



山东协和学院

Shandong Xiehe University

电工电子技术

项目二 正弦交流电路

第一节：正弦量的基本概念及三要素

第二节：复数及其运算

第三节：正弦量的相量表示

第四节：单一参数的正弦交流电

第五节：RLC串联、RLC并联

第六节：交流电路的功率

第七节：功率因数

单一参数交流电路

一、纯电阻电路

1. 电压、电流的关系

(1) 波形图

(2) 大小关系

$$U = R I$$

$$U_m = R I_m$$

(3) 相量关系: $\dot{U} = R \dot{I}$

如: $\dot{U} = U \angle 0^\circ$

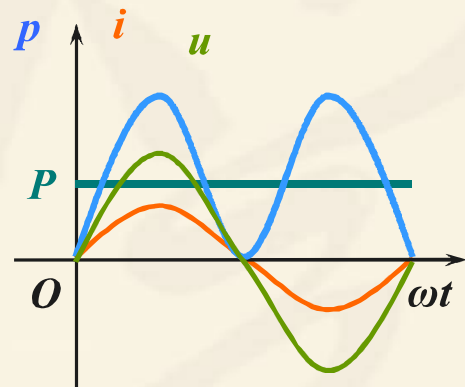
则: $\dot{I} = I \angle 0^\circ$



2. 功率关系

(1) 瞬时功率

$$\begin{aligned} p &= ui = U_m \sin\omega t I_m \sin\omega t \\ &= U_m I_m \sin^2\omega t \\ &= UI(1 - \cos 2\omega t) \end{aligned}$$



(2) 平均功率 (有功功率):

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = UI \text{ (W)}$$

$p \geq 0$ —— 耗能元件。

p 与 u^2 和 i^2 成比例。



[例 1] 一只电熨斗的额定电压 $U_N = 220 \text{ V}$ ，额定功率 $P_N = 500 \text{ W}$ ，把它接到 220 V 的工频交流电源上工作。求电熨斗这时的电流和电阻值。如果连续使用 1 h ，它所消耗的电能是多少？

[解]

$$I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{500}{220} \text{ A} = 2.27 \text{ A}$$

$$R = \frac{U_N}{I_N} = \frac{220}{2.27} \Omega = 96.9 \Omega$$

$$W = P_N t = (500 \times 1) \text{ W} \cdot \text{h} = 0.5 \text{ kW} \cdot \text{h}$$



二、纯电容电路

1. 电压、电流的关系

(1) 频率关系：同频率的正弦量；

(2) 大小关系： $U_m = \frac{1}{\omega C} I_m$ $U = \frac{1}{\omega C} I$

容抗： $X_C = \frac{1}{\omega C}$ $U = X_C I$

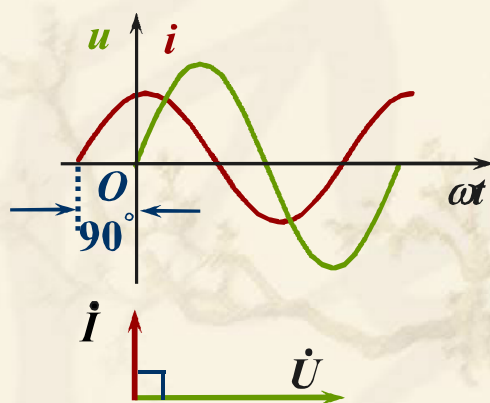
(3) 相位关系： $\psi_u = \psi_i - 90^\circ$

(4) 相量关系： $\dot{U} = j X_C \dot{I}$

(5) 波形图：

(6) 相量图：如 $\dot{U} = U \angle 0^\circ$

则 $\dot{I} = I \angle 90^\circ$



2. 功率关系

(1) 瞬时功率:

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

$p > 0$ 电容储存电场能量(电能→电场能量)

$p < 0$ 电容释放电场能量(电场能量→电能)

(2) 平均功率(有功功率)

$$P = 0$$

(3) 无功功率:

$$Q = UI = X_C I^2 = \frac{U^2}{X_C} \text{ (var)}$$



[例 2] 今有一只 $47 \mu\text{F}$ 的额定电压为 20 V 的无极性电容器，试问：(1) 能否接到 20 V 的交流电源上工作；(2) 将两只这样的电容器串联后接于工频 20 V 的交流电源上，电路的电流和无功功率是多少？(3) 将两只这样的电容器并联后接于 10 V 、 1000 Hz 的交流电源上，电路的电流和无功功率又是多少？

[解] (1) $U_m = \sqrt{2}U = 1.414 \times 20 \text{ V} = 28.8 \text{ V}$

故不可以接到 20 V 的交流电上。

(2) $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 23.5 \mu\text{F}$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = 135.5 \Omega$$

所以： $I = \frac{U}{X_C} = \frac{20}{135.5} \text{ A} = 0.15 \text{ A}$

$$Q = UI = 20 \times 0.15 \text{ var} = 3 \text{ var}$$



$$(3) \quad C = C_1 + C_2 = 94 \mu\text{F}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = 1.69 \Omega$$

$$I = \frac{U}{X_C} = \frac{20}{1.69} \text{ A} = 11.83 \text{ A}$$

$$Q = UI = 10 \times 11.83 \text{ var} = 118.3 \text{ var}$$



三、纯电感电路

1. 电压、电流的关系

(1) 频率关系：同频率的正弦量；

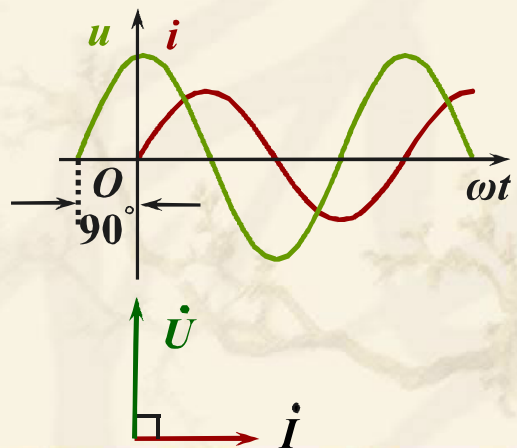
(2) 大小关系： $U_m = \omega L I_m$ $U = \omega L I$

感抗： $X_L = \omega L = U / I$ $U = X_L I$

(3) 相位关系： $\psi_u = \psi_i + 90^\circ$

(4) 相量关系： $\dot{U} = j X_L \dot{I}$

(5) 波形图：



(6) 相量图：如： $\dot{I} = I \angle 0^\circ$

则： $\dot{U} = U \angle 90^\circ$



2. 功率关系

(1) 瞬时功率

$$\begin{aligned} p &= u i \\ &= U_m \cos \omega t I_m \sin \omega t \\ &= U I \sin 2\omega t \end{aligned}$$

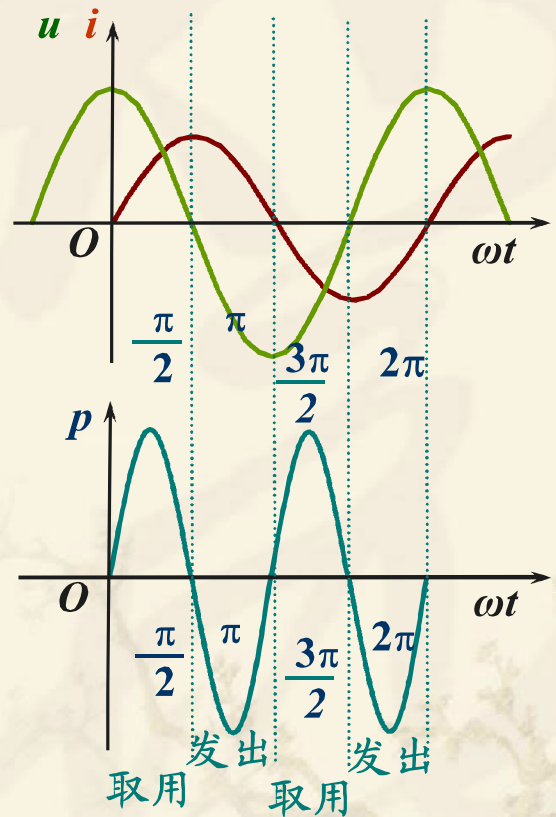
(2) 平均功率 (有功功率)

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p_0 dt = 0$$

(3) 无功功率

$$\begin{aligned} Q &= UI = X_L I^2 \\ &= \frac{U^2}{X_L} \text{ (var)} \end{aligned}$$

结论: 纯电感不消耗能量,
只和电源进行能量交换 (能量的吞吐)。



[例3] 有一电感器,电阻可忽略不计,电感 $L = 0.2 \text{ H}$ 。把它接到 220 V 工频交流电源上工作,求电感的电流和无功功率?若改接到 100 V 的另一交流电源上,测得电流为 0.8 A ,此电源的频率是多少?

[解] (1) 接到 220 V 工频交流电源时

$$X_L = 2\pi f L = 62.8 \Omega$$

$$I = \frac{U}{X_L} = \frac{220}{62.8} \text{ A} = 3.5 \text{ A}$$

$$Q = UI = 220 \times 3.5 \text{ var} = 770 \text{ var}$$

(2) 接到 100 V 交流电源时

$$X_L = \frac{U}{I} = \frac{100}{0.8} \Omega = 125 \Omega$$

$$f = \frac{X_L}{2\pi L} = 100 \text{ Hz}$$

