

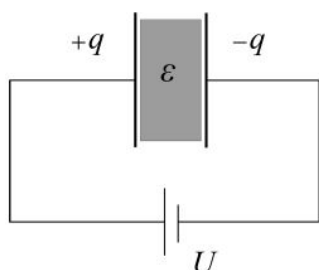
5-1 电容元件

1、电容器

两个导体极板，中间由绝缘材料隔开，构成一个电容器。

在外电源作用下，正、负电极上分别带上等量异号电荷。

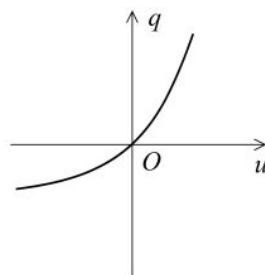
撤去电源，电极上的电荷仍可长久地聚集下去，是一种储存电能的元件。



2、电容元件定义：

储存电能的两端元件。

任何时刻其储存的电荷 q 与其两端的电压 u 能用 q - u 平面上的一条曲线来描述。



也可用函数表示为

$$f(u, q) = 0$$

3、线性时不变电容元件

任何时刻，电容元件极板上的电荷 q 与电压 u 成正比。

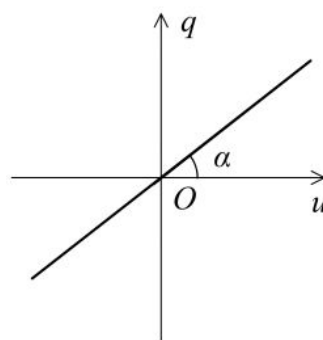
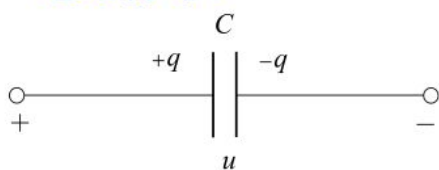
q - u 特性曲线是过原点的直线。

$$q = Cu$$

C 称为电容元件的电容，且

$$C = \frac{q}{u} \propto \tan \alpha$$

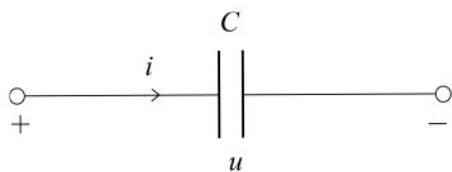
电路符号：



单位：

F（法拉），常用 μF ， pF 等表示。

4、电容的电压—电流关系



u 、 i 取关联参考方向

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

电容元件VCR的微分形式

$$\begin{aligned} u(t) &= \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(\xi) d\xi \\ &= \frac{1}{C} \int_{-\infty}^{t_0} i(\xi) d\xi + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi \\ &= u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi \\ u(t) &= u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi \end{aligned}$$

电容元件VCR的积分形式

表明

① 某一时刻的 $u(t)$ 值与 $-\infty$ 到该时刻的所有电流值有关。

电容元件有记忆电流的作用。

称电容元件为记忆元件。

表明

某一时刻 i 的大小取决于 u 的变化率。而与该时刻电压 u 的大小无关。

电容是动态元件。

当 u 为常数(直流)时, $i=0$ 。电容相当于开路, 电容有隔断直流作用。

实际电路中通过电容的 i 为有限值, 则 u 必定是时间的连续函数。

② 研究某一 t_0 以后的 $u(t)$, 需知道 t_0 时刻开始的电流 i 和 t_0 时刻电压 $u(t_0)$ 。

注意

① 当电容的 u , i 为非关联参考方向时, 电容元件VCR表达式前要加负号。

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

$$u(t) = u(t_0) - \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi$$

② 上式中 $u(t_0)$ 称为电容电压的初始值, 也称为初始状态。

5、电容的储能和功率

功率

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

当电容充电时， $p > 0$ ，电容吸收功率。

当电容放电时， $p < 0$ ，电容发出功率。

表明

电容能在一段时间内吸收能量，转化为电场能量储存起来。

在另一段时间内将能量释放给电路。

因此电容元件是储能元件。

电容的储能

$$\begin{aligned} W_C &= \int_{-\infty}^t Cu \frac{du}{d\xi} d\xi = \frac{1}{2} Cu^2(\xi) \Big|_{-\infty}^t \\ &= \frac{1}{2} Cu^2(t) - \frac{1}{2} Cu^2(-\infty) \\ &= \frac{1}{2} Cu^2(t) \end{aligned}$$

表明

① 电容储能只与当时电压值有关，电压不能跃变，反映了储能不能跃变。

② 电容储存的能量一定大于或等于零。

从 t_0 到 t 电容储能的变化量为

$$W_C = \frac{1}{2} Cu^2(t) - \frac{1}{2} Cu^2(t_0)$$