

浙江大学



测控技术实验-控制实验报告

姓名：吴娉婷

学院：机械工程学院

系：机械工程

专业：机械工程

学号：3220103538

2024 年 12 月 9 日

浙江大学实验报告

(此页可在 <http://bksy.zju.edu.cn/office/> 下载)

实验项目名称: 线性系统串联校正

同组学生姓名: 陈慧慧

一、实验目的和要求

1. 观测未校正系统的稳定性和动态特性。
2. 按动态特性要求设计串联校正装置。
3. 观测加串联校正装置后系统的稳定性和动态特性，并观测校正装置参数改变对系统性能的影响。
4. 对线性系统串联校正进行计算机仿真研究，并对电路模拟与数字仿真结果进行比较研究。

二、实验内容

1. 利用实验设备，设计并连接一未加校正的二阶闭环系统的模拟电路，完成该系统的稳定性和动态特性观测。
2. 按校正目标要求设计串联校正装置传递函数和模拟电路。
3. 利用实验设备，设计并连接一加串联校正后的二阶闭环系统的模拟电路，通过对该系统阶跃响应的观察，完成该系统的稳定性和动态特性观测。提示：
4. 改变串联校正装置的参数，对加校正后的二阶闭环系统进行调试，使其性能指标满足预定要求。
5. 分析实验结果，完成实验报告。

三、实验结果分析

1. 未校正系统：
 - (1) 模拟电路图

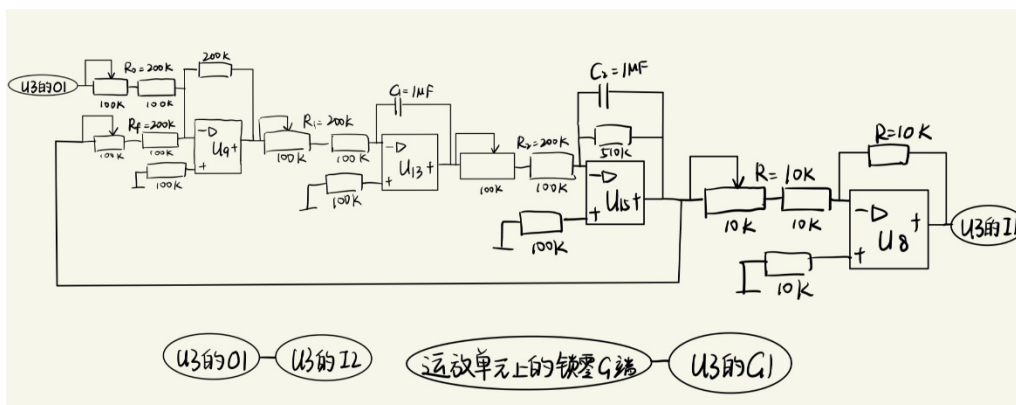


图 1 未校正的模拟电路图

(2)

$$\text{开环传递函数: } G(s)H(s) = \frac{5}{0.1s^2 + 0.2s}$$

$$\text{闭环传递函数: } \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)} = \frac{5}{0.2s(0.5s+1)+5} = \frac{5}{0.1s^2 + 0.2s + 5}$$

(3)

$$\text{固有频率 } \omega_n = 5\sqrt{2} \text{ rad/s, 阻尼比 } \xi = \frac{\sqrt{2}}{10};$$

$$\text{系统超调量 } M_p = e^{-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}} = 63.84\%;$$

$$\text{调节时间 } t_s \approx \frac{3}{\xi\omega_n} = 3s, (\Delta = \pm 5\%);$$

$$\text{开环增益 } K = 25.$$

(4)

时域特性:



图 2 未校正电路的时域特性

频域特性：

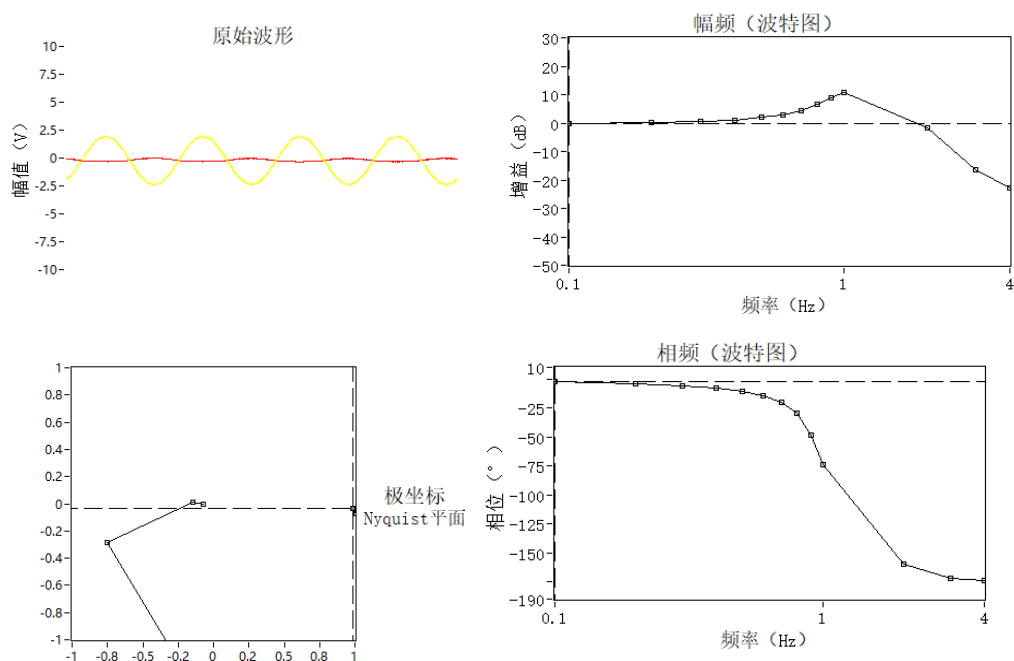


图 3 未校正电路的频域特性

2. 串联校正装置设计——相消法：

(1)

$$M_p = e^{-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}} \leq 25\% \Rightarrow \xi \geq 0.4037$$

$$t_s \approx \frac{3}{\xi\omega_n} \leq 1s \Rightarrow \xi\omega_n \geq 3rad/s$$

$$K_v \geq 25 \frac{1}{s} \Rightarrow K \geq 25$$

(2)

令校正函数 $D(s) = \frac{0.5s+1}{Ts+1}$ ，则开环传递函数 $D(s)G(s)H(s) = \frac{25}{s(Ts+1)}$

取 $T = 0.05$

$$\xi = \frac{1}{10\sqrt{T}} = 0.4472 > 0.4037;$$

$$\omega_n = \frac{5}{\sqrt{T}} = 22.36;$$

$$\xi\omega_n = 10rad/s \geq 3rad/s$$

$$K = 25$$

则闭环传递函数为

$$\frac{D(s)G(s)}{1 + D(s)G(s)H(s)} = \frac{25}{0.05s^2 + s + 25}。$$

(3) 校正前后根轨迹、阶跃响应

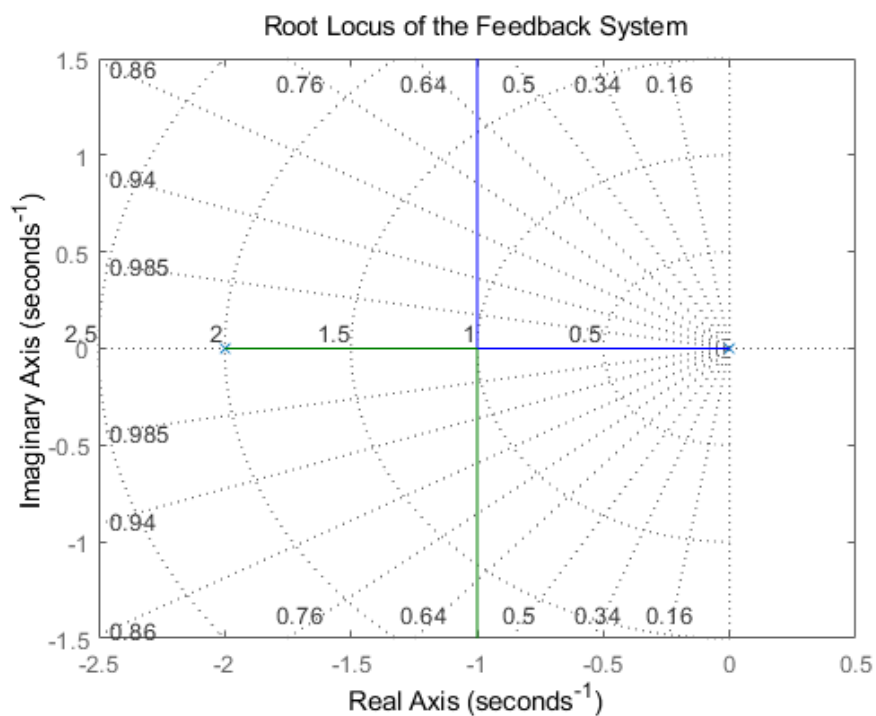


图 4 校正前根轨迹图

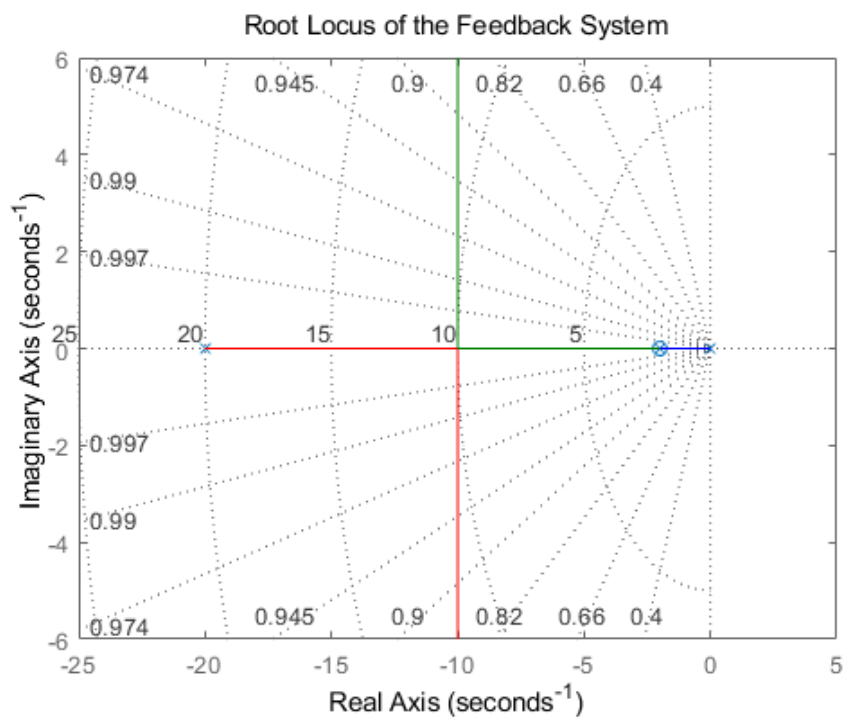


图 5 校正后根轨迹图

校正后开环极点离虚轴更远，系统快速性提高，响应变快。

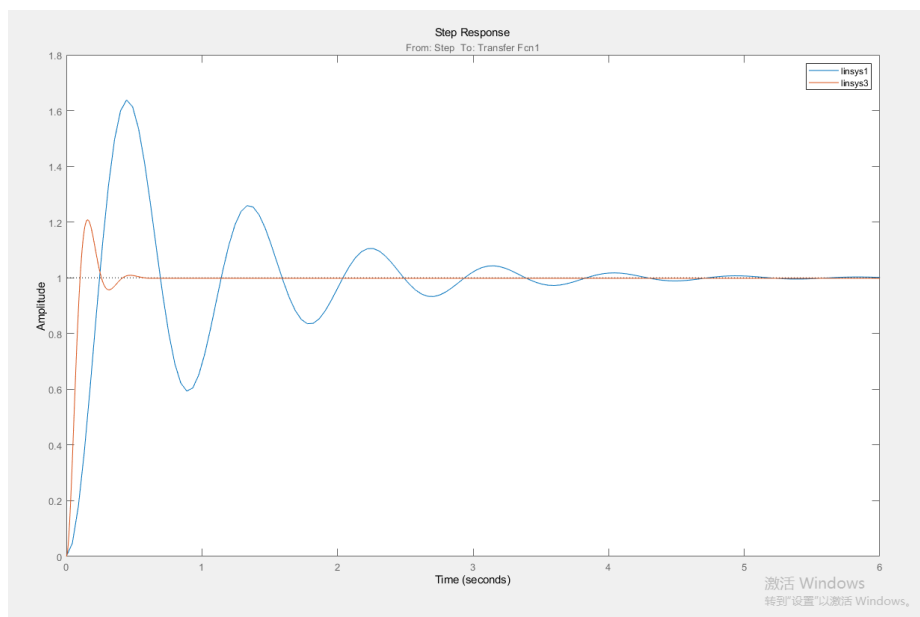


图 6 校正前后阶跃响应对比

校正后阶跃响应超调量大幅减小，响应时间明显缩短，振荡次数减少，系统响应快速性提高。

(4) 校正后系统模拟电路

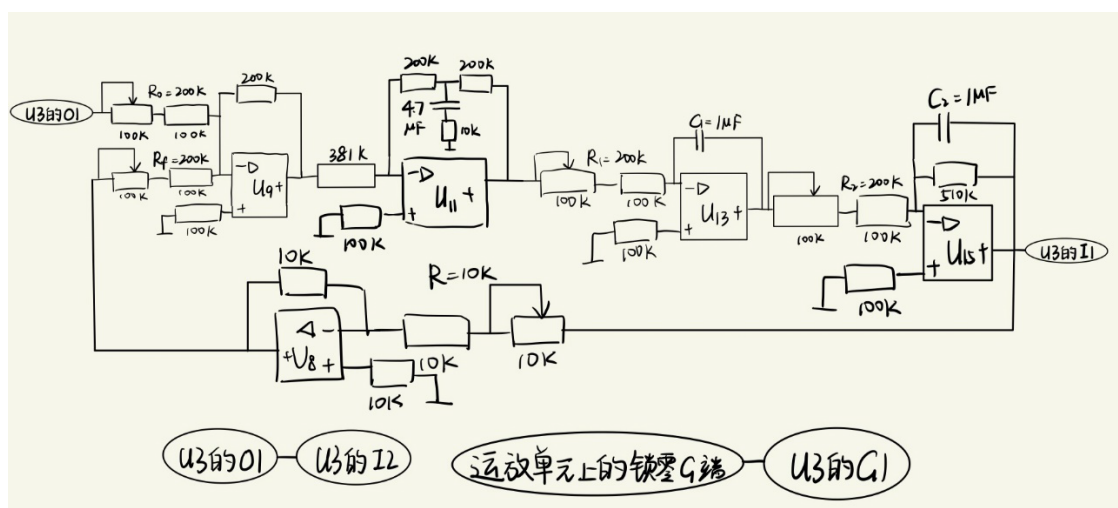


图 7 校正后系统模拟电路

(5)

时域特性：



图 8 校正后时域特性

频率特性：

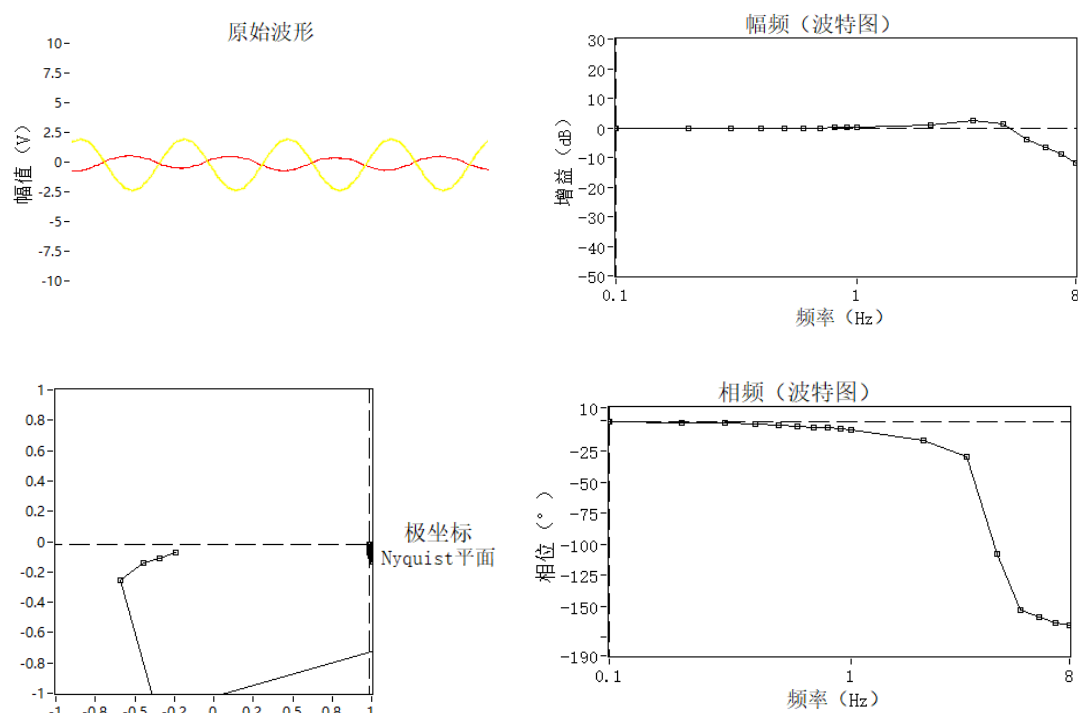


图 9 校正后频域特性

校正后时域特性上超调量明显减小，响应时间明显缩短，振荡次数减少，系统更快速地趋于稳定，系统响应快速性提高。频域特性上相位裕量增大，系统稳定性提高，截止频率变大，系统带宽增加，快速性提高。

四、实验思考

通过本次实验，我观测了未校正系统的稳定性和动态特性，按动态特性要求设计了串联校正装置，观测了串联校正装置后系统的稳定性和动态特性，并观测了校正装置参数改变对系统性能的影响，对线性系统串联校正进行了计算机仿真研究，并对电路模拟与数字仿真结果进行了比较研究，对控制系统各个环节与电子元件的对应关系也有了深入了解，加强了对课本知识的理解，同时也提高了动手能力。