

实验题目：专家 PID 仿真实例

姓名：邱姜铭 学号：22122861

题目分析：

求三阶传递函数的阶跃响应

$$G_p(s) = \frac{523500}{s^3 + 87.35s^2 + 10470s}$$

其中对象采样时间为 1ms。

采用专家 PID 设计控制器。在仿真过程中，取 0.001，程序中的五条规则与控制算法的五种情况相对应。

在仿真过程中，我们使用以下步骤进行控制：

1. **输入信号**：设定阶跃输入信号 $r(k)=1.0$ 。
2. **控制输出**：根据当前误差 $e(k)$ 计算控制输出 $u(k)$ 。
3. **控制规则**：根据当前状态应用五条控制规则，调整控制输出。
4. **系统响应**：根据控制输出和系统模型计算系统响应 $y(k)$ 。
5. **误差更新**：更新误差值并进行 PID 控制参数的计算。

程序代码：

```
%Expert PID Controller
clear;
close all;
ts = 0.001;

sys = tf(5.235e005, [1, 87.35, 1.047e004, 0]); %Plant
dsys = c2d(sys, ts, 'z');
[num, den] = tfdata(dsys, 'v');

u_1 = 0; u_2 = 0; u_3 = 0;
y_1 = 0; y_2 = 0; y_3 = 0;

x = [0, 0, 0]';
x2_1 = 0;

kp = 0.6;
ki = 0.03;
kd = 0.01;
```

```

error_1 = 0;

for k = 1:1:500
    time(k) = k * ts;

    r(k) = 1.0; %Tracing Step Signal

    u(k) = kp * x(1) + kd * x(2) + ki * x(3); %PID Controller

    %Expert control rule
    if abs(x(1)) > 0.8 %Rule1:Unclosed control rule
        u(k) = 0.45;
    elseif abs(x(1)) > 0.40
        u(k) = 0.40;
    elseif abs(x(1)) > 0.20
        u(k) = 0.12;
    elseif abs(x(1)) > 0.01
        u(k) = 0.10;
    end

    if x(1) * x(2) > 0 | (x(2) == 0) %Rule2

        if abs(x(1)) >= 0.05
            u(k) = u_1 + 2 * kp * x(1);
        else
            u(k) = u_1 + 0.4 * kp * x(1);
        end

    end

    if (x(1) * x(2) < 0 & x(2) * x2_1 > 0) | (x(1) == 0) %Rule3
        u(k) = u(k);
    end

    if x(1) * x(2) < 0 & x(2) * x2_1 < 0 %Rule4

        if abs(x(1)) >= 0.05
            u(k) = u_1 + 2 * kp * error_1;
        else
            u(k) = u_1 + 0.6 * kp * error_1;
        end

    end

end

```

```

    if abs(x(1)) <= 0.001 %Rule5:Integration separation PI control
        u(k) = 0.5 * x(1) + 0.010 * x(3);
    end

    %Restricting the output of controller
    if u(k) >= 10
        u(k) = 10;
    end

    if u(k) <= -10
        u(k) = -10;
    end

    %Linear model
    y(k) = -den(2) * y_1 - den(3) * y_2 - den(4) * y_3 + num(1) * u(k) +
num(2) * u_1 + num(3) * u_2 + num(4) * u_3;
    error(k) = r(k) - y(k);

    %-----Return of parameters-----%
    u_3 = u_2; u_2 = u_1; u_1 = u(k);
    y_3 = y_2; y_2 = y_1; y_1 = y(k);

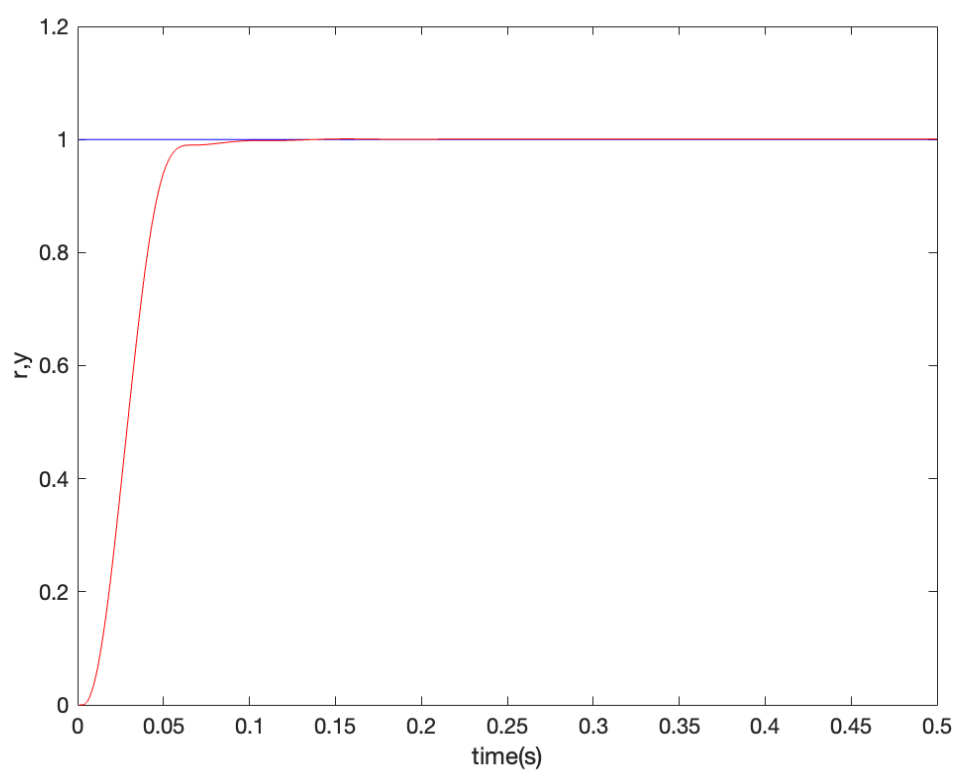
    x(1) = error(k); % Calculating P
    x2_1 = x(2);
    x(2) = (error(k) - error_1) / ts; % Calculating D
    x(3) = x(3) + error(k) * ts; % Calculating I

    error_1 = error(k);
end

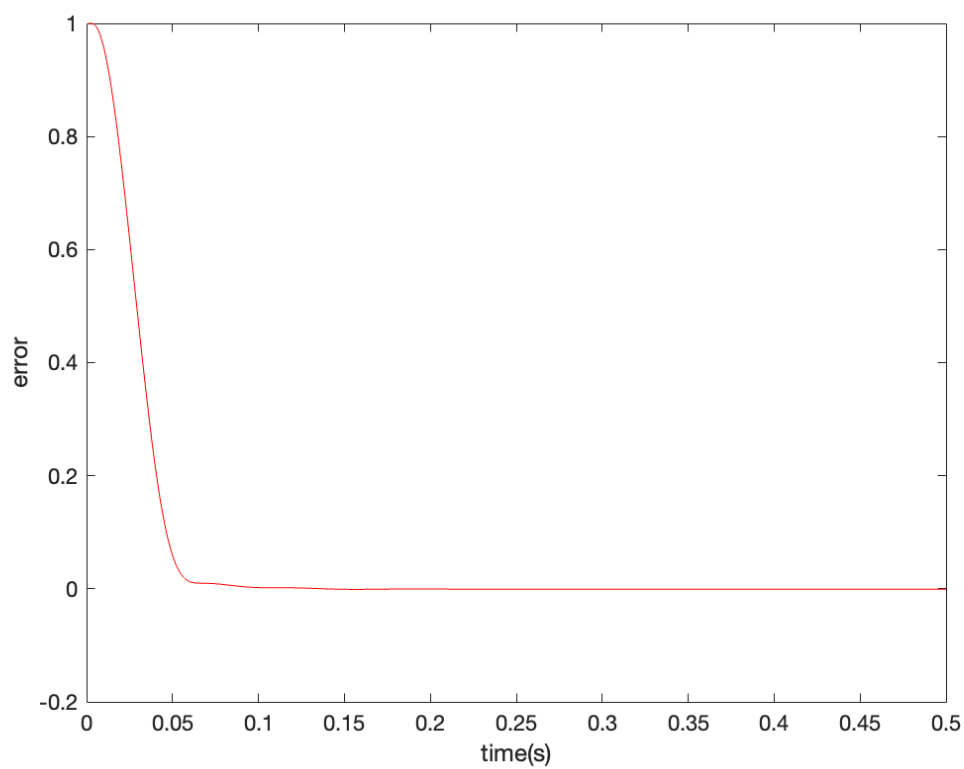
figure(1);
plot(time, r, 'b', time, y, 'r');
xlabel('time(s)'); ylabel('r,y');
figure(2);
plot(time, r - y, 'r');
xlabel('time(s)'); ylabel('error');

```

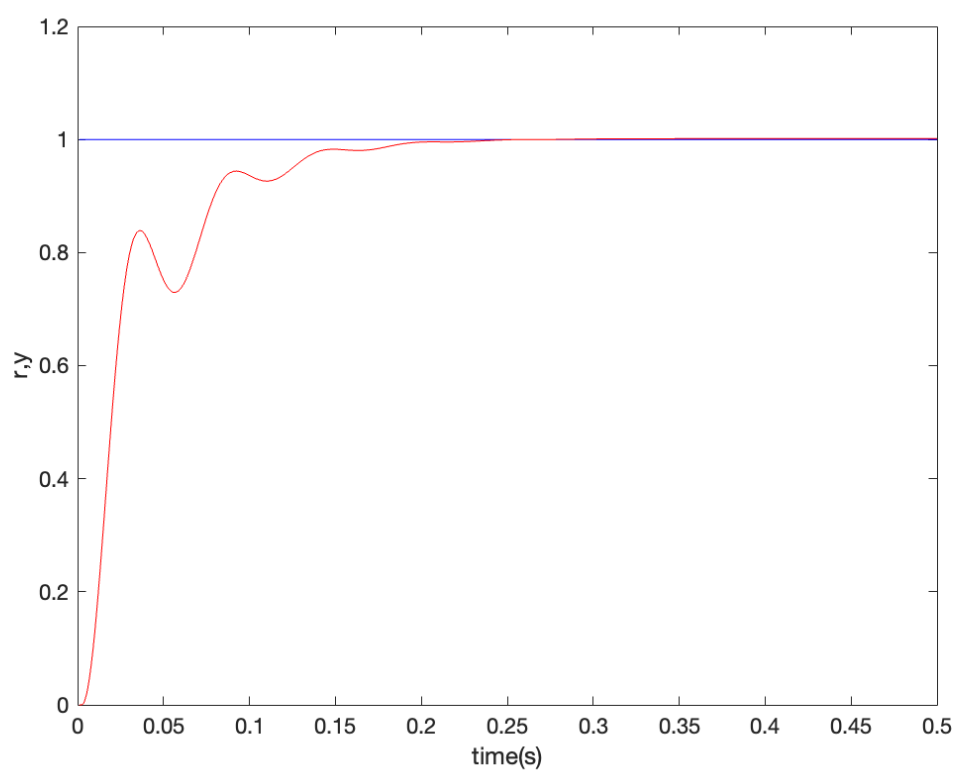
实验结果图：



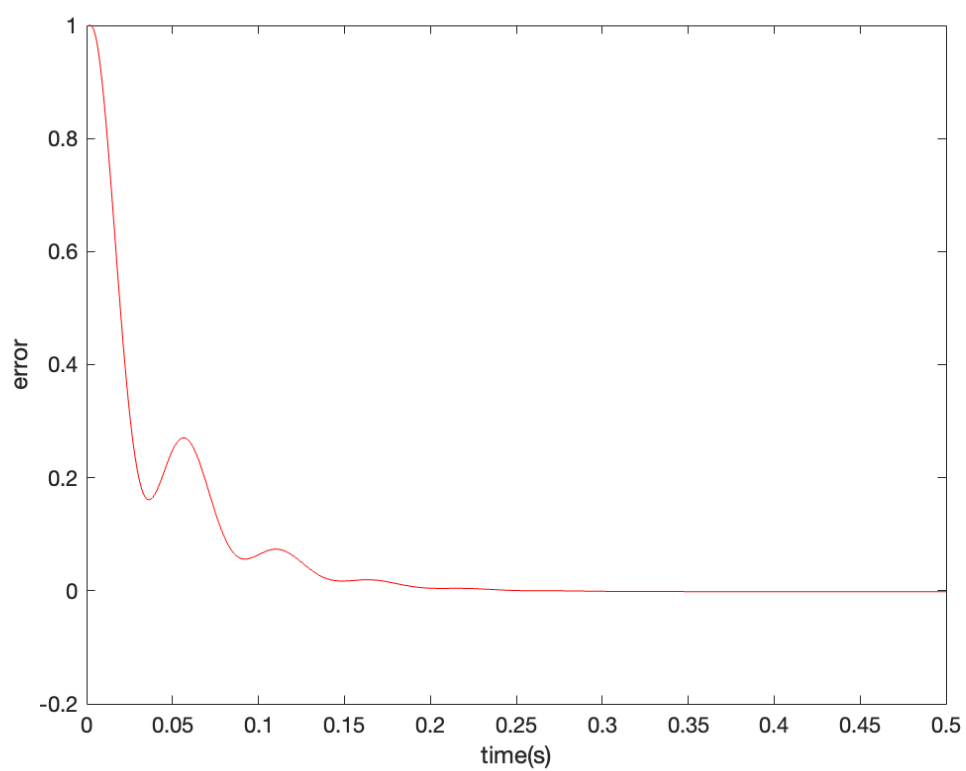
图表 1 专家 PID 控制阶跃响应



图表 2 专家 PID 控制误差



图表 3 普通 PID 控制阶跃响应



图表 4 普通 PID 控制误差

实验仿真结果分析与结论：

从仿真结果可以看出，系统在阶跃输入下的响应逐渐趋于稳定。随着时间的推移，系统的输出 $y(k)$ 逐渐接近目标输入 $r(k)$ ，误差 $r(k)-y(k)$ 也逐渐减小，显示出控制器良好的调节能力。

普通 PID 控制器：

可能会导致系统在某些情况下过度响应或振荡。

可能在阶跃输入下出现较大的超调和振荡，尤其是在增益设置不当时。

专家 PID 控制器：

采用动态调整的控制规则，根据误差大小和变化情况实时调整控制输出。

通过五条控制规则来适应系统的不同状态，避免了普通 PID 可能出现的过度控制和振荡。

通常表现出更快的收敛速度和更小的超调，能够更平稳地跟踪阶跃输入。

通过引入特殊规则，在误差接近零时采取措施，能够更快地消除稳态误差。

总体而言，专家 PID 控制器相较于普通 PID 控制器在动态性能、稳态误差和系统稳定性方面表现更优。通过采用动态调整的控制规则，专家 PID 能够更好地适应不同的工作状态，从而提高控制效果。

知识补充：

1. PID 控制器概述

PID 控制器是工业控制系统中最常用的控制器之一。它通过比例（P）、积分（I）、微分（D）三部分的组合来调节系统输出，以达到期望的目标值。每个部分的作用如下：

- **比例控制（P）：**根据当前误差（设定值与实际值之差）进行调节，增大比例增益可以提高系统的响应速度，但可能导致超调和振荡。
- **积分控制（I）：**根据误差的累积进行调节，用于消除稳态误差。过大的积分增益可能导致系统不稳定。
- **微分控制（D）：**根据误差变化率进行调节，用于预测未来的误差变化，从而提高系统的稳定性和响应速度。

2. 普通 PID 控制器的局限性

- **参数设置困难：**需要手动调整 P、I、D 参数，且不同系统的最佳参数设置差异较大。
- **对扰动敏感：**在外部扰动或系统动态变化时，普通 PID 控制器的性能可能下降。
- **超调和振荡：**在某些情况下，可能导致系统过度响应，出现振荡现象。

3. 专家 PID 控制器的优势

专家 PID 控制器通过引入模糊逻辑或规则基础的方法，动态调整控制策略，具有以下优势：

- **自适应能力：**能够根据系统状态的变化自动调整控制参数，提高系统的适应性。
- **减少超调和振荡：**通过实时监测误差和变化率，优化控制输出，平稳过渡。
- **改善稳态性能：**能够更快地消除稳态误差，提升系统的整体性能。