

电工技术与电子技术



第5章 三相交流电路

主讲教师：徐瑞东



三相功率的计算

主讲教师：徐瑞东





三相功率的计算

主要内容:

对称三相负载情况下，三相功率的计算方法；

重点难点:

三相功率计算公式中功率因数的正确计算。





三相功率的计算

无论负载为 Y 或 Δ 联结，每相有功功率都应为

$$P_p = U_p I_p \cos \varphi_p$$

当负载对称时： $P = 3U_p I_p \cos \varphi_p$

对称负载 Y 联结时： $U_p = \frac{1}{\sqrt{3}} U_l, I_p = I_l$

对称负载 Δ 联结时： $U_p = U_l, I_p = \frac{1}{\sqrt{3}} I_l$

相电压与相
电流的相位差

所以

$$P = 3U_p I_p \cos \varphi_p = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi_p$$

同理

$$Q = 3U_p I_p \sin \varphi_p = \sqrt{3} U_l I_l \sin \varphi_p$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3U_p I_p = \sqrt{3} U_l I_l$$





例1:有一三相电动机,每相的等效电阻 $R=29\Omega$,等效感抗 $X_L=21.8\Omega$,试求下列两种情况下电动机的相电流、线电流以及从电源输入的功率,并比较所得的结果:

- (1) 绕组联成星形接于 $U_l=380\text{ V}$ 的三相电源上;
- (2) 绕组联成三角形接于 $U_l=220\text{ V}$ 的三相电源上。

解: (1) $I_P = \frac{U_P}{|Z|} = \frac{220}{\sqrt{29^2 + 21.8^2}} \text{ A} = 6.1 \text{ A}$

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 6.1 \times \frac{29}{\sqrt{29^2 + 21.8^2}} \text{ W} \\ &= \sqrt{3} \times 380 \times 6.1 \times 0.8 = 3.2 \text{ k W} \end{aligned}$$





$$(2) \quad I_P = \frac{U_P}{|Z|} = \frac{220}{\sqrt{29^2 + 21.8^2}} \text{ A} = 6.1 \text{ A}$$

$$I_l = \sqrt{3} I_P = 10.5 \text{ A}$$

$$P = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi = \sqrt{3} \times 220 \times 10.5 \times 0.8 \text{ W} = 3.2 \text{ k W}$$

比较(1), (2)的结果:

有的电动机有两种额定电压, 如220/380 V。

当电源电压为380 V时, 电动机的绕组应联结成星形;

当电源电压为220 V时, 电动机的绕组应联结成三角形。

在三角形和星形两种联结法中, 相电压、相电流以及功率都未改变, 仅三角形联结情况下的线电流比星形联结情况下的线电流增大 $\sqrt{3}$ 倍。





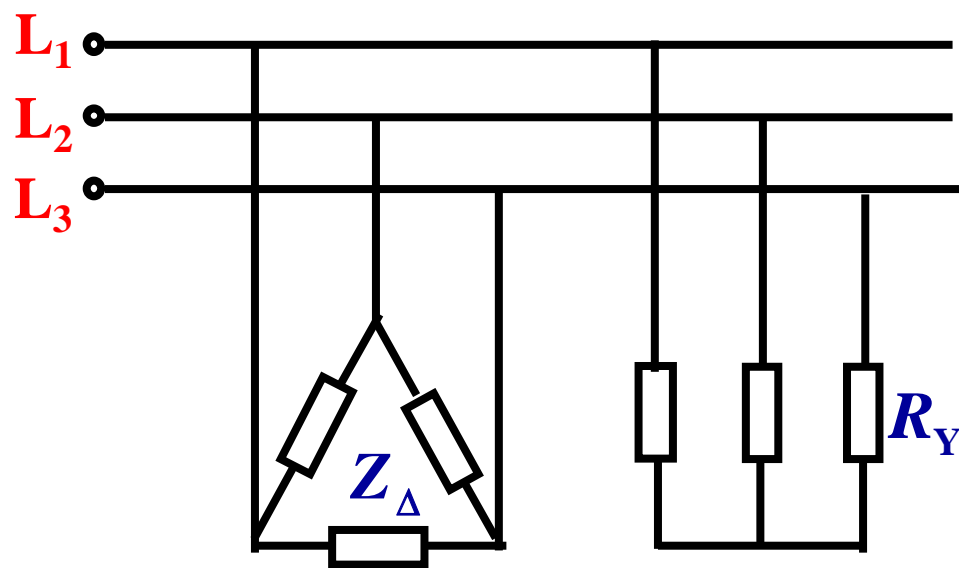
例2: 线电压 U_l 为380 V的三相电源上，接有两组对称三相负载：一组是三角形联结的电感性负载，每相阻抗 $Z_{\Delta} = 36.3 \angle 37^{\circ} \Omega$ ；另一组是星形联结的电阻性负载，每相电阻 $R = 10\Omega$ ，如图所示。试求：

- (1) 各组负载的相电流；
- (2) 电路线电流；
- (3) 三相有功功率。

解： 设 $\dot{U}_{12} = 380 \angle 0^{\circ} \text{ V}$
则 $\dot{U}_1 = 220 \angle -30^{\circ} \text{ V}$

(1) 各电阻负载的相电流

由于三相负载对称，所以只需计算一相，其它两相可依据对称性写出。





负载三角形联接时，其相电流为

$$\dot{I}_{12\Delta} = \frac{\dot{U}_{12}}{Z_{\Delta}} = \frac{380\angle 0^{\circ}}{36.3\angle 37^{\circ}} \text{ A} = 10.47\angle -37^{\circ} \text{ A}$$

负载星形联接时，其线电流为

$$\dot{I}_{1Y} = \frac{\dot{U}_1}{R_Y} = 22\angle -30^{\circ} \text{ A}$$

(2) 电路线电流

$$\dot{I}_{1\Delta} = 10.47\sqrt{3}\angle -37^{\circ} - 30^{\circ} = 18.13\angle -67^{\circ} \text{ A}$$

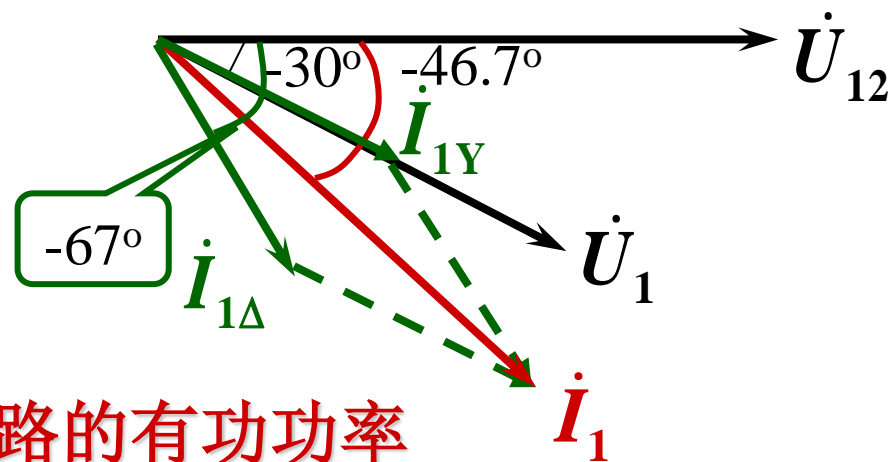
$$\begin{aligned}\dot{I}_1 &= \dot{I}_{1\Delta} + \dot{I}_{1Y} = 18.13\angle -67^{\circ} + 22\angle -30^{\circ} \\ &= 38\angle -46.7^{\circ} \text{ A}\end{aligned}$$

一相电压与电流的相量图如图所示





一相电压与电流的相量图如图所示



(3) 三相电路的有功功率

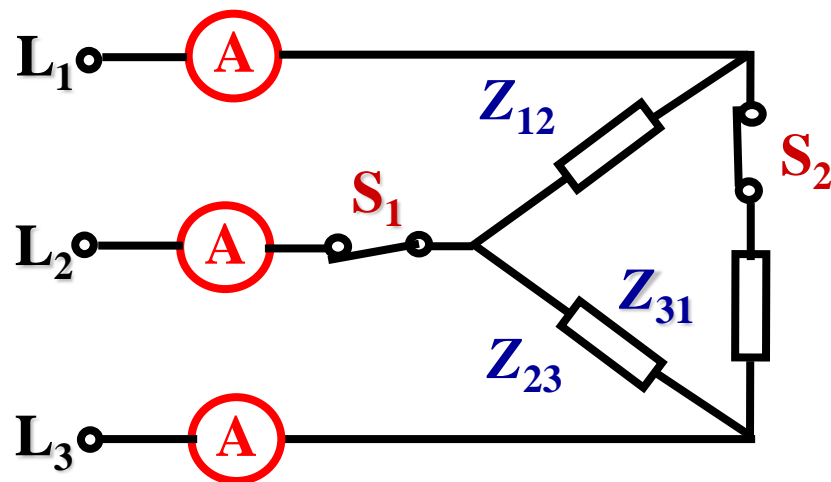
$$\begin{aligned} P &= P_Y + P_{\Delta} \\ &= \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi_{\Delta} + \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi_Y \\ &= \sqrt{3} \times 380 \times 18.13 \times 0.8 \text{ W} + \sqrt{3} \times 380 \times 22 \text{ W} \\ &= 9546 + 14480 \\ &\approx 2.4 \text{ k W} \end{aligned}$$





例3: 三相对称负载作三角形联结, $U_l=220\text{V}$, 当 S_1 、 S_2 均闭合时, 各电流表读数均为 17.3A , 三相功率 $P=4.5\text{ kW}$, 试求:

- 1) 每相负载的电阻和感抗;
- 2) S_1 合、 S_2 断开时, 各电流表读数和有功功率 P ;
- 3) S_1 断、 S_2 闭合时, 各电流表读数和有功功率 P 。





解：(1) 由已知条件可求得

$$|Z| = \frac{U_P}{I_P} = \frac{220}{17.32 / \sqrt{3}} = 22\Omega$$

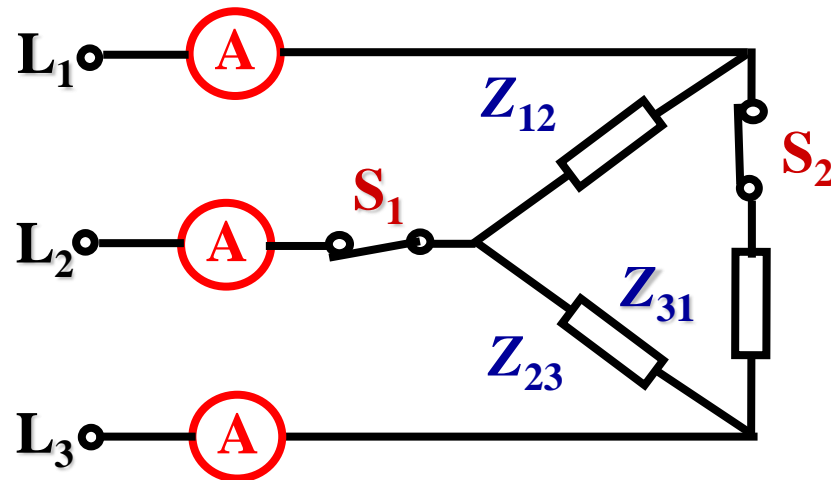
$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}U_l I_l} = 0.68$$

$$R = |Z| \cos \varphi = 22 \times 0.68 = 15\Omega$$

$$X_L = |Z| \sin \varphi = 22 \times 0.733 = 16.1\Omega$$

或： $P = I^2 \underline{R}$

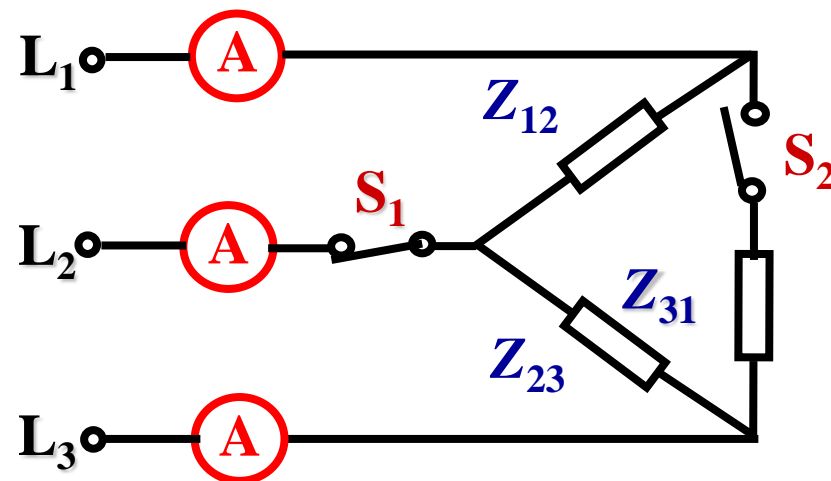
$$P = UI \cos \varphi \quad \underline{tg \varphi} = \underline{X_L} / R$$





(2) S_1 闭合、 S_2 断开时

流过电流表 L_1 、 L_3 的电流变为相电流 I_P ，流过电流表 L_2 的电流仍为线电流 I_l 。



$$\therefore I_1 = I_3 = 10\text{A} \quad I_2 = 17.32\text{ A}$$

因为开关S均闭合时

每相有功功率 $P = 1.5\text{ kW}$

当 S_1 合、 S_2 断时， Z_{12} 、 Z_{23} 的相电压和相电流不变，则 P_{12} 、 P_{23} 不变。

$$P = P_{12} + P_{23} = 3\text{ kW}$$





(3) S_1 断开、 S_2 闭合时

$$I_2 = 0\text{A}$$

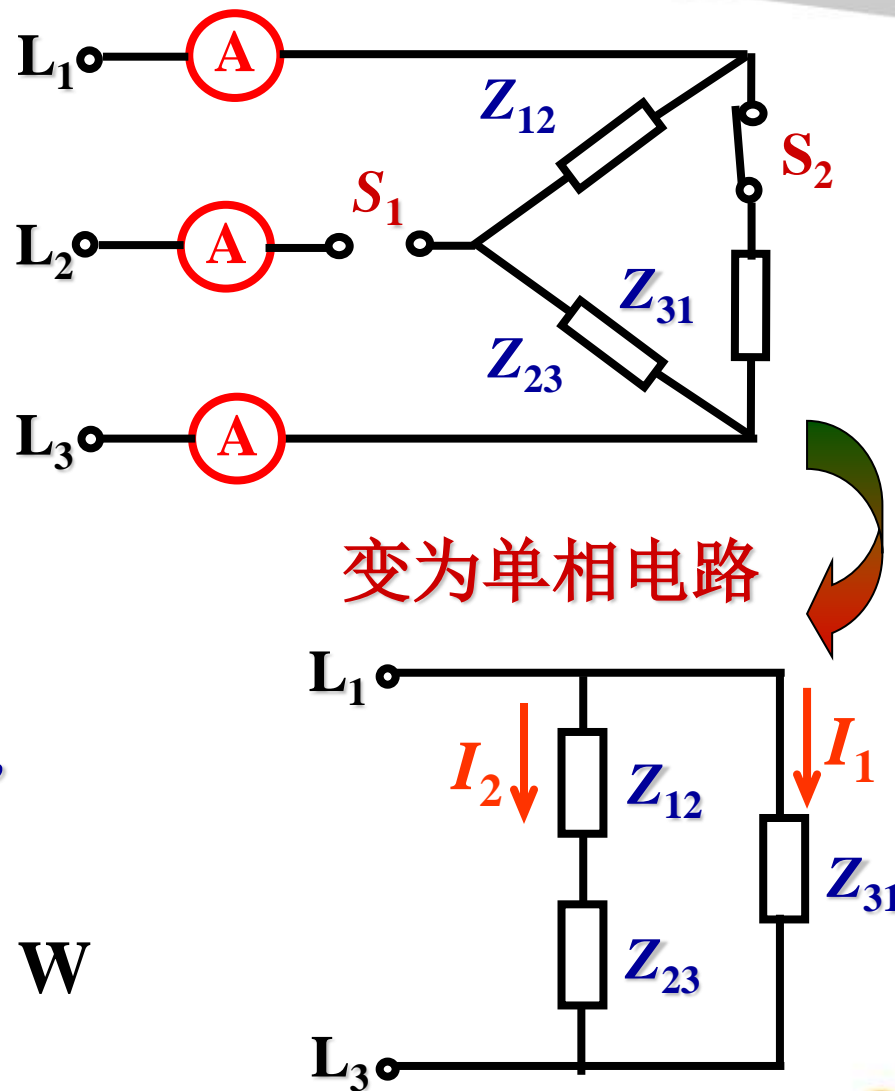
I_1 仍为相电流 I_P ,

I_2 变为 $1/2 I_P$ 。

$$\therefore I_1 = I_3 = 10\text{ A} + 5\text{ A} = 15\text{A}$$

$\therefore I_2$ 变为 $1/2 I_P$, 所以 L_1L_2 、 L_2L_3 相的功率变为原来的 $1/4$ 。

$$\begin{aligned} P &= 1/4 P_{12} + 1/4 P_{23} + P_{31} \\ &= 0.375\text{ W} + 0.375\text{ W} + 1.5\text{ W} \\ &= 2.25\text{ kW} \end{aligned}$$





小 结

1. 三相对称负载功率的计算方法

$$P = 3U_p I_p \cos \varphi_p = \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi_p$$

$$Q = 3U_p I_p \sin \varphi_p = \sqrt{3}U_l I_l \sin \varphi_p$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3U_p I_p = \sqrt{3}U_l I_l$$

2. 不对称三相负载，功率该如何计算？

