第3章 正弦稳态电路分析

本章要求：理解正弦量的特点及其各种表示方法，即正弦量的三要素、两个同频率正弦电量之间相位差的概念及正弦量的基本表示法和相量表示法；熟练掌握电阻 R、电感 L、电容 C 单一参数正弦稳态电路的伏安关系及感抗 X_L 和容抗 X_C 的概念；熟练掌握正弦稳态电路相量分析法，掌握正弦稳态电路相量图分析法；理解瞬时功率、无功功率和视在功率的概念，掌握有功功率和功率因数的计算，了解提高功率因数的意义和方法；理解电感性、电容性和电阻性电路的定义，掌握判断电路性质的方法；理解串、并联谐振的条件及特征；了解变压器的基本结构、工作原理，掌握理想变压器的电压变换、电流变换和阻抗变换作用，学会辨别绕组的同名端；会计算非正弦周期量的平均值和有效值。

3.1 知识点概述

3.1.1 正弦稳态电路的基本概念

1. 正弦量

大小和方向都随时间按正弦规律周期性变化的电压、电流和电动势统称为正弦量，用小写字母 u、i 和 e 表示，其参考方向是正半周的实际方向。

2. 正弦量的三要素

角频率(或频率、周期)、幅值(或有效值)和初相位 Ψ 是确定正弦量的三要素，它们反映了正弦量的快慢、大小和计时起点。

1) 角频率(或频率、周期)

角频率、频率、周期能表示正弦量变化的快慢。

角频率 ω：指正弦量每秒时间内变化的弧度，单位为弧度/秒(rad/s)。

频率 f：每秒时间内重复变化的次数，单位为赫兹(Hz)。

周期 T：正弦量 2 次重复变化所需要的时间，单位为秒(s)。

角频率、频率、周期三者的关系为

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi f \tag{3.1.1}$$

2) 幅值(或有效值)

瞬时值：正弦量在每一瞬间的数值，用小写字母 u、i 和 e 表示电压、电流和电动势的瞬

时值。

幅值：最大的瞬时值，用下标 m 的大写字母 U_m、I_m 和 E_m 表示电压、电流和电动势的幅值。

有效值：表示正弦量大小的数值，用大写字母 U、I 和 E 表示电压、电流和电动势的有效值。

有效值与幅值的关系为

$$\begin{aligned} I &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707I_m \\ U &= \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707U_m \\ E &= \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707E_m \end{aligned} \tag{3.1.2}$$

3）初相位 Ψ

相位（或相位角）：指正弦量变化的电角度（$\omega t+\Psi$），它代表了正弦交流电的变化进程。

初相位 Ψ（或初相角）：指 $t=0$ 时的相位，表示正弦量的计时起点。

相位差 φ：指任意两个同频率的正弦量在相位上的差值，即

$$\varphi = \Psi_1 - \Psi_2$$

它表示两个同频率正弦量随时间变化步调上的先后，$\varphi=0$ 表示正弦量 1 和正弦量 2 相位相同（或同相）；$\varphi>0$ 表示正弦量 1 超前正弦量 2；$\varphi<0$ 表示正弦量 1 滞后正弦量 2；$\varphi=180°$ 表示正弦量 1 和正弦量 2 相位相反（或反相）。

3. 正弦量的表示方法

1）三角函数式表示法

$$\begin{aligned} i &= I_m\sin(\omega t + \Psi_i) \\ u &= U_m\sin(\omega t + \Psi_u) \\ E &= E_m\sin(\omega t + \Psi_E) \end{aligned} \tag{3.1.3}$$

2）波形图表示法

波形图如图 3.1.1 所示。

3）相量图表示法

根据正弦量最大值或有效值和初相位画出的相量图形，称为相量图表示法，图 3.1.2 为用相量图表示正弦量 $u=U_m\sin(\omega t+\Psi)$ 的最大值相量 $\dot{U}_m$ 和有效值相量 $\dot{U}$。

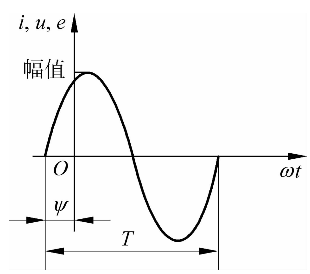


图　3.1.1

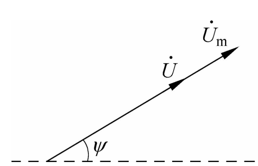


图　3.1.2

4）相量式表示法

将相量图放入复数平面，用复数表示正弦量的一种方法，有 4 种表达式，如正弦量 $u=U_m\sin(\omega t+\Psi)$ 的 4 种相量表达式为

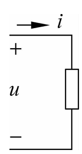
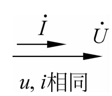
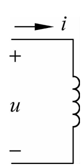
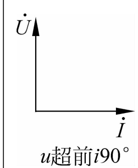
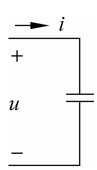
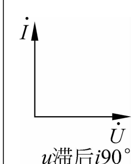
$$\begin{aligned}\dot{U}_m &= U_m(\cos\Psi+\mathrm{j}\sin\Psi)\text{（三角式）}\\ &= a+\mathrm{j}b\left(\text{代数式：}U_m=\sqrt{a^2+b^2},\Psi=\arctan\frac{a}{b}\right)\\ &= U_m e^{\mathrm{j}\psi}\text{（指数式）}\\ &= U_m\angle\Psi\text{（极坐标式）}\end{aligned} \tag{3.1.4}$$

在学习基本概念时要注意：正弦量的各种符号如 u、U_m、$\dot{U}$ 等代表不同的含义，决不能混用。

3.1.2 单一参数的正弦稳态电路

表 3.1 给出了 R、L、C 正弦稳态电路中电流与电压之间的关系。

表 3.1 正态稳压电路电流电压间的关系

电路参数	电路图（参考方向）	基本关系	阻抗	电压、电流关系			
				瞬时值	有效值	相量图	相量式
R		$u=iR$	R	设 $i=\sqrt{2}I\sin\omega t$ 则 $u=\sqrt{2}U\sin\omega t$	$U=IR$		$\dot{U}=\dot{I}R$
L		$u=L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$	X_L	设 $i=\sqrt{2}I\sin\omega t$ 则 $u=\sqrt{2}I\omega L\sin(\omega t+90°)$	$X_L=\omega L$ $U=IX_L$		$\dot{U}=\mathrm{j}\dot{I}X_L$
C		$i=C\dfrac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$	X_C	设 $u=\sqrt{2}U\sin\omega t$ 则 $i=\sqrt{2}U\omega C\sin(\omega t+90°)$	$X_C=1/\omega C$ $U=IX_C$		$\dot{U}=-\mathrm{j}\dot{I}X_C$

复阻抗：指正弦稳态电路中电压相量与电流相量之比，即

$$Z=\frac{\dot{U}}{\dot{I}}=\frac{U\angle\psi_u}{I\angle\psi_i}=|Z|\angle\varphi \tag{3.1.5}$$

它是正弦稳态电路负载的总称，是一个复数，单位为欧（Ω），复阻抗 Z 可以看成一个电路元件，在电路图上的图形符号与电阻相同。复阻抗的模 $|Z|$ 称为阻抗，是一个正实数，单位也为欧姆（Ω）。复阻抗的 φ 角称为阻抗角，可以表示元件上电压与电流的相位差，即

$$\varphi=\psi_u-\psi_i \tag{3.1.6}$$

$\varphi>0$ 时，说明电压 u 比电流 i 超前 φ 角，当 $\varphi<0$ 时，说明电压 u 比电流 i 滞后 $|\varphi|$ 角，当 $\varphi=0$ 时，说明电压 u 与电流 i 同相。

对单一参数正弦稳态电路的复阻抗有

$$\begin{aligned} &Z_{\mathrm{R}} = R \\ &Z_{\mathrm{L}} = \mathrm{j}X_{\mathrm{L}} = \mathrm{j}\omega L \\ &Z = -\mathrm{j}X_{\mathrm{C}} = \frac{1}{\mathrm{j}\omega C} \end{aligned} \tag{3.1.7}$$

$$\begin{aligned} &|Z_{\mathrm{R}}| = R \\ &|Z_{\mathrm{L}}| = X_{\mathrm{L}} = \omega L = 2\pi f L \\ &|Z_{\mathrm{C}}| = X_{\mathrm{C}} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \end{aligned} \tag{3.1.8}$$

其中，X_{L} 和 X_{C} 分别称为感抗和容抗，随电源频率而变化，当 $f=0$，即在直流电路中，$\omega=0$，$X_{\mathrm{L}}=0$，$X_{\mathrm{C}}=\infty$，说明电感可视为短路，电容可视为开路。

3.1.3　正弦稳态电路相量式分析法

由于电路是正弦稳态电路，电路中的电流和电压都是同频率的正弦量，因而在电路中可以用相量表示它们，而作为电路负载(或基本参数)的 R、L、C 可以用复阻抗表示，正弦稳态电路模型可以转换为相量模型。由此而来，对时域正弦稳态电路的分析可以转换为对复频域相量模型的分析，时域中正弦稳态电路中电感元件和电容元件上电流电压的微分(或积分)关系可以用相量及复阻抗表示成复频域中的代数关系，直流电路中介绍分析电路的基本方法都可运用于相量模型，使电路的分析更为方便，这种复频域下利用相量式分析正弦稳态电路的方法就是所谓的相量式分析法。

1. 时域定律的相量形式

1) 欧姆定律的相量形式

若电路如图 3.1.3 所示，欧姆定律的相量形式为

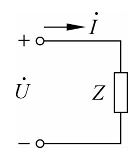


图　3.1.3

$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} \tag{3.1.9}$$

式(3.1.9)与时域电路中欧姆定律的形式完全相同，电流相量 $\dot{I}$、电压相量 $\dot{U}$ 对应时域电路中的电流 i、电压 u，复阻抗 Z 对应时域电路中的电阻 R。

2) 基尔霍夫电压定律的相量形式

在相量模型中，对任一回路循行一周，所有元件的电压相量关系为代数和为零，即

$$\sum \dot{U}_{\mathrm{k}} = 0 \tag{3.1.10}$$

3) 基尔霍夫电流定律的相量形式

在相量模型中，流过同一节点所有的支路电流相量关系为代数和为零，即

$$\sum \dot{I}_{\mathrm{k}} = 0 \tag{3.1.11}$$

式(3.1.10)、式(3.1.11)与时域电路中基尔霍夫定律的形式完全相同，电流相量 $\dot{I}$、电压相

量$\dot{U}$对应时域电路中的电流 i、电压 u。

2. 串、并电路的相量计算公式

以图 3.1.4 所示两复阻抗串联电路和并联电路为例，串、并电路的相量计算公式如下：

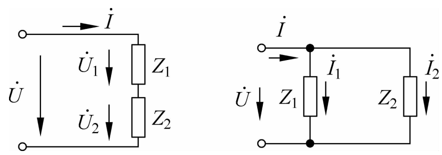


图 3.1.4

串联等效复阻抗计算

$$Z = Z_1 + Z_2 \tag{3.1.12}$$

串联分压计算

$$\dot{U}_1 = Z_1\dot{I} = \frac{Z_1\dot{U}}{Z_1 + Z_2}$$

$$\dot{U}_2 = Z_2\dot{I} = \frac{Z_2\dot{U}}{Z_1 + Z_2} \tag{3.1.13}$$

并联等效复阻抗计算

$$Z = \frac{1}{\dfrac{1}{Z_1} + \dfrac{1}{Z_2}} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} \tag{3.1.14}$$

并联分流计算

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{I}Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{I}Z_1}{Z_1 + Z_2} \tag{3.1.15}$$

3. 相量式分析法的应用

对图 3.1.5 所示的 RLC 串联电路用相量式法进行分析，根据基尔霍夫电压定律可列出

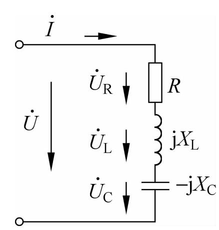


图 3.1.5

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$$

由于

$$\dot{U}_R = R\dot{I} \quad \dot{U}_L = jX_L\dot{I} \quad \dot{U}_C = -jX_C\dot{I}$$

所以

$$\dot{U} = R\dot{I} + jX_L\dot{I} - jX_C\dot{I} = \dot{I}(R + j(X_L - X_C)) = Z\dot{I}$$

或写成

$$\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = Z$$

$$Z = R + \mathrm{j}(X_L - X_C) = |Z| \angle\varphi = \frac{U}{I}\angle(\Psi_u - \Psi_i) \tag{3.1.16}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\varphi = \arctan\frac{X_L - X_C}{R} = \arctan\frac{2\pi fL - \dfrac{1}{2\pi fC}}{R} \tag{3.1.17}$$

由此可见，当电路中 RLC 三元件同时存在时，其等效复阻抗的实部为电路的电阻 R，虚部(X_L-X_C)称为电抗，单位为欧姆，表示电感和电容共同作用电路的结果，用大写字母 X 表示，即

$$X = X_L - X_C \tag{3.1.18}$$

当电路中电感的作用大于电容时，$X_L-X_C>0$，电抗 X 为正值；反之，当电路中电容的作用大于电感时，$X_L-X_C<0$，电抗 X 为负值。电抗 X、感抗 X_L、容抗 X_C 是 3 个不同的概念，应注意它们的区别。在电抗 X 的表达式中，感抗 X_L 始终取正值，容抗 X_C 始终取负值，而感抗 X_L 和容抗 X_C 始终大于零。

电路的等效复阻抗可通过电流、电压相量计算，也可通过各元件复阻抗的串、并联计算来得到。

4. 电路基本分析方法的相量式应用

将上述相量定理和公式与时域电路的定律和公式比较发现，若时域电路中的电流 i、电压 u 和电阻 R 对应转换为电流相量 $\dot{I}$、电压相量 $\dot{U}$ 和复阻抗 Z，则时域电路中的定理、公式和基本分析方法都可运用于相量电路。例如对图 3.1.6 所示电路，已知电路中的电源，负载为 $Z_1=R_1+\mathrm{j}X_L$，$Z_2=R_2$，$Z_3=R_3-\mathrm{j}X_C$，可应用电路的基本分析方法求解电路。

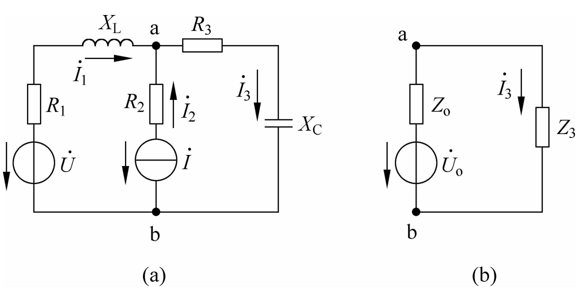


图　3.1.6

(1) 利用支路电流法列出求解支路电流的方程。

由 KCL 列出节点方程

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \tag{1}$$

由 KVL 列出回路方程

$$\dot{I}_1(R_1 + \mathrm{j}X_L) + \dot{I}_3(R_3 - \mathrm{j}X_C) = \dot{U} \tag{2}$$

代入已知数据

$$\dot{I}_2 = -\dot{I} \tag{3}$$

方程(1)、(2)、(3) 即为求解支路电流的方程。

(2) 利用节点电压法计算 ab 两点之间的电压。

设 b 为参考点，根据节点电压公式计算的电压$\dot{U}_{ab}$为

$$\dot{U}_{ab}=\frac{\dfrac{\dot{U}_1}{Z_1}-I}{\dfrac{1}{Z_1}+\dfrac{1}{Z_3}}$$

(3) 利用叠加原理计算$\dot{I}_3$。

当电压源单独作用时 $\dot{I}'_3=\dfrac{\dot{U}}{Z_1+Z_3}$

当电流源单独作用时 $\dot{I}''_3=\dfrac{Z_1\dot{I}}{Z_1+Z_3}$

利用叠加原理有 $\dot{I}_3=\dot{I}'_3+\dot{I}''_3$

(4) 利用戴维宁定理计算$\dot{I}_3$。

计算$\dot{I}_3$的戴维宁等效电路如图 3.1.6(b)所示，图中

$$Z_o=Z_1$$

$$\dot{U}_o=\dot{U}-Z_1\dot{I}$$

由图 3.1.6(b)计算出

$$\dot{I}_3=\frac{\dot{U}}{Z_o+Z_3}$$

5. 相量式分析法适应的题型

已知电路电源相量和电路参数，求电路的电流和电压。在这类题型中，电路各物理量的相位关系明确，用相量式分析法分析电路比较方便。

3.1.4 正弦稳态电路相量图分析法

当电路中各物理量的相位关系不十分明确时，用相量式分析法分析电路，过程比较复杂，而采用相量图分析法分析电路，会使分析较为方便，所以相量图分析法是分析正弦稳态电路的一个重要的方法。所谓相量图分析法就是把电路中各物理量的大小和相位的几何关系用图形画出，通过相量图的描绘可以把各个量的大小和相位关系清晰地显示出来，对简化电路的运算极为有利。

1. 画正弦稳态电路相量图要点

(1) 首先选取电路中的一个相量为参考相量。为了方便起见，通常串联电路选电流为参考相量；并联电路取电压为参考相量；对串、并联电路，一般设并联支路的电压或电流为参考相量。改变参考相量，不会改变各相量之间的相对关系。

(2) 以参考相量为基准，由所在支路逐步向周围扩散，把各个相关物理量全部画出。画

图时要符合电路图中规定的参考方向、元件的基本性质以及电路的基本方程。如电容元件电流超前电压 90°，电感元件电压超前电流 90°，相量与相量之间的关系应符合基尔霍夫定律等。

2. 串联电路的电压三角形和阻抗三角形

对图 3.1.7(a)所示的 RLC 串联电路用相量图法进行分析，设电流相量$\dot{I}$为参考相量，即$\dot{I}=I\angle 0°$，把它画在水平轴上，然后作$\dot{U}_R$相量与$\dot{I}$同相，同时假定 $X_L>X_C$，则 $U_L>U_C$，$\dot{U}_L$相量超前电流相量$\dot{I}$ 90°，$\dot{U}_C$ 滞后电流相量$\dot{I}$ 90°，根据 KVL

$$\dot{U}=\dot{U}_R+\dot{U}_L+\dot{U}_C$$

画出总电压相量$\dot{U}$，RLC 串联电路相量图如图 3.1.7(b)所示。

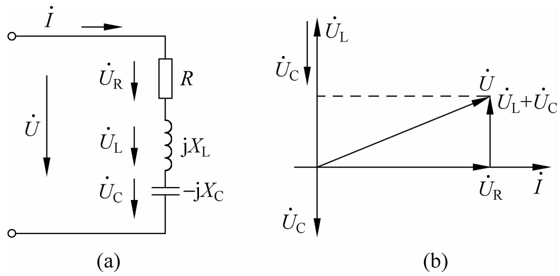


图　3.1.7

相量图中，电压相量$\dot{U}$、$\dot{U}_R$、$\dot{U}_L+\dot{U}_C=\dot{U}_X$ 组成相量直角三角形，称为电压三角形，$\dot{U}_R$和$\dot{U}_X$ 为直角边，$\dot{U}$为斜边，φ 为电压与电流的相位差，$\varphi>0$ 时，说明电压 u 比电流 i 超前 φ 角，$U_L>U_C$；当 $\varphi<0$ 时，说明电压 u 比电流 i 滞后$|\varphi|$角，$U_L<U_C$；三角形 3 个边的长度就是对应电压相量的有效值，它们之间的关系为

$$U=\sqrt{U_R^2+(U_L-U_C)^2}=\sqrt{(RI)^2+(X_LI-X_CI)^2}=I\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$$

或写成

$$\frac{U}{I}=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}=\sqrt{R^2+X^2}=|Z|$$

显然，$|Z|$、R、$X=(X_L-X_C)$三者也可构成一个直角三角形，称为阻抗三角形，R、X 为直角边，$|Z|$为斜边，φ 为阻抗角，也是电压与电流的相位差。当 $\varphi>0$ 时，$X_L>X_C$，当 $\varphi<0$ 时，$X_L<X_C$。阻抗三角形与电压三角形相似，如图 3.1.8 所示。若已知其中某个三角形的边长（电压有效值、R、X、$|Z|$）或角度中的 2 个参数以及另一个三角形的 1 个参数，就可方便求出这两个三角形的其他边长和角度。

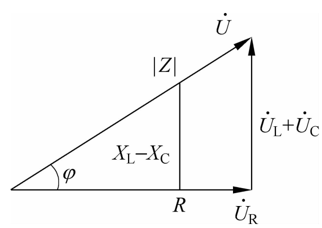


图 3.1.8　电压三角形和阻抗三角

3. 并联电路的电流三角形

用相量图分析法分析图 3.1.9(a)所示的 RLC 并联电路。由于是并联电路，设电路电压相量$\dot{U}$为参考相量，把它画在水平轴上，然后作$\dot{I}_R$相量与$\dot{U}$同相，假定$\dot{I}_C>\dot{I}_L$，$\dot{I}_C$ 相量超

前电压$\dot{U}$相量90°，$\dot{I}_L$滞后电压相量$\dot{U}$90°，根据KCL

$$\dot{I}=\dot{I}_R+\dot{I}_L+\dot{I}_C$$

画出总电压相量$\dot{I}$，RLC并联电路相量图如图3.1.9(b)所示。由相量图可知，RLC并联电路中的$\dot{I}$、$\dot{I}_R$、$\dot{I}_L+\dot{I}_C=\dot{I}_X$组成一个相量直角三角形，称为电流三角形，$\dot{I}_C$、$\dot{I}_L$为直角边，$\dot{I}$为斜边。$\varphi$为阻抗角，同样也是电压与电流的相位差。所以，当$\varphi>0$时，电压$u$比电流$i$超前$\varphi$角，而$I_L>I_C$；当$\varphi<0$时，电压$u$比电流$i$滞后$|\varphi|$，$I_L<I_C$。

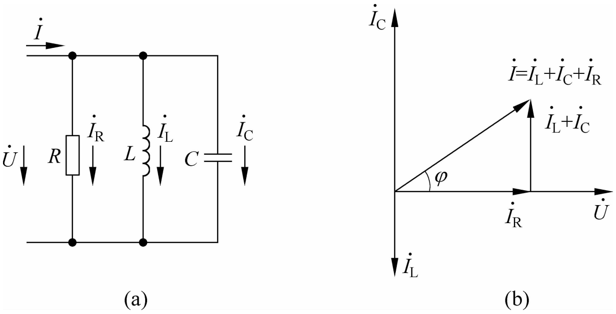


图3.1.9 RLC并联电路

3.1.5 正弦稳态电路功率计算

假设无源网络有N个复阻抗$Z_1=R_1+jX_1=|Z_1|\angle\varphi_1$、$Z_2=R_2+jX_2=|Z_2|\angle\varphi_2\cdots Z_n=R_n+jX_n=|Z_n|\angle\varphi_n$，无论串、并联其等效复阻抗为$Z=R+jX=|Z|\angle\varphi$，作用于无源网络的电压为$\dot{U}=U\angle\psi_u$，产生的电流为$\dot{I}=I\angle\psi_i$，网络的功率计算如下所示。

1. 有功功率

有功功率指网络中消耗的电功率的大小，定义为瞬时功率在一个周期内的平均值，单位为瓦特(W)，计算公式为

$$P=UI\cos\varphi=RI^2=P_1+P_2+\cdots+P_n \tag{3.1.19}$$

2. 无功功率

无功功率指网络电源与元件来回转换的功率的大小，定义为瞬时功率的幅值，单位为乏(var)，计算公式为

$$Q=UI\sin\varphi=XI^2=Q_1+Q_2+\cdots+Q_n \tag{3.1.20}$$

3. 视在功率

视在功率指衡量供电设备的供电能力，定义为网络电压与电流有效值的乘积，单位为伏安(VI)，计算公式为

$$S=UI=\sqrt{P^2+Q^2}=\sqrt{(S\cos\varphi)^2+(S\sin\varphi)^2}\neq S_1+S_2+\cdots+S_n \tag{3.1.21}$$

在式(3.1.19)、式(3.1.20)和式(3.1.21)中$\cos\varphi$称为网络的功率因数，φ角称为网络的功

率因数角，它既是网络阻抗角，也是网络电压与电流的相位差 $\varphi=\psi_u-\psi_i$。P、Q、S 也可构成一个直角三角形，称为功率三角形。电压、阻抗、功率三角形都是相似三角形，如图 3.1.10 所示。

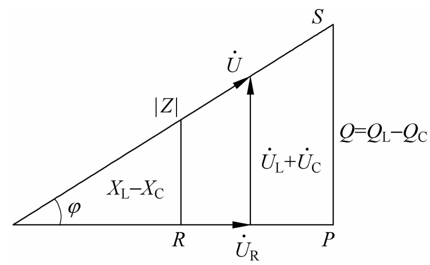


图 3.1.10 电压、阻抗、功率三角形

对只含电阻元件的网络而言，$\varphi=0$，即 $\cos\varphi=1$，在网络的电压和电流一定的条件下，平均功率达到最大值，即 $P=IU=RI^2$，且始终大于零，这说明电阻元件在正弦稳态电路中是耗能元件，有功功率也就是网络等效电阻上所消耗的功率。然而，$\sin\varphi=0$，说明网络无功功率为零，电阻元件与电源之间没有能量的往返交换，电阻元件不是储能元件。

当网络只存在电抗元件，$\varphi=\pm90°$，即 $\cos\varphi=0$，此时网络的有功功率等于零，即 $P_L=P_C=0$，再一次说明电感元件和电容元件不是耗能元件。网络无功功率为

$$Q=UI\sin\varphi=UI=X_LI^2=Q_L$$

$$Q=UI\sin\varphi=-UI=-X_CI^2=-Q_C$$

这再一次说明电抗元件是储能元件，且电感元件和电容元件无功功率的性质相反。所以电感元件和电容元件无功功率具有互补的性质。

当网络存在多个电阻元件和电抗元件时，网络总平均功率等于各电阻元件有功功率之和；网络总无功功率等于各电抗元件无功功率代数和，电感元件无功功率取正，电容元件无功功率取负；而网络总的视在功率不等于各元件的视在功率之和，而必须满足功率三角形。

4. 功率因数的提高

1）提高功率因数的意义

提高功率因数能使发电设备的容量得到充分利用，并能减小输电线路上的功率损耗和压降。

2）提高功率因数的方法

最常用的方法是在感性负载两端并联大小适当的电容器，在不改变用电设备额定电压、额定功率和额定电流的条件下，提高供电系统的功率因数。电容器的大小为

$$C=\frac{P}{\omega U^2}(\tan\varphi-\tan\varphi') \tag{3.1.22}$$

式中 U、φ、φ' 及 P 分别为供电系统电源电压、并电容前功率因数角、并电容后功率因数角和负载功率。

3.1.6 正弦稳态电路的谐振

当含有电阻、电感和电容的正弦电路等效阻抗角 $\varphi=0$ 时，即电路总电压与总电流同相，则电路发生谐振。谐振可发生在串联电路，也可发生在并联电路，分别称为串联谐振和并联谐振。对图 3.1.11 所示的串、并联电路，电路的谐振条件及谐振时的主要特征如下：

	RLC 串联谐振	RLC 并联谐振（$\omega L\gg R$）
谐振条件	$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$	$\omega_0\approx\frac{1}{\sqrt{LC}}$