



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

自动控制原理

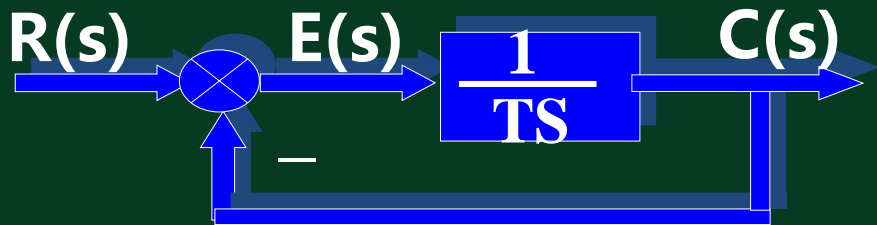
时域分析法

一阶系统的时域分析

主讲：王明明

1. 一阶系统的数学模型

一阶系统的动态结构图



闭环传递函数为

$$\Phi(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{TS+1} \quad T \text{—时间常数}$$

2. 单位阶跃响应

单位阶跃响应：系统在单位阶跃信号作用下的输出响应。

一阶系统单位阶跃响应：

$$\mathbf{R(s) = \frac{1}{s}}$$
$$\mathbf{C(s) = \Phi(s) \cdot \frac{1}{s} = \frac{1}{Ts+1} \cdot \frac{1}{s} = \frac{1}{s} - \frac{1}{s+1/T}}$$

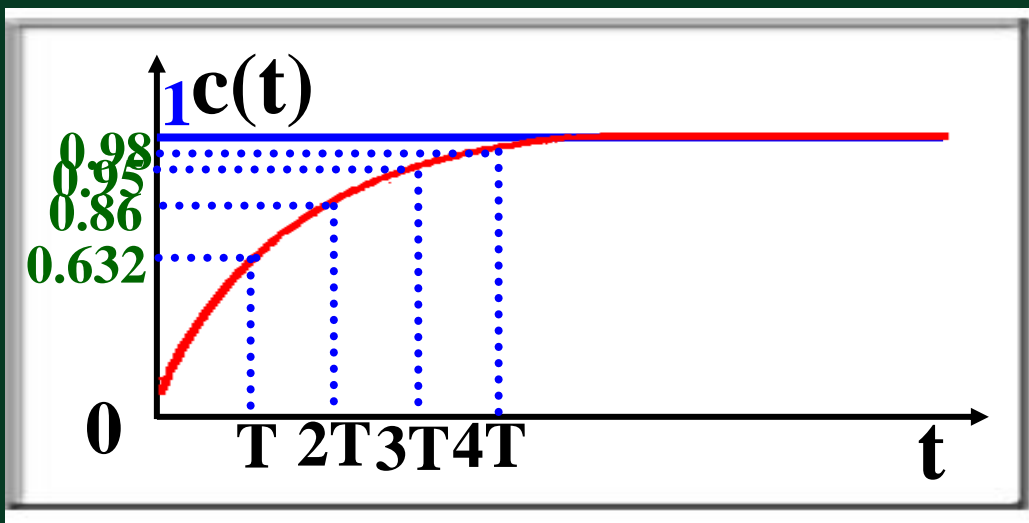
$$\mathbf{c(t) = 1 - e^{-t/T}}$$

一阶系统没有超调，系统的动态性能指标为调节时间：

$$t_s = 4T \quad (\pm 2\%)$$

$$t_s = 3T \quad (\pm 5\%)$$

一阶系统单位阶跃响应曲线

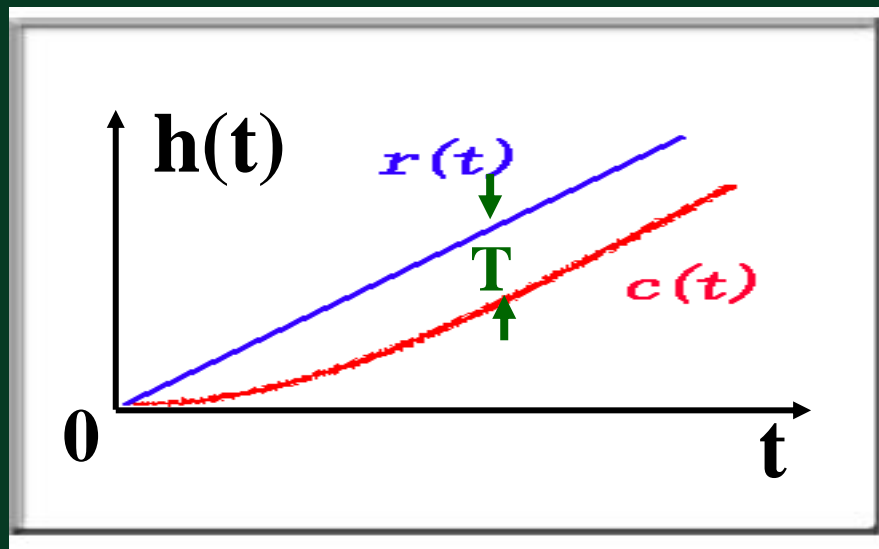


2. 单位斜坡响应

$$\begin{aligned}R(s) &= \frac{1}{s^2} & C(s) &= \Phi(s) \cdot \frac{1}{s^2} = \frac{1}{Ts+1} \cdot \frac{1}{s^2} \\ & & &= \frac{1}{s^2} - \frac{T}{s} + \frac{T}{s+1/T}\end{aligned}$$

单位斜坡响应为： $c(t) = t - T + Te^{-t/T}$

单位斜坡响应曲线



3. 单位脉冲响应

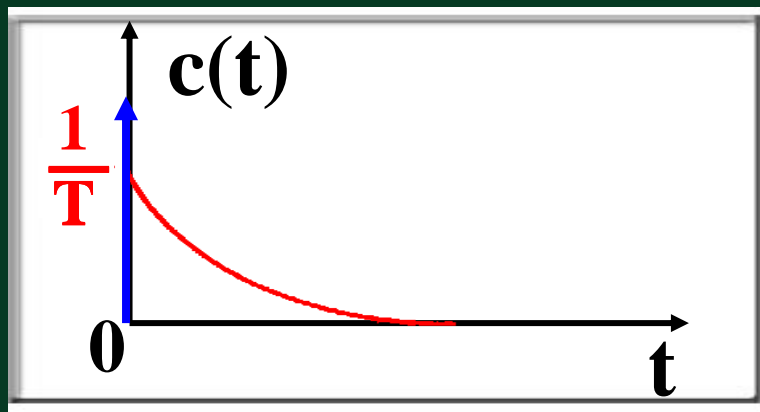
$$R(s)=1$$

$$C(s)=\Phi(s)=\frac{1}{TS+1}$$
$$= \frac{1/T}{S+1/T}$$

单位脉冲响应为:

$$c(t)=g(t)=\frac{1}{T}e^{-t/T}$$

单位脉冲响应曲线



根据一阶系统三种响应的输入输出信号：

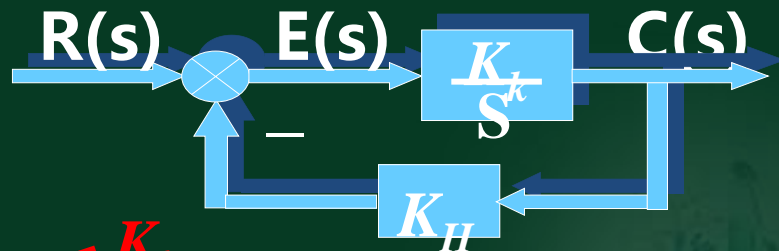
$$\begin{array}{lcl} \mathbf{r(t)=\delta(t)} & \longrightarrow & \mathbf{c(t)=\frac{1}{T}e^{-t/T}} \\ \mathbf{r(t)=1(t)} & \longrightarrow & \mathbf{c(t)=1-e^{-t/T}} \\ \mathbf{r(t)=t} & \longrightarrow & \mathbf{c(t)=t-T+Te^{-t/T}} \end{array}$$

可知：系统输入信号导数的输出响应，等于该输入信号输出响应的导数；根据一种典型信号的响应，就可推知于其它。

例 一阶系统的结构如图，试求系统的调节时间 t_s ($\pm 5\%$)；如果要求 $t_s = 0.1\text{s}$ ，求反馈系数。

设 $K_k = 100$ $K_H = 0.1$

解：系统闭环传递函数



$$\Phi(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{100/S}{1 + 100 \cdot 0.1/S} = \frac{10}{0.1S + 1}$$

得： $t_s = 3T = 3 \times 0.1 = 0.3 \text{ s}$

若要求: $t_s=0.1\text{ s}$ 则:

$$\Phi(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{100/S}{1+100 \cdot K_H/S} = \frac{1/K_H}{(0.01/K_H)S+1}$$

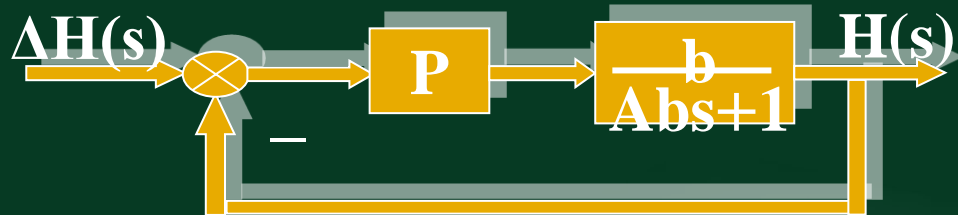
\uparrow
 $T=0.01/K_H$

$$t_s = 3T = 3 \times 0.01/K_H = 0.1\text{ s}$$

$$K_H = 0.3$$

例 试分析液位控制系统的参数与系统性能之间的关系。

液位控制系统动态结构图



解： 闭环传递函数

$$\frac{H(s)}{H_r(s)} = \frac{Pb/(AbS+1)}{1+Pb/(AbS+1)} = \frac{Pb}{AbS+1+pb}$$

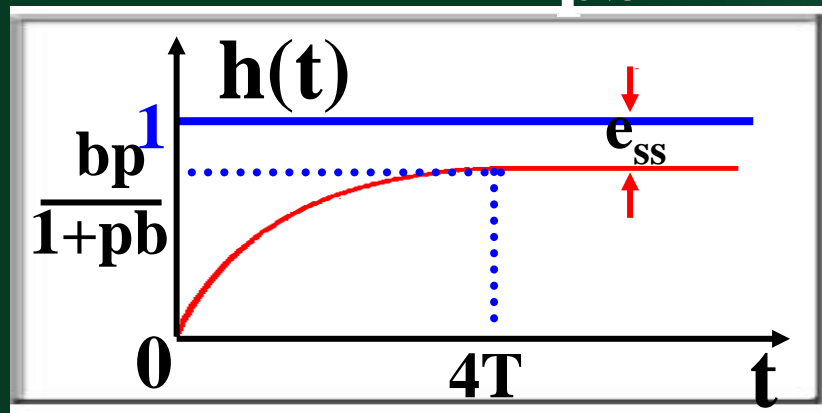
$$T = \frac{Ab}{1+pb} \longrightarrow = \frac{Pb/(1+pb)}{AbS/(1+pb)+1} \longleftarrow K = \frac{Pb}{1+pb}$$

系统的单位阶跃响应:

$$h(t) = K(1 - e^{-t/T}) = \frac{pb}{1+pb} (1 - e^{-\frac{1+pb}{Ab}t})$$

系统的调节时间: $t_s = 4T = \frac{4Ab}{1+pb}$

系统单位阶
跃响应曲线



谢谢!

