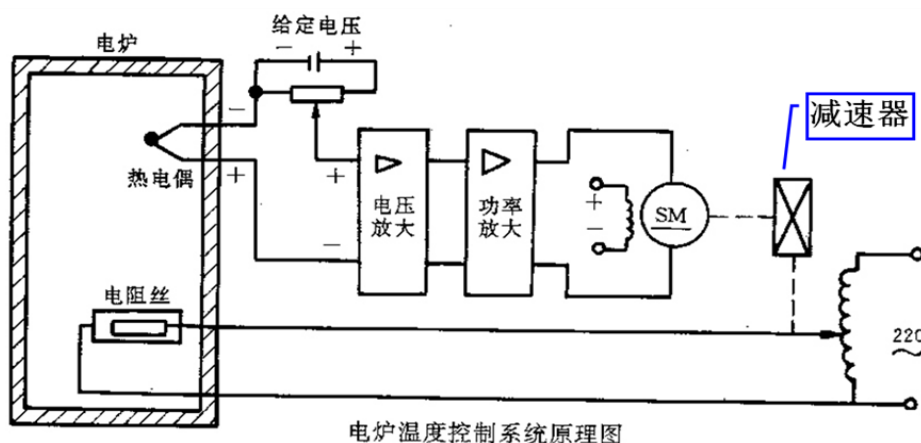


## 自动控制原理第 1 章作业解答

1. 下图是电加热炉温度自动控制系统原理图，试

- (1) 分析系统的工作原理。
- (2) 画出系统的方框图。
- (3) 指明控制器、执行机构和测量机构(传感器)是什么。

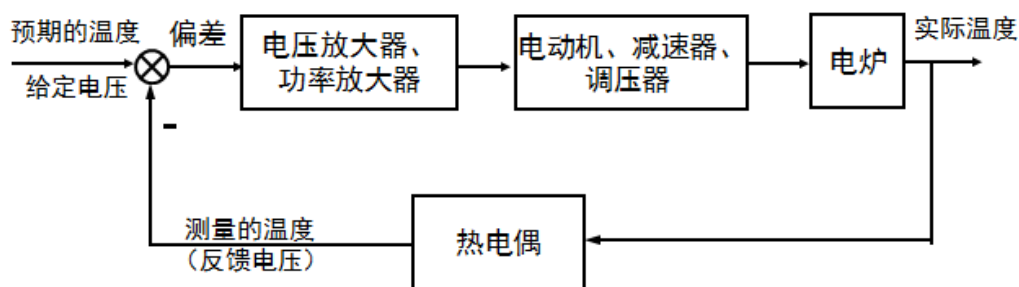


解答：

(1) 系统的工作原理

当电炉温度低于设定值时，热电偶输出电压减小，偏差信号大于 0，经电压放大、功率放大后驱动电机正向转动，经减速器调整自耦变压器的触点位置，提高加热器的供电电压，使炉温升高。当炉温达到设定值时，反馈电压等于给定电压，电机停止转动，维持炉温为设定值。反之亦然。

(2) 系统的方框图



(3)

控制器：电压放大器、功率放大器

执行机构：电动机、减速器、调压器

测量机构（传感器）：热电偶

2. 下列各式是描述系统的微分方程，其中  $r(t)$  为输入变量， $y(t)$  为输出变量，判断哪些是线性定常系统或线性时变系统，哪些是非线性系统，说明理由。

$$(1) \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2 \frac{dy(t)}{dt} + 7y(t) = \frac{dr(t)}{dt} + 2r(t)$$

解：

当  $r(t) = k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t)$  时，

$$\begin{aligned} & \frac{dr(t)}{dt} + 2r(t) \\ &= \frac{d[k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t)]}{dt} + 2[k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t)] \\ &= k_1 \left[ \frac{dr_1(t)}{dt} + 2r_1(t) \right] + k_2 \left[ \frac{dr_2(t)}{dt} + 2r_2(t) \right] \\ &= k_1 \left[ \frac{d^2 y_1(t)}{dt^2} + 2 \frac{dy_1(t)}{dt} + 7y_1(t) \right] + k_2 \left[ \frac{d^2 y_2(t)}{dt^2} + 2 \frac{dy_2(t)}{dt} + 7y_2(t) \right] \\ &= \frac{d^2 [k_1 y_1(t) + k_2 y_2(t)]}{dt^2} + 2 \frac{d[k_1 y_1(t) + k_2 y_2(t)]}{dt} + 7[k_1 y_1(t) + k_2 y_2(t)] \\ &= \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2 \frac{dy(t)}{dt} + 7y(t) \end{aligned}$$

由上式可见系统满足叠加原理（可加性和齐次性），故该系统为线性系统。又描述系统运动的微分方程其系数均为常数，故该系统为线性定常系统。

$$(2) \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2\left(\frac{dy(t)}{dt}\right)^2 + y(t) = \sqrt{r(t)}$$

解：

当  $r(t) = kr(t)$  时，

$$\begin{aligned} & \sqrt{kr(t)} \\ &= \sqrt{k} \sqrt{r(t)} \\ &= \sqrt{k} \left[ \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2\left(\frac{dy(t)}{dt}\right)^2 + y(t) \right] \\ &\neq \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2\left(\frac{dy(t)}{dt}\right)^2 + y(t) \end{aligned}$$

系统不满足叠加原理，故该系统为非线性系统。

$$(3) \quad t \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = r(t) + 2 \frac{dr(t)}{dt}$$

解：

当  $r(t) = k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t)$  时，

$$\begin{aligned} & 2 \frac{dr(t)}{dt} + r(t) \\ &= 2 \frac{d[k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t)]}{dt} + [k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t)] \\ &= k_1 \left[ 2 \frac{dr_1(t)}{dt} + r_1(t) \right] + k_2 \left[ 2 \frac{dr_2(t)}{dt} + r_2(t) \right] \\ &= k_1 \left[ t \frac{dy_1(t)}{dt} + y_1(t) \right] + k_2 \left[ t \frac{dy_2(t)}{dt} + y_2(t) \right] \\ &= t \frac{d[k_1 y_1(t) + k_2 y_2(t)]}{dt} + [k_1 y_1(t) + k_2 y_2(t)] \\ &= t \frac{dy(t)}{dt} + y(t) \end{aligned}$$

由上式可见系统满足叠加原理，由于微分方程含有随时间变化的系数，故该系统为线性时变系统。