

工程控制原理

3. 瞬态响应及误差分析

主讲：李敏



3. 瞬态响应及误差分析

研究一个实际控制系统，首先是建立模型；其次是分析和计算其控制性能；再者，根据工程实际，进行系统综合与校正。

线性系统的分析有多种方法，主要有时域分析法、频域分析法、根轨迹法、稳定性分析等。本章讨论时域法。

本章讨论时域法：根据系统的微分方程，以拉普拉斯变换为数学工具，直接解出系统的时间响应，再根据响应的表达式及其描述曲线来分析系统的性能（如：稳定性、快速性、稳态精度等）。



3. 瞬态响应及误差分析

3.1 时间响应的概念

系统在外加作用激励下，其输出量随时间变化的函数关系，称之为系统的时间响应。通过时间响应分析可以直接了解控制系统的动态性能。

3.1.1 瞬态响应与稳态响应

根据工作状态的不同，系统的时间响应可分为瞬态响应和稳态响应。

瞬态响应：系统受到外加作用激励后，输出量从初始状态到稳定状态的响应过程。

稳态响应：当某一信号输入时，时间趋于无穷大时，系统的输出状态。



3.1 时间响应的概念

3.1.1 瞬态响应与稳态响应

实际的物理系统中总会包含一些储能元件，如质量、弹簧、电感、电容等。

当输入信号作用于系统时，系统的输出量不能立刻跟随输入量的变化，而是在系统达到稳态之前，表现为瞬态响应过程。



3.1 时间响应的概念

3.1.2 典型输入信号

控制系统的动态性能，可以通过系统在输入信号作用下的响应过程来评价。系统的响应过程不仅取决于系统本身的特性，还与输入信号的形式有关。

选取典型输入信号遵循的原则：

- ① 选取输入信号应反映系统工作的大部分实际情况；
- ② 所选输入信号的形式应尽可能简单，便于用数学式表达及分析处理；
- ③ 应选取那些能使系统工作在最不利情况下的输入信号作为典型试验信号。



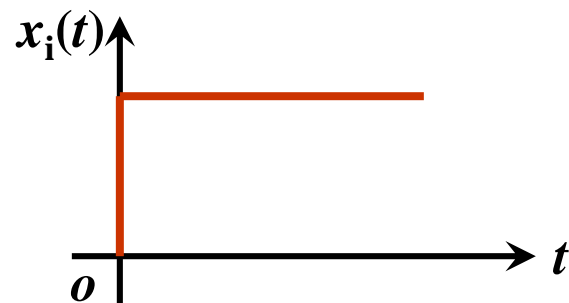
3.1.2 典型输入信号

(1) 阶跃信号:

指输入量有一个突然的变化。

数学表达式为

$$x_i(t) = \begin{cases} a & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$



式中， a 为常数。当 $a=1$ 时，称为单位阶跃信号。

如：指令的突然转换、电源的突然接通、开关及继电器接点的突然闭合、负荷的突变等，均可视为阶跃信号。



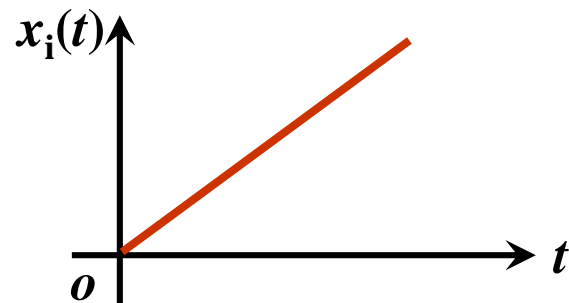
3.1.2 典型输入信号

(2) 斜坡信号:

指输入变量是等速度变化的。

数学表达式为

$$x_i(t) = \begin{cases} at & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$



式中， a 为常数。当 $a=1$ 时，称为单位斜坡信号（单位速度信号）。



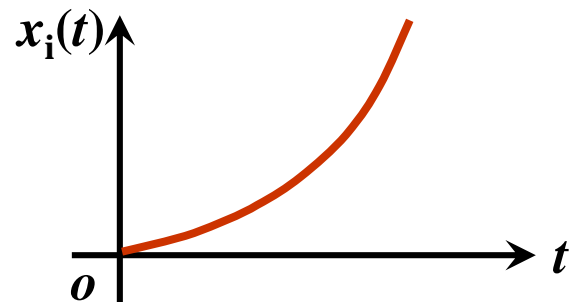
3.1.2 典型输入信号

(3) 加速度信号:

指输入变量是等加速度变化的。

数学表达式为

$$x_i(t) = \begin{cases} \frac{1}{2}at^2 & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$



式中， a 为常数。当 $a=1$ 时，称为单位加速度信号。

单位速度信号和单位加速度信号在随动系统中最常见，特别是在分析随动（伺服）系统的稳态精度时，经常利用这类信号进行研究。



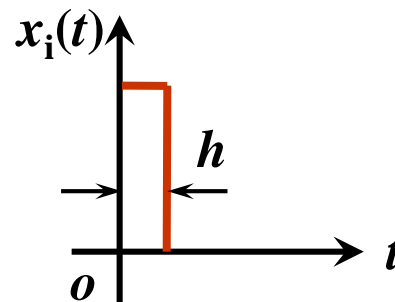
3.1.2 典型输入信号

(4) 脉冲信号:

指输入变量是等加速度变化的。

数学表达式为

$$x_i(t) = \begin{cases} \frac{a}{h} & 0 < t < h \\ 0 & t \leq 0, t \geq h \end{cases}$$



式中， a 为常数。当 $h \rightarrow 0$ 时，信号数值为无穷大。

脉冲信号的脉冲高度为 a/h ，持续时间为 h ，脉冲面积为 a 。
当面积 $a=1$ 时，称为单位脉冲信号。



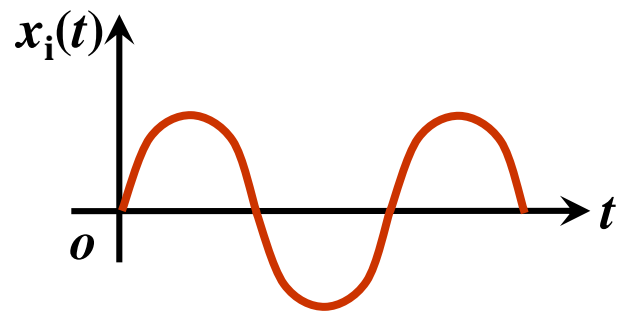
3.1.2 典型输入信号

(5) 正弦信号:

当系统在工作中受到简谐变化的信号激励时，应采用正弦信号作为典型输入信号。

数学表达式为

$$x_i(t) = \begin{cases} a \sin \omega t & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$



式中， a 为振幅(常数)， ω 为角频率。

