

电工技术与电子技术



第4章 正弦交流电路

主讲教师：刘玉英



纯电容的交流电路

主讲人：刘玉英





纯电容的交流电路

主要内容:

电容元件上电压、电流之间的相量关系；瞬时功率、有功功率、无功功率的概念。

重点难点:

电容元件上电压、电流的相量关系。



1 电流与电压的关系

基本关系式: $i = C \frac{du}{dt}$

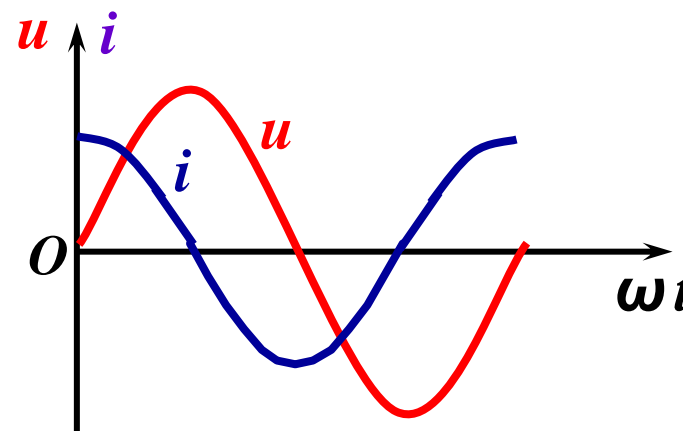
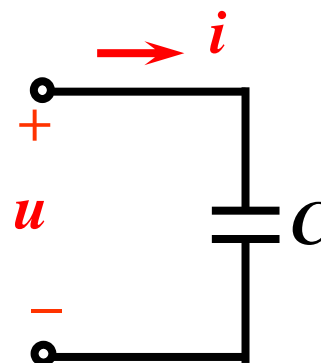
设: $u = \sqrt{2}U \sin \omega t$

则: $i = C \frac{du}{dt} = \sqrt{2}UC \omega \cos \omega t = \sqrt{2}U \omega C \sin(\omega t + 90^\circ)$

☆ 频率相同

☆ $I = U \omega C$

☆ 电流超前电压 90°





1 电流与电压的关系

容抗 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} (\Omega)$

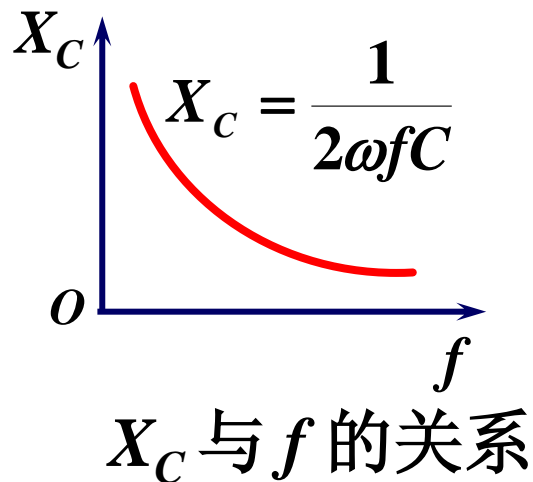
则: $U = I \frac{1}{\omega C} = IX_C$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \begin{cases} \text{直流: } X_C \rightarrow \infty, \text{ 电容 } C \text{ 视为开路} \\ \text{交流: } f \uparrow \rightarrow X_C \downarrow \end{cases}$$

所以电容C具有隔直通交的作用

相量式:

$$\dot{U} = -j\dot{I} \frac{1}{\omega C} = \dot{I}(-jX_C)$$



2 功率关系

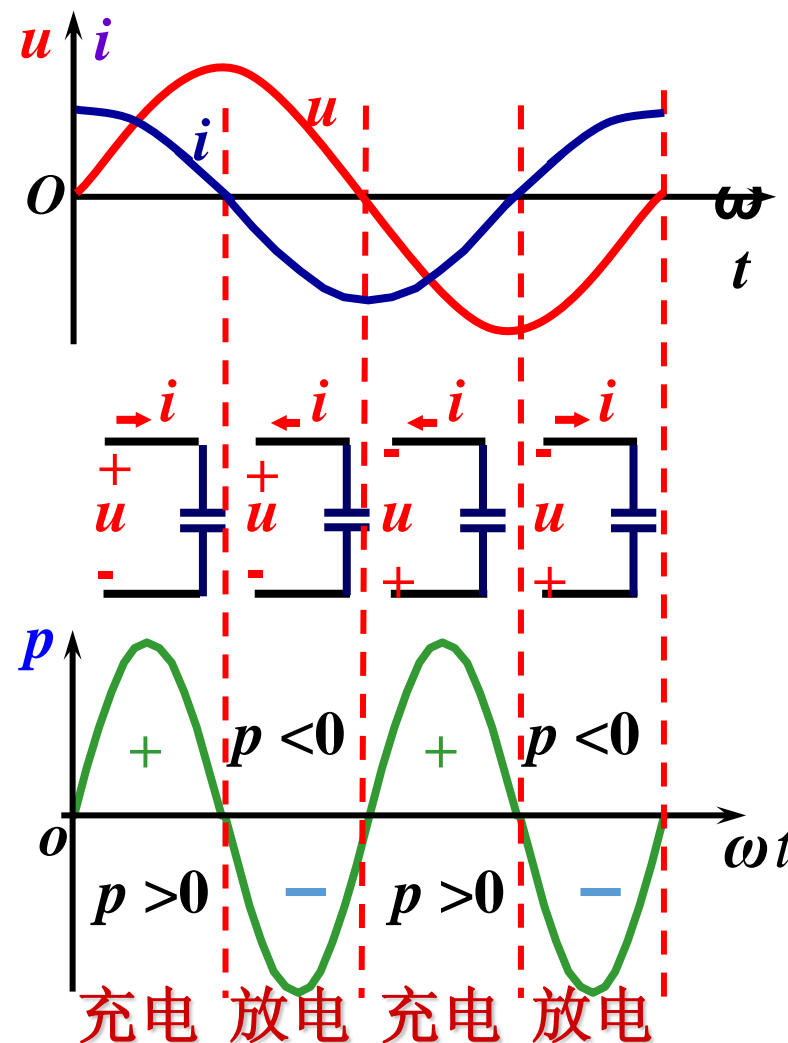
(1) 瞬时功率

$$\text{由} \begin{cases} u = \sqrt{2}U \sin \omega t \\ i = \sqrt{2}U \omega C \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) \end{cases}$$

$$p = u \cdot i = UI \sin 2\omega t$$

结论：纯电容不消耗能量，只和电源进行能量交换（能量的吞吐）。

所以电容 C 是储能元件。

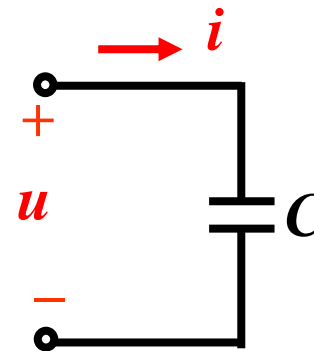


2 功率关系

(2) 平均功率 P

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T UI \sin(2\omega t) dt = 0$$

C是非耗能元件



(3) 无功功率 Q

为了同电感电路的无功功率相比较，这里也设

$$i = \sqrt{2}I \sin \omega t$$

$$\text{则: } u = \sqrt{2}U \sin(\omega t - 90^\circ)$$

$$\therefore p = -UI \sin 2\omega t$$

$$Q = -UI = -I^2 X_C = -\frac{U^2}{X_C}$$

单位: var



例：下图中电容 $C = 23.5 \mu\text{F}$ ，接在电源电压 $U = 220 \text{ V}$ 、频率为 50 Hz 、初相为零的交流电源上，求电路中的电流 i 、 P 及 Q 。该电容的额定电压最少应为多少伏？

解：容抗 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\omega f C} = 135.5 \Omega$

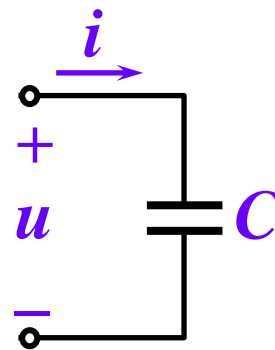
$$I = \frac{U}{X_C} = 1.62 \text{ A}$$

$$i = I_m \sin(\omega t + 90^\circ) = 2.3 \sin(314t + 90^\circ) \text{ A}$$

$$P = 0$$

$$Q = -UI = -356.4 \text{ var}$$

$$\text{额定电压} \geq I_m X_C = 2.3 \times 135.5 = 311 \text{ V}$$





小 结

项目 \ 参数	电阻	电感	电容
阻抗或电抗	R	$X_L = 2\pi f L$	$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$
u 与 i 的关系	基本关系	$u = L \frac{di}{dt}$	$i = C \frac{du}{dt}$
	相位关系	u 超前 i 90°	u 滞后 i 90°
	有效值	$U = IR$	$U = IX_C$
	相量式	$\dot{U} = jX_L \dot{I}$	$\dot{U} = -jX_C \dot{I}$
功率	有功功率	0	0
	无功功率	0	$Q = -UI = -I^2 X_C = -\frac{U^2}{X_C}$

