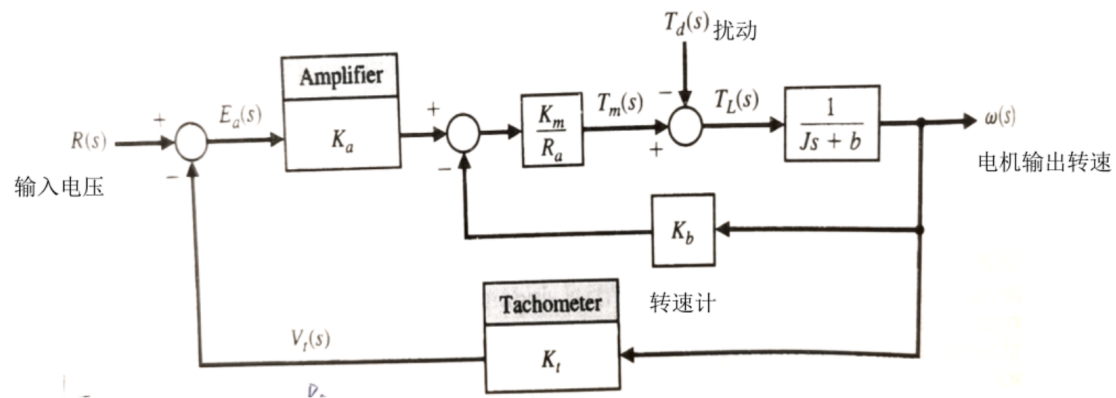


# 实验题目：开环系统和闭环系统的抗扰动性能对比

姓名：邱姜铭 学号：22122861

## 题目分析：

比较在输入电压为 0 时，扰动信号为  $T_d(s) = \frac{1}{s}$  的情况下，开环控制和闭环控制下电机输出转速的稳定误差。



开环控制系统：仅包含电动势、反电动势和输出信号

闭环控制系统：包含转速计、放大器、电动势、反电动势和输出信号

## 程序代码：

```
% 开环控制

Ra = 1; % 电阻
Km = 10; % 电机常数
J = 2; % 转动惯量
b = 0.5; % 摩擦系数
Kb = 0.1; % 反电动势常数

% 输出
output = tf(1, [J, b]);

% 电动势
electric = tf(Km / Ra, 1);

% 反电动势
anti_electric = tf(Kb, 1);

sys_o = -feedback(output, series(electric, anti_electric));
```

```

[yo, T] = step(sys_o);

plot(T, yo)
title('Open-loop Disturbance Step Response')
xlabel('Time (sec)')
ylabel('\omega_o (rad/sec)')
grid

% 到达稳态的时间
T(length(T))
% 最终稳态误差
yo(length(T))

```

```

% 闭环系统

Ra = 1; % 电阻
Km = 10; % 电机常数
J = 2; % 转动惯量
b = 0.5; % 摩擦系数
Kb = 0.1; % 反电动势常数
Ka = 80; % 放大器增益
Kt = 1; % 转速计增益

% 输出
output = tf(1, [J, b]);

% 电动势
electric = tf(Km / Ra, 1);

% 反电动势
anti_electric = tf(Kb, 1);

% 放大器
amplifier = tf(Ka, 1);

% 转速计
tachometer = tf(Kt, 1);

% 控制信号
control_signal = series(tachometer, amplifier);

% 闭环系统
sys_c = feedback(output, series(parallel(control_signal, anti_electric),

```

```

electric));

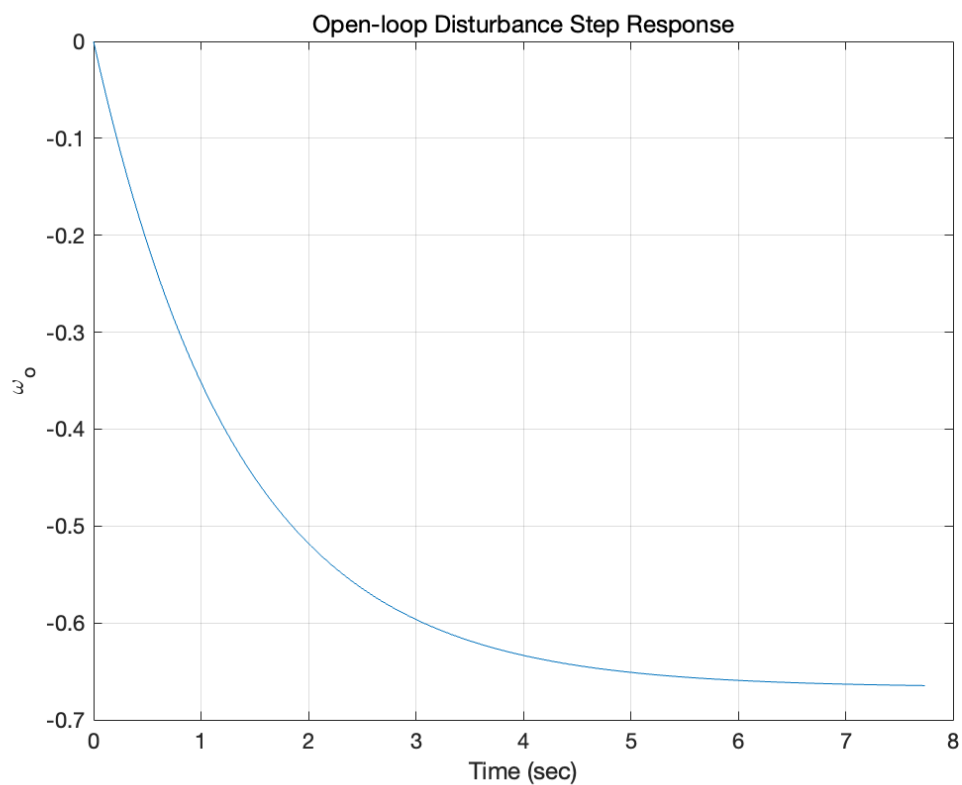
[yc, T] = step(sys_c);

plot(T, yc)
title('Closed-loop Disturbance Step Response')
xlabel('Time (sec)')
ylabel('\omega_c (rad/sec)')
grid

% 到达稳态的时间
T(length(T))
% 最终稳态误差
yc(length(T))

```

## 实验结果图：



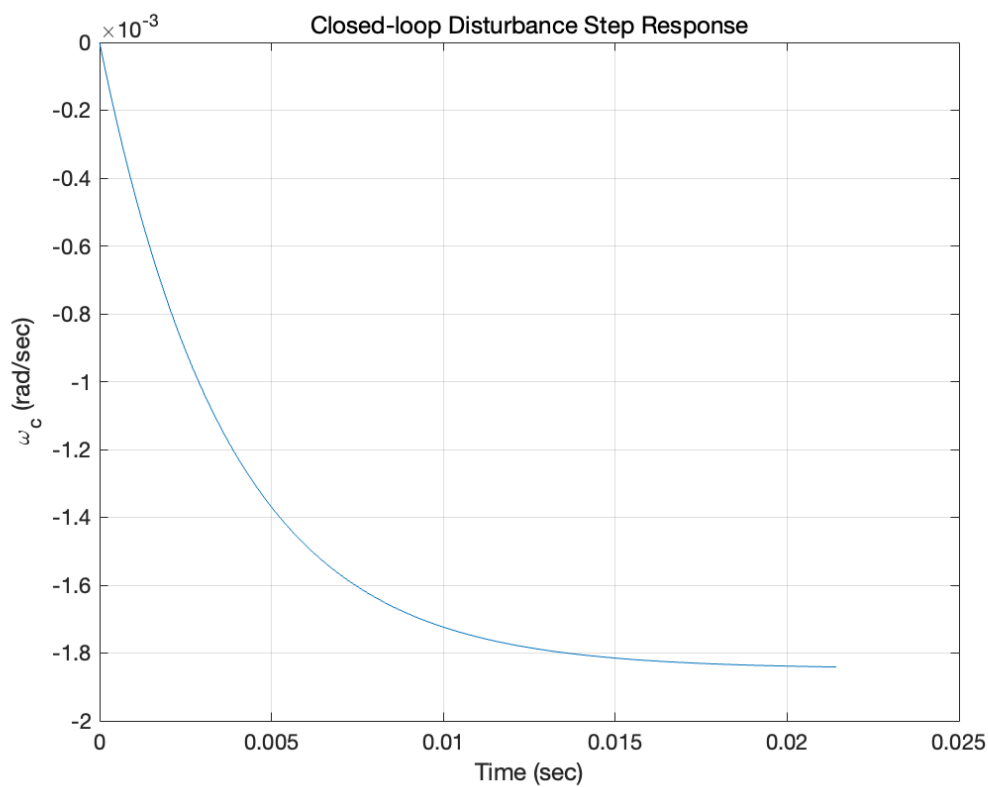


表 1 不同参数对系统结果的影响

序号	Ra	Km	J	b	Kb	Ka	Kt	稳定时间 (开环)	稳态误差 (开环)	稳定时间 (闭环)	稳态误差 (闭环)
1	1	10	2	0.5	0.1	54	1	7.7367	-0.6647	0.0214	-0.0018
2	1	4	2	0.5	0.1	54	1	12.8945	-1.1078	0.0535	-0.0046
3	1	10	5	0.5	0.1	54	1	19.3417	-0.6647	0.0536	-0.0018
4	1	10	2	0.8	0.1	54	1	6.4472	-0.5539	0.0214	-0.0018
5	1	10	2	0.5	0.3	54	1	3.3157	-0.2849	0.0214	-0.0018
6	1	10	2	0.5	0.1	80	1	7.7367	-0.6647	0.0145	-0.0012
7	1	10	2	0.5	0.1	54	2	7.7367	-0.6647	0.0107	-9.22E-04

## 实验仿真结果分析与结论：

开环控制：

响应曲线分析：

1. 响应曲线呈现出缓慢的下降趋势，最终趋近于稳态值。
2. 稳态误差明显，表示开环控制对扰动的抗干扰能力较差。

闭环控制：

响应曲线分析：

- 响应曲线快速下降至稳态值，表现出良好的动态特性。
- 稳态误差几乎为零，显示出闭环控制系统在抗扰动性能上的优势。

#### 参数变化对稳态误差产生的影响：

通过对表 1 进行分析可得：

电机增益  $K_m$ ：增益较大的系统（如序号 1 和 3）通常具有较小的稳态误差，但稳定时间较长。相对较小的增益（如序号 2）则表现出更大的稳态误差。

摩擦系数  $b$ ：摩擦系数的变化对稳定时间和稳态误差有明显影响。较大的摩擦系数（如序号 4）通常会导致更快的稳定时间。

闭环控制系统对一些参数的变化不敏感，如摩擦系数  $b$ 、反电动势常数  $K_b$ 、转速计增益  $K_t$  等，改变这些参数对结果的影响较小。

#### 结论：

闭环控制系统在面对扰动时，能够有效减小输出转速的稳态误差，表现出更好的稳定性和响应速度。这说明在实际应用中，闭环控制是提升系统性能的有效方法。

### 知识扩展：

#### 1. 电动机基本原理

电动机类型：常见的电动机有直流电动机、交流电动机（如异步电动机和同步电动机）等。每种电动机的工作原理和应用场景不同。

工作原理：电动机通过电流在磁场中产生力矩，驱动转子旋转。直流电动机的转速与电压成正比。

#### 2. 反电动势

反电动势（Back EMF）：在电动机运行时，转子旋转会在其绕组中感应出一个电动势，方向与供电电压相反，称为反电动势。反电动势的大小与转速成正比。

影响：反电动势的存在会降低电动机的有效电压，导致电流减少，从而影响电动机的启动和运行性能。

#### 3. 电动机参数

电机增益  $K_m$ ：表示电机输出转速与输入电压之间的关系。增益越大，响应越快。

转动惯量  $J$ ：表示电动机转子的惯性，影响系统的加速和减速能力。较大的转动惯量会导致响应时间变长。

摩擦系数  $b$ ：表示系统中摩擦力的大小，影响稳态误差和动态响应。

#### 4. 控制策略

PID 控制：常用的控制策略，通过比例、积分和微分控制实现对电动机转速的精确控制。

状态反馈控制：通过测量系统状态（如转速、位置等），实时调整控制输入，提高系统的稳定性。