



安徽大学
人工智能学院
School of Artificial Intelligence
Anhui University

《自动控制原理》报告

实验六：线性系统频域校正方法

学 院 人 工 智 能 学 院

专 业 机 器 人 工 程

姓 名 学 号 黄 敏 WA2224108

姓 名 学 号 张 瑜 晨 WA2224078

姓 名 学 号 郭 义 月 WA2224013

指 导 老 师 赵 冬

课 程 编 号 ZH52164

课 程 学 分 1

提 交 日 期 2025.1.3

目 录

目 录	- 2 -
一、实验目的及内容	- 3 -
1.1 实验目的	- 3 -
1.2 实验原理	- 3 -
1.3 实验内容	- 3 -
1.4 实验要求	- 3 -
二、任务求解	- 4 -
2.1 理论分析校正网络的结构	- 4 -
2.2 利用 MATLAB 绘制校正前后的开环系统伯德图及单位阶跃响应曲线-	5
-	
三、实验总结	- 6 -

一、实验目的及内容

1.1 实验目的

- (1) 深入理解系统校正的概念和重要性。
- (2) 掌握使用 MATLAB 进行系统分析和设计的方法。
- (3) 分析系统校正前后的性能变化。

1.2 实验原理

(1) 频率特性：频率特性是描述线性系统在正弦信号作用下的稳态输出与输入之间关系的特性。分为幅频特性和相频特性，当系统稳定，则输入与输出同频率，输入与误差同频率。

(2) 伯德图：

伯德图是半对数坐标系，反应对数频率特性。

在 MATLAB 中语句：bode(num,den)或 bode(num,den,w)， $w=\text{logspace}(w1,w2,p)$

若指定幅值与相角范围：[mag,phase,w]= bode(num,den,w)

其中，mag,phase 表示频率响应的幅值与相角， $\text{mag}=20\log_{10}(\text{mag})$

$\text{semilogx}(w, 20\log_{10}(\text{mag}))$, $\text{semilogx}(w,\text{phase})$

对数幅频渐近特性：[x,y]= bd_asymp(sys, w), $\text{semilogx}(x,y)$

1.3 实验内容

设单位负反馈系统的开环传递函数为：

$$G_0(s) = \frac{K}{s(s+1)(0.5s+1)}$$

设计一串联校正网络，使校正后系统的开环增益 $K=5$ ，相角裕度不低于 40° ，幅值裕度不小于 10dB。

1.4 实验要求

要求：(1) 理论分析校正网络的结构；

(2) 利用 MATLAB 绘制校正前后的开环系统伯德图及单位阶跃响应曲线。

二、任务求解

2.1 理论分析校正网络的结构

(1) 由系统的开环传递函数:

$$G_0(s) = \frac{K}{s(s+1)(0.5s+1)}$$

得, 系统的频率渐进特性曲线分为三段:

当 $\omega < 1$ 时, $L_1(\omega) = -20\lg 5 - 20\lg \omega$

当 $1 < \omega < 2$ 时, $L_2(\omega) = 20\lg 5 - 40\lg \omega$

当 $\omega > 2$ 时, $L_3(\omega) = 20\lg 1.25 - 60\lg(0.5 * \omega)$

令 $L_3(\omega) = 0$, 可得, 截止频率 $\omega_c' = \sqrt[3]{10} = 2.15 \text{ rad/s}$

算出待校正系统的相角裕度为:

$$\gamma' = 180^\circ - 90^\circ - \arctan \omega_c + \arctan 0.5 \omega_c = -22.13^\circ$$

表明待校正系统不稳定。

又由于 $\varphi_m = \gamma - \gamma' = 40^\circ + 22.13^\circ = 62.13^\circ > 60^\circ$, 故考虑采用串联滞后校正。

(2) 由要求的 γ'' 选择 ω_c'' 。选取 $\varphi(\omega_c'') = -6^\circ$, 而要求 $\gamma'' = 40^\circ$, 于是

$\gamma'(\omega_c'') = \gamma'' - \varphi(\omega_c'') = 46^\circ$ 。由 $\gamma' = 90^\circ - \arctan \omega_c'' - \arctan 0.5 \omega_c''$, 解得已校正系统的截止频率 $\omega_c'' = 0.54 \text{ rad/s}$ 。

(3) 确定之后网络参数 b 和 T 。当 $\omega_c'' = 0.54 \text{ rad/s}$ 时, 由(1)可得 $L'(\omega_c'') = 19.33 \text{ dB}$; 再由 $20\lg b = -L'(\omega_c'')$, 解得 $b = 0.11$ 。令 $\frac{1}{bT} = 0.1 \omega_c''$, 求得

$$T = 168.35$$

于是串联滞后校正网络的对数幅频特性曲线 $L_c(\omega)$, 其传递函数为

$$G_c(s) = \frac{1 + bTs}{1 + Ts} = \frac{1 + 18.52s}{1 + 168.35s}$$

已经校正系统的对数幅频渐进特性曲线 $L''(\omega)$ ，其传递函数为

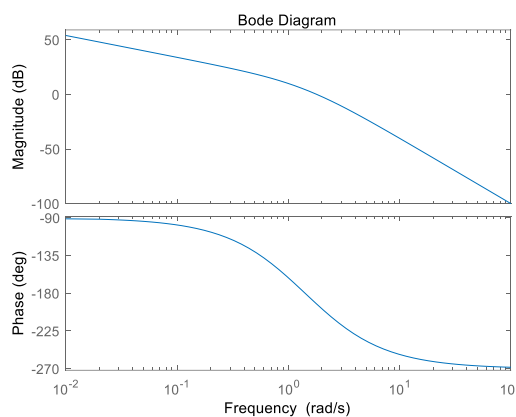
$$G_c(s)G_0(s) = \frac{5(18.52s + 1)}{s(s + 1)(0.5s + 1)(168.35s + 1)}$$

2.2 利用 MATLAB 绘制校正前后的开环系统伯德图及单位阶跃响应曲线

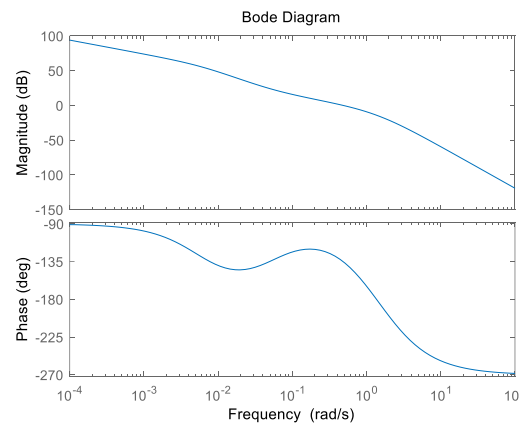
Matlab 程序:

```
G0=tf([5],[0.5 1.5 1 0]); %校正前的开环传函
Gc=tf([18.52 1],[168.35 1]); %滞后校正网络的开环传函
G=series(Gc,G0); %校正后的开环传函
bode(G0);
figure;
bode(G);
figure;
sys0=feedback(G0,1);
sys=feedback(G,1);
step(sys0);
title('校正前的单位阶跃响应');
grid on;
figure;
step(sys);
title('校正后的单位阶跃响应');
grid on;
```

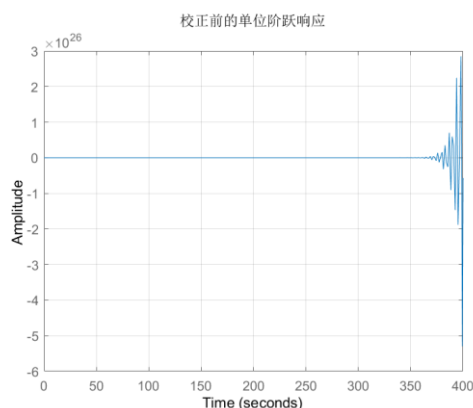
运行结果:



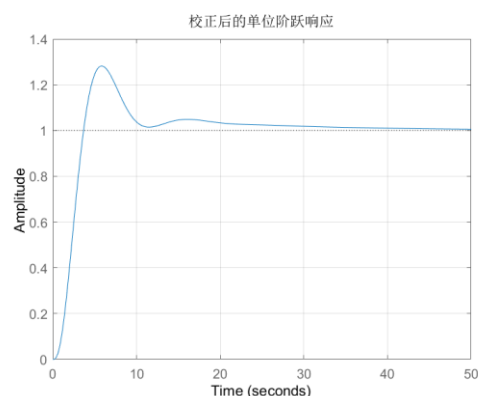
校正前的伯德图



校正后的伯德图



校正前的单位阶跃响应



校正后的单位阶跃响应

三、实验总结

本次实验通过对系统进行校正网络设计与分析，深入了解了系统校正的重要性的方法。使用 MATLAB 进行系统建模、分析和仿真，绘制了校正前后的伯德图和单位阶跃响应曲线，直观地展示了系统性能的变化。

1.校正网络设计

根据系统的性能要求，选择合适的校正网络类型，如比例校正、积分校正、微分校正等。

确定校正网络的参数，通过调整参数来优化系统的性能。

2.MATLAB 实现

使用 MATLAB 的控制系统工具箱，建立系统的传递函数模型。

利用 `bode` 函数绘制系统的伯德图，分析系统的频率响应特性。

使用 `step` 函数绘制系统的单位阶跃响应曲线，分析系统的时域响应特性。

3.性能分析

比较校正前后的伯德图，观察系统在频率响应方面的变化，如增益、相位裕度、带宽等。

分析单位阶跃响应曲线，比较校正前后系统的响应速度、超调量、稳态误差等性能指标。

根据性能分析结果，评估校正网络的有效性，确定是否满足系统的性能要求。