

自动控制的基本概念

Outline

① 概念与分类

② 控制系统基本要求

Topic

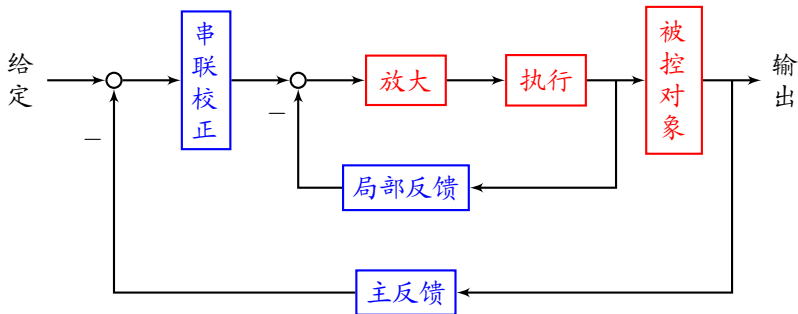
1 概念与分类

2 控制系统基本要求

基本概念

- 信号: 随时间和空间变化的某种物理量.
 - 信号通常是时间变量 t 的函数
 - 信号的特性可从两方面来描述
 - 时域特性
 - 频域特性
- 系统: 能够对信号完成某种变换或运算功能的集合体称为系统

闭环系统组成



闭环系统中的信号

- 输入信号：给定信号及干扰信号
- 输出信号：被控量的物理量
- 反馈信号：反馈元部件的输出
- 误差信号：输出量的希望值与实际值之差
- 干扰信号：系统受到的内外干扰

闭环系统中的信号

- 输入信号：给定信号及干扰信号
- 输出信号：被控量的物理量
- 反馈信号：反馈元件的输出
- 误差信号：输出量的希望值与实际值之差
- 干扰信号：系统受到的内外干扰

闭环系统中的信号

- 输入信号：给定信号及干扰信号
- 输出信号：被控量的物理量
- 反馈信号：反馈元部件的输出
- 误差信号：输出量的希望值与实际值之差
- 干扰信号：系统受到的内外干扰

闭环系统中的信号

- 输入信号：给定信号及干扰信号
- 输出信号：被控量的物理量
- 反馈信号：反馈元部件的输出
- 误差信号：输出量的希望值与实际值之差
- 干扰信号：系统受到的内外干扰

闭环系统中的信号

- 输入信号：给定信号及干扰信号
- 输出信号：被控量的物理量
- 反馈信号：反馈元部件的输出
- 误差信号：输出量的希望值与实际值之差
- 干扰信号：系统受到的内外干扰

典型信号

- 阶跃信号（函数） $r(t) = \begin{cases} A & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$
- 脉冲信号（函数） $r(t) = \begin{cases} \frac{A}{\epsilon} & 0 \leq t \leq \epsilon \\ 0 & \text{others} \end{cases}$
- 正弦信号（函数） $r(t) = A \sin(\omega t), t > 0$
- 斜坡信号（函数） $r(t) = Vt, t > 0$
- 加速度信号（函数） $r(t) = \frac{1}{2}at^2, t > 0$

典型信号

- 阶跃信号（函数） $r(t) = \begin{cases} A & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$
- 脉冲信号（函数） $r(t) = \begin{cases} \frac{A}{\epsilon} & 0 \leq t \leq \epsilon \\ 0 & \text{others} \end{cases}$
- 正弦信号（函数） $r(t) = A \sin(\omega t), t > 0$
- 斜坡信号（函数） $r(t) = Vt, t > 0$
- 加速度信号（函数） $r(t) = \frac{1}{2}at^2, t > 0$

典型信号

- 阶跃信号（函数） $r(t) = \begin{cases} A & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$
- 脉冲信号（函数） $r(t) = \begin{cases} \frac{A}{\epsilon} & 0 \leq t \leq \epsilon \\ 0 & \text{others} \end{cases}$
- 正弦信号（函数） $r(t) = A \sin(\omega t), t > 0$
- 斜坡信号（函数） $r(t) = Vt, t > 0$
- 加速度信号（函数） $r(t) = \frac{1}{2}at^2, t > 0$

典型信号

- 阶跃信号（函数） $r(t) = \begin{cases} A & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$
- 脉冲信号（函数） $r(t) = \begin{cases} \frac{A}{\epsilon} & 0 \leq t \leq \epsilon \\ 0 & \text{others} \end{cases}$
- 正弦信号（函数） $r(t) = A \sin(\omega t), t > 0$
- 斜坡信号（函数） $r(t) = Vt, t > 0$
- 加速度信号（函数） $r(t) = \frac{1}{2}at^2, t > 0$

典型信号

- 阶跃信号（函数） $r(t) = \begin{cases} A & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$
- 脉冲信号（函数） $r(t) = \begin{cases} \frac{A}{\epsilon} & 0 \leq t \leq \epsilon \\ 0 & \text{others} \end{cases}$
- 正弦信号（函数） $r(t) = A \sin(\omega t), t > 0$
- 斜坡信号（函数） $r(t) = Vt, t > 0$
- 加速度信号（函数） $r(t) = \frac{1}{2}at^2, t > 0$

典型信号

- 阶跃信号（函数） $r(t) = \begin{cases} A & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$
- 脉冲信号（函数） $r(t) = \begin{cases} \frac{A}{\epsilon} & 0 \leq t \leq \epsilon \\ 0 & \text{others} \end{cases}$
- 正弦信号（函数） $r(t) = A \sin(\omega t), t > 0$
- 斜坡信号（函数） $r(t) = Vt, t > 0$
- 加速度信号（函数） $r(t) = \frac{1}{2}at^2, t > 0$

按给定量的运动规律分类

- ① 镇定系统：输入 $r(t)$ 不变
- ② 程序控制系统：输入 $r(t)$ 按规律变化
- ③ 随动系统：输入 $r(t)$ 随机变化

按给定量的运动规律分类

- ① 镇定系统：输入 $r(t)$ 不变
- ② 程序控制系统：输入 $r(t)$ 按规律变化
- ③ 随动系统：输入 $r(t)$ 随机变化

按给定量的运动规律分类

- ① 镇定系统：输入 $r(t)$ 不变
- ② 程序控制系统：输入 $r(t)$ 按规律变化
- ③ 随动系统：输入 $r(t)$ 随机变化

按给定量的运动规律分类

- ① 镇定系统：输入 $r(t)$ 不变
- ② 程序控制系统：输入 $r(t)$ 按规律变化
- ③ 随动系统：输入 $r(t)$ 随机变化

按系统性能分类

① 线性系统和非线性系统

- 线性系统: 系统的输入和输出因果关系可以用线性微分方程描述
- 非线性系统: $r(t)$ 和 $c(t)$ 关系只能用非线性方程描述

② 定常系统与时变系统

- 定常系统: 微分方程中各项系数为常数
$$a_0 c''(t) + a_1 c'(t) = r(t)$$
- 时变系统: 各项系数中有随时间变化的量
$$a_0(t) c''(t) + a_1(t) c'(t) = r(t)$$

③ 连续系统与离散系统

- 连续系统: 系统中信号是时间 t 的连续函数的模拟量
- 离散系统: 系统中存在脉冲量或数字信号

④ 确定性和不确定性系统 确定性系统: 系统中微分方程参数变化是精确可知的 不确定性系统: 参数变化只是部分可知或近似可知

按系统性能分类

① 线性系统和非线性系统

- 线性系统: 系统的输入和输出因果关系可以用线性微分方程描述
- 非线性系统: $r(t)$ 和 $c(t)$ 关系只能用非线性方程描述

② 定常系统与时变系统

- 定常系统: 微分方程中各项系数为常数
$$a_0 c''(t) + a_1 c'(t) = r(t)$$
- 时变系统: 各项系数中有随时间变化的量
$$a_0(t) c''(t) + a_1(t) c'(t) = r(t)$$

③ 连续系统与离散系统

- 连续系统: 系统中信号是时间 t 的连续函数的模拟量
- 离散系统: 系统中存在脉冲量或数字信号

④ 确定性和不确定性系统 确定性系统: 系统中微分方程参数变化是精确可知的 不确定性系统: 参数变化只是部分可知或近似可知

按系统性能分类

① 线性系统和非线性系统

- 线性系统: 系统的输入和输出因果关系可以用线性微分方程描述
- 非线性系统: $r(t)$ 和 $c(t)$ 关系只能用非线性方程描述

② 定常系统与时变系统

- 定常系统: 微分方程中各项系数为常数
$$a_0 c''(t) + a_1 c'(t) = r(t)$$
- 时变系统: 各项系数中有随时间变化的量
$$a_0(t) c''(t) + a_1(t) c'(t) = r(t)$$

③ 连续系统与离散系统

- 连续系统: 系统中信号是时间 t 的连续函数的模拟量
- 离散系统: 系统中存在脉冲量或数字信号

④ 确定性和不确定性系统 确定性系统: 系统中微分方程参数变化是精确可知的 不确定性系统: 参数变化只是部分可知或近似可知

按系统性能分类

① 线性系统和非线性系统

- 线性系统: 系统的输入和输出因果关系可以用线性微分方程描述
- 非线性系统: $r(t)$ 和 $c(t)$ 关系只能用非线性方程描述

② 定常系统与时变系统

- 定常系统: 微分方程中各项系数为常数
$$a_0 c''(t) + a_1 c'(t) = r(t)$$
- 时变系统: 各项系数中有随时间变化的量
$$a_0(t) c''(t) + a_1(t) c'(t) = r(t)$$

③ 连续系统与离散系统

- 连续系统: 系统中信号是时间 t 的连续函数的模拟量
- 离散系统: 系统中存在脉冲量或数字信号

④ 确定性和不确定性系统 确定性系统: 系统中微分方程参数变化是精确可知的 不确定性系统: 参数变化只是部分可知或近似可知

按系统性能分类

① 线性系统和非线性系统

- 线性系统: 系统的输入和输出因果关系可以用线性微分方程描述
- 非线性系统: $r(t)$ 和 $c(t)$ 关系只能用非线性方程描述

② 定常系统与时变系统

- 定常系统: 微分方程中各项系数为常数
$$a_0 c''(t) + a_1 c'(t) = r(t)$$
- 时变系统: 各项系数中有随时间变化的量
$$a_0(t) c''(t) + a_1(t) c'(t) = r(t)$$

③ 连续系统与离散系统

- 连续系统: 系统中信号是时间 t 的连续函数的模拟量
- 离散系统: 系统中存在脉冲量或数字信号

④ 确定性和不确定性系统 确定性系统: 系统中微分方程参数变化是精确可知的 不确定性系统: 参数变化只是部分可知或近似可知

Topic

① 概念与分类

② 控制系统基本要求

基本要求：稳定性、稳态性能、瞬态性能

- ① 稳定性：正常工作的先决条件
- ② 稳态性能：指标：稳态误差
- ③ 瞬态性能：
 - ① 峰值时间： t_p
 - ② 调节时间： t_s
 - ③ 超调量： $\sigma\% = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)}$

基本要求：稳定性、稳态性能、瞬态性能

① 稳定性：正常工作的先决条件

② 稳态性能：指标：稳态误差

③ 瞬态性能：

① 峰值时间： t_p

② 调节时间： t_s

③ 超调量： $\sigma\% = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)}$

基本要求：稳定性、稳态性能、瞬态性能

① 稳定性：正常工作的先决条件

② 稳态性能：指标：稳态误差

③ 瞬态性能：

① 峰值时间： t_p

② 调节时间： t_s

③ 超调量： $\sigma\% = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)}$

基本要求：稳定性、稳态性能、瞬态性能

- ① 稳定性：正常工作的先决条件
- ② 稳态性能：指标：稳态误差
- ③ 瞬态性能：
 - ① 峰值时间： t_p
 - ② 调节时间： t_s
 - ③ 超调量： $\sigma\% = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)}$

基本要求：稳定性、稳态性能、瞬态性能

- ① 稳定性：正常工作的先决条件
- ② 稳态性能：指标：稳态误差
- ③ 瞬态性能：
 - ① 峰值时间： t_p
 - ② 调节时间： t_s
 - ③ 超调量： $\sigma\% = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)}$

基本要求：稳定性、稳态性能、瞬态性能

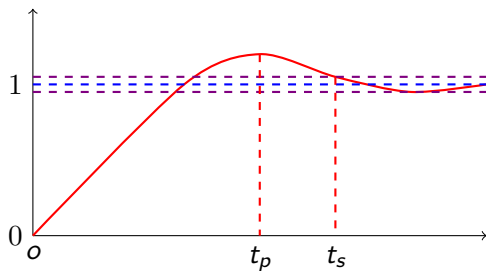
- ① 稳定性：正常工作的先决条件
- ② 稳态性能：指标：稳态误差
- ③ 瞬态性能：
 - ① 峰值时间： t_p
 - ② 调节时间： t_s
 - ③ 超调量： $\sigma\% = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)}$

基本要求：稳定性、稳态性能、瞬态性能

- ① 稳定性：正常工作的先决条件
- ② 稳态性能：指标：稳态误差
- ③ 瞬态性能：
 - ① 峰值时间： t_p
 - ② 调节时间： t_s
 - ③ 超调量： $\sigma\% = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)}$

示例: 响应曲线

初始值:0, 期望值 1:

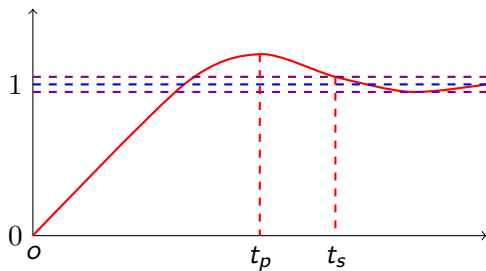


指标:

- 超调量 $\sigma\%$
- 调节时间 t_s
- 上升时间 t_r
- 峰值时间 t_p

示例: 响应曲线

初始值:0, 期望值 1:

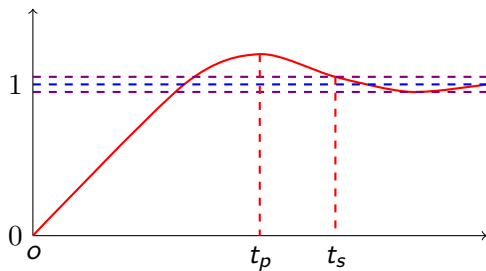


指标:

- 超调量 $\sigma\%$
- 调节时间 t_s
- 上升时间 t_r
- 峰值时间 t_p

示例: 响应曲线

初始值:0, 期望值 1:

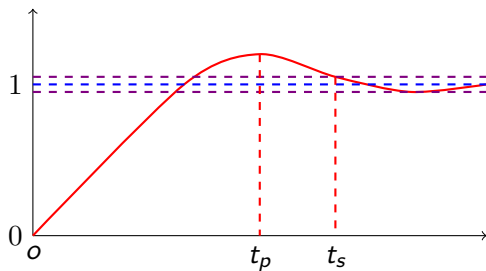


指标:

- 超调量 $\sigma\%$
- 调节时间 t_s
- 上升时间 t_r
- 峰值时间 t_p

示例: 响应曲线

初始值:0, 期望值 1:

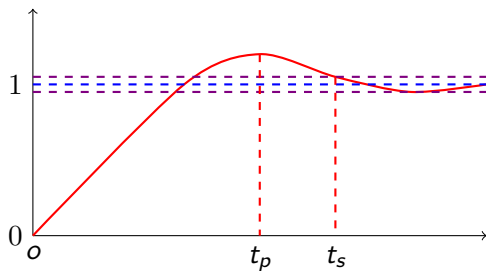


指标:

- 超调量 $\sigma\%$
- 调节时间 t_s
- 上升时间 t_r
- 峰值时间 t_p

示例: 响应曲线

初始值:0, 期望值 1:



指标:

- 超调量 $\sigma\%$
- 调节时间 t_s
- 上升时间 t_r
- 峰值时间 t_p

指标

- 超调量: $(c(t_p) - c(\infty))/c(\infty)$
- 调节时间: 若有 t_s , 当 $t \geq t_s$ 时有 $|c(t) - c(\infty)| \leq 0.05c(\infty)$ (或 $0.03c(\infty)$) 成立, 则 t_s 为该系统调节时间。
- 上升时间 t_r , 定义
 - 100% 的 $t_r c(t)$ 首次达到 $c(\infty)$ 的时间
 - 90% 的 $t_r c(t)$ 首次达到 $90\%c(\infty)$ 的时间
 - 70% 的 $t_r c(t)$ 首次达到 $70\%c(\infty)$ 的时间
- 峰值时间 t_p : $c(t_p) = \text{Max}(c(t))$