



§ 8.2 典型非线性特性的数学描述及其对系统性能的影响

8.2.1 饱和特性

8.2.2 死区特性

8.2.3 间隙特性

8.2.4 继电特性

1. 饱和特性

在电子放大器中常见的一种非线性。

数学描述：

$$x(t) = \begin{cases} ke(t), & |e(t)| < e_0 \\ ke_0 \text{sign}[e(t)], & |e(t)| \geq e_0 \end{cases}$$

$\text{sign}[e(t)]$ 是符号函数

$$\text{sign}[e(t)] = \begin{cases} 1, & e(t) \geq 0 \\ -1, & e(t) < 0 \end{cases}$$

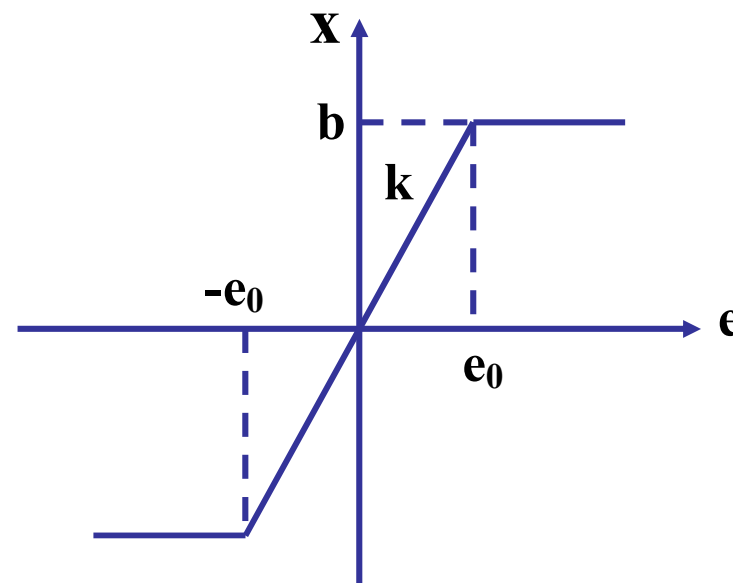


图 8-2-1 饱和特性

2. 死区特性

死区特性也可以成为不灵敏区, 它的数学描述为:

$$x(t) = \begin{cases} 0, & |e(t)| \leq e_0 \\ k[e(t) - e_0 \text{sign}[e(t)]], & |e(t)| > e_0 \end{cases}$$

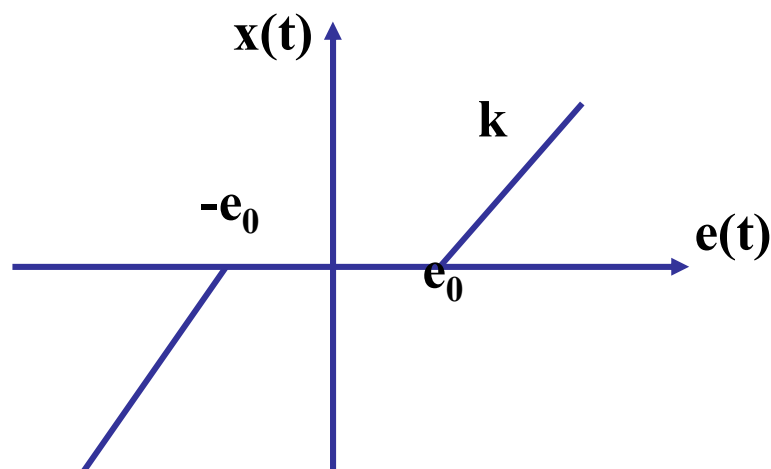


图 8-2-2 死区特性

3. 间隙特性

机械传动装置还通过齿轮实现的，为了平滑传动和换向传动，齿轮之间必须存在间隙，当传动换向时，齿轮必须通过一个空移输出才能继续传动。

数学描述为：

$$x(t) = \begin{cases} k[e(t) - e_0], & \dot{x}(t) > 0 \\ k[e(t) + e_0], & \dot{x}(t) < 0 \\ b \operatorname{sign}[e(t)], & \dot{x}(t) = 0 \end{cases}$$

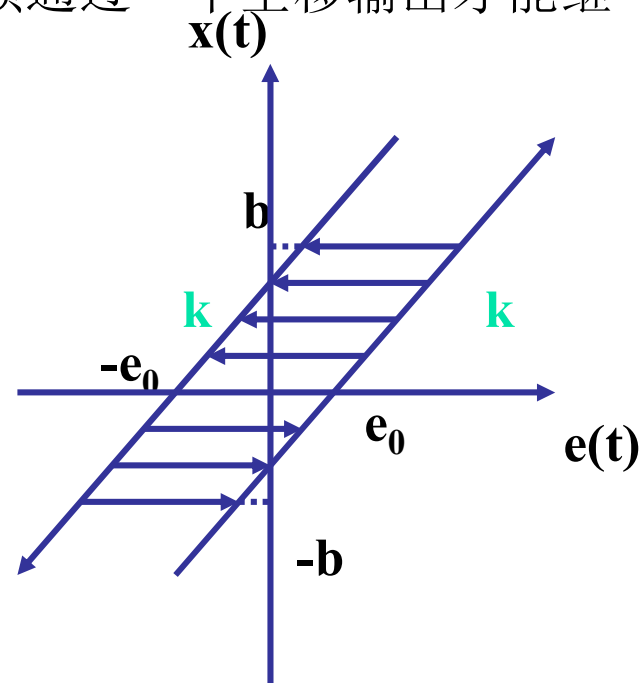


图 8-2-3(a) 间隙特性

3. 间隙特性

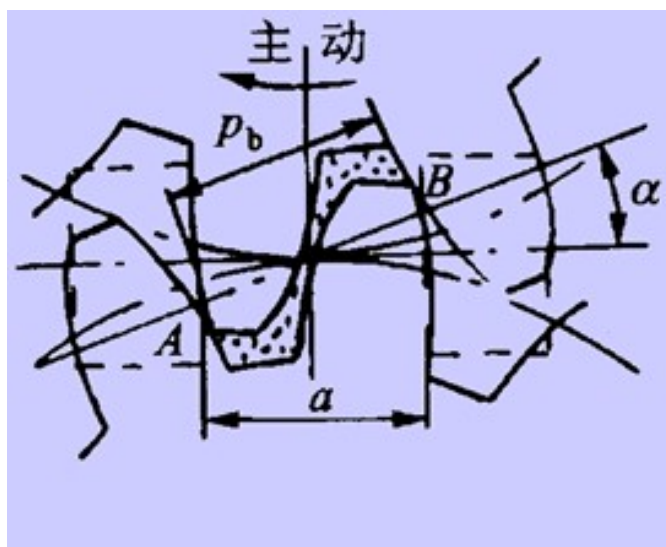


图 8-2-3 (b)

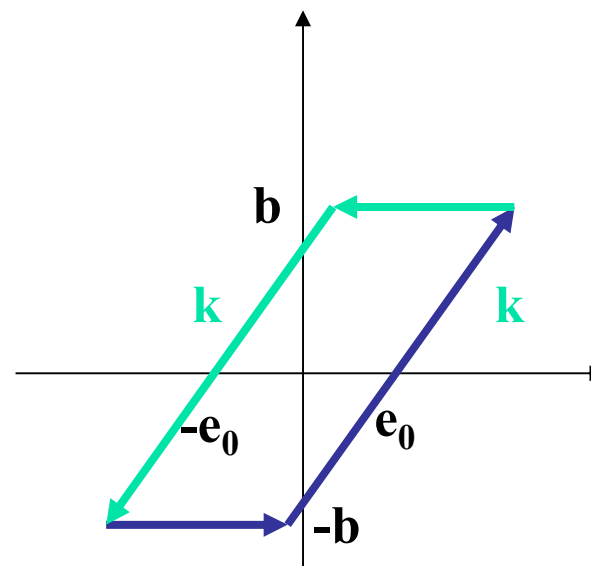


图 8-2-3 (c)

x 为主动轮转动角度， y 为从动轮转动角度

4. 继电特性

给继电器绕组加一输入电压，在线圈上就会有电流通过，从而产生电磁力。当输入电压 e 增大到 e_0 时，线圈上产生的电磁力，使信号立刻从 $x=0$ 跳跃到 M ，即常开触点从断到通。一旦触点闭合，输入量 e 继续增大，输出信号 x 将不再起变化。当输入量 e 从某一大于 e_0 值下降 e_0 时，由于磁滞的影响，触点闭合并不会释放，直到下降至 me_0 （ $m \leq 1$ ）时，继电器开始释放，常开触点断开，输出又为零。其中 me_0 叫做释放电压。

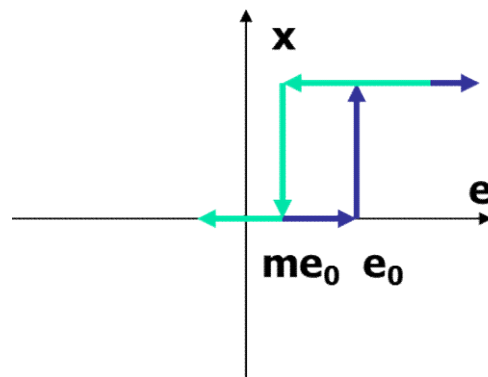


图 8-2-4 继电特性



在使用继电特性时，有四种可以选择的形态：

1. 理想继电特性

$$x(t) = \begin{cases} M, & e > 0 \\ -M, & e < 0 \end{cases}$$

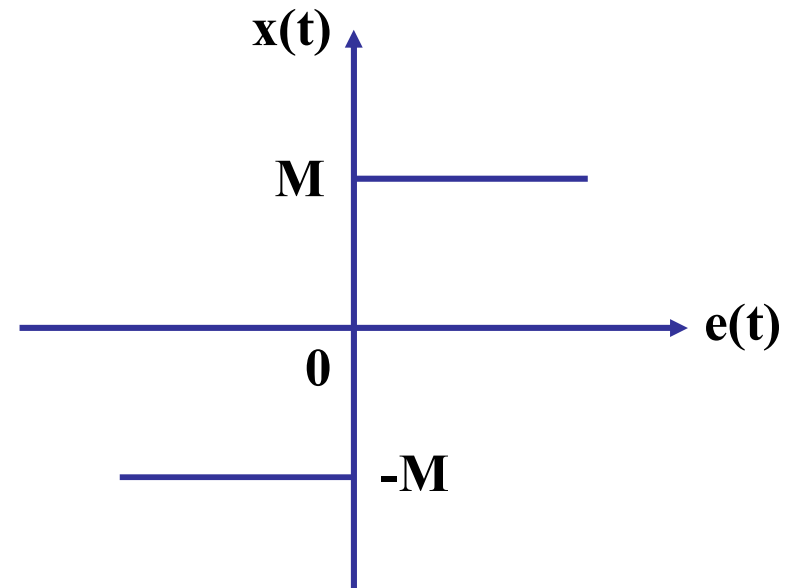


图 8-2-5(a)理想继电特性

2. 具死区的继电特性

$$x(t) = \begin{cases} M, & e(t) > e_0 \\ 0, & -e_0 \leq e(t) \leq e_0 \\ -M, & e(t) < -e_0 \end{cases}$$

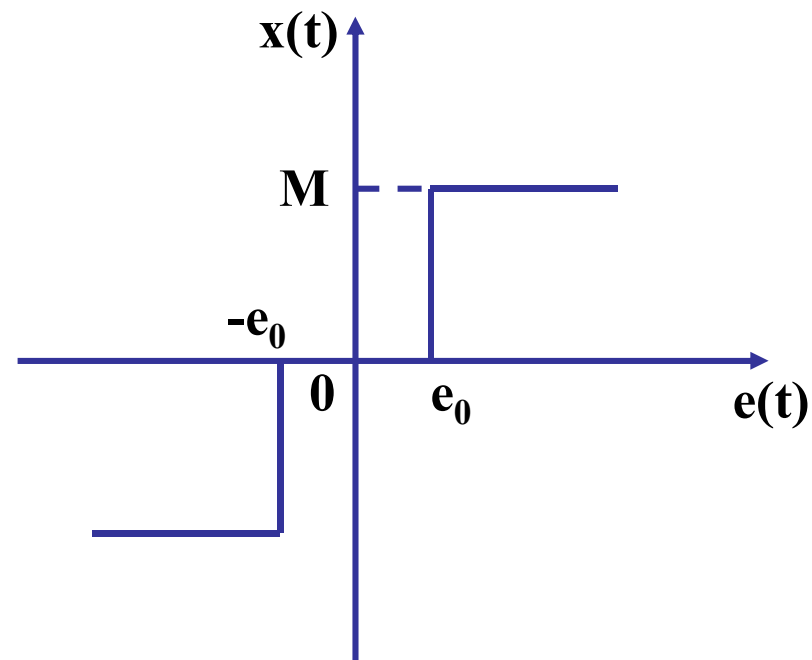


图 8-2-5(b) 具死区的继电特性

3. 具磁滞回环的继电特性

$$x(t) = \begin{cases} M, & \dot{e} > 0, e > e_0 \\ & \dot{e} < 0, e > -e_0 \\ -M, & \dot{e} > 0, e < e_0 \\ & \dot{e} < 0, e < -e_0 \end{cases}$$

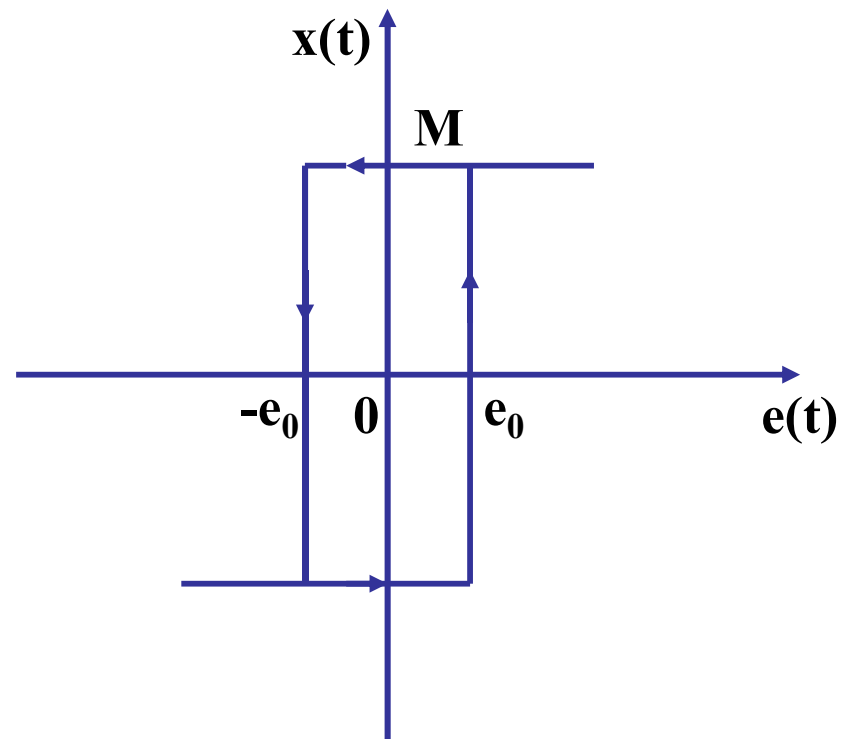


图 8-2-5 (c)具磁滞回环的机电特性

4. 具磁滞回环和死区的机电特性

$$x(t) = \begin{cases} M, & \dot{e} > 0, e \geq e_0 \\ & \dot{e} < 0, e > me_0 \\ 0, & \dot{e} > 0, -me_0 < e < e_0 \\ & \dot{e} < 0, -e_0 < e < me_0 \\ -M, & \dot{e} > 0, e < -me_0 \\ & \dot{e} < 0, e \leq -e_0 \end{cases}$$

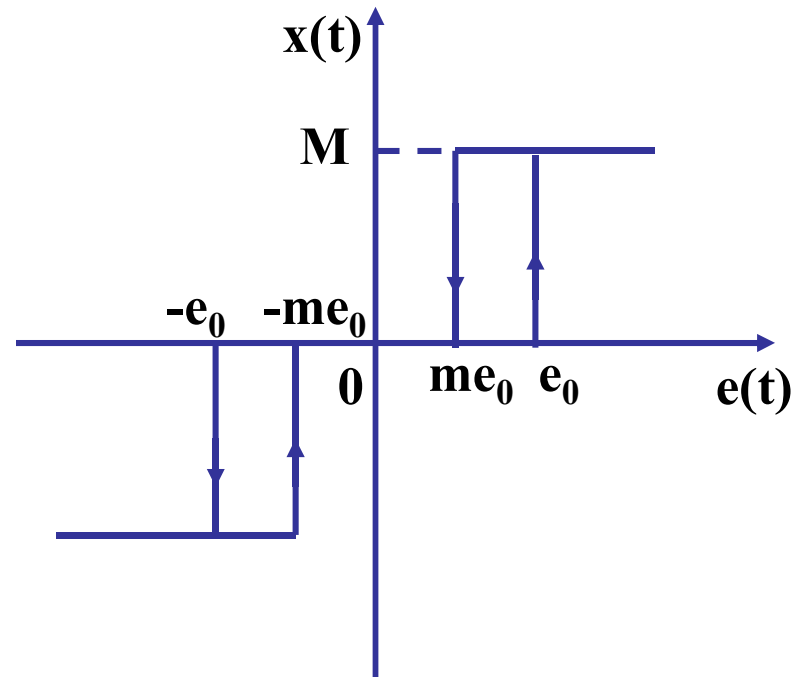


图 8-2-5(d) 具磁滞回环和死区的机电特性