

《控制系统计算机仿真》论文



学生姓名：吕凯锋

班 级：自动化 214

学 号：202121724408

指导老师：张小花

时 间：2024. 5. 29

1 设计目的

- (1) 掌握控制系统的设计与校正方法、步骤；
- (2) 掌握使用 Matlab 分析、改进控制系统性能的方法。

2 设计题目

单位负反馈系统的开环传递函数

$$G(s) = \frac{K_0}{s(0.1s+1)(0.2s+1)}, \text{ 用相应的频率校正法对系统进行校正设计, 使系统}$$

的性能指标达到:

- 1) 相角余度 $\gamma \geq 60^\circ$
- 2) 在单位斜坡下的稳态误差 $e_{ss} < 0.05$
- 3) 系统的 $\omega_c < 3 \text{ rad/s}$

要求: 1) 手工计算, 设计校正方法。

2) 利用 matlab 编程实现设计, 要求有仿真结果。

3) 利用 simulink 进行仿真实现校正前后系统的阶跃响应。

2.1 设计思路

拟定采用相位滞后的校正方法将系统的相角裕度提高, 因为此时题目对于校正后系统的截止频率以及相角裕度均有要求, 因此采用相位滞后的校正方法是一种好的选择, 同时该方法为串联校正方法, 实现较为简单

3 设计内容

3.1 系统开环增益确定

根据速度误差系数的要求调整 K, 激励为单位斜坡信号, 由误差系数定义知

$$e_{ss} = \frac{R}{K_v} = \frac{R}{K} = \frac{1}{K} \quad (\text{式 1})$$

$$e_{ss} < 0.05 \quad (\text{式 2})$$

由(式 1), (式 2)可得

$$K_0 > 20 \quad (式 3)$$

取 $K_0 = 20$

3.2 校正前系统的性能分析

3.2.1 校正前系统的性能理论分析

首先计算出当前系统的截止频率:

$$20\lg |G(j\omega_c)H(j\omega_c)| = 0 \quad (式 4)$$

$$\omega_c = \sqrt{66} \quad (式 5)$$

即可求得相角裕度:

$$\gamma = 180^\circ + \angle(G(j\omega_c)H(j\omega_c)) = 180^\circ + (-90^\circ - \arctan 0.81 - \arctan 1.6) = -7.5^\circ \quad (式 6)$$

3.2.2 基于 MatLab 的校正前系统的性能分析

(1) 校正前系统的 Bode 图

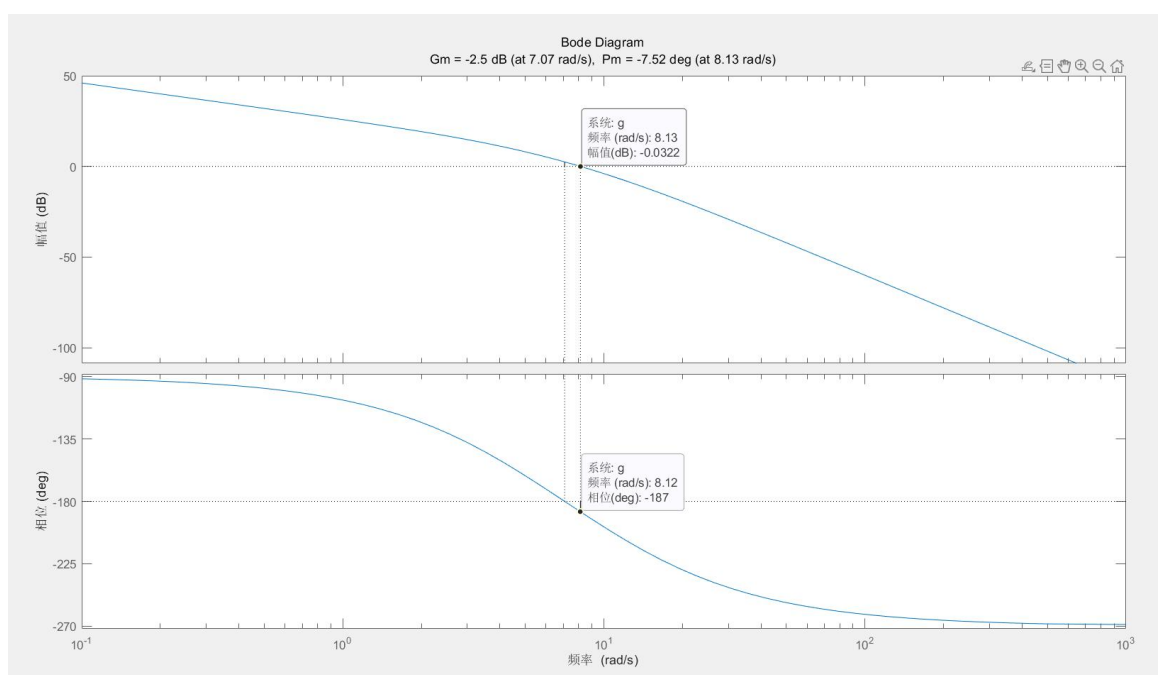


图 1

可见在校正前的截止频率 ω_c 接近 8rad/s，同时相角裕度为 -7° ，此时的系统不稳定，需要校正。拟定采用串联校正方法。

实现程序代码如下：

```
num=1000;
den=[1 15 50 0];
g=tf(num,den);
margin(g);
```

3.3 系统的串联校正

3.3.1 校正设计过程

要求相角裕度 $\gamma > 60^\circ$ ，截止频率 $\omega_c < 3\text{rad/s}$ 。基于上述步骤已知截止频率和相角裕度均不满足要求，因此采用选取相位滞后校正环节 $G_c(s) = \frac{1+bTs}{1+Ts}$ ，使最大超前角 ϕ_a 发生在新的转折频率 ω_c' 处。取校正后系统的相角稳定裕度 $\gamma' = 60^\circ$ ，计算校正后系统的截止频率可得：

$$\gamma' = 180^\circ - \arctan 0.1\omega_c' - \arctan 0.2\omega_c' - 10^\circ - 90^\circ \quad (\text{式 } 7)$$

由式(7)可得

$$\omega_c' = 1.2\text{rad/s} \quad (\text{式 } 8)$$

由式(8)可得，新的截止频率 $\omega_c' < \omega_c = 3\text{rad/s}$ ，满足校正要求。

在新的截止频率满足：

$$20\lg |G(j\omega_c')| + 20\lg b = 0 \quad (\text{式 } 9)$$

计算可得：

$$b = 0.0613 \quad (\text{式 } 10)$$

$$\text{取 } \frac{1}{bT} = 0.1\omega_c'$$

$$T = 136 \quad (\text{式 } 11)$$

综上可得

$$G_c(s)G(s) = \frac{1000 + 8333s}{s(s+10)(136s+1)(s+5)} \quad (\text{式 } 12)$$

$$\gamma' = 180^\circ + (-90^\circ - \arctan 0.36 - \arctan 163) + 83^\circ = 64^\circ \quad (\text{式 } 13)$$

比较可得 $\gamma' > 60^\circ$

因此校正满足要求

3.3.2 校正后的系统 bode 图

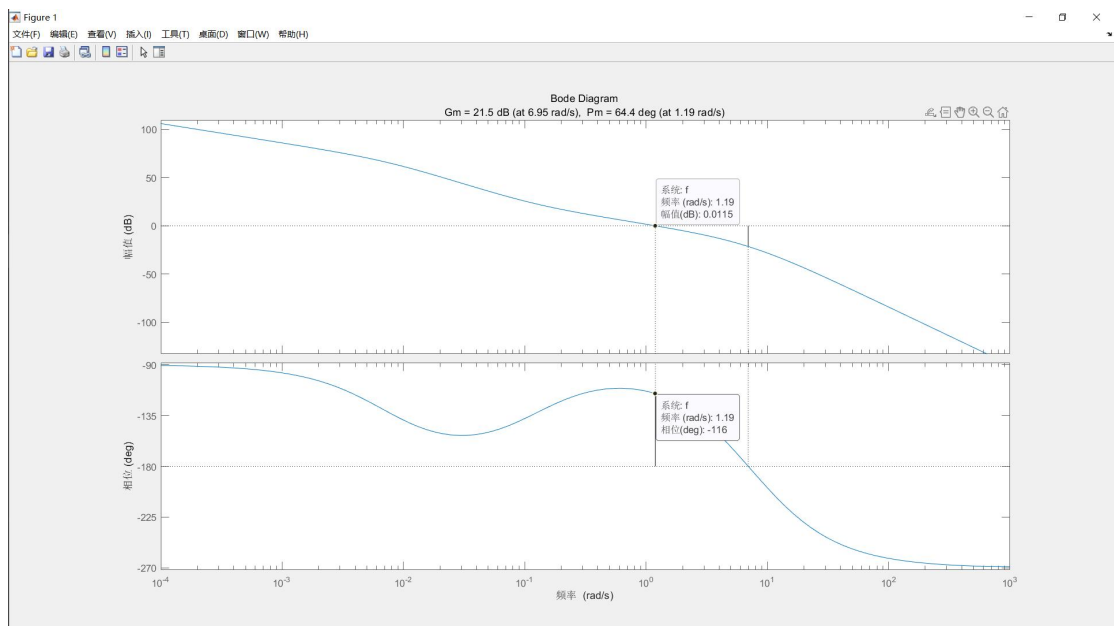


图 2

可以发现图示与手算的结果近似。验证无误

实现代码如下；

```
gc=tf([8.333 1],[136 1]);
g=tf([1000],[1 15 50 0]);
f=g*gc;
margin(f);
```

4. 校正前系统的单位阶跃响应图

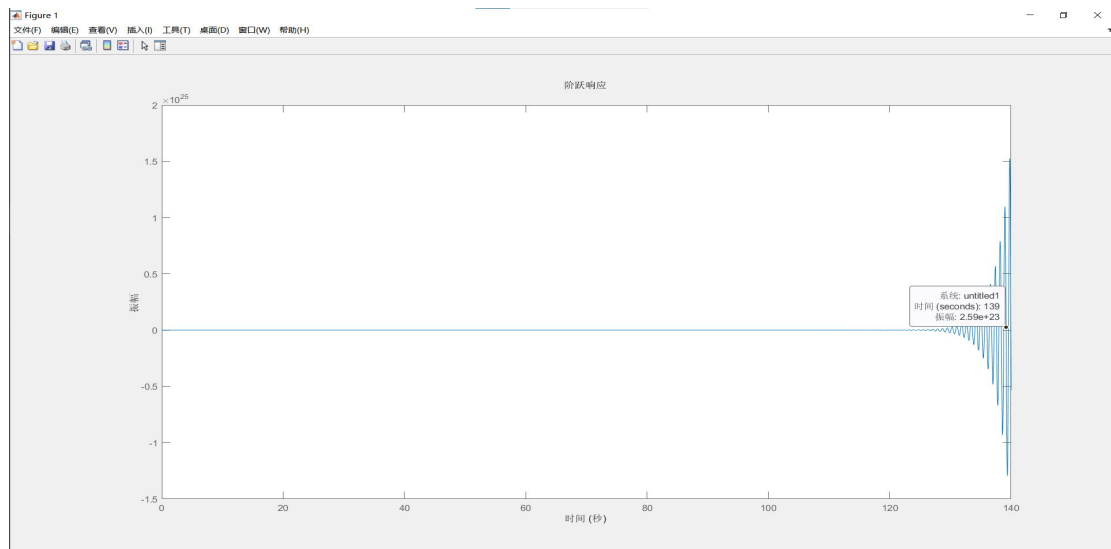


图 3

实现代码：

```
gc=tf([8.333 1],[136 1]);  
g=tf([1000],[1 15 50 0]);  
f=g*gc;  
margin(f);  
step(feedback(f,1,-1));
```

4.1 校正后系统的单位阶跃响应图

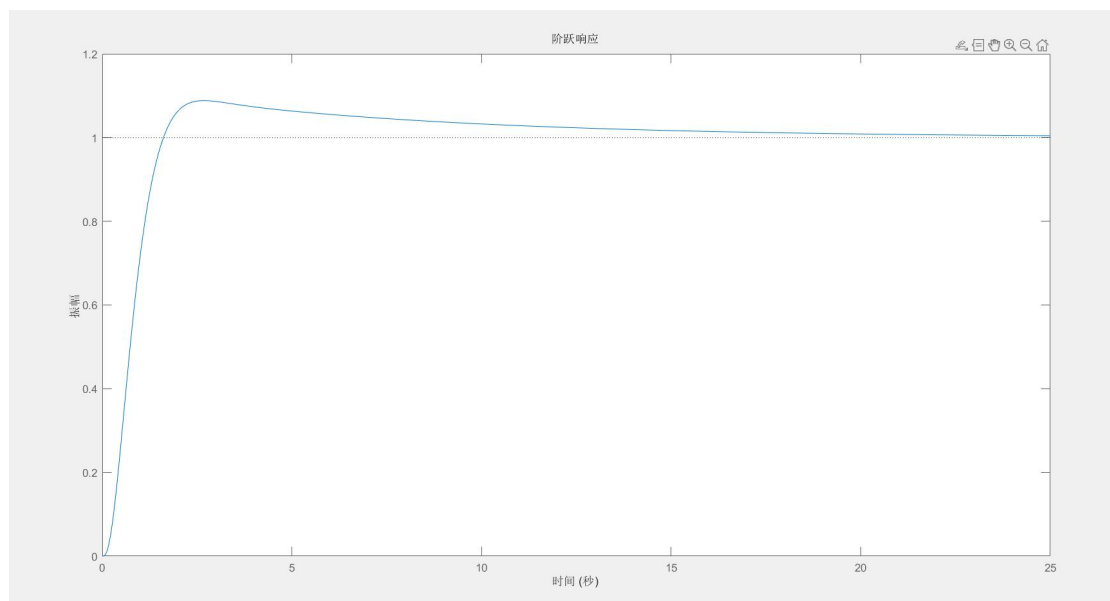


图 4

实现代码:

```
num=1000;
```

```
den=[1 15 50 0];
```

```
g=tf(num,den);
```

```
margin(g);step(feedback(g,1,-1));
```

5. simulink 环境下仿真

仿真搭建如图 5,结果如图 6

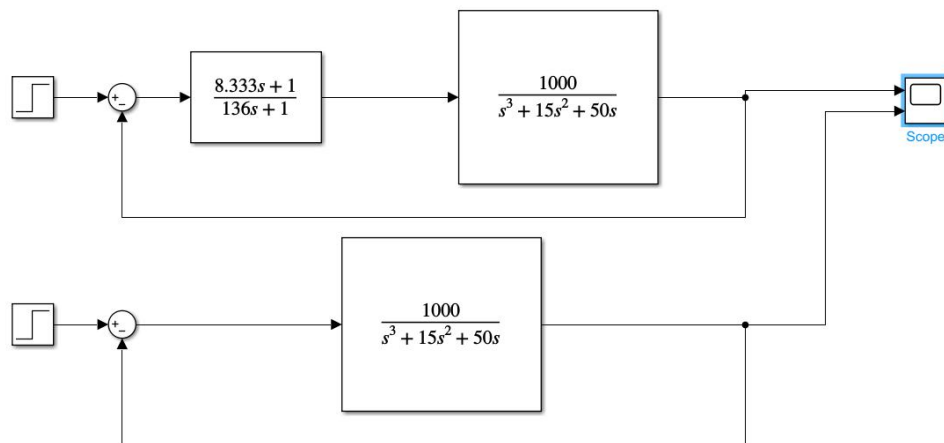


图 5

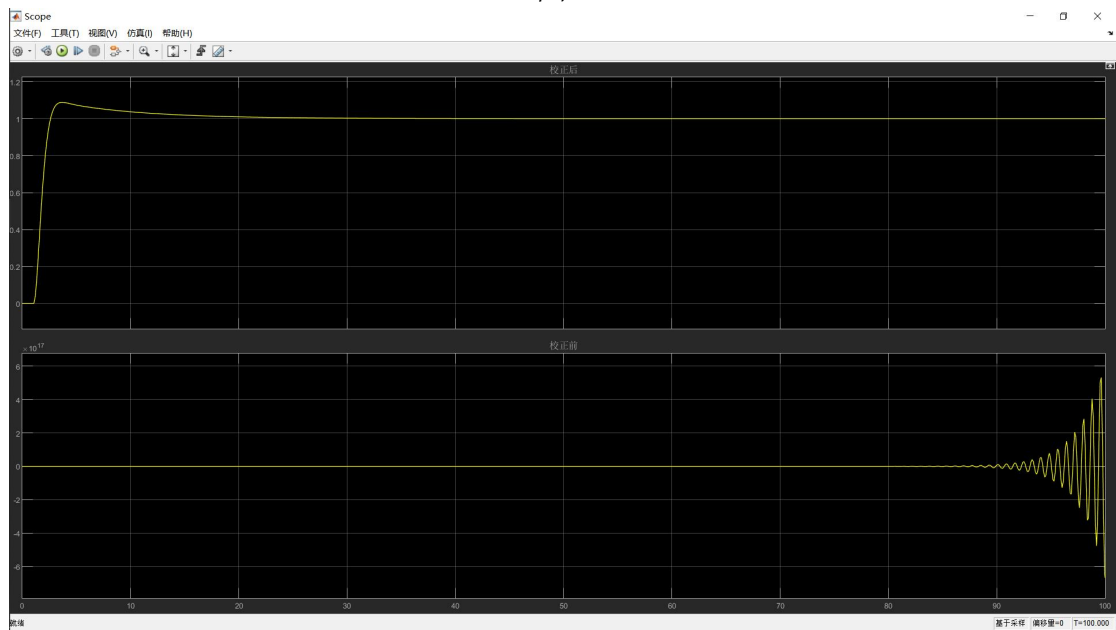


图 6