$

④ 有一对负的共轭复根 $\frac{\sqrt{3}}{9} < k < 3$, $166.67K\Omega < R < 2.6M\Omega$

渐近线 $\sigma_a = -1$, $\varphi_a = \frac{\pi}{3}, \pi, \frac{5\pi}{3}$

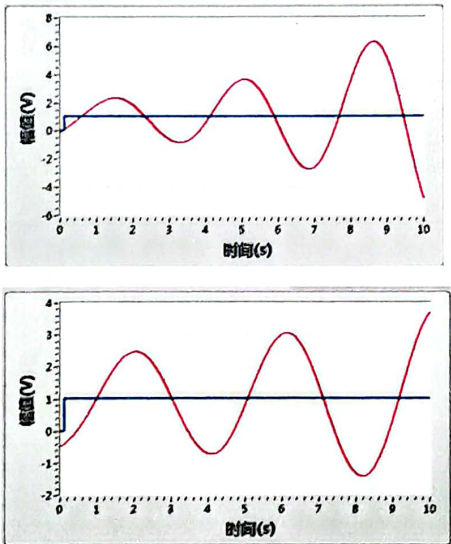
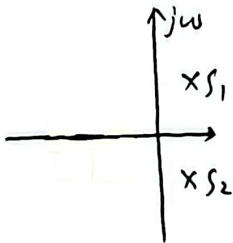


四、实验数据与结果分析

1. 判断系统处于不同状态时闭环极点在 s 平面上的位置，并计算 K 和 R 的取值范围。

系统响应	闭环极点在根轨迹上的位置	K	R
非周期过程	左半实轴	$0 < K < \frac{\sqrt{3}}{9}$	$R \geq 2.6M$
等幅振荡	虚轴	$K=3$	$166.67K$
系统发散	右半平面	$K > 3$	$R < 166.67K$
系统衰减振荡	左半平面(非实轴)	$\frac{\sqrt{3}}{9} < K < 3$	$166.67K < R < 2.6M$

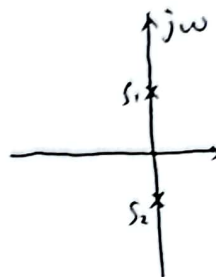
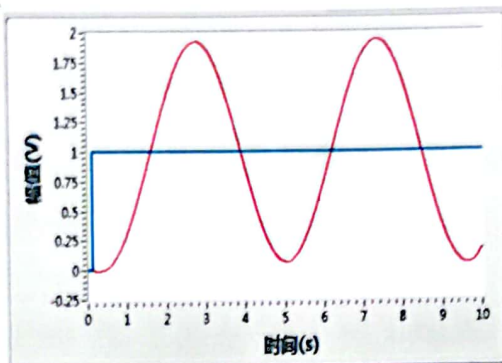
2. 截取系统处于不同状态时的响应曲线，并画出此时闭环极点在 s 平面上的示意图。

系统状态	响应曲线	闭环极点 s 平面示意图
系统发散	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> 80K 125K </div>	

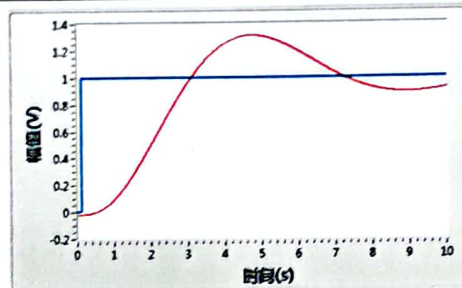
等幅振荡

$$R = 165.26 \text{ k}$$

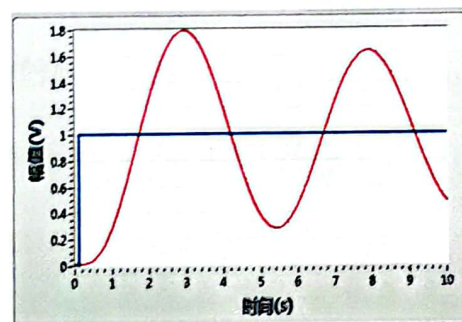
(用万用表
测出此时的
R 值)



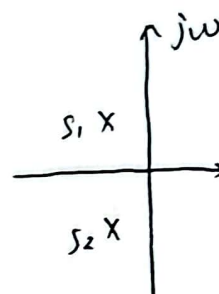
衰减振荡



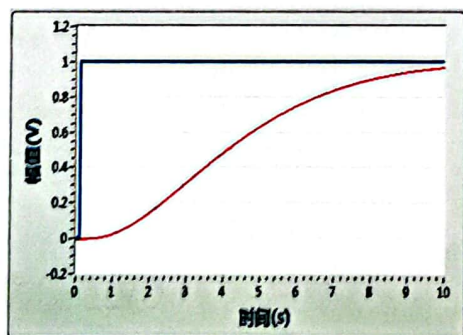
0.613M



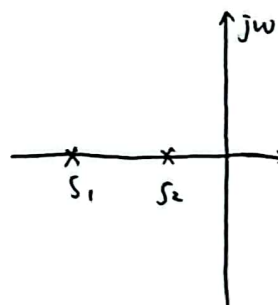
200k



过阻尼



2.11M



实验3 线性系统的根轨迹分析 —— 直流伺服系统平台实验报告

一、实验目的

1. 掌握二阶系统的性能指标同系统闭环极点位置的关系,
2. 掌握由开环零极点的位置确定闭环零极点的位置的方法
3. 会用 Routh 判据判断闭环系统的稳定性.

二、实验设备

1. G S M T 2014 型直流伺服系统控制平台
2. PC, Matlab 平台

三、实验原理

根轨迹是当根轨迹增益由 $0 \rightarrow \infty$ 变化时, 闭环特征根在 S 平面上移动的根轨迹曲线。根轨迹给出了 K 变化时闭环特征根的变化, 还给出了参数对闭环特征根的分布影响。

闭环系统的稳定性在于, 根轨迹越过虚轴进入右半平面, 与虚轴交点为临界稳定增益。根据原点根的个数, 可确定系统型别, 进而确定静态误差系数。

直流伺服电机系统三阶开环传递函数为 $G(s)H(s) = \frac{K}{s(T_1s+1)(T_2s+1)}$

若 $T_0=1, T_1=0.12, T_2=0.052$, $G(s)H(s) = \frac{K}{s(0.12s+1)(0.052s+1)}$

$$D(s) = s(0.12s+1)(0.052s+1) + K = 0$$

列写劳斯判据

$$s^3 \quad 1 \quad 166.67$$

$$s^2 \quad 29.17 \quad 166.67K$$

$$s^1 \quad 166.67 - 5.7137K$$

$$s^0 \quad 166.67K$$

得系统稳定 K 取值范围为 $0 < K < 29.17$

实轴分离点 $d = -3.626$, 对应 $K = 1.662$.

四、实验数据与结果分析

模型仿真

K	$C(t_p) \times 10^3$	$C(\infty)$	$\sigma(\%)$	$t_p(s)$	$t_s(s)$	阻尼类型	极点位置
2	1.002	1000	0.2%	1.713	1.196	欠阻尼	S左半平面(非实轴)
5	1.205	1000	20.5%	0.623	0.956	欠阻尼	S左半平面(非实轴)
15	1.727	1000	72.7%	0.357	4.842	欠阻尼	S左半平面(非实轴)
25	—	∞	∞	—	—	无阻尼	虚轴上
35	—	∞	∞	—	—	负阻尼	S右半平面

实时控制

1. 改变 K 值从图中读值。

K	$C(t_p) \times 10^3$	$C(\infty)$	$\sigma(\%)$	$t_p(s)$	$t_s(s)$	阻尼类型	极点位置
1	—	2000	—	—	3.205	过阻尼	S负实轴
5	2.390	2000	19.5%	0.639	1.430	欠阻尼	S左半平面(非实轴)
15	2.696	2000	34.8%	0.631	3.480	欠阻尼	S左半平面(非实轴)
25	2.522	—	—	0.431	—	无阻尼	虚轴上

2. 寻找无阻尼、临界阻尼时 K 值

阻尼类型	K
无阻尼	25
临界阻尼	1.8

五、思考

1. 实验中阶跃输入信号的幅值范围应该如何考虑?

2. 高阶系统的稳定性与哪些参数有关?

1. 应考虑电机所能被触发的最小信号幅值, 以及过小会使信噪比降低, 输出不清楚;

过大会使系统动态特性的非线性因素增大, 而且实验系统需考虑电机的最大转速, 需给欠阻尼等情况的超调部分一显示范围, 故取最大转速 $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$ 为宜。

2. 高阶系统的稳定性与开环增益、开环零极点分布, 系统的阶次, 各阶参数都有关系。高阶系统的稳定性可用根轨迹法和 Routh 判据分析判断。