

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：2024.12.17

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：基于频率法的超前校正

一、实验目的和要求

- 通过实验，理解所加校正装置的结构、特性和对系统性能的影响
- 掌握串联校正设计方法

二、实验内容和原理

- 系统框图如图 1 所示，静态速度误差 $K_v=25s^{-1}$ ，相位裕量 γ 不小于 50°

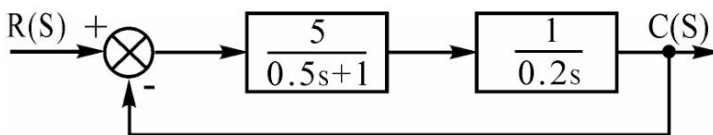


图 1 系统控制框图

2、校正前系统的性能分析

- 校正前的开环系统传递函数的静态误差 $K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{5}{0.2s(0.5s+1)} = 25$ ，系统的静态速度误差满足要求；
- 未校正系统的开环频率特性为 $G_0(j\omega) = \frac{5}{0.2j\omega(0.5j\omega+1)}$ 。

3、校正装置的设计

- 根据相位裕量要求，确定校正网络提供的相位超前角 $\Phi = \gamma - \gamma_1 + \varepsilon = 50 - 16.1 + 8 = 41.9^\circ$ 。
- 校正装置参数 $\alpha = \frac{1 - \sin 41.9^\circ}{1 + \sin 41.9^\circ} = 0.2$ ，根据 α 计算剪切频率： $L_c(\Phi_m) = 20 \lg(1/\sqrt{\alpha}) = 7.0 \text{ dB}$ ，此时 -7.0 dB 对应 $\omega_m = 10.5 \text{ rad/s}$ 。
- 确定 ω_1 和 ω_2 ： $\omega_1 = 1/T = 4.70$ ， $\omega_2 = 1/(\alpha T) = 23.48$
- 放大倍数： $\frac{1}{\alpha} = 5$

4、校正装置的传递函数

校正系统传递函数：

$$G_c(s) = \frac{(1+0.2s)}{1+0.04s}$$

校正后的开环传递函数：

$$G(s)G_c(s) = \frac{5(1+0.2s)}{0.2s(0.5s+1)(0.04s+1)}$$

三、主要仪器设备

示波器、实验箱、导线若干

四、操作方法和实验步骤

- 1、根据设计要求，结合开环传递函数的频率特性曲线，设计该系统的串联校正装置，在实验箱上搭建校正前闭环传递函数与校正后闭环传递函数的电路；
- 2、分别对校正前与校正后的闭环系统施加单位阶跃信号，并记录。

五、实验数据记录和处理

1、搭建电路

根据系统传递函数，在实验箱上分别连接校正前和校正后的电路如图 2 所示，并分别输入单位阶跃信号（1V）。实验参数取 $R_1 = R_2 = R_3 = R_6 = 200k\Omega$ ， $R_4 = 100k\Omega$ ， $R_5 = 500k\Omega$ ， $C_1 = C_2 = 1\mu F$ 。

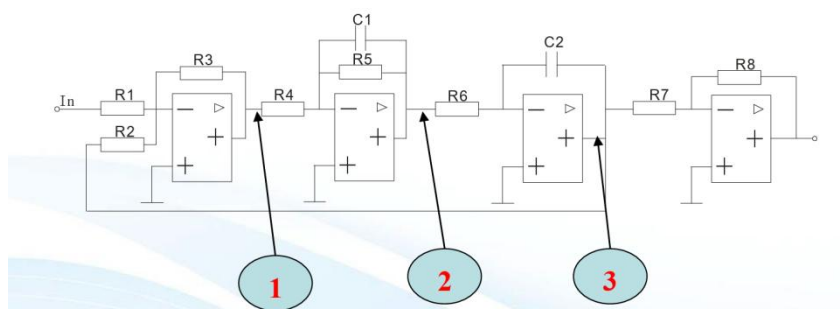


图 2 校正前电路

图 3 的校正装置连接在 1、2 任意一处，本次实验采用连接在 1 处的方式。实验参数取 $R_1 = 200k\Omega$ ， $R_2 = 400k\Omega$ ， $R_3 = 100k\Omega$ ， $R_4 = 50k\Omega$ ， $C_1 = 1\mu F$ ， $C_2 = 0.1\mu F$ 。

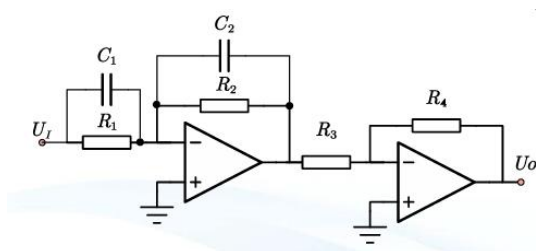


图 3 校正装置

2、输出波形

实验输入 1V 正阶跃信号，显示在示波器 CH1 通道，输出波形显示在 CH2 通道。

校正前装置波形显示如图 4 所示。

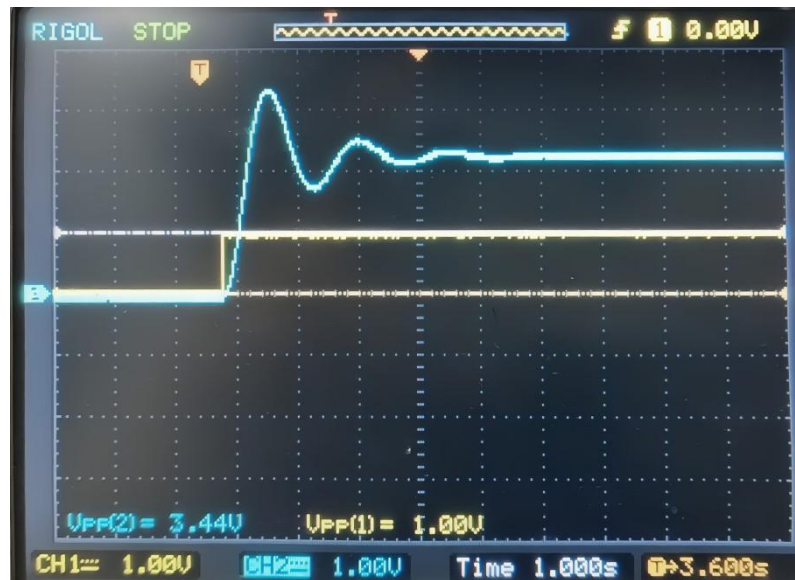


图 4 校正前输入与输出波形

通过 Cursor 功能读取光标对应数值，可知参数如下：

$U_{i_{pp}}$	$U_{o_{pp}}$	ΔM_p	σ_p	t_p	t_s
1.00V	3.44V	1.12V	48.3%	0.76s	3.32s

校正后装置输出波形如图 5 所示。

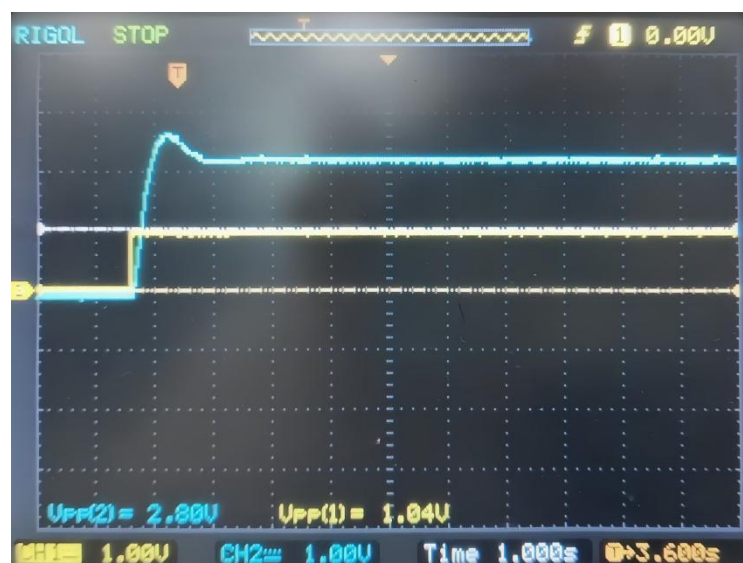


图 5 校正后输入与输出波形

通过 Cursor 功能读取光标对应数值，可知参数如下：

$U_{i_{pp}}$	$U_{o_{pp}}$	ΔM_p	σ_p	t_p	t_s
1.04V	2.80V	0.44V	18.6%	0.72s	1.20s

六、实验结果与分析

经过计算得到校正系统的传递函数，校正后观察系统的单位阶跃响应曲线满足设计要求：系统仍然可以达到稳定状态，系统的峰值时间基本不变，但调整时间和最大超调量显著减小，波形更快达到稳定状态。因此可以验证，加入超前校正装置可以加快系统瞬态响应，减小系统超调量，改善系统的动态性能，并且系统的稳定性能不受影响。

实验得到输出波形与理论（图 6 所示）相符，实验较成功。

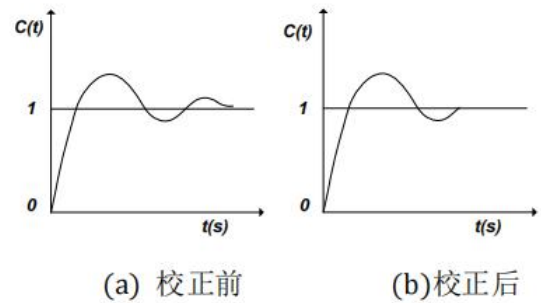


图 6 加校正装置前后二阶系统的阶跃响应曲线

七、讨论、心得、体会

通过这次实验，我更加深刻地理解了超前校正装置在控制系统中的作用，以及如何通过调整校正参数来改善系统的动态性能。在设计校正装置的过程中，我学会了如何根据系统的相位裕量要求来确定校正网络的相位超前角，以及如何计算校正装置的参数。实验加深了我对控制理论的理解，特别是串联校正设计方法，这对于我未来在自动化和控制系统领域的学习和研究具有重要意义。实验结束后，我反思了实验方法和过程，思考了如何改进实验设计，以及如何更有效地分析和解释实验结果，进一步激发了我对控制理论和自动化技术的兴趣，我期待在未来的课程和项目中继续探索这一领域。