



学习情境2 日光灯电路的安装

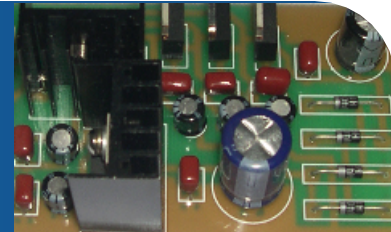
本章基本要求

- 理解和掌握正弦交流电路的基本概念。
- 掌握正弦交流电的相量表示法。
- 掌握单一参数正弦交流电路的分析与计算。
- 理解有功功率、无功功率及视在功率的概念。
- 掌握功率因数的概念及提高功率因数的意义和方法。
- 学会日光灯电路的装调。



任务2.1日光灯电路分析

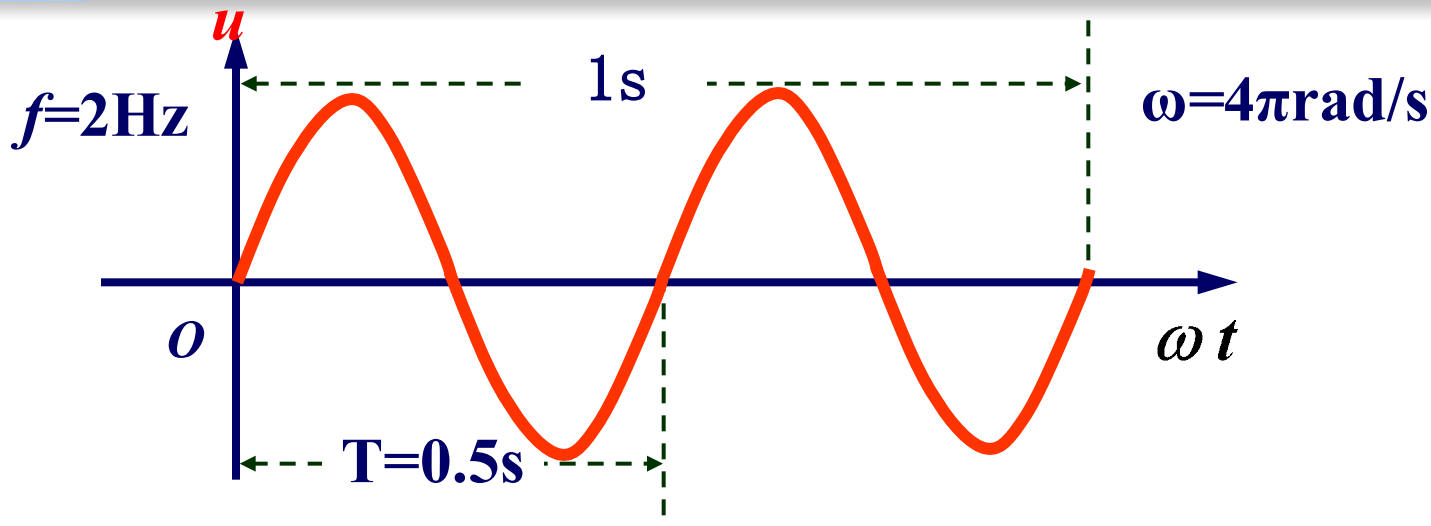
1正弦电压与电流



- **交流电**: 大小和方向都随时间作周期性变化的电动势、电压和电流统称为交流电。
- **正弦交流电**: 按正弦规律变化的交流电为正弦交流电，也称为正弦量。
- **正弦交流电的优越性**: 便于传输；易于变换；便于运算；有利于电器设备的运行。
- **交、直流电路比较**: 交、直流电的 I 、 U 、 E 、 P 具有相同的物理意义；基本定律定理一样，分析的方法理论一样；交流电是变的，其瞬时值符合 KCL 、 KVL ，但有效值不符合。



2.1.1 正弦量的周期、频率和角频率



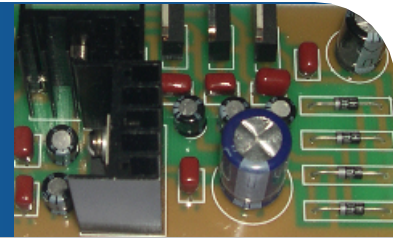
周期：正弦量变化一周所需的时间，用 T 表示。单位：秒(s)。

频率：正弦量每秒重复变化的次数，用 f 表示。单位：赫兹(Hz)

角频率：正弦量一秒内经历的弧度数，用 ω 表示。单位：弧度/秒(rad/s)。

三者之间关系：
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

三者都反映正弦量随时间变化快慢的程度

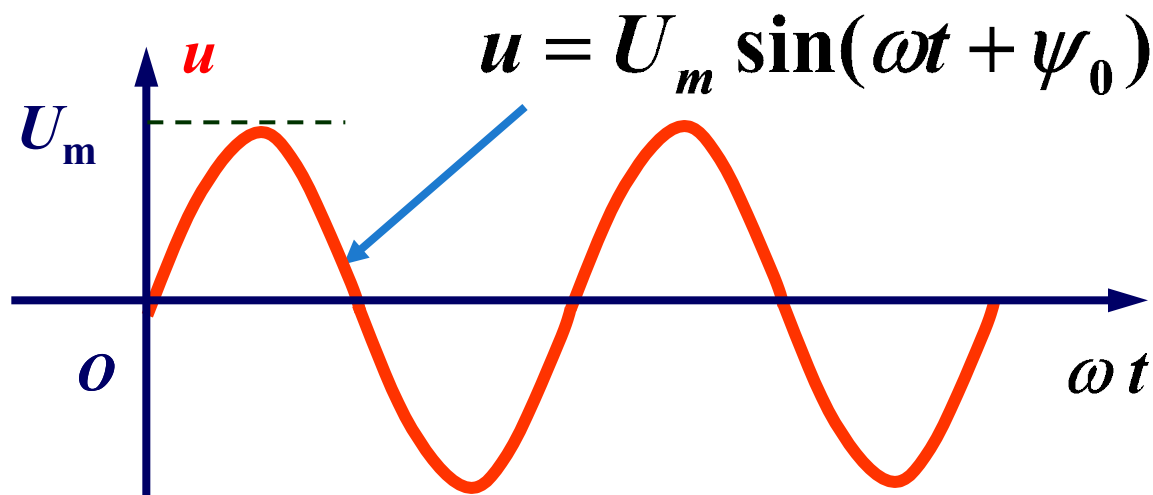


[例] 我国和大多数国家的电力标准频率是 50 Hz，试求其周期和角频率。

$$T = \frac{1}{f} = 0.02 \text{ s}$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 \text{ rad/s} = 314 \text{ rad/s}$$

2.1.2 正弦量瞬时值、最大值和有效值



- **瞬时值:** 正弦量任一时刻的数值，用小写字母表示，如 u 、
应注意瞬时值是变量，其表达式是三角函数解析式。
- **最大值:** 正弦量中最大的瞬时值，大写字母加下标 m 表示，如 I_m 、 U_m 及 E_m

2.1.2 正弦量瞬时值、最大值和有效值

□**有效值**：与交流电热效应相同的直流电数值，用大写字母表示，如 I 、 U 和 E 。

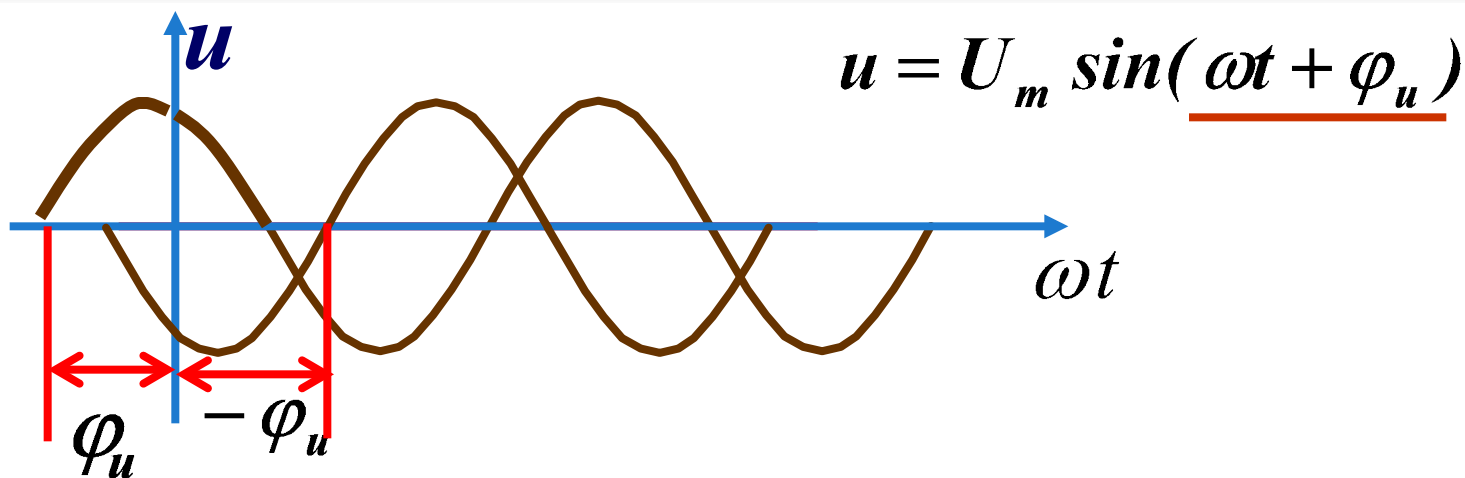
如让一个交流电流和一个直流电流分别通过阻值相同的电阻，在相同的时间里产生相同的热量，则称 I 为 i 的**有效值**。

□**有效值和最大值之间的关系**：

$$I_m = \sqrt{2}I \quad U_m = \sqrt{2}U \quad E_m = \sqrt{2}E \quad \text{或} \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

在电工电子技术中，通常所说的交流电的大小均指**有效值**。如交流电压、电流表测量数据为有效值，交流设备名牌标注的电压、电流均为有效值。

2.1.3 正弦量的相位、初相和相位差



□ **相位:** $(\omega t + \varphi_u)$

是随时间变化的电角度，反映正弦量变化的进程。

□ **初相:** 是 $t=0$ 时的相位，表示为 φ_u

初相给出了观察正弦波的起点或参考点。

□ **规定:** 初相不得超过 $\pm 180^\circ$ ，初相为正角时，正弦量对应的初始数值一定是正值，初相为负角时，正弦量一定是负值。

2.1.3 正弦量的相位、初相和相位差

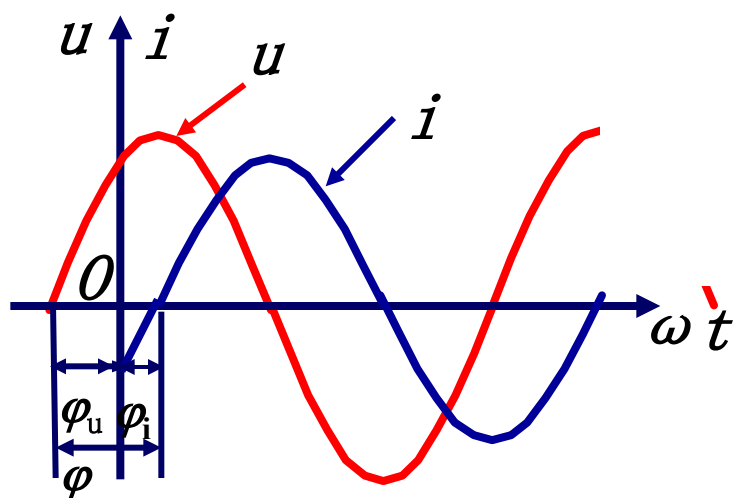
□ **相位差**: 两个同频正弦量相位之差, 表示为 φ

如: $u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$

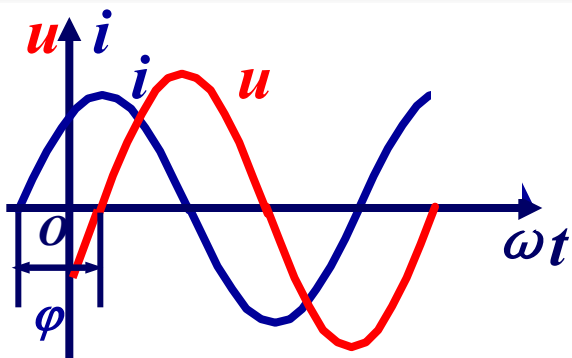
$$\varphi = (\omega t + \varphi_u) - (\omega t + \varphi_i)$$

$$= \varphi_u - \varphi_i$$



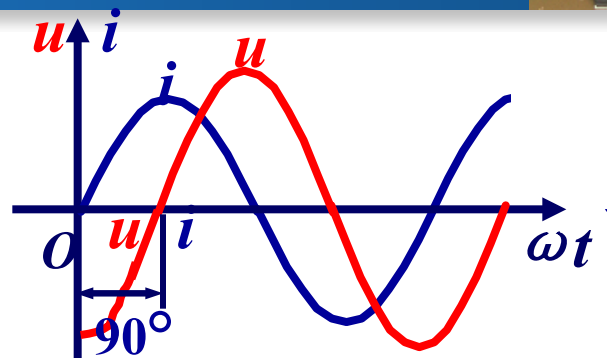
若 $\varphi = \varphi_u - \varphi_i > 0$
电压超前电流 φ

2.1.3 正弦量的相位、初相和相位差



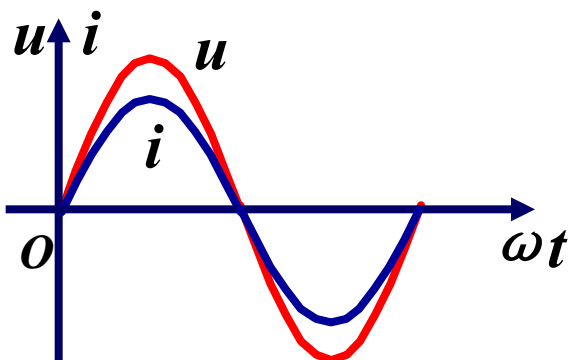
$$\phi = \Psi_u - \Psi_i < 0$$

电流超前电压 ϕ



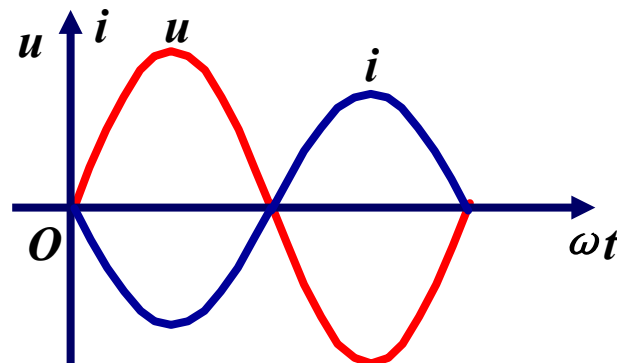
$$\phi = \Psi_u - \Psi_i = -90^\circ$$

电流超前电压 90°



$$\phi = \Psi_u - \Psi_i = 0$$

电压与电流同相



$$\phi = \Psi_u - \Psi_i = 180^\circ$$

电压与电流反相

2.1.3 正弦量的相位、初相和相位差

$$u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$$

初相：决定正弦量起始位置

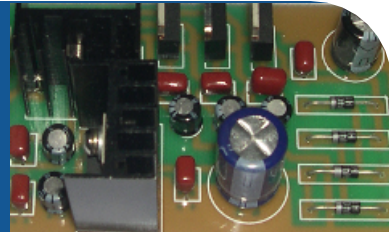
角频率：决定正弦量变化快慢

最大值：决定正弦量的大小

□最大值、角频率和初相叫做正弦量的三要素。



2.1.3 正弦量的相位、初相和相位差



【例2-1】已知工频电压有效值 $U=220\text{V}$ ，初相 $\psi_u=60^\circ$ ；工频电流有效值 $I=11\text{A}$ ，初相 $\psi_i=-30^\circ$ 。求其瞬时值表达式及它们的相位差。

【解】 工频电角频率： $\omega = 314\text{rad/s}$

电压的解析式： $u = 220\sqrt{2} \sin(314t + 60^\circ)\text{V}$

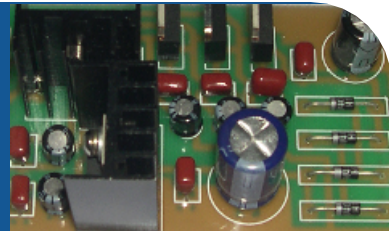
电流的解析式： $i = 11\sqrt{2} \sin(314t - 30^\circ)\text{A}$

电压与电流的相位差为：

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = 60^\circ - (-30^\circ) = 90^\circ$$



思考与练习



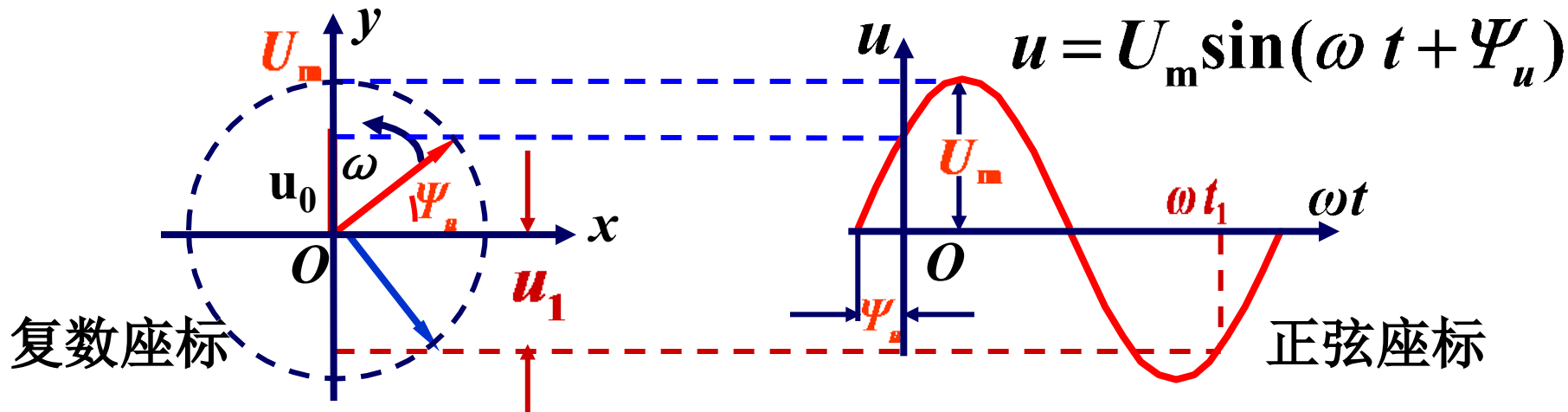
1. 何谓正弦量的三要素？三要素各反映了正弦量的哪些方面？
2. 正弦电流： $i = 100\sqrt{2} \sin(314t - 60^\circ) A$ ，求它的频率、周期、幅值、有效值、初相位各为多少？
3. 已知正弦交流电的频率是50Hz，有效值是220V，初相角是 30° ，试写出它的瞬时值表达式？
4. 已知 $u_A = 220\sqrt{2} \sin 314t V$ ， $u_B = 220\sqrt{2} \sin(314t + 120^\circ) V$ 。（
1）比较说明哪个超前哪个滞后？（2）两者之间的相位差为多少？



2.2 正弦交流电的相量表示法

2.2.1 正弦交流电的相量表示法

设正弦量：



若：有向线段长度 = U_m

有向线段与横轴夹角 = 初相位 Ψ_u

有向线段以速度 ω 按逆时针方向旋转

则：该旋转有向线段每一瞬时纵轴上的投影即表示相应时刻正弦量的瞬时值。

2.2.1 正弦交流电的相量表示法

□ **相量**: 用复数表示的正弦量

□ **相量表示法**: (复数表示法)

将相量图置于复平面中

\dot{U}_m 相量表示为相量式:

代数形式 $\dot{U}_m = a + jb$

极坐标形式 $\dot{U}_m = U_m \angle \psi$

其中

$$U_m = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$a = U_m \cos \psi$$

$$b = U_m \sin \psi$$

$$\psi = \arctan \frac{b}{a}$$

复平面

虚轴

实轴

向虚轴的投影

向实轴的投影

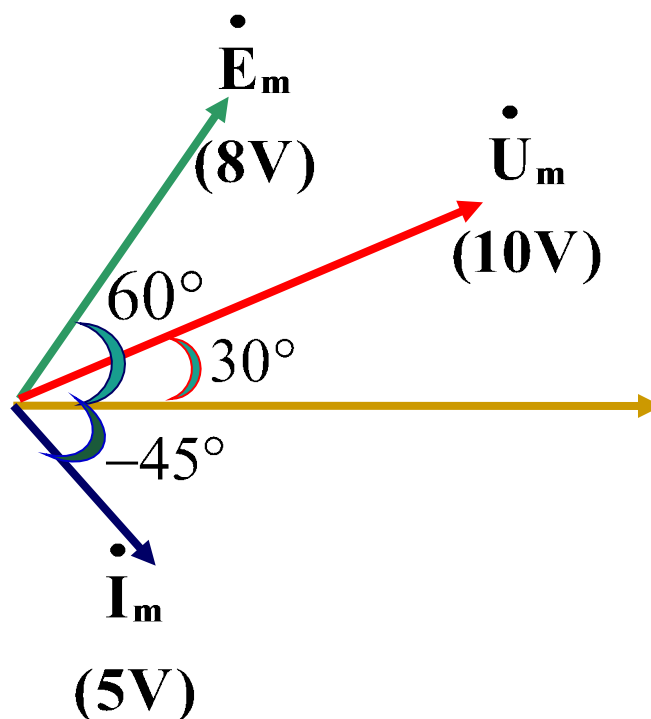
2.2.1 正弦交流电的相量表示法

【例】作出各正弦量的相量。

$$e = 8 \sin(\omega t + 60^\circ) \text{V}$$

$$u = 10 \sin(\omega t + 30^\circ) \text{V}$$

$$i = 5 \sin(\omega t - 45^\circ) \text{A}$$



2.2.2 复数的四则运算

设有两个复数为： $\dot{A} = a_1 + ja_2 = A \angle \theta_1$

$$\dot{B} = b_1 + jb_2 = B \angle \theta_2$$

两个复数加、减、乘、除时运算公式如下：

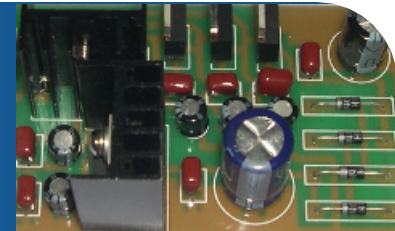
$$\dot{A} + \dot{B} = (a_1 + b_1) + j(a_2 + b_2)$$

$$\dot{A} - \dot{B} = (a_1 - b_1) + j(a_2 - b_2)$$

$$\dot{A} \cdot \dot{B} = A \angle \theta_1 \cdot B \angle \theta_2 = AB \angle (\theta_1 + \theta_2)$$

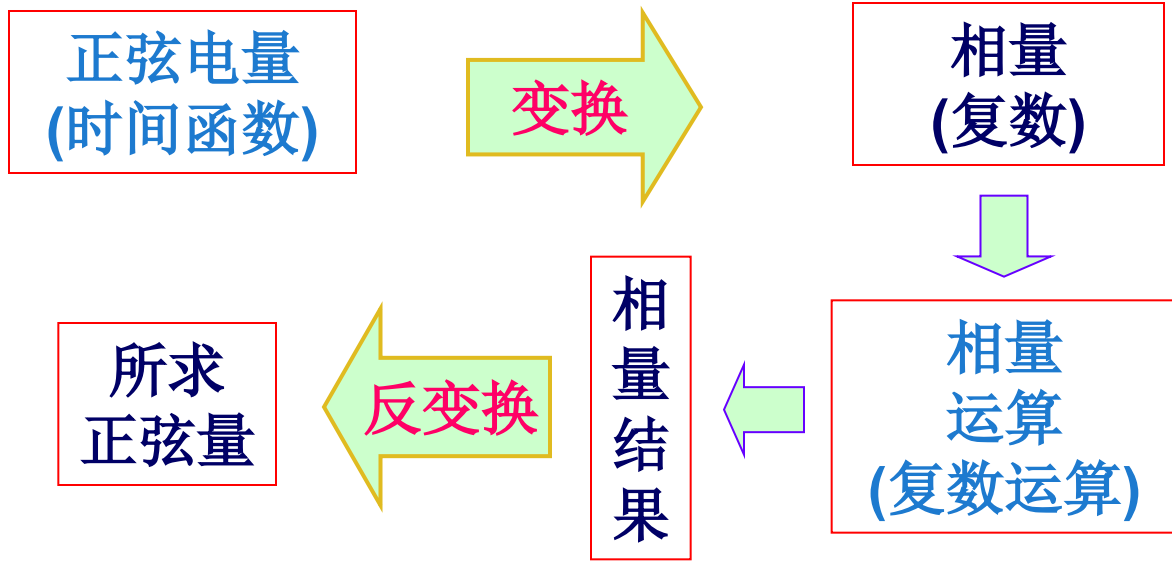
$$\dot{A} / \dot{B} = \frac{A \angle \theta_1}{B \angle \theta_2} = \frac{A}{B} \angle (\theta_1 - \theta_2)$$

□ **综述：**复数相加、减时用代数形式比较方便；复数相乘、除时用极坐标形式比较方便。



[例 1] 若已知 $i_1 = I_{1m} \sin(\omega t + \psi_1) = 100 \sin(\omega t + 30^\circ) \text{ A}$ 、
 $i_2 = I_{2m} \sin(\omega t + \psi_2) = 60 \sin(\omega t - 30^\circ) \text{ A}$ ，求 $i = i_1 + i_2$ 。

[解] 正弦电量的运算可按下列步骤进行，首先把



$$\begin{aligned} \dot{I}_m &= \dot{I}_{m1} + \dot{I}_{m2} = (100e^{j45^\circ} + 60e^{-j30^\circ}) \text{ A} \\ &= (70.7 + j70.7) \text{ A} + (52 - j30) \text{ A} = 129e^{j18^\circ 20'} \text{ A} \end{aligned}$$

于是得

$$i = 129 \sin(\omega t + 18^\circ 20') \text{ A}$$

2.2.2 复数的四则运算

【例2】 已知, $u_1 = 8\sqrt{2} \sin(\omega t + 60^\circ) V$, $u_2 = 6\sqrt{2} \sin(\omega t - 30^\circ) V$

求: $u = u_1 + u_2$ 。

【解】 方法一: 用相量式求解。

$$\begin{aligned}\dot{U}_1 &= 8\angle 60^\circ & \dot{U}_2 &= 6\angle -30^\circ \\ &= 8 \times \cos 60^\circ + j8 \times \sin 60^\circ & &= 6 \times \cos(-30^\circ) + j6 \times \sin(-30^\circ) \\ &= 4 + j6.9(V) & &= 5.2 - j3(V)\end{aligned}$$

$$\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = (4 + 5.2) + j(6.9 - 3) = 9.2 + j3.9 = 10\angle 23^\circ V$$

$$u = 10\sqrt{2} \sin(\omega t + 23^\circ) V$$

2.2.2 复数的四则运算

【例2】 已知, $u_1 = 8\sqrt{2} \sin(\omega t + 60^\circ) \text{V}$, $u_2 = 6\sqrt{2} \sin(\omega t - 30^\circ) \text{V}$

求: $u = u_1 + u_2$ 。

【解】 方法二: 用相量图求解。

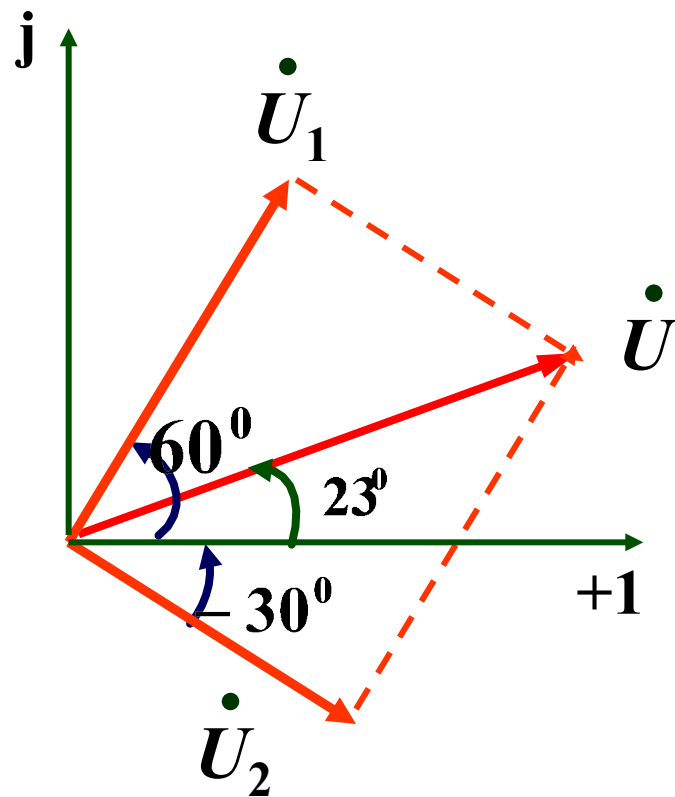
$$\dot{U}_1 = 8 \angle 60^\circ \quad \dot{U}_2 = 6 \angle -30^\circ$$

用平行四边形法则求出总电压相量

直角三角形: $U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2} = 10 \text{V}$

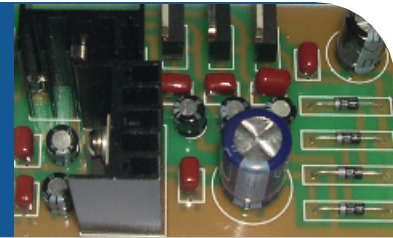
$$\varphi = \arctan \frac{8}{6} - 30^\circ = 23^\circ$$

$$u = 10\sqrt{2} \sin(\omega t + 23^\circ) \text{V}$$





思考与练习



1. 将下列复数的代数形式转换为复数的极坐标形式。

(1) $3 - j4$ (2) $-3 + j4$ (3) $3 + j4$ (4) $-3 - j4$

2. 将下列复数的极坐标形式转换为复数的代数形式。

(1) $10 \angle -30^\circ$ (2) $20 \angle 45^\circ$ (3) $-30 \angle 60^\circ$ (4) $-50 \angle -30^\circ$

3. 已知正弦量的相量， $\dot{U} = 8 \angle 60^\circ$ ， $\dot{I} = 4 - j3$ ，试写出它们的瞬时值表达式。

4. 指出下列各式的错误。

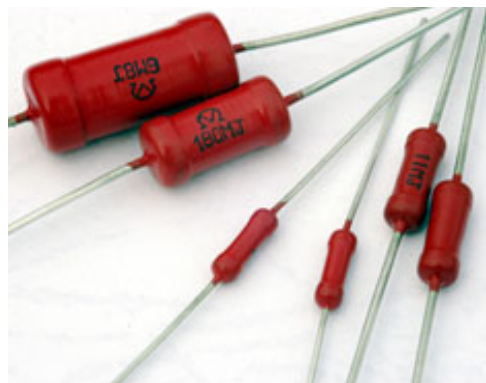
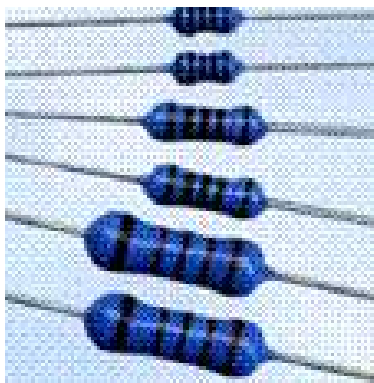
(1) $i = 6 \angle 30^\circ \text{ A}$; (2) $I = 2 \sin(314t + 10^\circ) \text{ A}$;

(3) $I = 10 \sin \pi t$; (4) $\dot{U} = 50 \sin(\omega t + 45^\circ) \text{ V}$



2.3 单一参数正弦交流电路

2.3.1 电阻元件



2.3.1 电阻元件

2.3.1.1 电压、电流关系

设 $u_R = U_{Rm} \sin \omega t$

则 $i = \frac{u_R}{R} = \frac{U_{Rm}}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t$

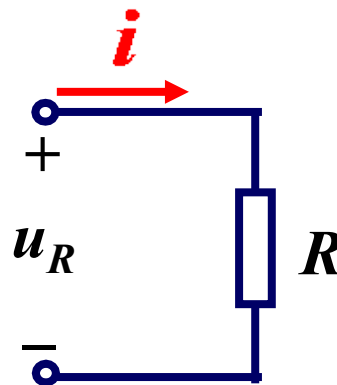
□ 频率关系：相同

□ 大小关系： $I_m = U_{Rm} / R$ 或 $I = U_R / R$

□ 相位关系： u_R 、 i 同相

□ 相量关系： $\dot{I} = \dot{U}_R / R$

参考方向：
正半周时
的方向



2.3.1 电阻元件

2.3.1.2 电阻元件的功率

瞬时功率 p :

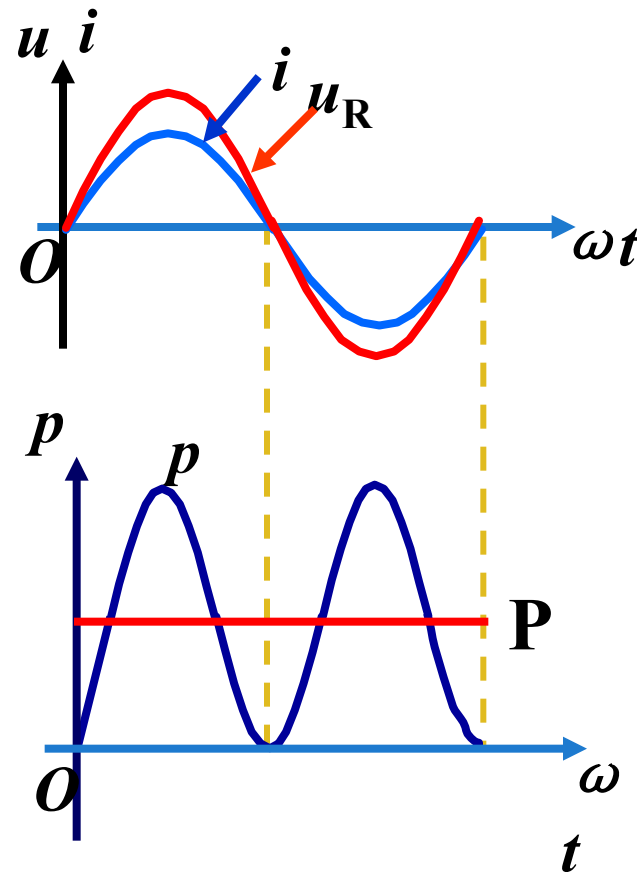
$$\begin{aligned} p &= ui = U_m \sin \omega t I_m \sin \omega t \\ &= U_m I_m \sin^2 \omega t \\ &= UI - UI \cos 2\omega t \end{aligned}$$

p 随时间变化； $p > 0$ 是耗能元件。

平均功率(有功功率) P

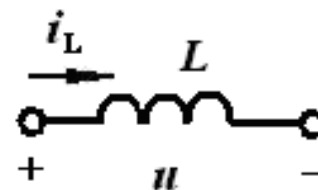
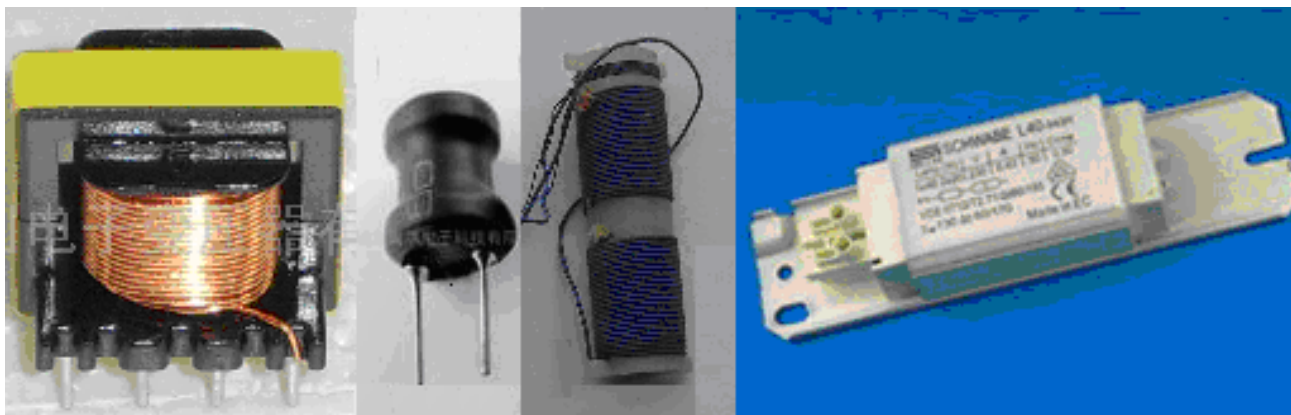
$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad \text{单位是瓦(W)}$$

注意：通常铭牌数据或测量的功率均指**有功功率**。



2.3.2 电感元件

常见电感元件外形及图形符号



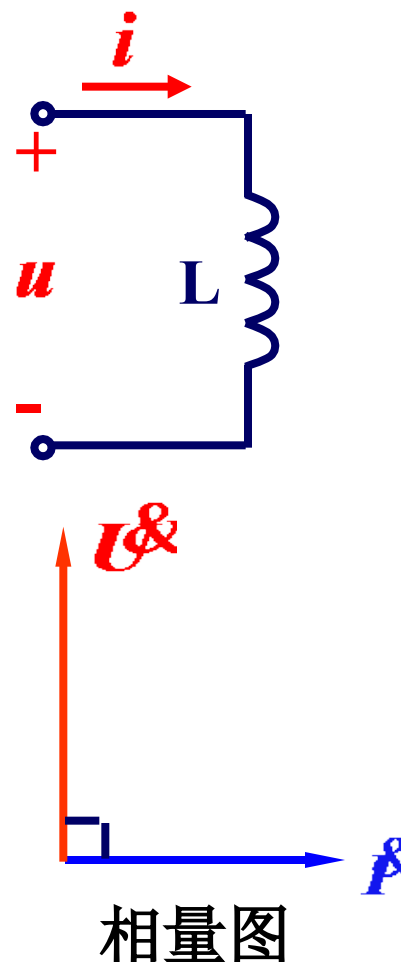
2.3.2 电感元件

2.3.2.1 电压、电流关系

设: $i = I_m \sin \omega t$

$$\begin{aligned} u_L &= L \frac{di}{dt} = I_m \omega L \sin(\omega t + 90^\circ) \\ &= U_{Lm} \sin(\omega t + 90^\circ) \end{aligned}$$

- 频率关系: 相同
- 大小关系: $U_{Lm} = I_m \omega L = I_m X_L$
- 相位关系: 电压超前电流 90°
- 相量关系: $\dot{U}_L = j\dot{I}X_L = j\dot{I}\omega L$



2.3.2 电感元件

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

X_L 称为电感元件的电抗，简称感抗，单位为欧姆 (Ω)。

$$X_L = 2\pi fL \left\{ \begin{array}{l} \text{直流: } f = 0, X_L = 0, \text{ 电感}L\text{视为短路} \\ \text{交流: } f \uparrow \rightarrow X_L \uparrow \end{array} \right.$$

□ **结论:** 感抗 X_L 是频率 f 的函数，电感 L 具有通直阻交的作用

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/285203222122011213>