



重庆大学城市科技学院

CITY COLLEGE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, CHONGQING UNIVERSITY

# 自动控制原理课程设计

课 题： 串联超前滞后装置课程设计

专 业： 电气工程及其自动化

班 级： \_\_\_\_\_

姓 名： \_\_\_\_\_

指导教师： \_\_\_\_\_

设计日期： 2013年12月02日

成 绩： \_\_\_\_\_

重庆大学城市科技学院电气信息学院

# 目录

一、设计目的.....	2
二、设计要求.....	2
三、实现过程.....	3
<b>3.1 系统概述.....</b>	<b>3</b>
<b>3.2、设计与分析.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2.1 课程设计题目.....</b>	<b>1</b>
<b>3.2.2 串联滞后的概念.....</b>	<b>1</b>
<b>3.2.3 设计方法.....</b>	<b>1</b>
<b>3.2.4 串联滞后理论分析.....</b>	<b>1</b>
<b>3.2.5 MATLAB 设计步骤.....</b>	<b>5</b>
四、总结.....	13
五、目录.....	16
六、参考文献.....	16

# 自动控制原理课程设计报告

## 一、设计目的

- (1) 掌握控制系统设计与校正的步骤和方法。
- (2) 掌握对控制系统相角裕度、稳态误差、剪切频率、相角穿越频率以及增益裕度的求取方法。
- (3) 掌握利用 MATLAB 对控制系统分析的技能。熟悉 MATLAB 这一解决具体工程问题的标准软件，能熟练地应用 MATLAB 软件解决控制理论中的复杂和工程实际问题，并给以后的模糊控制理论、最优控制理论和多变量控制理论等奠定基础。
- (4) 提高控制系统设计和分析能力。

## 二、设计要求

1. 前期基础知识，主要包括 MATLAB 系统要素，MATLAB 语言的变量与语句，MATLAB 的矩阵和矩阵元素，数值输入与输出格式，MATLAB 系统工作空间信息，以及 MATLAB 的在线帮助功能等。
2. 控制系统模型，主要包括模型建立、模型变换、模型简化，Laplace 变换等等。
3. 控制系统的时域分析，主要包括系统的各种响应、性能指标的获取、零极点对系统性能的影响、高阶系统的近似研究，控制系统的稳定性分析，控制系统的稳态误差的求取。
4. 控制系统的根轨迹分析，主要包括多回路系统的根轨迹、零度根轨迹、纯迟延系统根轨迹和控制系统的根轨迹分析。
5. 控制系统的频域分析，主要包括系统 Bode 图、Nyquist 图、稳定性判据和系统的频域响应。
6. 控制系统的校正，主要包括根轨迹法超前校正、频域法超前校正、频域法滞后校正以及校正前后的性能分析。

## 三、实现过程

### 3.1、系统概述

MATLAB 是美国 Math works 公司推出的一套高性能的数值分析和计算软件。MATLAB 名字由 **MAT**rix 和 **LAB**oratory 两词的前三个字母组合而成。1984 年推向市场以来，历经二十多年的发展与竞争，现已成为国际公认的最优秀的工程应用开发环境。它将矩阵运算、数值分析、图形图像处理、仿真实验、编程技术结合在一起，为用户提供了强有力的科学及工程问题分析、计算和设计工具。

- 数值计算和符号计算功能

MATLAB 以矩阵作为数据操作的基本单位，提供了十分丰富的数据计算函数。MATLAB 和著名的符号计算语言 Maple 相结合，使得 MATLAB 具有符号计算功能。

- 绘图功能

MATLAB 提供了众多的绘图操作，如二维、三维简单图像和复杂图像的绘制；另外 MATLAB 还可以用于设计图形用户界面，提供人机交互工作环境。

- 编程语言

MATLAB 具有程序结构控制、函数调用、数据结构、输入输出等程序语言的特征，而且简单易学、编程效率高。

- MATLAB 工具箱

MATLAB 除基本部分外还提供各种可选的工具箱。MATLAB 工具箱分为两大类：功能性工具箱和科学性工具箱。

MATLAB 系统包含五个主要部分：

- MATLAB 开发环境；
- MATLAB 数学函数库；
- MATLAB 语言；
- ,MATLAB 图形处理系统；
- MATLAB 应用程序接口（API）

Math works 公司的网址如下。

- www 网址：<http://www.mathworks.com>
- 匿名 FTP 服务：<ftp.Mathworks.com>
- <ftp.Mathworks.com> 的影像站点：[Novell.felk.cvut.cz](http://Novell.felk.cvut.cz)
- 新闻组：<comp.soft-sys.matlab>
- www 及 FTP 的 internet IP 地址：[141.212.100.10](http://141.212.100.10)

Math works 公司的技术服务联系方式如下。

- 技术支持：[support@mathworks.com](mailto:support@mathworks.com)
- BUG 报道：[bugs@mathworks.com](mailto:bugs@mathworks.com)
- 文件库：[matlib@mathworks.com](mailto:matlib@mathworks.com)

## 3.2、设计与分析

### 3.2.1 课程设计题目

已知单位负反馈系统的开环传递函数  $G(S) = \frac{K_0}{S(0.0625S+1)(0.2S+1)}$ ，试用频

率法设计串联滞后校正装置，使系统的相位裕度  $\gamma \geq 50^\circ$ ，静态速度误差系数

$K_v = 40s^{-1}$ ，增益欲度  $20\lg K_g > 17\text{dB}$ 。

### 3.2.2 串联滞后的概念

之后校正设计是指利用校正器对数幅频特性曲线具有负斜率（即幅频曲线的渐近线与横坐标夹角的  $\tan$  值小于零）的区段及其相频特性曲线具有负相移（即相频曲线的相角值小于零）区段的系统校正设计。这种设计方法的突出特点是校正后系统的剪切频率比校正前的小，系统的快速性能变差，但系统的稳定性能却得到提高。可见，在系统快速性要求不是很高，而稳定性与稳态精度要求很高的场合，滞后校正设计方法是很适合的。

### 3.2.3 串联滞后设计

应用频率法确定滞后校正参数的步骤：

- 1、 根据稳态性能指针，绘制未校正系统的波德图
- 2、 选择滞后校正后的截止频率  $\omega_c$
- 3、 确定滞后校正参数  $\beta$
- 4、 确定滞后校正的参数  $T_1$
- 5、 写出滞后传递函数
- 6、 绘制校正后的伯德图，检验性能指针

### 3.2.4 串联滞后理论分析

- 1、 首先确定开环增益  $K$ 。

由于  $K_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s) = K = 40s^{-1}$

- 2、 未补偿系统开环传递函数应取：
$$G(s) = \frac{40}{s(0.0625s+1)(0.2s+1)}$$

手工画出未补偿系统的对数幅频渐近特性曲线：如图（1）所示

- （1）确定各环节转折频率，依次标注在  $\omega$  轴上：

惯性环节 1： $\omega_1 = \frac{1}{0.2} = 5$

惯性环节 2:  $\omega_2 = \frac{1}{0.0625} = 16$

(2) 作  $L(\omega)$  渐近线起始段, 由  $G(s)$  可知  $\nu = 1, K = 40$ , 作出

( $\omega = 1, 20 \lg K = 20 \lg 40 = 32.04 \text{dB}$ ) 的点, 直接作出  $L(\omega)$  的斜率为  $-20 \text{dB/dec}$  的起始段。

(3) 在  $\omega_1 = 5$  (惯性节点转折频率) 处,  $L(\omega)$  的斜率增加  $-20 \text{dB/dec}$ , 由  $-20 \text{dB/dec}$  变为  $-40 \text{dB/dec}$ 。

(4) 在  $\omega_2 = 16$  (惯性节点转折频率) 处,  $L(\omega)$  的斜率增加  $-20 \text{dB/dec}$ , 由  $-40 \text{dB/dec}$  变为  $-60 \text{dB/dec}$ 。

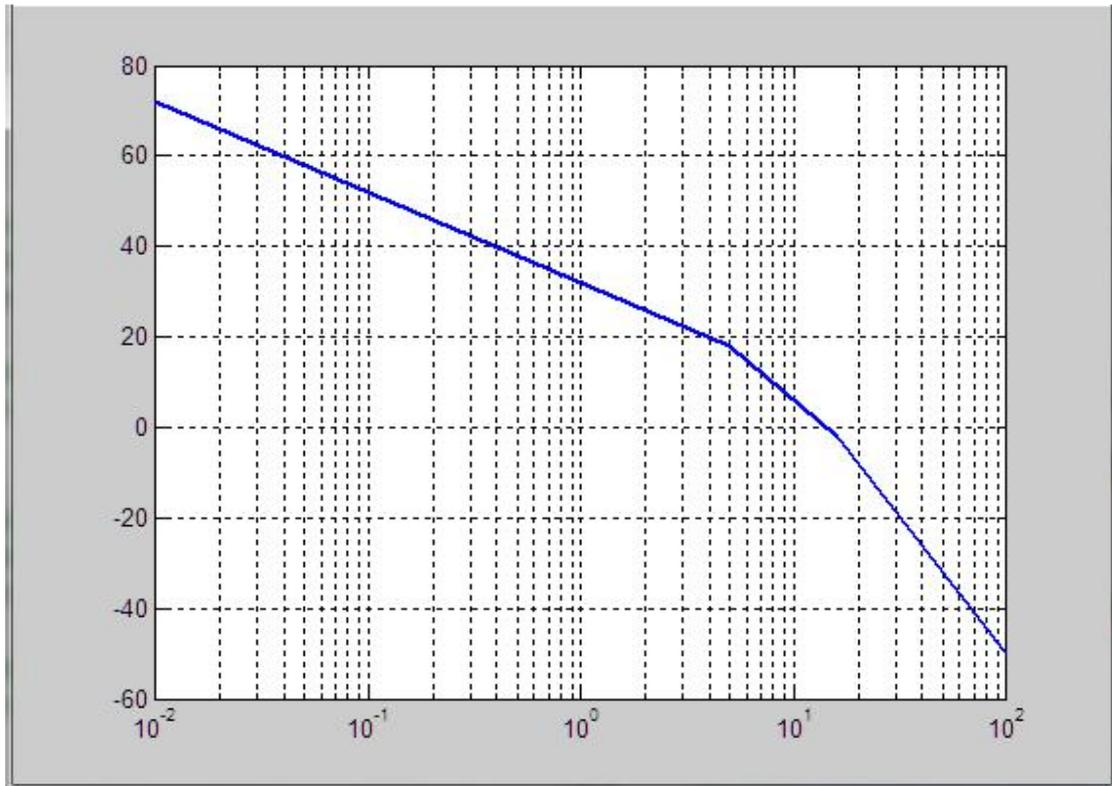
(5) 画出校正前 Bode 图渐近线的程序代码:

(调用了渐近线求法的子函数 `bd_asymp2`, 子函数见附录 I)

```

num=40;                %分子多项式系数
den=conv([0.0625 1 0],[0.2 1]); %分母多项式系数
G=tf(num,den);        %求传递函数
w=logspace(-2,2,200);
[wpos,ypos]=bd_asymp2(G,w); %绘制 BODE 图渐近线
semilogx(wpos,ypos);   %求折点
hold on;
grid

```



图（1）未补偿系统的伯德图渐近线

- 3、未补偿系统的性能：由图（1）中可知未补偿系统的  $\omega'_c = 14.5\text{rad/s}$ ，算出未补偿系统的相角裕度为，

$$\gamma = 90^\circ - \arctan 0.2\omega'_c - \arctan 0.0625\omega'_c = -23^\circ$$

说明待校正系统不稳定，而且穿越频率过大。在这种情况下，采用串联超前校正是无效的。可以证明，但超前网络的  $\alpha$  值取到 100 时，系统的相角裕度不能超过  $40^\circ$ ，而且截止频率会继续加大。考虑本题对截止频率没有要求，故选用串联滞后校正可以满足需要的性能指标。

- 4、根据期望的相角裕度  $\gamma'' = 50^\circ$ ，求出校正后的穿越频率  $\omega''_c$ ，由公式  $\gamma'' = \gamma(\omega''_c) + \varphi_c(\omega''_c)$ ，在确定前  $\varphi_c(\omega''_c)$  可取  $-6^\circ$ ，求出  $\gamma(\omega''_c) = 56^\circ$ 。

- 5、根据求出的  $\gamma(\omega''_c)$ ，通过球相角裕度公式，

$$\gamma(\omega''_c) = 90^\circ - \arctan 0.2\omega''_c - \arctan 0.0625\omega''_c$$

使用试探法，解得  $\omega''_c \approx 2.4\text{rad/s}$

- 7、确定滞后网络参数 B 和 T。当  $\omega''_c \approx 2.4\text{rad/s}$ ，由图（2）可以测得

$L''(\omega_c) \approx 24.5\text{dB}$  ,再由  $20\log b = -L''(\omega_c)$  ,解得  $b \approx 0.06$ 。

令  $\frac{1}{bT} = 0.1\omega_c''$  , 求得  $T = 70.03s$  。于是串联滞后校正网络对数

幅频渐近特性曲线如图 (2) 中  $L_c(\omega)$  所示, 其传递函数为:

$$G(s) = \frac{1 + bTs}{1 + Ts} = \frac{1 + 4.2s}{1 + 70s}$$

校正后系统的对数幅频渐进特性曲线如图 (2) 中  $L''(\omega)$  所示, 其传递函数为:

$$G(s) = \frac{40(1 + 4.2s)}{s(0.2 + 1)(0.0625s + 1)(1 + 70.03s)}$$

- 8、 通过计算在 MATLAB 中画出全部的渐近线, 程序代码如下:  
(调用的 bd\_asymp2 子函数, 代码在附录 I)

```
w=0.01:1:100;
num=40; %分子多项式系数
den=conv([0.0625 1 0],[0.2 1]); %分母多项式系数
G=tf(num,den); %求传递函数
Gc=tf([4.2 1],[70.03 1]);
G1=series(G,Gc);
[x,y]=bd_asymp2(G,w); %待校正系统对数幅频渐近线
[xc,yc]=bd_asymp2(Gc,w); %滞后校正环节对数幅频渐近线
[x1,y1]=bd_asymp2(G1,w); %滞后校正后系统对数幅频渐近线
figure(1);
semilogx(x,y,'r');hold on;
semilogx(xc,yc,'b');
semilogx(x1,y1,'k');
grid;
hold off
```

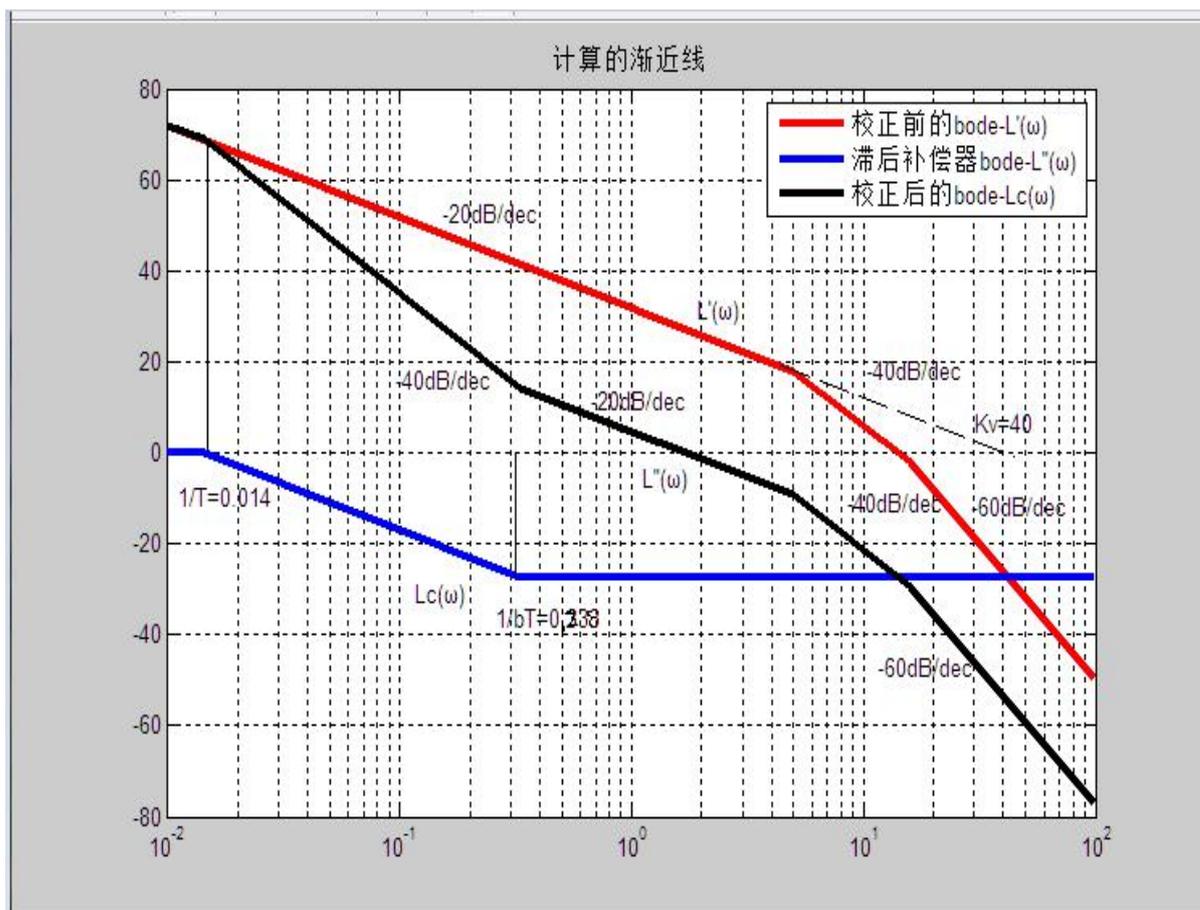


图 (2) 计算的伯德图渐近线

### 3.2.5 MATLAB 设计步骤

#### 1、 程序代码：

##### a. 固有特性：

```
num=40; %分子多项式系数
den=conv([0.0625 1 0],[0.2 1]); %分母多项式系数
G=tf(num,den) %求传递函数
```

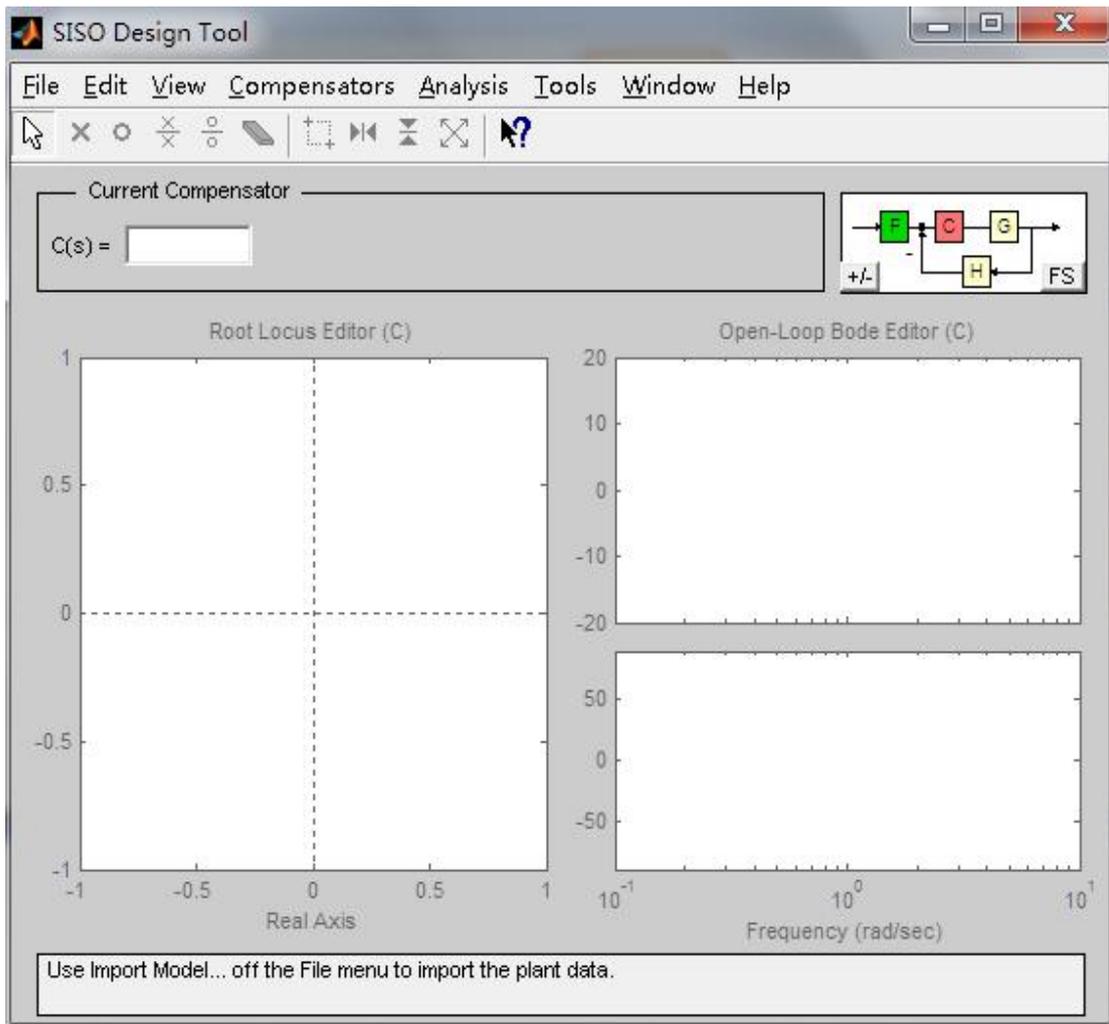
##### b.固有特性传递函数：

Transfer function:

$$G(s) = \frac{40}{0.125 s^3 + 0.625 s^2 + s}$$

#### 2、 打开 sisotool 工具的程序代码：

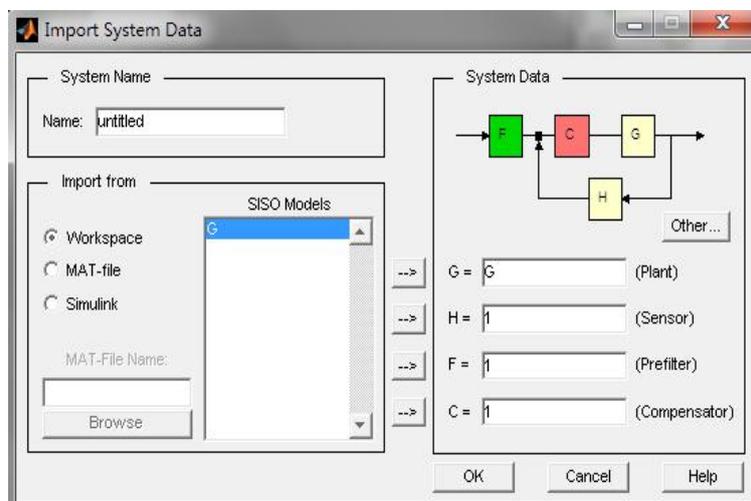
Sisotool



图（3）SISO Design Tool 中的系统的图形设计环境反馈控制结构

### 3、 载入固有特性 $G_s$ 和静态速度误差系数:

根据要求系统的静态速度误差系数  $K_v=40$ ，补偿器的增益应为 1，如图（4）所示



图（4）SISO 系统载入数学模型的界面

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/968112040127006023>