

智能系统控制实验一
开环系统和闭环系统的抗扰动性能对比
实验报告

顾俊杰 19122753

一、实验目的

求解以下问题：设输入电压为 0 时, 扰动信号 $T_d(s)=1/s$, 分别比较在无转速计开环控制和有转速计闭环控制状态下电机输出转速稳定误差。

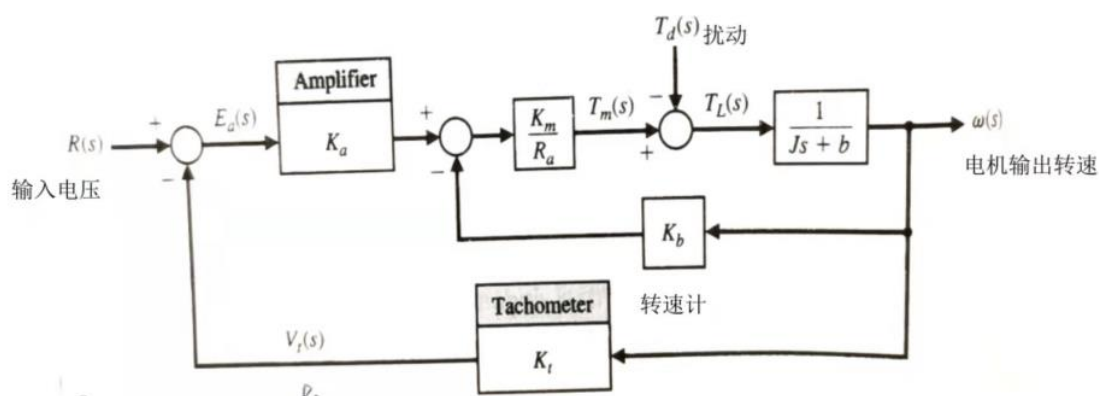
二、实验环境

实验环境: Matlab R2018b

实验中采用的自动控制系统模型可以表示为:



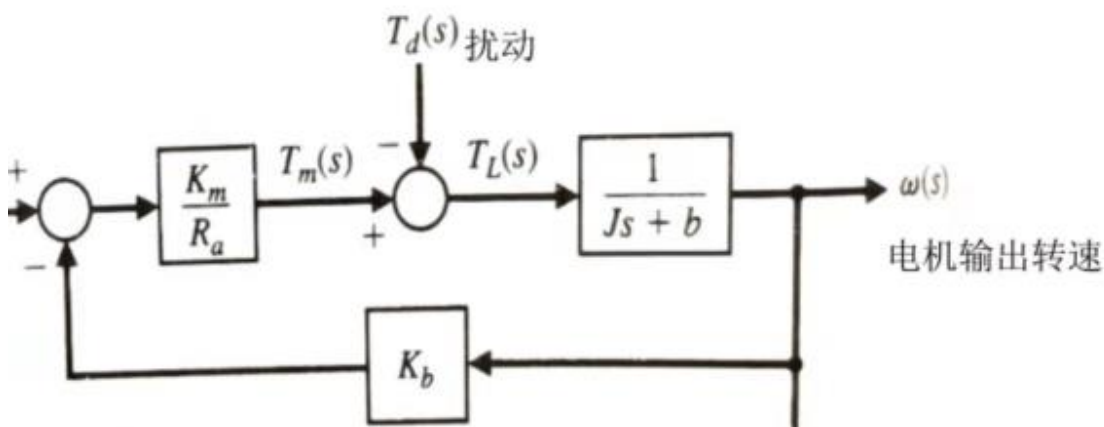
实验仿真的模型如下:



三、实验步骤

1、开环控制:

首先考虑开环系统, 即不考虑反馈部分。模型简化如下:

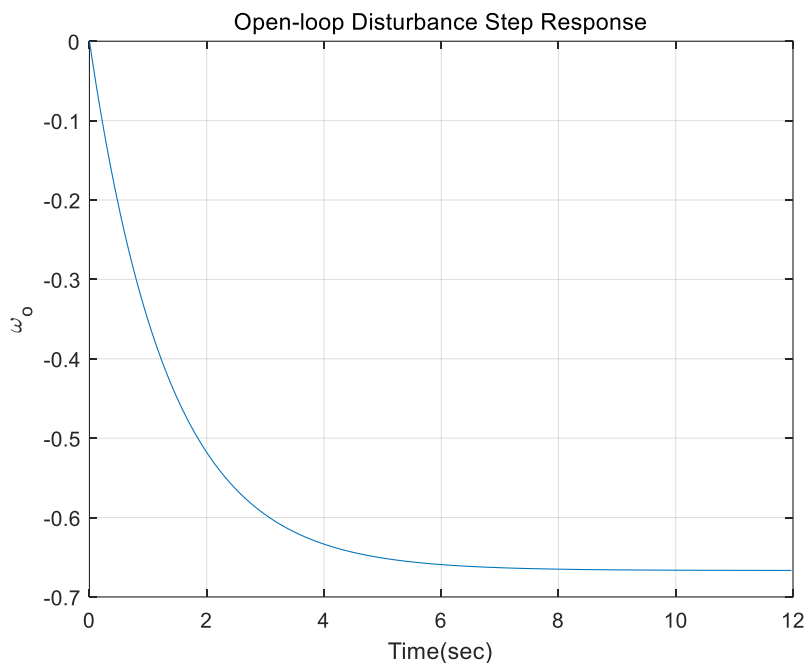


使用 MATLAB 计算从 $T_d(s)$ 到 $w(s)$ 的传递函数, 并计算单位阶跃扰动下的输出响应。

开环控制情况下的传递函数为：

$$\frac{\omega(s)}{T_d(s)} = \frac{-1}{2s + 1.5} = sys_o$$

单位阶跃扰动的时间响应如图所示。



稳态误差: -0.6666 rad/s

在我们的 MATLAB 程序中 `sys_o` 表示开环传递函数。由于 $w(t)$ 的期望值是零 ($V_a(s)=0$)，稳态误差就是 $w(t)$ 的最终值。

当 $t=7s$ 时，我们可以在输出矢量 `yo` 的最后一个值处获得稳态误差的近似值，即：

$$\omega_o(\infty) \approx \omega_o(7) = -0.6667 \text{ rad/s}$$

MATLAB 代码：

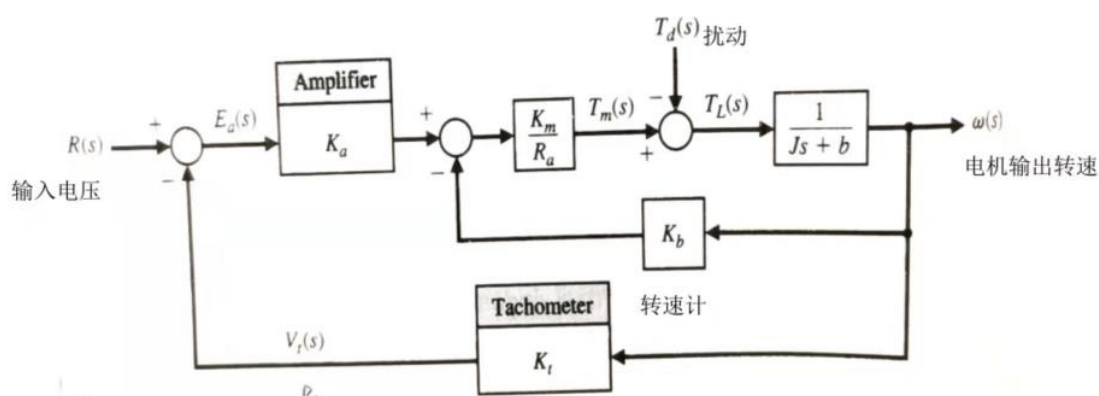
```
%Speed Tachometer Example
%
Ra = 1; Km = 10; J = 2; b = 0.5; Kb = 0.1;
num1 = 1; den1 = [J,b]; sys1 = tf(num1,den1);
num2 = Km*Kb/Ra; den2=1; sys2 = tf(num2,den2);
sys_o = feedback(sys1,sys2);
%
sys_o = -sys_o;
%
[yo,T] = step(sys_o);
plot(T,yo)
title('Open-loop Disturbance Step Response')
xlabel('Time(sec)'), ylabel('\omega_o'),grid
%
yo(length(T))
```

$\text{tf}(\text{num}, \text{den})$ 为 MATLAB 的传递函数，作用为以输入为系数构建传递函数, num 为分子, den 为分母。

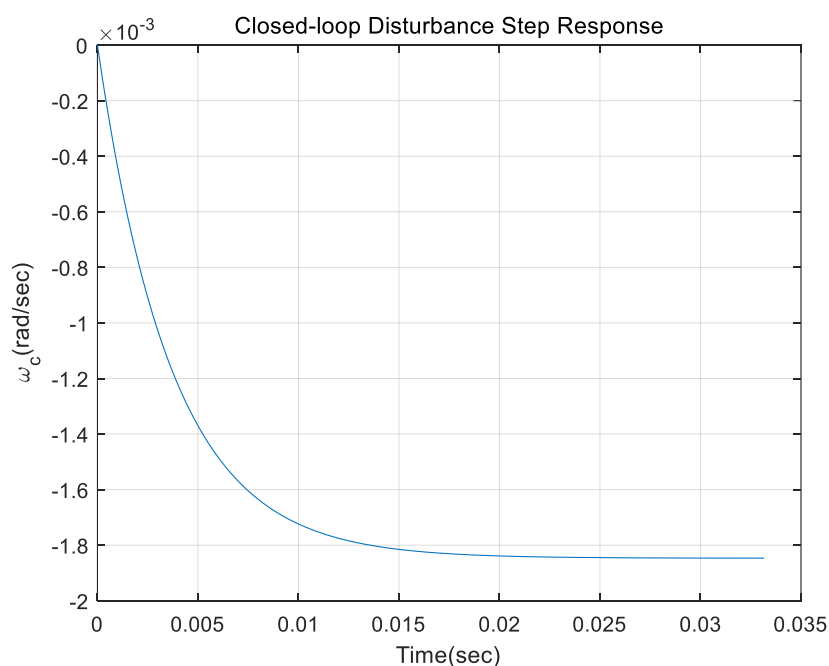
MATLAB 中 $\text{feedback}(\text{sys1}, \dots, n)$ 函数的作用为将模型的反馈连接成 n 级负反馈循环。

2、闭环控制：

增加反馈环节，添加转速计，使用完整的模型。反馈信号 K_t 通过系数 K_a 作用于系统。



和开环控制相类似，我们通过计算 $T_d(s)$ 到 $w(s)$ 的闭环传递函数，然后生成 $w(t)$ 对单位阶跃扰动输入的时间响应，开始闭环系统分析。输出相应如图。



扰动输入的闭环传递函数为：

$$\frac{\omega(s)}{T_d(s)} = \frac{-1}{2s + 541.5} = \text{sys_c}$$

稳态误差：

$$\omega_c(\infty) \approx \omega_c(0.0325) = -0.0018 \text{ rad/s}$$

MATLAB 代码：

`%Speed Tachometer Example`

```

%
Ra=1; Km=10; J=2; b=0.5; Kb=0.1; Ka=54; Kt=1;
num1=[1]; den1=[J,b]; sys1=tf(num1,den1);
num2=[Ka*Kt]; den2=[1]; sys2=tf(num2,den2);
num3=[Kb]; den3=[1]; sys3=tf(num3,den3);
num4=[Km/Ra]; den4=[1]; sys4=tf(num4,den4);
sysa=parallel(sys2,sys3);
sysb=series(sysa,sys4);
sys_c=feedback(sys1,sysb);
%
sys_c = -sys_c;
[yc,T] = step(sys_c);
plot(T,yc)
title('Closed-loop Disturbance Step Response')
xlabel('Time(sec)'),ylabel('\omega_c(rad/sec)'),grid
%
yc(length(T))

```

进而我们可以得到单位阶跃干扰输入而产生的闭环与开环稳态转速输出的比值为：

$$\frac{\omega_c(\infty)}{\omega_o(\infty)} = 0.0026$$

证明了闭环控制系统具有远高与开环系统的抗干扰性。