



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

暂态电路

电容元件

主讲：薛强

本节内容



在线开放课程

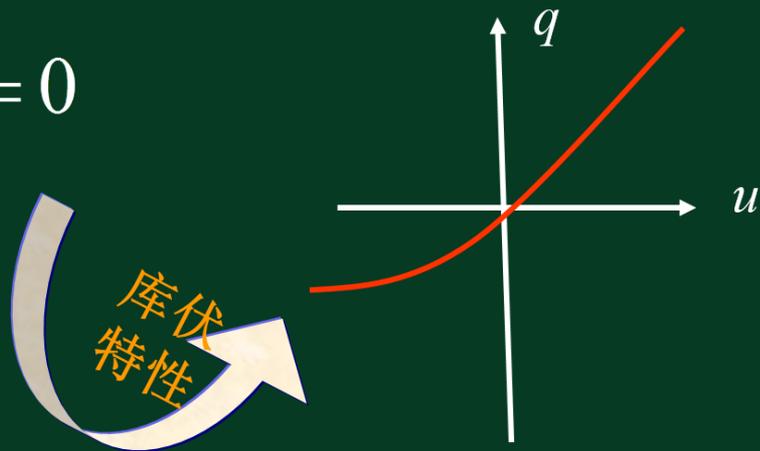
- 电容元件的定义
- 线性时不变电容元件
- VCR方程
- 电容的功率和储能

一. 电容元件的定义

电容元件

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 $q \sim u$ 平面上
的一条曲线来描述。

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



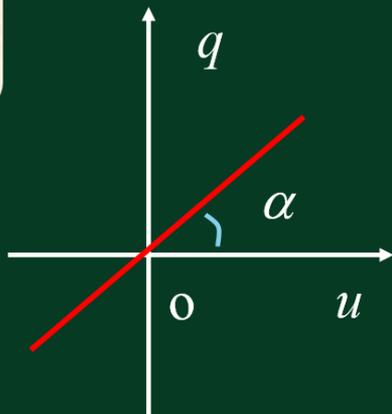
二. 线性时不变电容元件

任何时刻，电容元件极板上的电荷 q 与电压 u 成正比。 $q \sim u$ 特性曲线是过原点的直线。

$$q = Cu$$

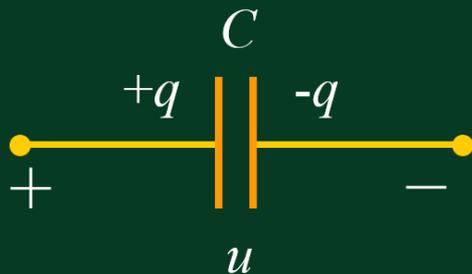
电容
器的
电容

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



二. 线性时不变电容元件

● 电路符号



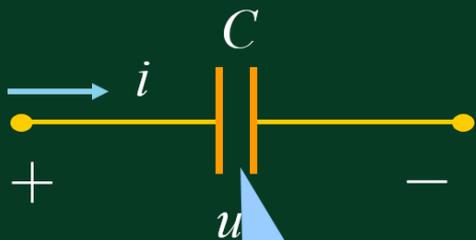
● 单位

F (法拉), 常用 μF , pF 等表示。

$$1\text{F} = 10^6 \mu\text{F}$$

$$1 \mu\text{F} = 10^6 \text{pF}$$

三. 电容VCR方程

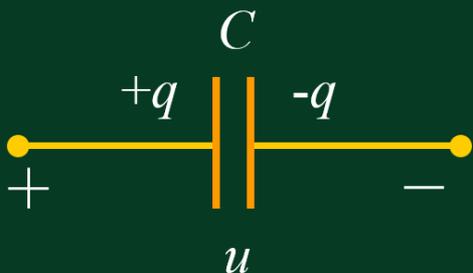


u 、 i 取关联
参考方向

电容元件VCR
的微分形式

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

三. 电容VCR方程



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



表明

- ①某一时刻电容电流 i 的大小取决于电容电压 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;
- ②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;

三. 电容VCR方程

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

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

电容元件
VCR的积
分形式

三. 电容VCR方程



注意

- ①当电容的 u , i 为非关联方向时，上述微分 and 积分表达式前要冠以负号；

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

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

- ②上式中 $u(t_0)$ 称为电容电压的初始值，它反映电容初始时刻的储能状况，也称为初始状态。

四. 电容的功率和储能

● 功率

$$p = ui = u \cdot C \frac{du}{dt}$$

u 、 i 取关联参考方向

①当电容充电， $p > 0$ ，电容吸收功率。

②当电容放电， $p < 0$ ，电容发出功率。

 **表明** 电容能在一段时间内吸收外部供给的能量转化为电场能量储存起来，在另一段时间内又把能量释放回电路，因此电容元件是储能元件，它本身不消耗能量。

四. 电容的功率和储能

● 电容的储能

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

从 t_0 到 t 电容储能的变化量:

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

四. 电容的功率和储能

$$W_c(t) = \frac{1}{2} C u^2(t) \geq 0$$



表明

- ① 电容的储能只与当时的电压值有关，电容电压不能跃变，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。

小结



在线开放课程

- 电容元件的定义
- 线形时不变电容元件
- VCR方程
- 电容的功率和储能