

智能算法与控制智能

第四章作业

4-3 已知某一炉温控制系统，要求温度保持在600°C恒定。针对该控制系统有以下控制经验：

- (1) 若炉温低于600°C，则升压；低得越多升压越高。
- (2) 若炉温高于600°C，则降压；高得越多降压越低。
- (3) 若炉温等于600°C，则保持电压不变。

设模糊控制器为一维控制器，输入语言变量为误差，输出为控制电压。输入、输出变量的量化等级为7级，取5个模糊集。试设计隶属度函数误差变化划分表、控制电压变化划分表和模糊控制规则表。

1. 设 $T_0 = 600$ 为理想炉温， T 为实际炉温，则误差为 $e = \Delta T = T - T_0$ ，这个误差就是输入变量；设控制量电压为 U ，这是输出变量。
2. 输入和输出的量化等级分为7级，分别为：-3，-2，0，1，2，3。五个模糊集分别为负大(NB)，负小(NS)，零(ZO)，正小(PS)，正大(PB)。则误差变化划分表、控制电压变化划分表（一样的）如下：

隶属度		变化等级						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
模糊集	NB	1	0.5	0	0	0	0	0
	NS	0	0.5	1	0	0	0	0
	ZO	0	0	0.5	1	0.5	0	0
	PS	0	0	0	0	1	0.5	0
	PB	0	0	0	0	0	0.5	1

3. 设计模糊控制如下：

- (a) 若 e 为负大，则 U 为正大；
- (b) 若 e 为负小，则 U 为正小；
- (c) 若 e 为零，则 U 为零；
- (d) 若 e 为正小，则 U 为负小；
- (e) 若 e 为正大，则 U 为负大。

因此模糊控制表如下：

若(IF)	NBe	NSe	ZOe	PSe	PBe
则(THEN)	PBU	PSU	ZOU	NSU	NBU

4-4 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 $0.5s$ ，系统的初始值为 $r(0) = 0$ 。试分别设计：

- (1) 常规的PID控制器；
- (2) 常规的模糊逻辑控制器；
- (3) 模糊自适应整定PID控制器。

分别对上述3种控制器进行Matlab仿真，并比较控制效果。

(1) 首先我们发现被控对象的传递函数的分子不是关于 s 的多项式，而是关于 s 的指数函数，所以不能直接利用`tf`函数建立传递函数模型，而是通过以下两条语句建立该传递函数：

```
s = tf('s');  
sys = exp(-0.5*s)/(10*s+1);
```

然后我们就要推导出被控对象的输入与输出在时域上的关系。首先我们

`c2d`函数从 s 域变换到 z 域上，得到传递函数在 z 域上的表达式：

$$G(z) = z^{-1} \cdot \frac{\text{num}(1)z + \text{den}(2)}{\text{den}(1)z + \text{den}(2)} = z^{-1} \cdot \frac{0.04877}{z - 0.9512}$$

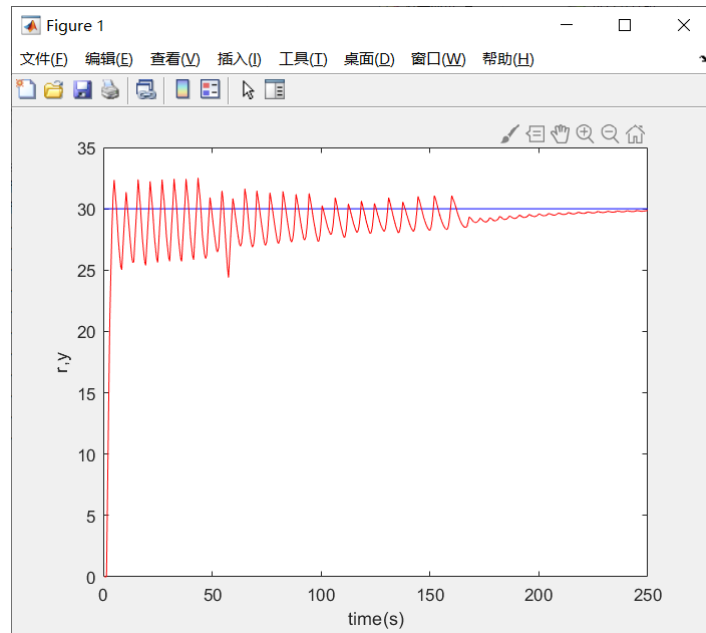
根据传递函数的定义 $G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)}$ ，得到：

$$Y(z) = -\text{den}(2)Y(z)z^{-1} + \text{num}(2)U(z)z^{-2}$$

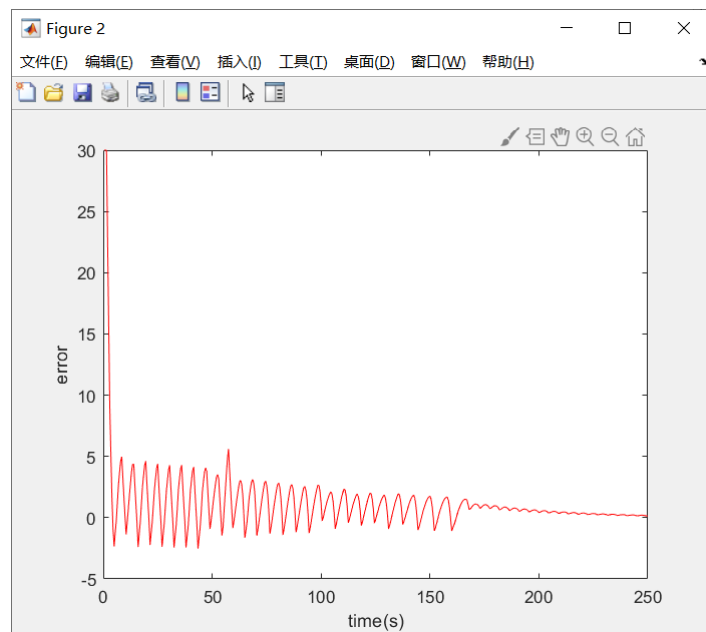
通过 z 逆变换，得到在时域上的表达式：

$$y(t) = -\text{den}(2)y(t-1) + \text{num}(2)u(t-2)$$

然后套用上次第二章作业的代码，并进行调参。由于技术实在有限，调了一下午怎么也调不好，最终结果看上去也不是太好。如图：



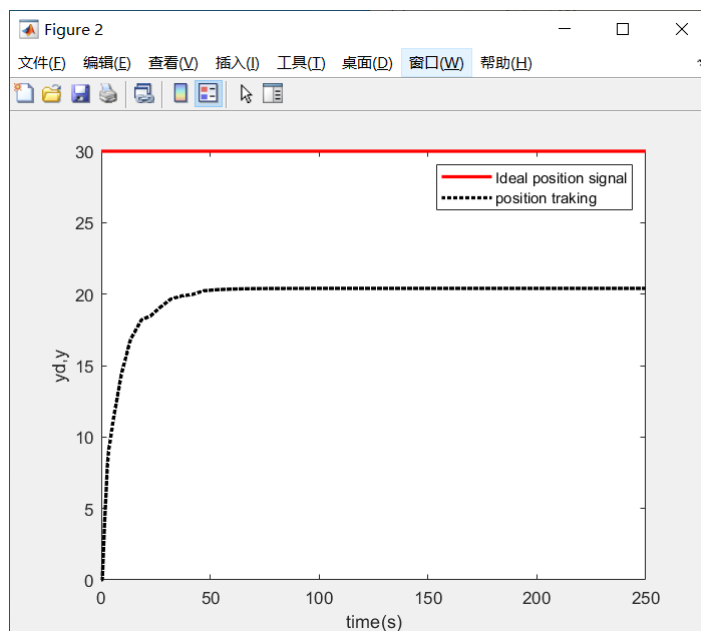
目标值 r 与实际输出 y 随时间 t 变化



误差 $error$ 随时间 t 变化

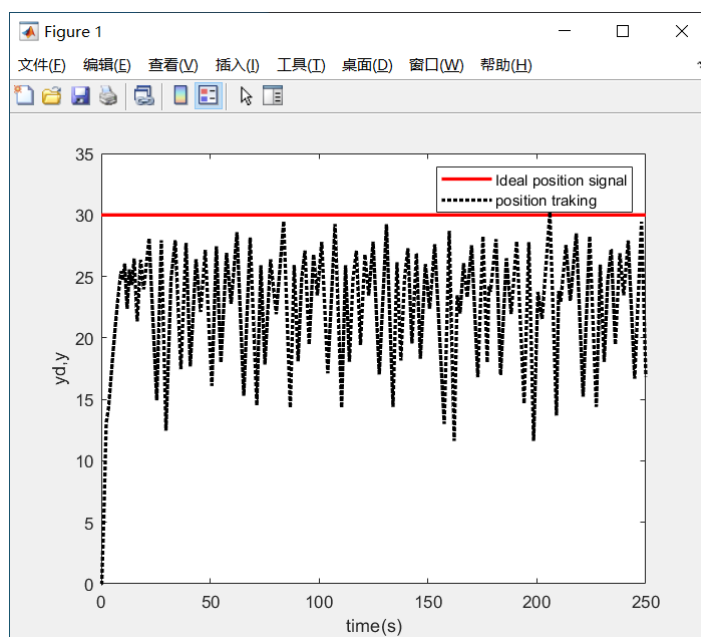
可以看到，这个过程一直在波动，不怎么收敛，难以保证在后面是否收敛。

(2) 模糊控制器的输入为目标值 r 和实际输出 y 之间的误差 e 以及误差变化率 ec ，输出为被控对象的控制输入 u ，有了被控对象的输入，我们就可以得到输出 y 了。模糊控制规则由我们定义，实际上就是一个调参的过程。又经过长时间的调参（似乎是无用功），结果还是失败了，要么收敛时 y 就达不到 r ，如图：



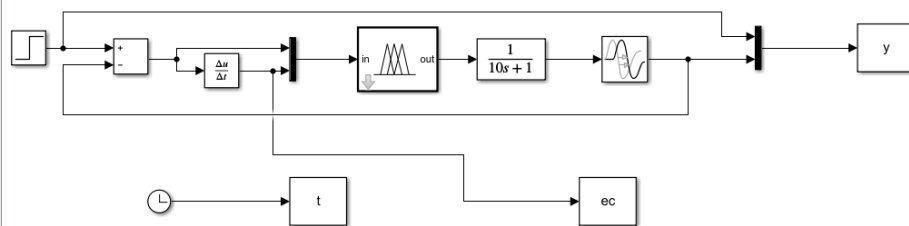
目标值 y_d 与实际输出 y 随时间 t 变化

要么 y 达到 r ，但是无法收敛，如图：

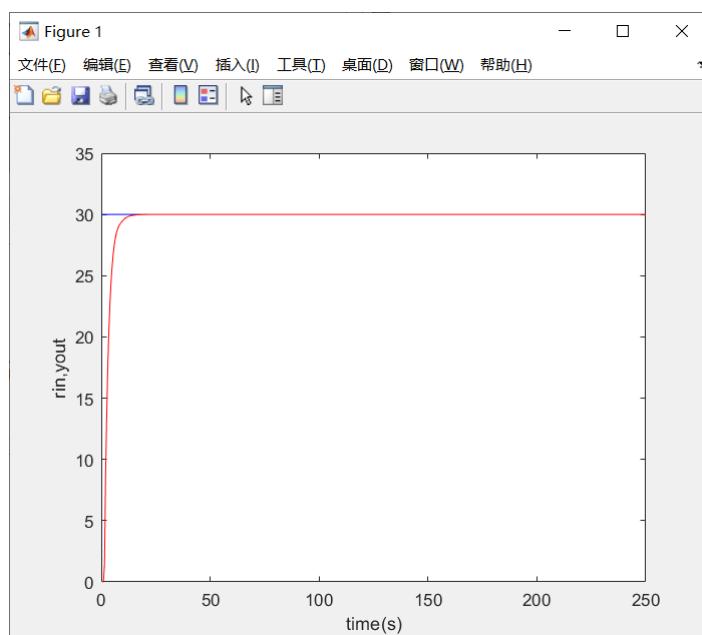


目标值 y_d 与实际输出 y 随时间 t 变化

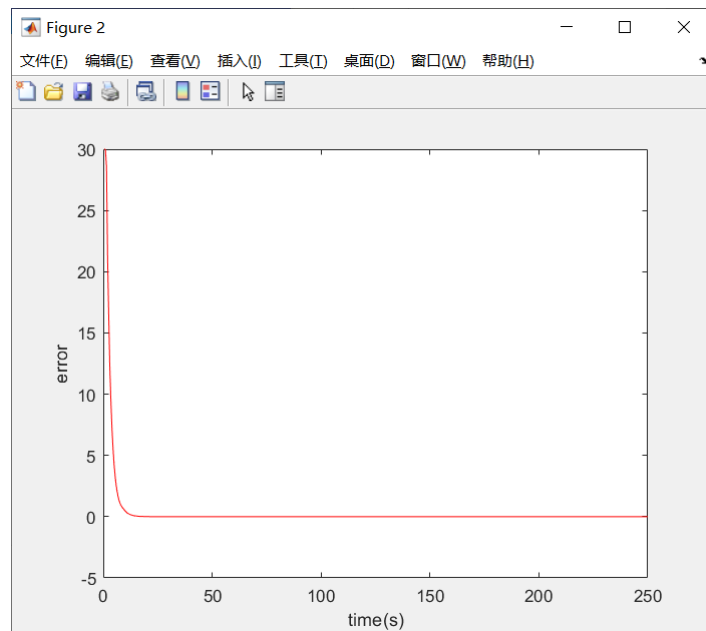
进行仿真的时候，遇到一个问题，就是传递函数 $G(s) = \frac{1}{10s + 1}e^{-0.5s}$ 的分子怎么表示。通过百度，只需要在传递函数部件Transport fcn后个延时补件Transport delay，延时为0.5即可。仿真图如下：



(3) 模糊自适应整定PID控制器的本质是：一个模糊控制器加一个PID控制器。模糊控制器根据目标值 r 和实际输出 y 之间的误差 e 以及误差变化率 ec ，经过一系列的模糊控制规则，得到模糊控制器的输出 kp 、 ki 、 kd ，也就是PID控制器的三个参数。有了这三个参数，就可以得到PID控制器的输出，也即被控对象的控制输入 u ，最终的得到被控对象的输出 y 。经过长时间的调参，最终得到以下较为满意的结果：



目标值 r 与实际输出 y 随时间 t 变化



误差 $error$ 随时间 t 变化

从结果上看，当然是模糊自适应整定PID控制器的效果最佳，并且在调参过程中也是十分简单，一下子就成功收敛到目标值了。从原理上来看，模糊自适应整定PID控制器是模糊控制器和PID控制器的组合，理论上也应该是组合体的效果更佳。