

第1章 电路模型和电路定律（复习）

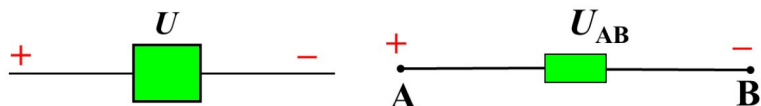
• 知识点1: 电流和电压参考方向

1) 电流的参考方向



分析者事先任意指定的电流方向，一般用箭头表示，不一定是电流的实际方向。

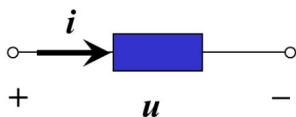
2) 电压的参考方向



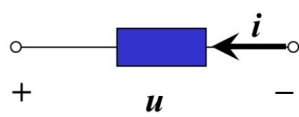
分析者事先指定的电压方向，一般用“+”表示假定的高电位点，用“-”表示假定的低电位点，则电压参考方向由“+”指向“-”。不一定是电压实际方向

注意：指定参考方向后，电压和电流变为代数量。当根据电路定律及分析方法算得电压或电流为正数，表示电压或电流的实际方向与参考方向相同；当算得电压或电流为负数，表示电压或电流的实际方向与参考方向相反。

3) 关联参考方向

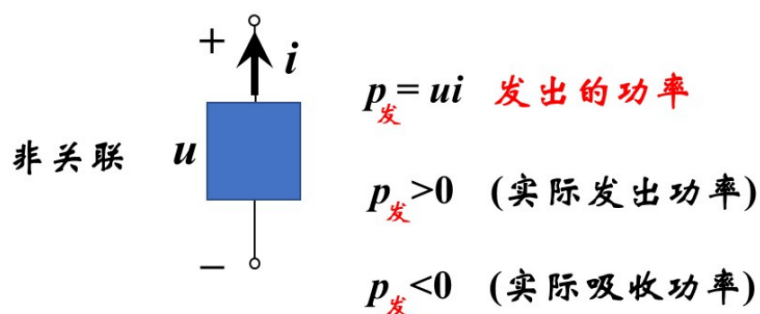
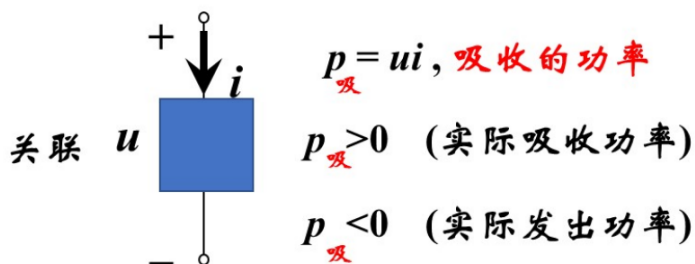


关联参考方向



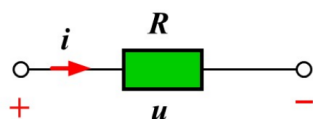
非关联参考方向

• 知识点2.功率的计算



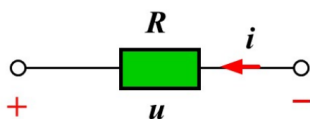
● 知识点3: 电路元件

1) 电阻



关联参考方向

$$u = Ri$$



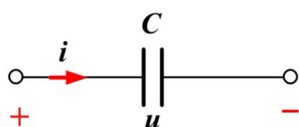
非关联参考方向

$$u = -Ri$$

$$P_{\text{吸}} = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R}$$

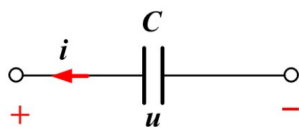
$$P_{\text{吸}} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

2) 电容



关联参考方向

$$i = C \frac{du}{dt}$$



非关联参考方向

$$i = -C \frac{du}{dt}$$

关联参考方向下，线性电容功率：

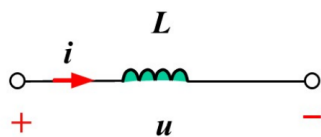
$$p = ui = Cu \frac{du}{dt}$$

$$P_{\text{平均}} = 0$$

电容存储电场能：

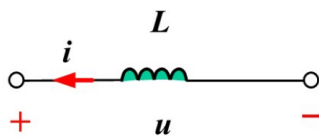
$$w_C(t) = \frac{1}{2} Cu^2(t) \geq 0$$

3) 电感



关联参考方向

$$u = L \frac{di}{dt}$$



非关联参考方向

$$u = -L \frac{di}{dt}$$

关联参考方向下，线性电感功率：

$$p = ui = Li \frac{di}{dt}$$

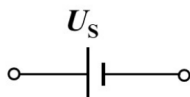
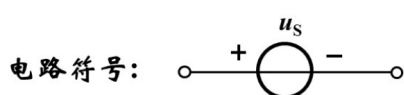
$$P = 0$$

电感存储磁场能：

$$w_L(t) = \frac{1}{2} Li^2(t)$$

4) 独立电源

① 理想独立电压源



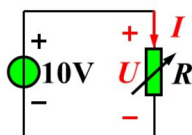
● 特性

(a) 独立电压源的电压由其本身决定，与输出电流和外电路无关。

直流： u_s 为常数 (U_s)

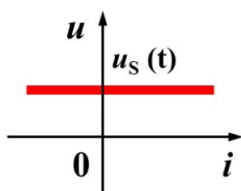
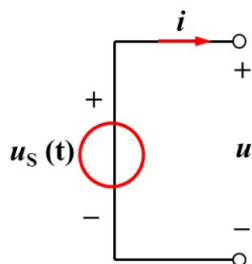
正弦交流： u_s 随时间变化，可以表示为 $u_s = U_m \cos \omega t$

(b) 流经独立电压源的电流由电压源和外电路决定。



(c) 理想情况下，可以提供足够大的功率

● $u-i$ 特性

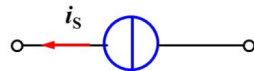


t 时刻 $u-i$ 特性曲线

当 $u_s(t) = 0$ 时，电压源相当于短路。

②理想独立电流源

电路符号



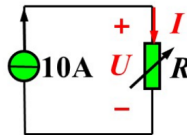
● 特性：

(a) 流经独立电流源的电流由本身决定，与输出电压和外电路无关。

直流： i_S 是常数 (I_S)

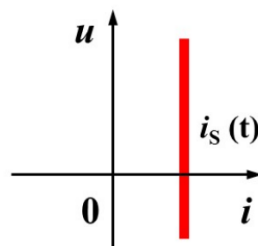
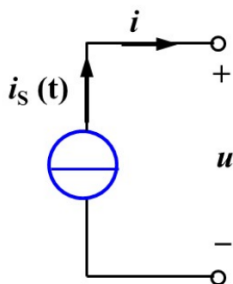
正弦交流： i_S 随时间变化，可以表示为 $i_S = I_m \cos \omega t$

(b) 电流源上的电压由电流源和外电路决定



(c) 理想情况下，可以提供足够大的功率

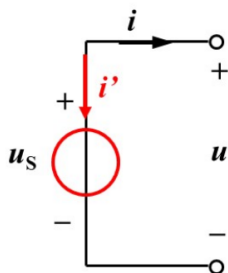
● $u-i$ 特性



t 时刻 $u-i$ 特性曲线

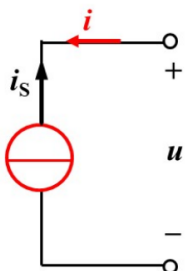
当 $i_S(t) = 0$ 时，电流源相当于开路

③独立电源的功率



非关联： $p_{\text{发}} = u_S i$

关联： $p_{\text{吸}} = u i' = -u_S i$

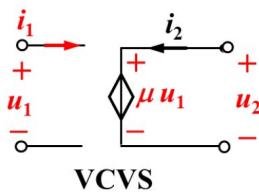


非关联： $p_{\text{发}} = u i_S$

关联： $p_{\text{吸}} = u i = -u i_S$

4) 受控源

(a) 压控电压源 Voltage Controlled Voltage Source (VCVS)

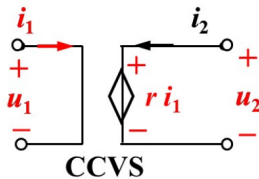


$$u_2 = \mu u_1$$

控制系数 μ : 转移电压比

VCVS

(b) 流控电压源 Current Controlled Voltage Source (CCVS)

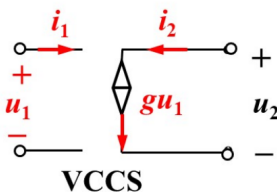


$$u_2 = r i_1$$

控制系数 r : 转移电阻

CCVS

(c) 压控电流源 Voltage Controlled Current Source (VCCS)

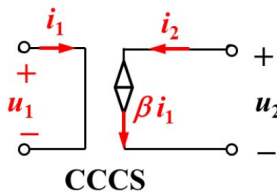


$$i_2 = g u_1$$

控制系数 g : 转移电导

VCCS

(d) 流控电流源 Current Controlled Current Source (CCCS)



$$i_2 = \beta i_1$$

控制系数 β : 转移电流比

CCCS

受控源与独立源的比较

- 独立源的电压或电流由电源本身决定，而受控源电压或电流由控制量决定。
- 独立源是电路中真正的“源”，受控源在电路中是能量或信号处理元件，受控源不能单独起激励作用，即电路仅含受控源而无独立源时，电路无响应。。
- 受控源的控制支路和受控支路密不可分，受控电源随着控制量的变化而变化，随控制量的消失而消失。除此之外。受控源的特性与独立源没有区别。

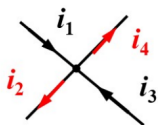
● 知识点4.基尔霍夫定律

1) 基尔霍夫电流定律(KCL)

在集中参数电路中, 对于任一电路的任一节点, 在任一时刻, 流出该节点的所有支路电流的代数和等于零, 即

$$\sum i_k = 0 \quad (i_k \text{ 表示第 } k \text{ 条支路电流})$$

规定: i_k 参考方向为流出节点时, i_k 前面取“+”号; 流入节点时, i_k 前面取“-”号。



$$-i_1 + i_2 - i_3 + i_4 = 0$$

$$i_1 + i_3 = i_2 + i_4$$

$$\sum i_{\text{in}} = \sum i_{\text{out}}$$

注意两套符号问题!

i_k 前面的符号反映参考方向和节点关系, i_k 本身为代数量, 其正负反映参考方向与实际方向关系!

根据右图, 列写KCL方程

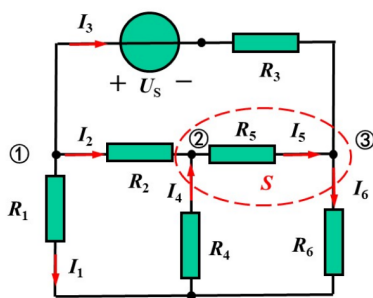
(1) 基本表述方式——对节点

节点①: $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

节点②: $-I_2 - I_4 + I_5 = 0$

节点③: $-I_3 - I_5 + I_6 = 0$

(2) **广义KCL**——对闭合面S



穿过一个闭合面的各支路电流的代数和等于零

$$-I_2 - I_3 - I_4 + I_6 = 0$$

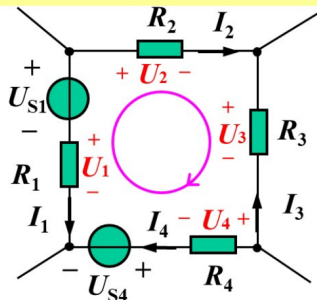
2) 基尔霍夫电压定律(KVL)

在集中参数电路中, 对于任一电路的任一回路, 在任一时刻, 沿该回路绕行一周途径各元件或支路电压的代数和等于零, 即

$$\sum u_k = 0 \quad (u_k \text{ 表示第 } k \text{ 条支路电压})$$

规定: u_k 参考方向与回路方向相同时, u_k 的前面取“+”号, 否则取“-”号。

例



$$-U_1 - U_{S1} + U_2 + U_3 + U_4 + U_{S4} = 0$$

注意两套符号问题!

u_k 前面的符号反映参考方向和回路绕行关系, u_k 本身为代数量, 其正负反映参考方向与实际方向关系!

KVL推论

电路中任意两点间的电压等于由起点到终点路径上各电压的代数和。当电压方向与路径方向一致，前面取“+”号；当电压方向与路径方向相反，前面取“-”号。

Ex:

$$U_{AB} = U_{S1} + U_1 - U_{S2} - U_2$$

