

# 模糊控制程序设计报告

自研 112 班 麻世博 2201100387

题目：已知被控对象为  $G(s) = \frac{1}{10s+1} e^{-0.5s}$ 。假设系统给定为阶跃值  $r=30$ ，采样时间为  $0.5s$ ，系统的初始值  $r(0)=0$ 。试分别设计：

(1)常规的 PID 控制器；

(2)常规的模糊控制器；

分别对上述 2 种控制器进行 Matlab 仿真，并比较控制效果

**解答：**

## 1 常规 PID 控制器的设计与 SIMULINK 仿真

如图 1 所示，使用 SIMULINK 工具对已知系统的 PID 控制系统进行仿真。

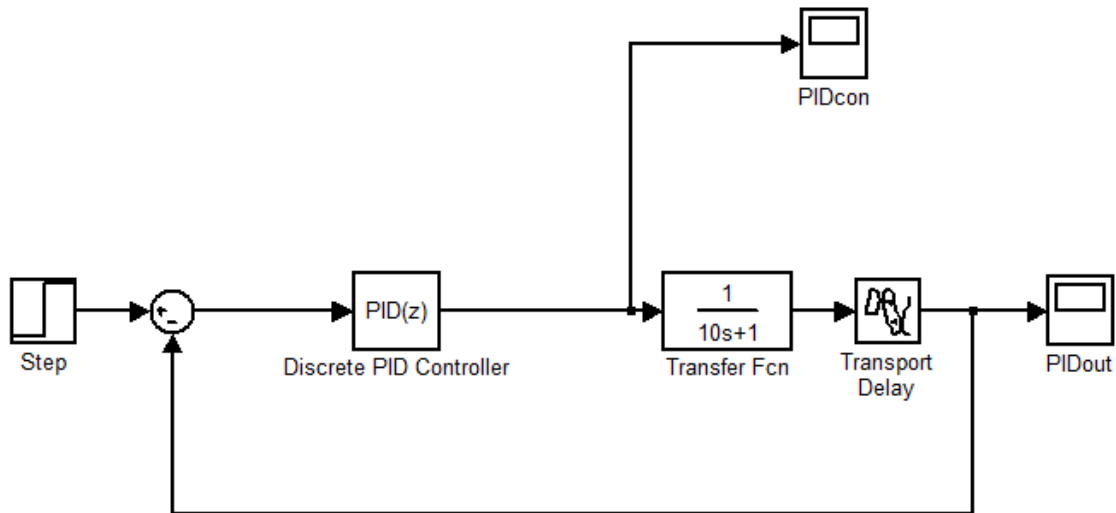


图 1 PID 控制系统的 SIMULINK 仿真

其中 PID 控制器为离散型，采样时间  $T=0.5s$ ，参数  $P=14$ ， $I=3$ ， $D=0$ 。阶跃信号幅值为  $30$ ，

被控对象传递函数为  $G(s) = \frac{1}{10s+1} e^{-0.5s}$ 。

该系统的阶跃响应如图 2。

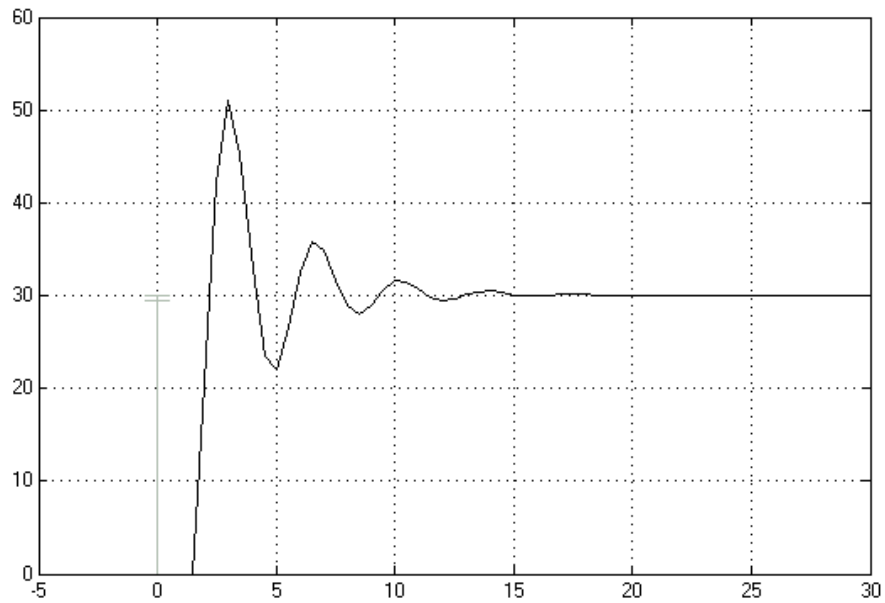


图2 PID控制系统的输出

该控制系统上升时间  $T_r=1.5s$ ，调节时间  $T_s=8s$ ，超调量  $\sigma\%=70\%$ ，没有稳态误差。该系统中PID控制器的输出曲线如图3。

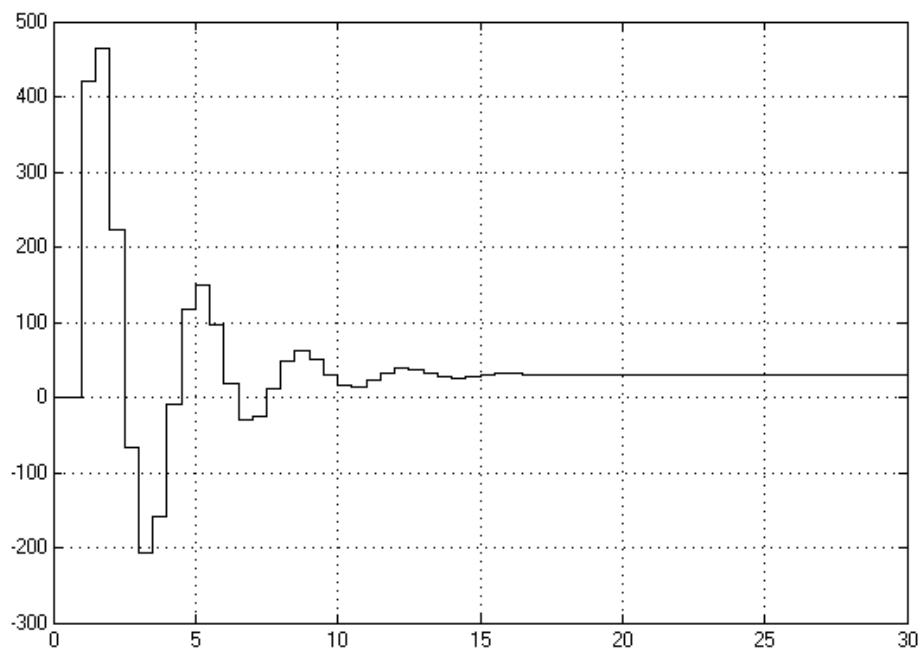
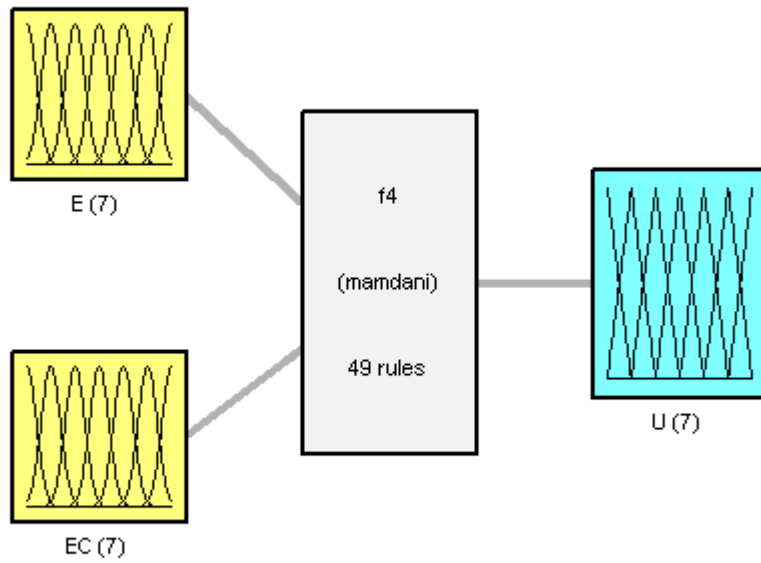


图3 PID控制器的输出曲线

输出最大值为465，最小值为-208。

## 2 模糊控制器的设计

在本文中，我通过MATLAB提供的模糊逻辑工具箱(Fuzzy Logic Toolbox)编辑隶属函数、控制规则，设计了一个双输入单输出的模糊控制器，如下图所示。



System f4: 2 inputs, 1 outputs, 49 rules

图4 模糊控制器概览

### 2.1 隶属度函数的确立。

选择偏差  $E$  和偏差变化率  $EC$  作为控制器的输入,控制量  $U$  为输出。取  $E$ 、 $EC$  和  $U$  的模糊子集为  $\{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PL\}$ , 它们的论域为  $\{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$ 。在 MATLAB 的命令窗口输入命令 `Fuzzy`, 进入模糊逻辑编辑窗口。取输入量  $E$ 、 $EC$  的隶属函数为高斯型 (`gaussmf`), 输出  $U$  的隶属函数为三角形 (`trimf`), 如下图所示。

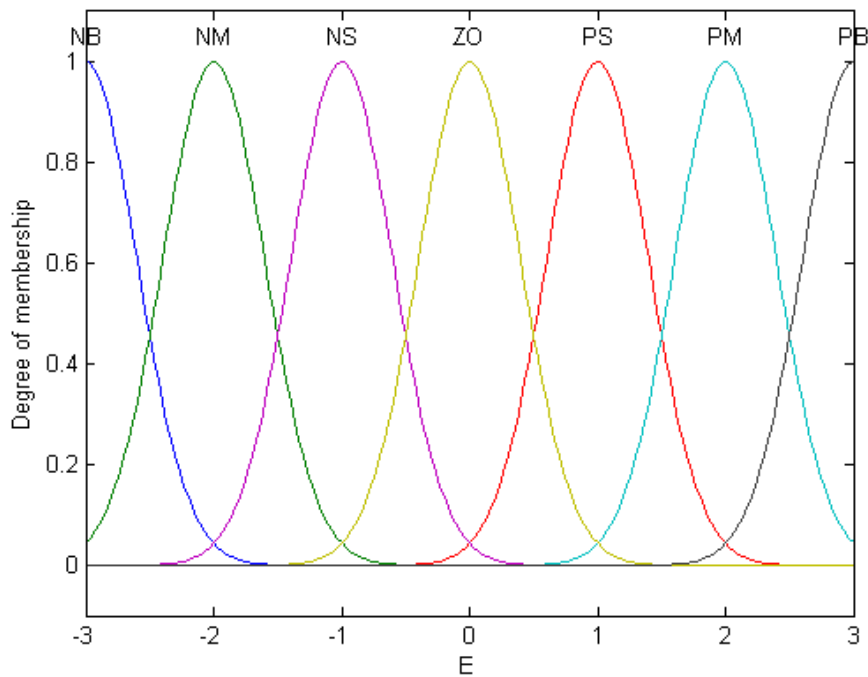


图5 输入模糊变量  $E$  的隶属度函数

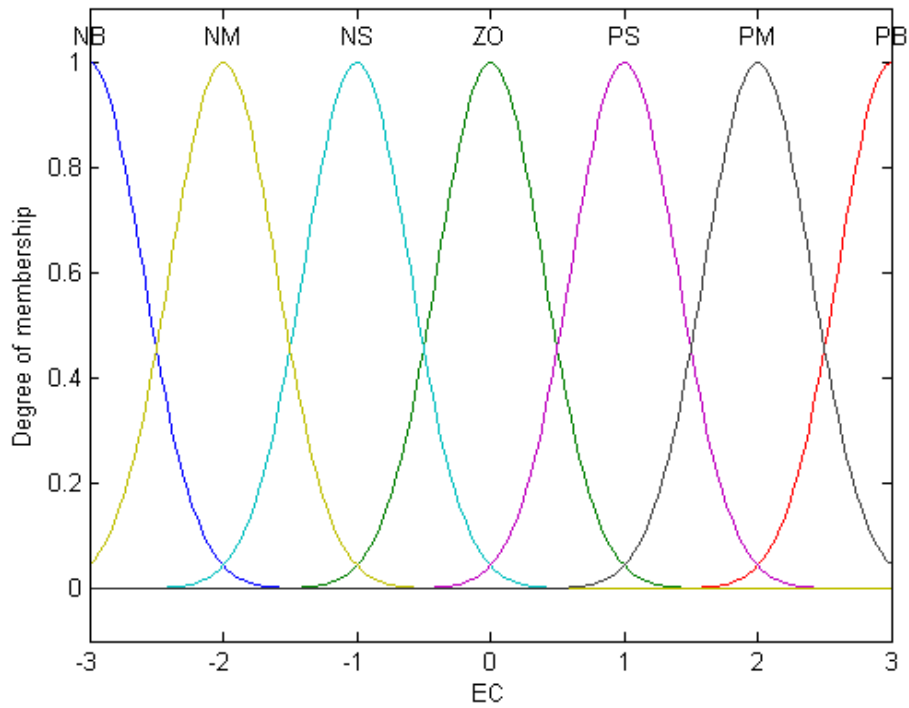


图 6 输入模糊变量 EC 的隶属度函数

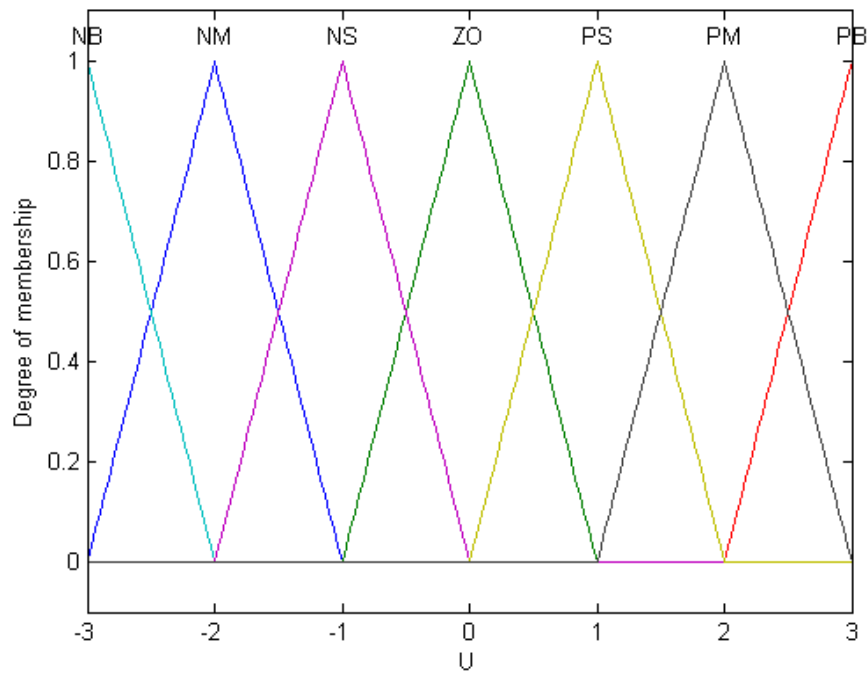


图 7 输出模糊变量 U 的隶属度函数

## 2.2 模糊控制规则与决策方法的确立。

根据隶属函数和控制经验设计的控制规则如表 1 所示。以 if ...then 的形式在 Rule Editor 窗口输入这 49 条规则，这样就完成了控制规则的编辑。

表 1 模糊控制器规则表

U	E							
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	
EC	NB	NB	NM	NM	NM	NS	NS	
	NM	NB	NM	NM	NS	NS	ZO	
	NS	NM	NM	NS	NS	ZO	PS	
	ZO	NM	NM	NS	ZO	PS	PM	
	PS	NM	NS	ZO	PS	PS	PM	
	PM	NS	ZO	PS	PS	PM	PM	
	PB	PS	PS	PM	PM	PM	PB	

在本控制器中，模糊决策采用 Mamdani 型推理算法，逆模糊用重心平均法(centroid)。这样就利用模糊逻辑工具箱建立了一个 FIS 型文件，取文件名为 f4.fis，并将模糊控制器导入工作空间，这样就完成了 FIS 型文件同 SIMULINK 的连接，为下一步的系统仿真打下了基础。

### 3 模糊控制系统的 SIMULINK 仿真

在 SIMULINK 的菜单中，选择 Fuzzy Logic Toolbox 中的 Fuzzy Logic Controller 模块，键入 f4，在这基础之上，加上量化因子  $K_e$ 、 $K_{ec}$  和  $K_u$ 。这样,模糊控制器便建立起来了，再加上被控系统的模型和相关模块，就构成了如图 8 所示的模糊控制系统。

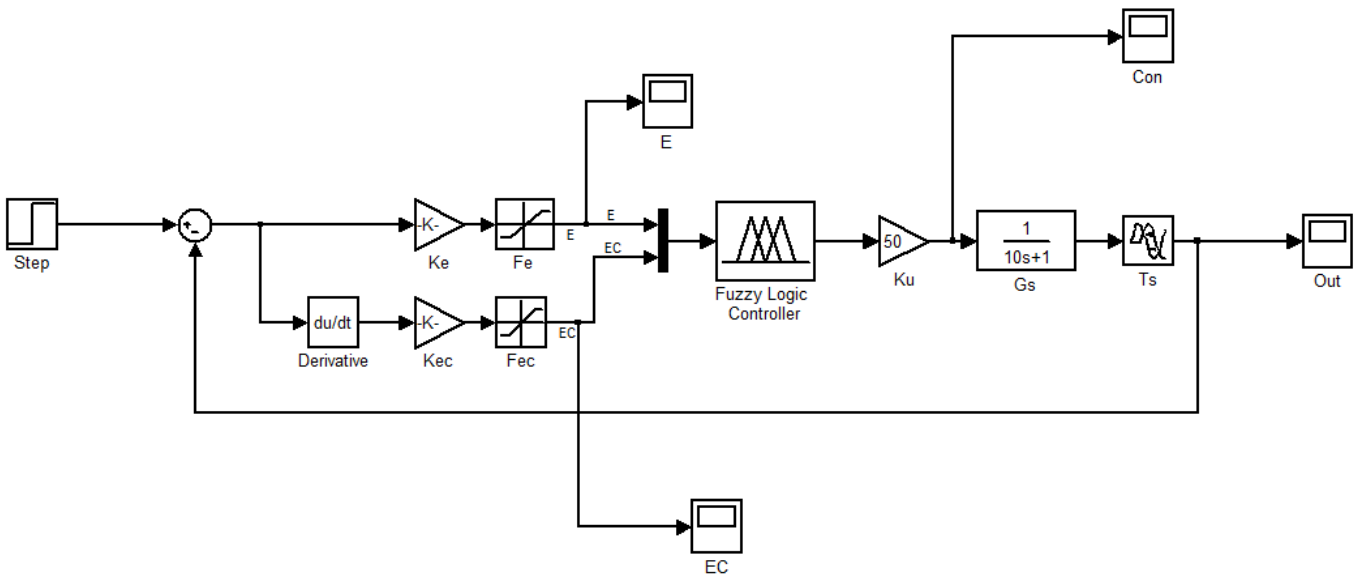


图 8 模糊控制系统的 SIMULINK 仿真

其中，输入阶跃信号幅值为 30，起始时间  $t=1s$ ， $K_e=0.32$ ，采样周期  $T=0.5s$ ， $K_{ec}=0.03$ ，采样周期  $T=0.5s$ ，限幅器  $F_e$  和  $F_{ec}$  输出范围为  $[-3,3]$ 。 $K_u=50$ 。被控对象传递函数为，

$$G(s) = \frac{1}{10s+1} e^{-0.5s}$$

该系统的输出阶跃响应如图 9。

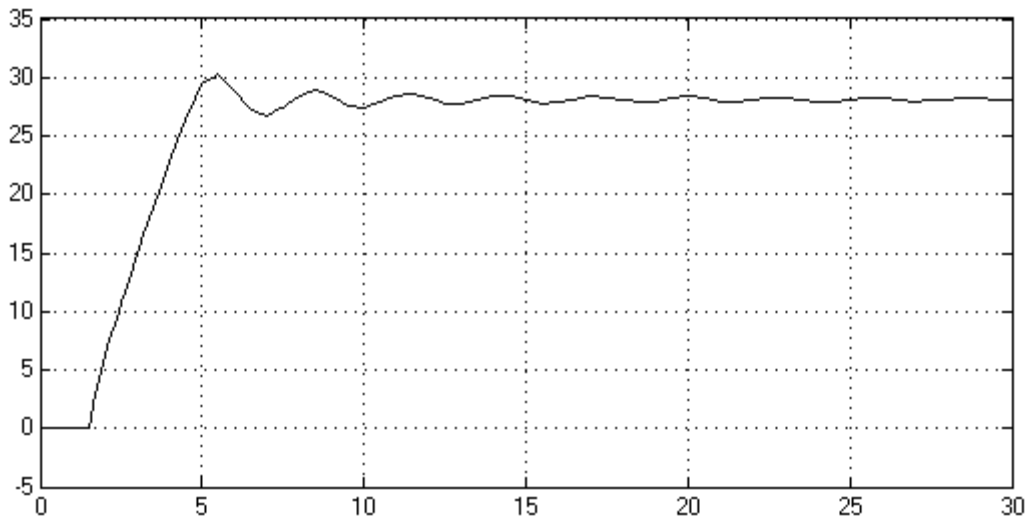


图9 模糊控制系统的阶跃响应

该控制系统上升时间  $T_r=4.5s$ ，调节时间  $T_s=3.5s$ ，超调量  $\sigma\%=8.2\%$ ，稳态误差  $6.7\%$ 。模糊控制器的输出如图 10。

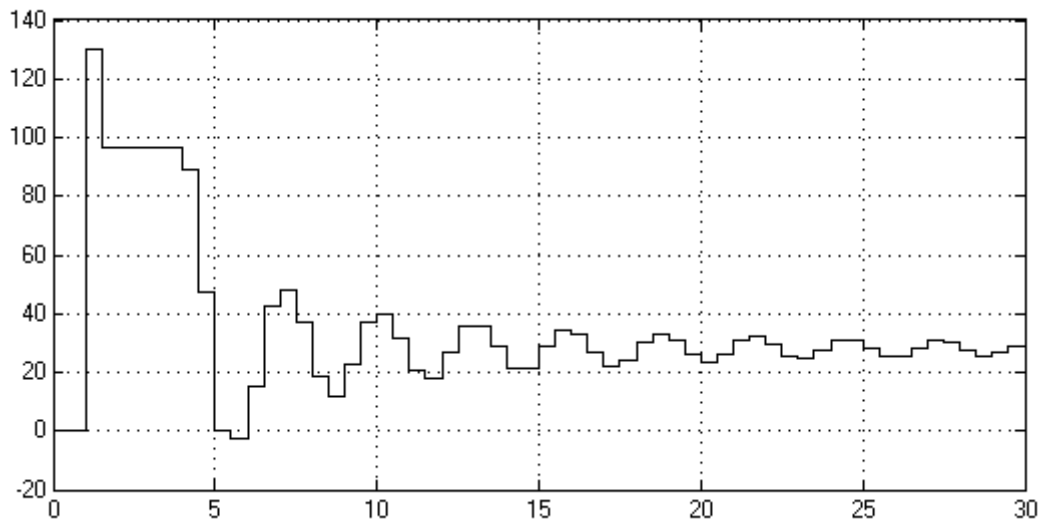


图 10 模糊控制器的输出曲线

模糊控制器的最大输出 130，最小输出为-3。

#### 4 PID 控制器与模糊控制器的比较。

与 PID 控制器相比，模糊控制器的调节时间较短，超调量较小，控制器输出更加平稳，幅度更小，但稳态误差较大。这次仿真结果与理想的模糊控制器的仿真效果差距较大，可能是该系统的信号采样时间  $T=0.5s$  较大造成的。