

# 电工技术与电子技术 (上)

## 第5章 三相交流电路

中国矿业大学信电学院

# 第5章 三相电路及安全用电

## 5.1 三相电压

## 5.2 负载星形联接的三相电路

## 5.3 负载三角形联接的三相电路

## 5.4 三相功率



## 第5章 三相电路

本章要求：

1. 掌握对称三相负载Y和 $\Delta$ 联接时相线电压、相线电流关系。
2. 掌握三相四线制供电系统中单相及三相负载的正确联接方法，理解中线的作用。
3. 掌握对称三相电路电压、电流及功率的计算。
4. 了解安全用电常识。

## 5.1 三相电压

### 一、三相电压的产生

工作原理：动磁生电

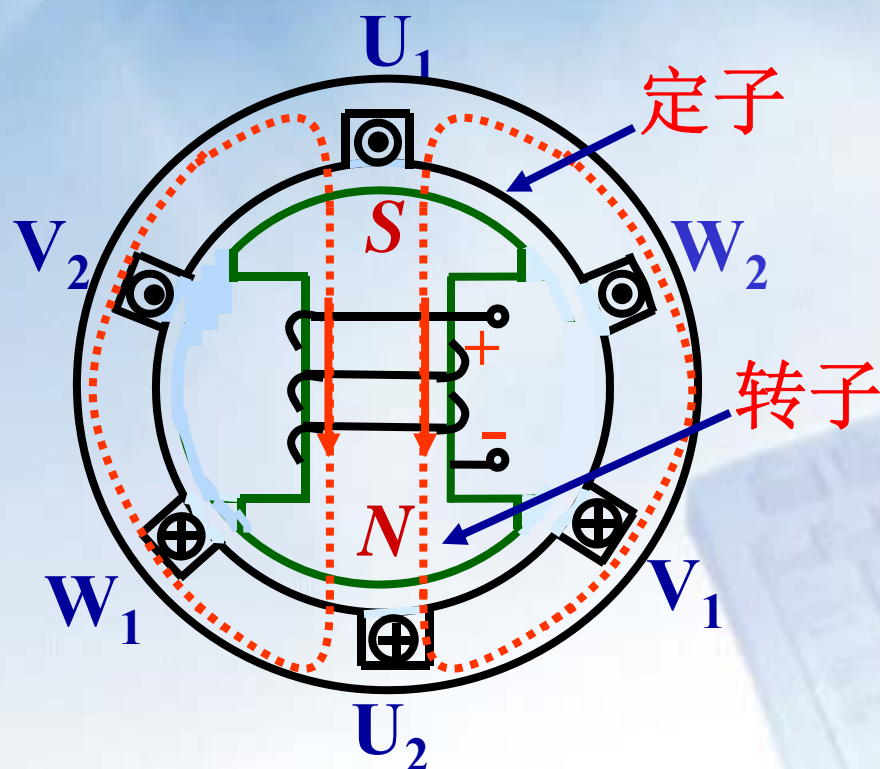


图5.1.1 三相交流发电机示意图

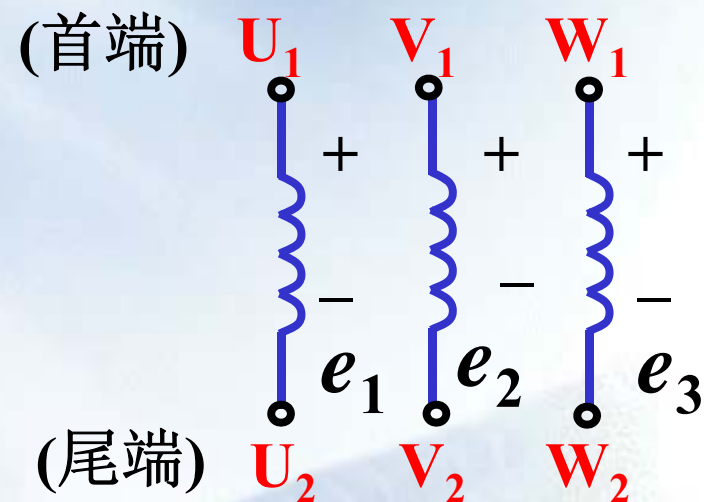


图5.1.2 三相绕组示意图

发电机结构 { 定子 { 铁芯（作为导磁路经）  
三相绕组 { 匝数相同  
空间排列互差120°  
转子：直流励磁的电磁铁

三相电动势瞬时表示式

$$e_1 = E_m \sin \omega t$$

$$e_2 = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_3 = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

相量表示

$$\dot{E}_1 = E \angle 0^\circ = E$$

$$\dot{E}_2 = E \angle -120^\circ = E \left( -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$\dot{E}_3 = E \angle +120^\circ = E \left( -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$



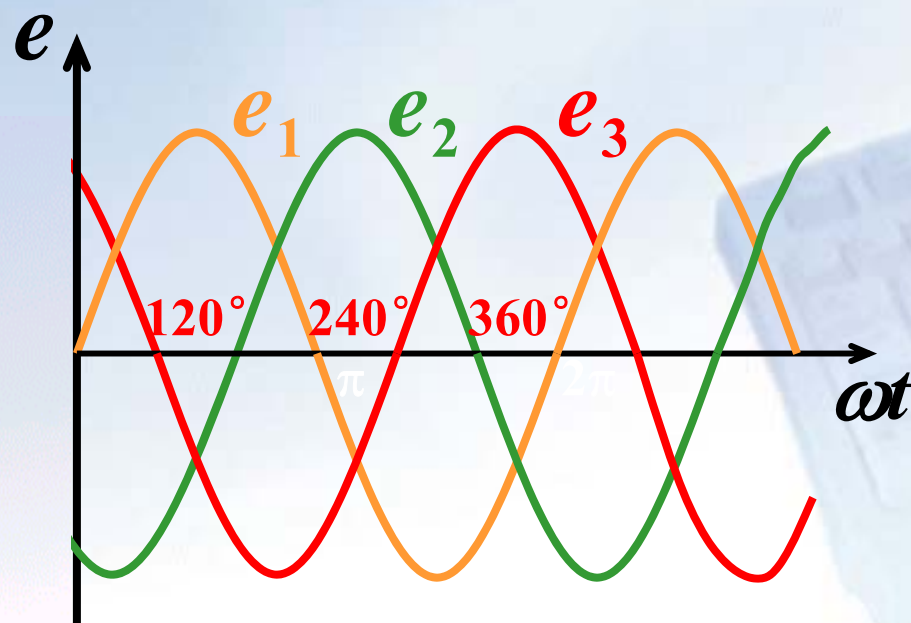
## 三相电动势瞬时表示式

$$e_1 = E_m \sin \omega t$$

$$e_2 = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_3 = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

## 波形图



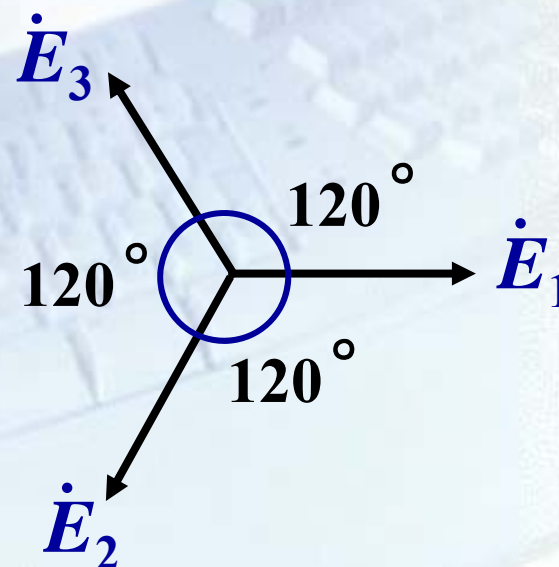
## 相量表示

$$\dot{E}_1 = E \angle 0^\circ = E$$

$$\dot{E}_2 = E \angle -120^\circ$$

$$\dot{E}_3 = E \angle +120^\circ$$

## 相量图



## 三个正弦交流电动势满足以下特征

最大值相等

频率相同

相位互差 $120^\circ$

} 称为对称三相电势

对称三相电势的瞬时值之和为 0

$$\text{即: } e_1 + e_2 + e_3 = 0$$

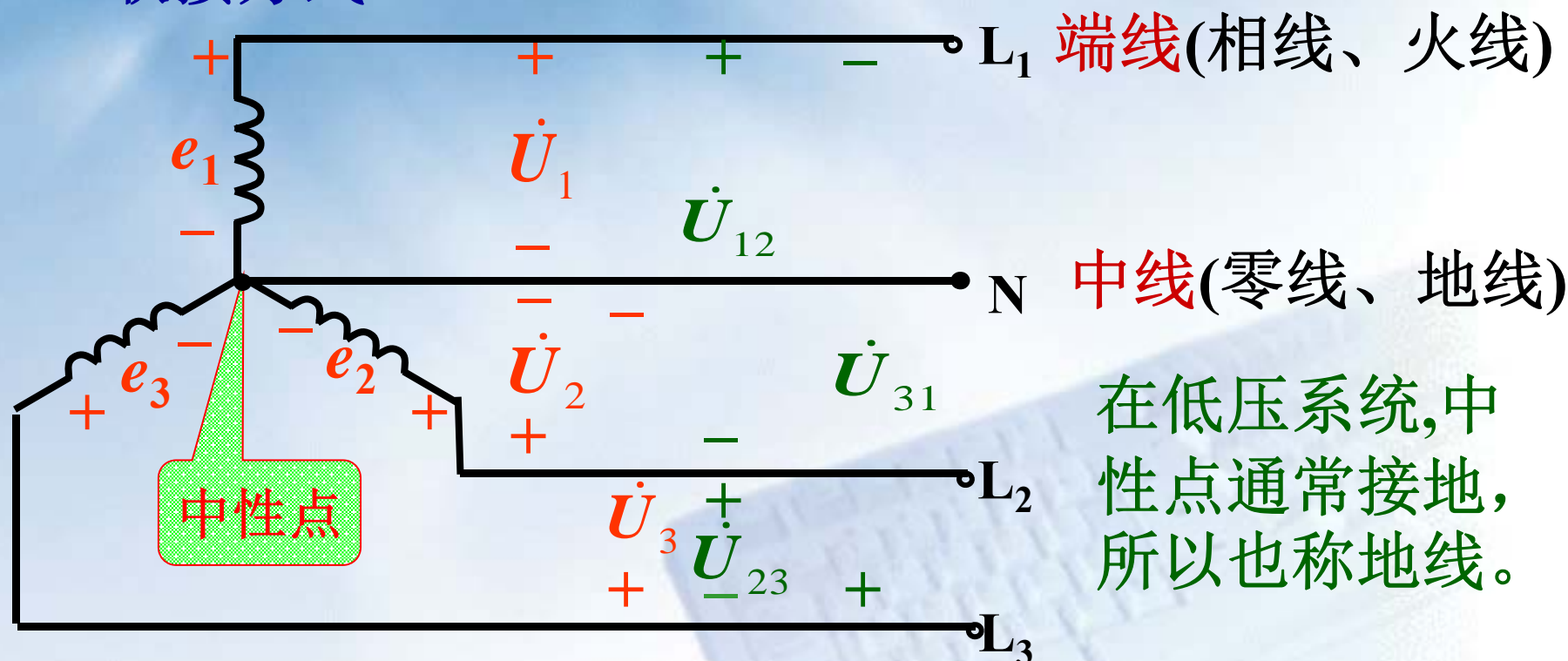
$$\text{或: } \dot{E}_1 + \dot{E}_2 + \dot{E}_3 = 0$$

三相交流电到达正最大值的顺序称为相序。

供电系统三相交流电的相序为  $U_1 \rightarrow V_1 \rightarrow W_1$

## 二、三相电源的星形联接

### 1. 联接方式



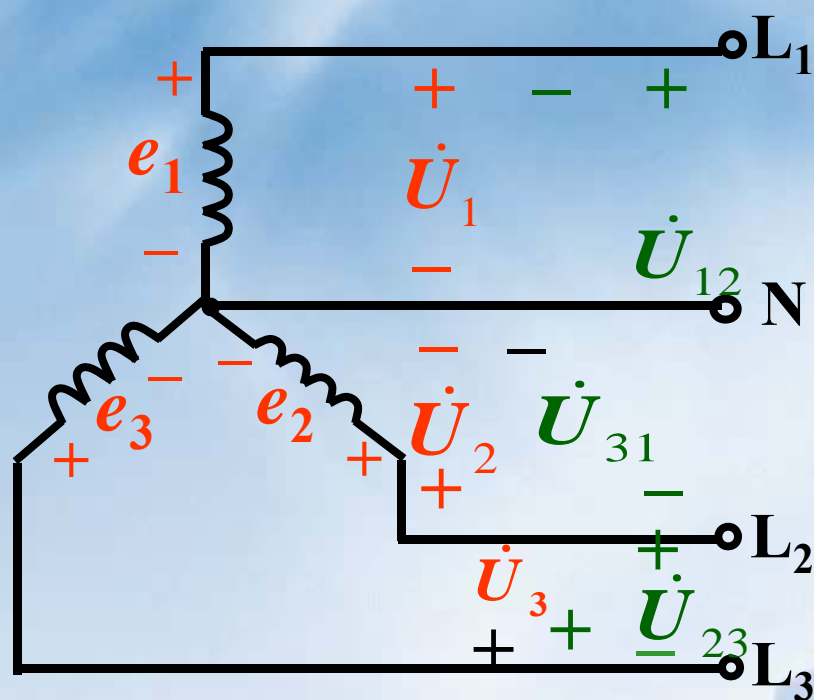
**相电压：**端线与中线间（发电机每相绕组）的电压

$$\dot{U}_1、\dot{U}_2、\dot{U}_3、U_p$$

**线电压：**端线与端线间的电压  $\dot{U}_{12}、\dot{U}_{23}、\dot{U}_{31}、U_l$



## 2. 线电压与相电压的关系



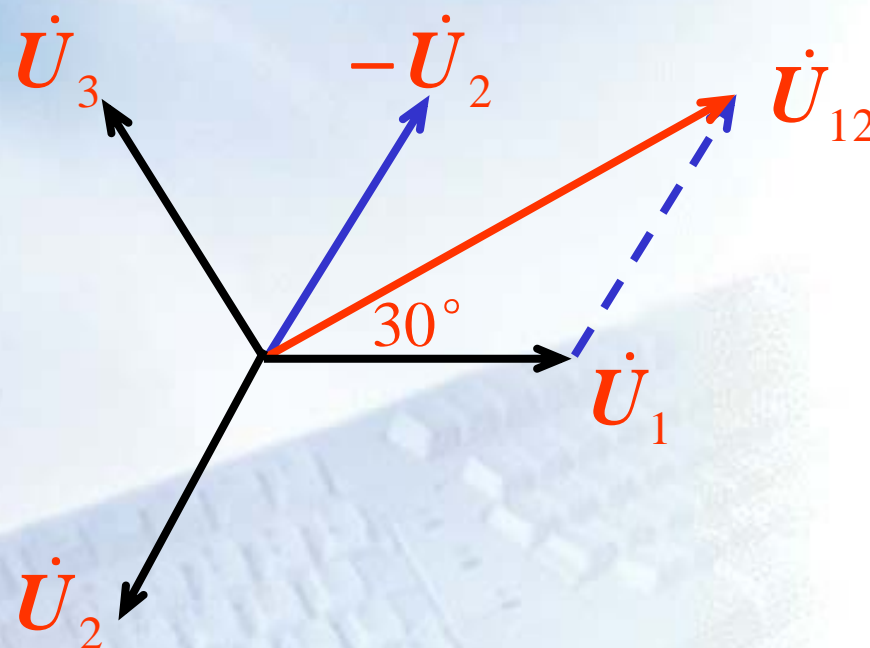
根据KVL定律

$$\dot{U}_{12} = \dot{U}_1 - \dot{U}_2$$

$$\dot{U}_{23} = \dot{U}_2 - \dot{U}_3$$

$$\dot{U}_{31} = \dot{U}_3 - \dot{U}_1$$

相量图



由相量图可得

$$\begin{aligned}\dot{U}_{12} &= \sqrt{3}\dot{U}_1 \angle 30^\circ = \sqrt{3}U_p \angle 30^\circ \\ &= U_l \angle 30^\circ\end{aligned}$$

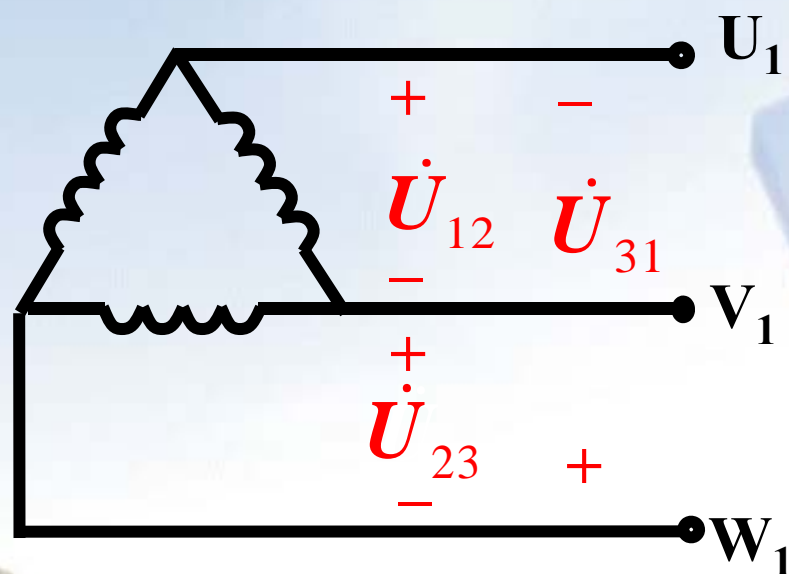
同理

$$\dot{U}_{23} = \sqrt{3}\dot{U}_2 \angle 30^\circ = \sqrt{3}U_p \angle -90^\circ = U_l \angle -90^\circ$$

$$\dot{U}_{31} = \sqrt{3}\dot{U}_3 \angle 30^\circ = \sqrt{3}U_p \angle 150^\circ = U_l \angle 150^\circ$$

结论：电源 Y 形联接时，线电压  $U_l = \sqrt{3}U_p$ ，且超前相应的相电压  $30^\circ$ ，三相线电压也是对称的。

### 三、三相电源的三角形联接



结论：电源  $\Delta$  形联接时  
线电压  $U_l =$  相电压  $U_p$

## 5.2 负载星形联接的三相电路

### 一、三相负载

#### 分类

负载 { 三相负载：需三相电源同时供电  
三相电动机等  
单相负载：只需一相电源供电  
照明负载、家用电器

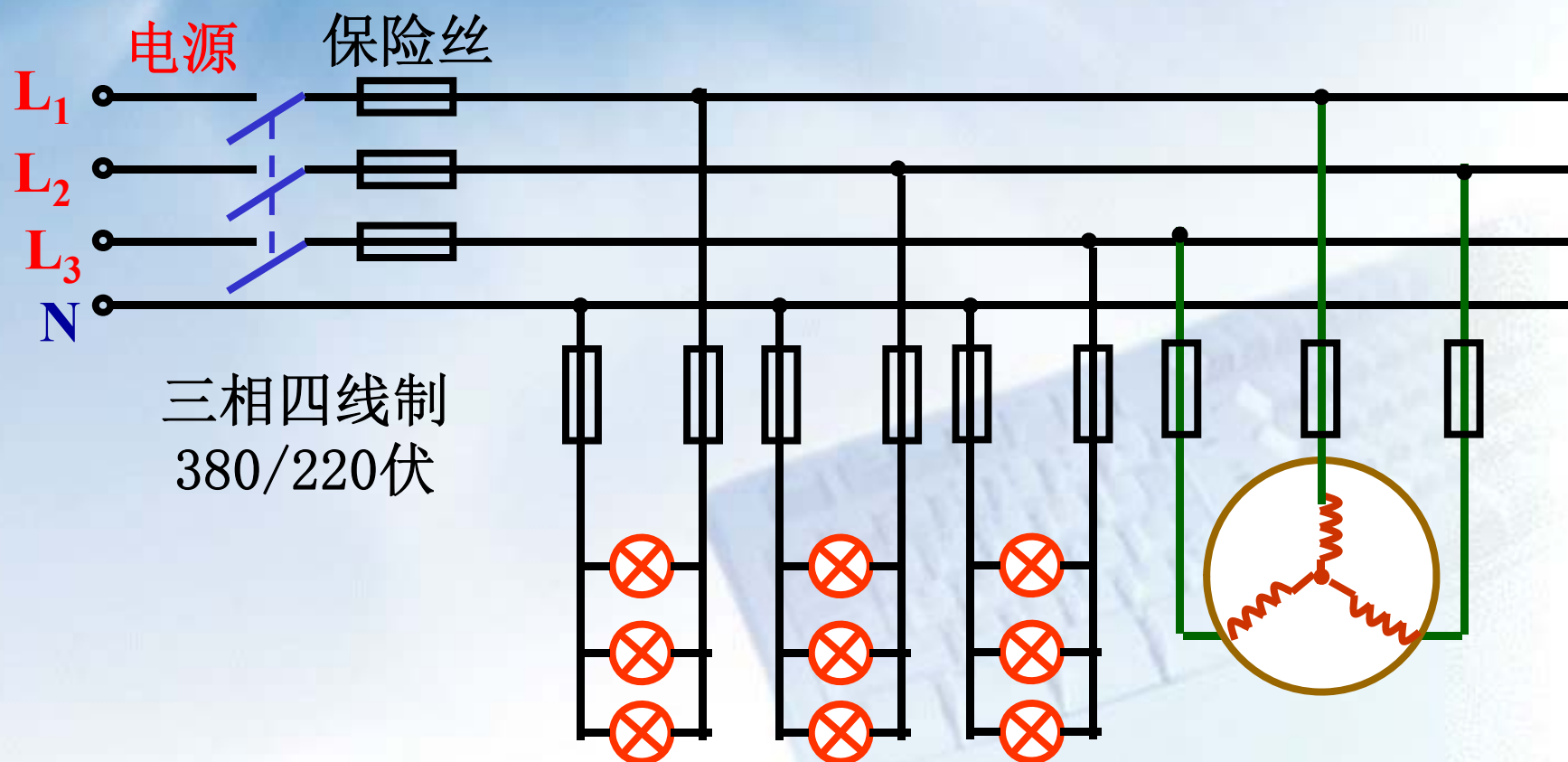
三相负载 { 对称三相负载： $Z_1=Z_2=Z_3$   
如三相电动机  
不对称三相负载：不满足  $Z_1=Z_2=Z_3$  如由单相负载组成的三相负载

#### 三相负载的联接

三相负载也有 Y 和  $\Delta$  两种接法，至于采用哪种方法，要根据负载的额定电压和电源电压确定。

## 三相负载连接原则

1. 电源提供的电压=负载的额定电压；
2. 单相负载尽量均衡地分配到三相电源上。



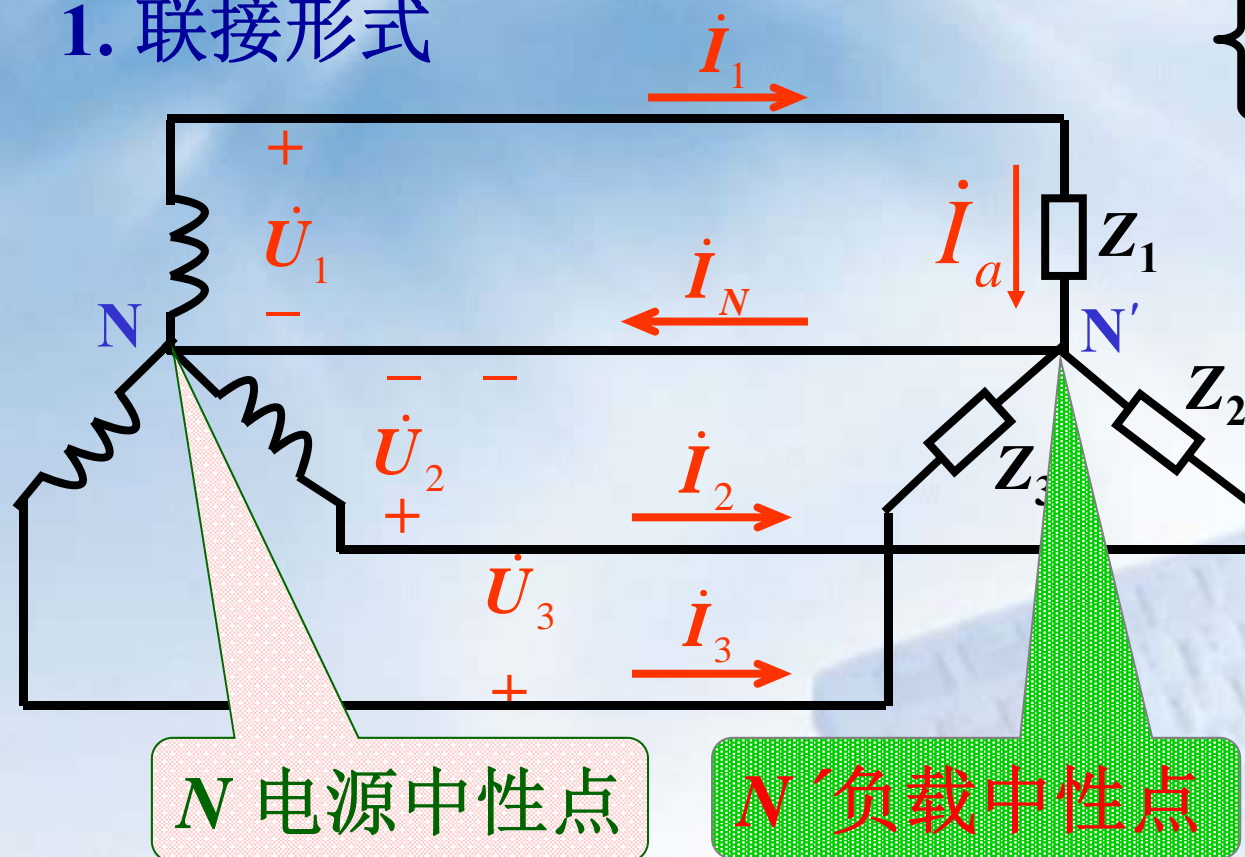
额定相电压为  
220伏的单相负载

额定线电压为  
380伏的三相负载

## 二、负载星形联接的三相电路

### 1. 联接形式

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Y: 三相三线制} \\ \text{Y}_0: \text{三相四线制} \end{array} \right.$



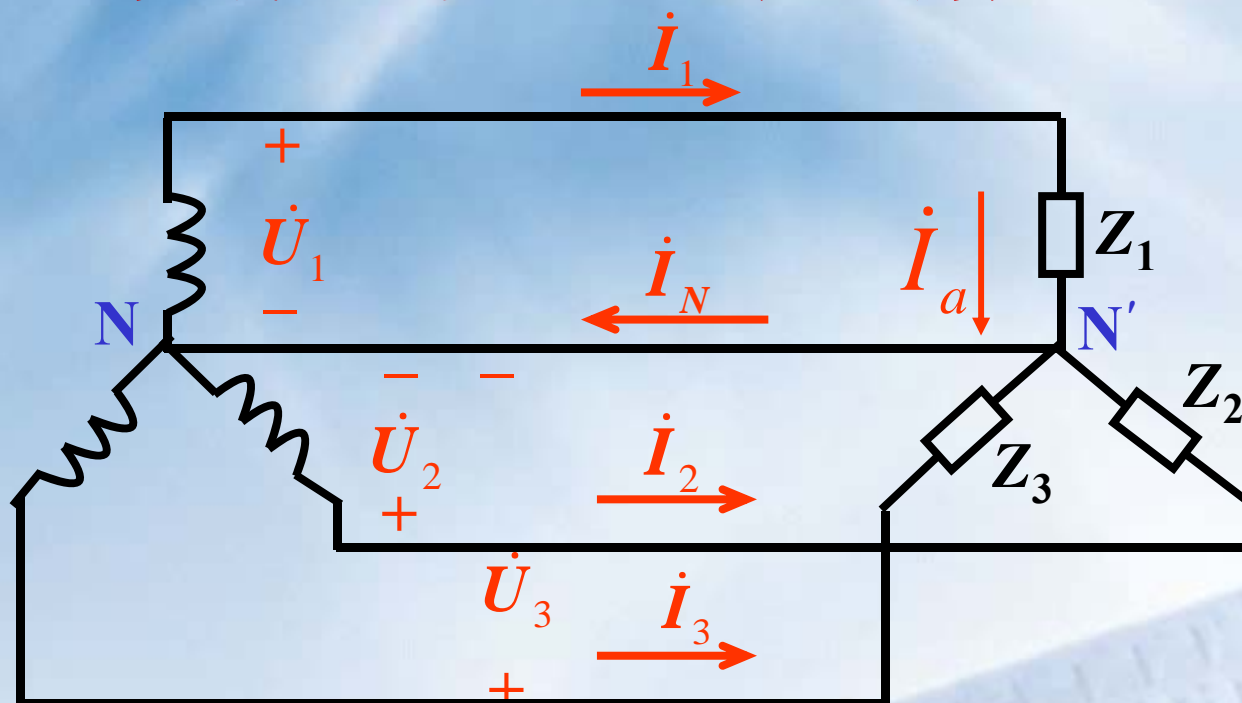
结论：  
 负载 Y 联接时，线电流等于相电流。

相电流：流过每相负载的电流

线电流：流过端线的电流  $i_1$ 、 $i_2$ 、 $i_3$



## 2. 负载Y联接三相电路的计算



Y联接时:

$$U_l = \sqrt{3}U_P$$

$$I_l = I_P$$

$$I_1 = \frac{\dot{U}_1}{Z_1}$$

$$I_2 = \frac{\dot{U}_2}{Z_2}$$

$$I_3 = \frac{\dot{U}_3}{Z_3}$$

1) 负载端的线电压 = 电源线电压

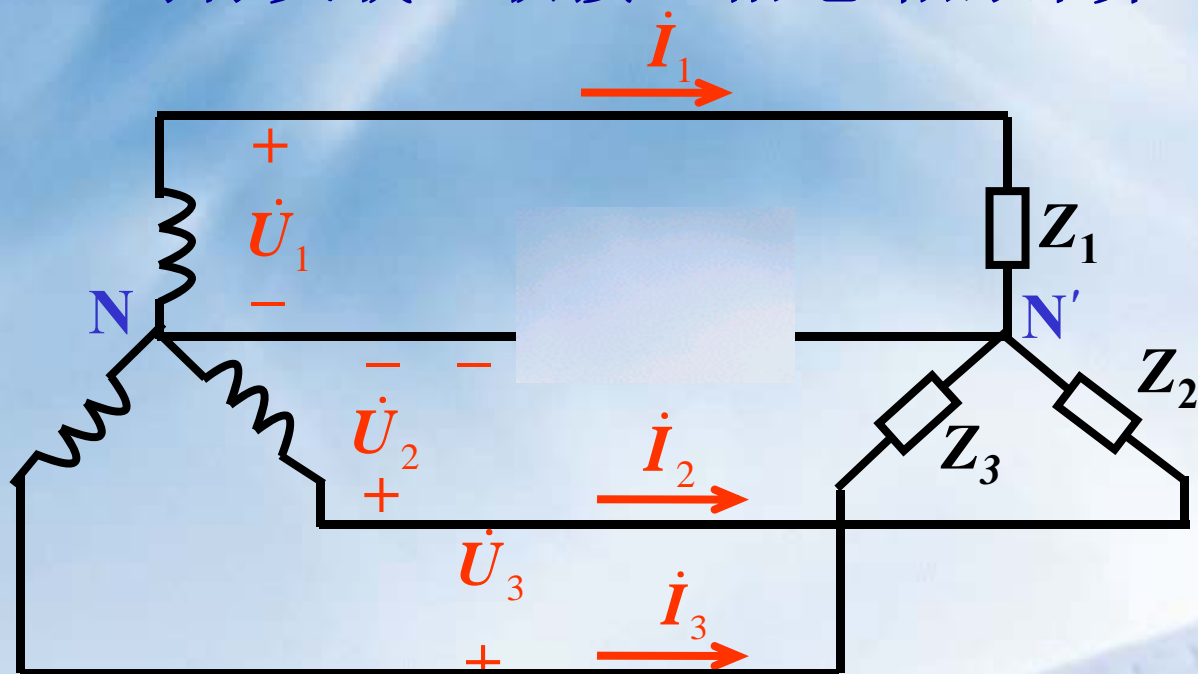
2) 负载的相电压 = 电源相电压

3) 线电流 = 相电流

4) 中线电流  $\dot{I}_N = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3$

负载 Y 联接带中线时, 可将各相分别看作单相电路计算

### 3. 对称负载Y 联接三相电路的计算



$\because$  三相电压对称, 且  $Z_1 = Z_2 = Z_3$

$\therefore$  负载对称时, 三相电流也对称。

中线电流  $\dot{I}_N = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0$

负载对称时, 中线无电流, 可省掉中线。

负载对称时, 只需计算一相电流, 其它两相电流可

根据对称性直接

如:

$$\dot{I}_1 = 10 \angle 30^\circ \text{ A}$$

可知:

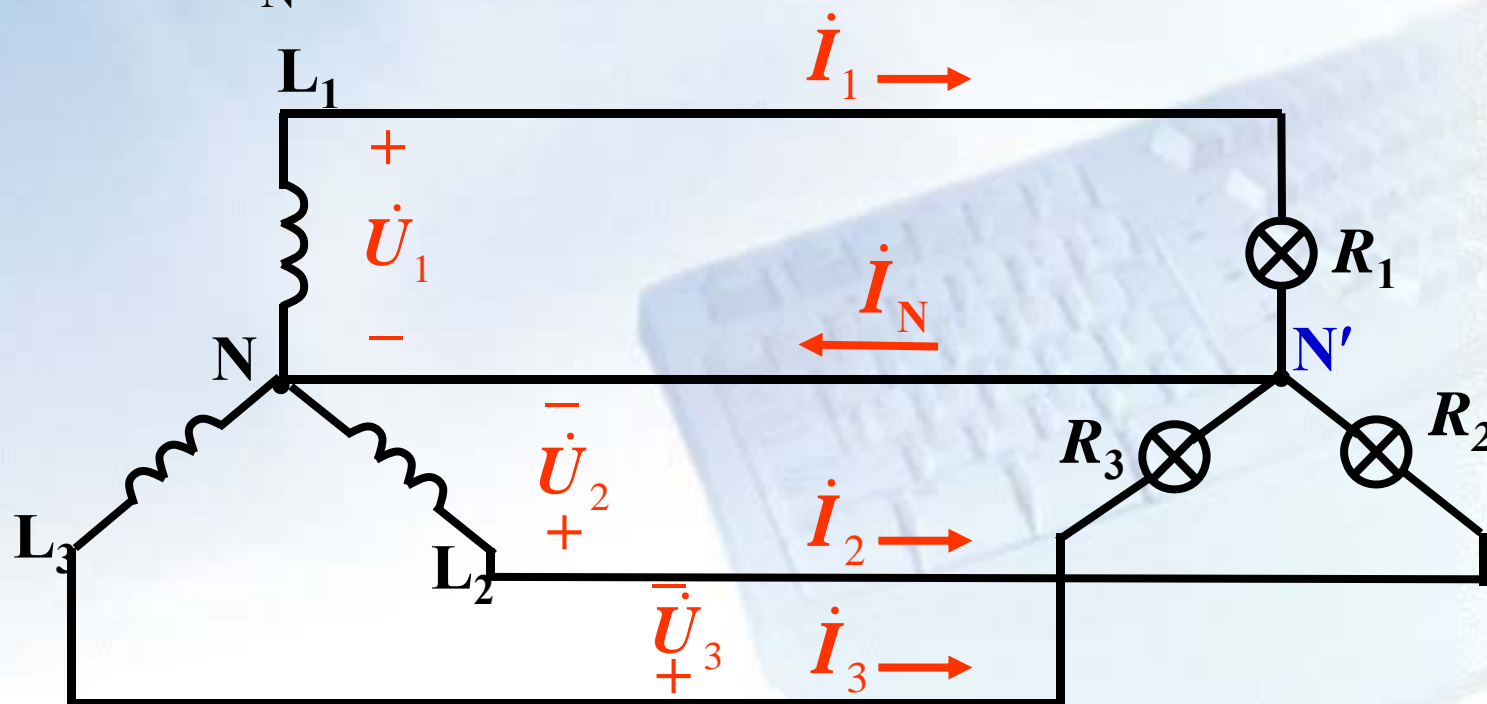
$$\dot{I}_2 = 10 \angle -90^\circ \text{ A}$$

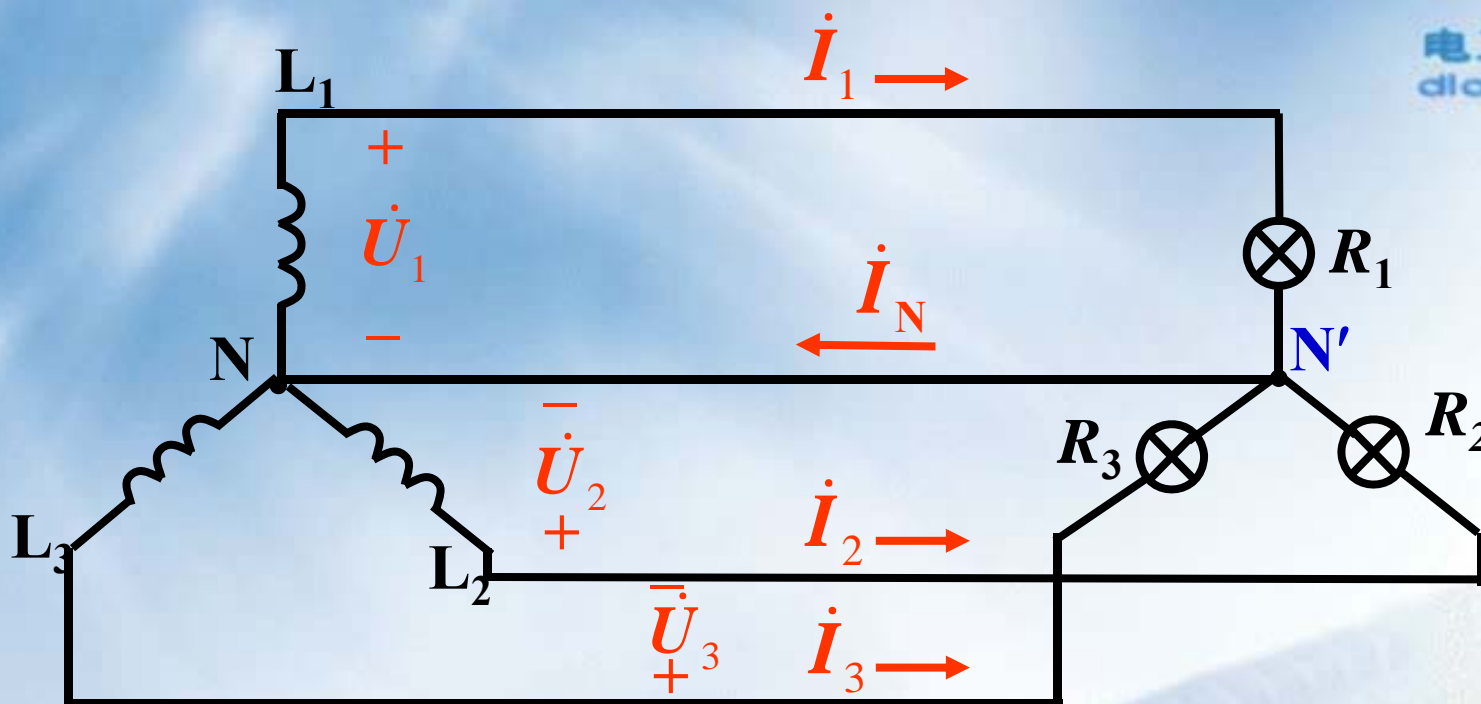
$$\dot{I}_3 = 10 \angle +150^\circ \text{ A}$$

负载对称无中线时

$$U_l = \sqrt{3} U_P$$

**例1:**一星形联接的三相电路，电源电压对称.设电源线电压  $u_{12} = 380\sqrt{2} \sin(314t + 30^\circ) \text{V}$  。 负载为电灯组，若  $R_1=R_2=R_3=5\Omega$  ，求线电流及中线电流  $I_N$ ；若  $R_1=5\Omega$  ，  $R_2=10\Omega$  ，  $R_3=20\Omega$  ,求线电流及中线电流  $I_N$  。





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

(1) 相电流  $\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{R_1} = \frac{220\angle 0^\circ}{5} = 44\angle 0^\circ \text{ A}$

三相对称  $\dot{I}_2 = 44\angle -120^\circ \text{ A}$      $\dot{I}_3 = 44\angle +120^\circ \text{ A}$

中线电流  $\dot{I}_N = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0$



(2) 三相负载不对称 ( $R_1=5\Omega$ 、 $R_2=10\Omega$ 、 $R_3=20\Omega$ )

分别计算各线电流

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{R_1} = \frac{220\angle 0^\circ}{5} = 44\angle 0^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_2}{R_2} = \frac{220\angle -120^\circ}{10} = 22\angle -120^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_3}{R_3} = \frac{220\angle +120^\circ}{20} = 11\angle +120^\circ \text{ A}$$

中线电流

$$\begin{aligned}\dot{I}_N &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 44\angle 0^\circ + 22\angle -120^\circ + 11\angle +120^\circ \\ &= 29\angle -19^\circ \text{ A}\end{aligned}$$



## 例2：照明系统故障分析

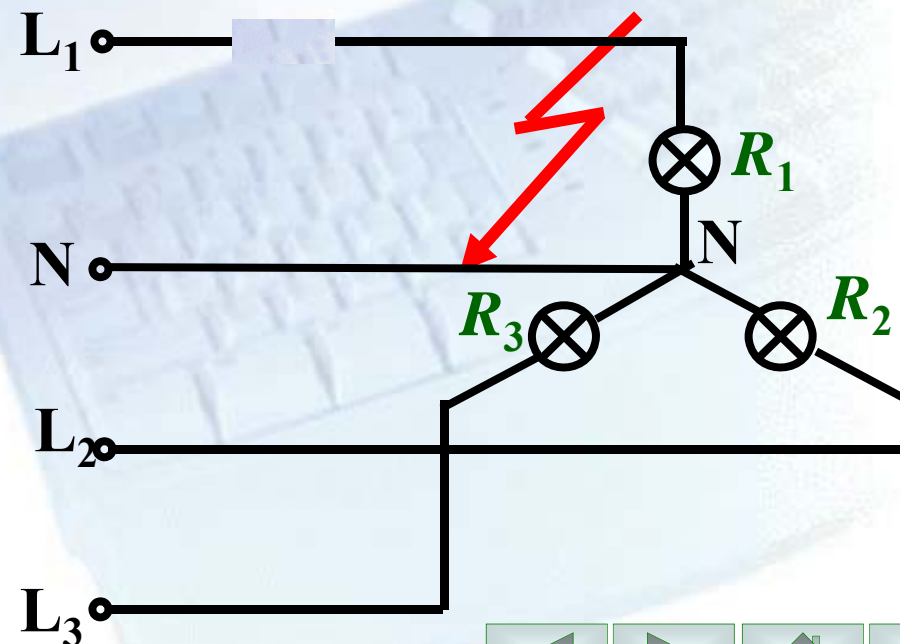
在上例中，试分析下列情况

1.  $L_1$ 相短路：中性线未断时，求各相负载电压；  
中性线断开时，求各相负载电压。
2.  $L_1$ 相断路：中性线未断时，求各相负载电压；  
中性线断开时，求各相负载电压。

解：1.  $L_1$ 相短路

1) 中线未断

此时 $L_1$ 相短路电流很大，将 $L_1$ 相熔断丝熔断，而 $L_2$ 相和 $L_3$ 相未受影响，其相电压仍为220V，正常工作。

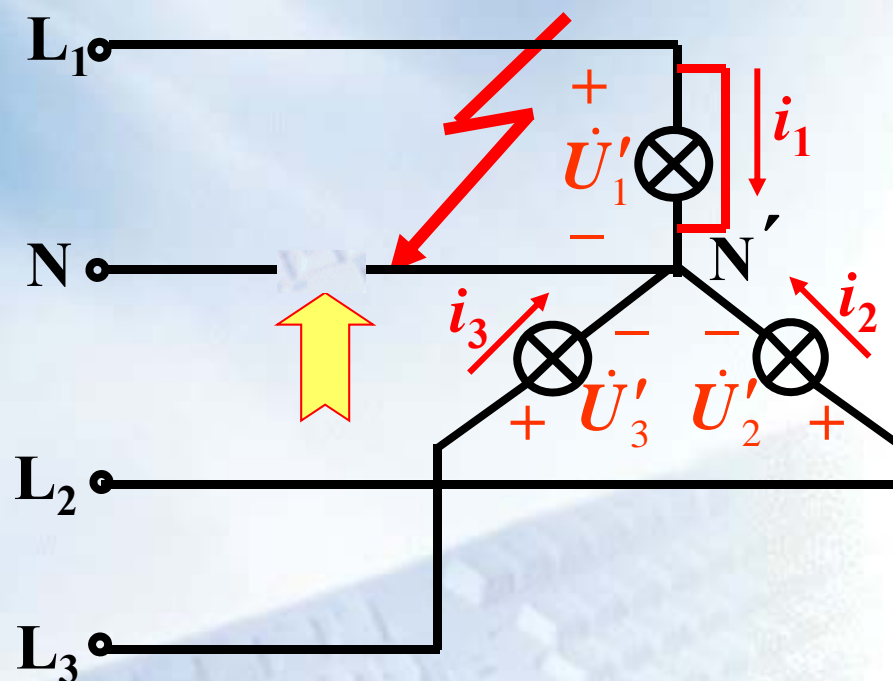


2)  $L_1$ 相短路, 中线断开时,  
此时负载中性点 $N'$  即  
为 $L_1$ , 因此负载各相电  
压为

$$U'_1 = 0, \quad U'_1 = 0$$

$$U'_2 = U'_{21}, \quad U'_2 = 380V$$

$$U'_3 = U'_{31}, \quad U'_3 = 380V$$



此况下,  $L_2$ 相和 $L_3$ 相的电灯组由于承受电压上所加的电压都超过额定电压 (220V), 这是不允许的。

## 2. $L_1$ 相断路

### 1) 中线未断

$L_2$ 、 $L_3$ 相灯仍承受220V电压，正常工作。

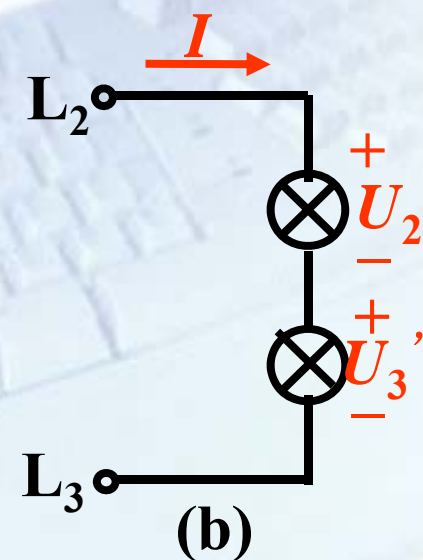
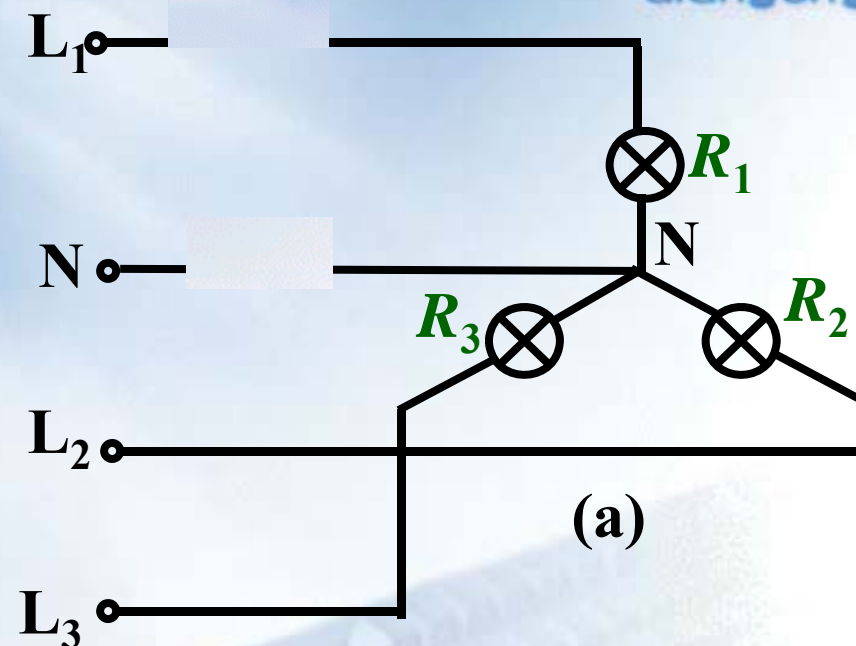
### 2) 中线断开

变为单相电路，如图(b)所示，由图可求得

$$I = \frac{U_{23}}{R_2 + R_3} = \frac{380}{10 + 20} = 12.7 \text{ A}$$

$$U'_2 = IR_2 = 12.7 \times 10 = 127 \text{ V}$$

$$U'_3 = IR_3 = 12.7 \times 20 = 254 \text{ V}$$



## 结论

1. 不对称负载Y联接又未接中线时，负载相电压不再对称，且负载电阻越大，负载承受的电压越高。
2. 中线的作用：保证星形联接三相不对称负载的相电压对称。
3. 照明负载三相不对称，必须采用三相四线制供电方式，且中性线（指干线）内不允许接熔断器或刀闸开关。

**例3:** 求例1电路中线断开时负载的相电压及相电流。

**解:** 设  $\dot{U}_1 = 220\angle 0^\circ \text{ V}$ , 则节点电压

$$U_N = \frac{\frac{\dot{U}_1}{R_1} + \frac{\dot{U}_2}{R_2} + \frac{\dot{U}_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{220\angle 0^\circ}{5} + \frac{220\angle -120^\circ}{10} + \frac{220\angle 120^\circ}{20}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20}}$$

$$= 78.6 - \text{j} 27.2$$

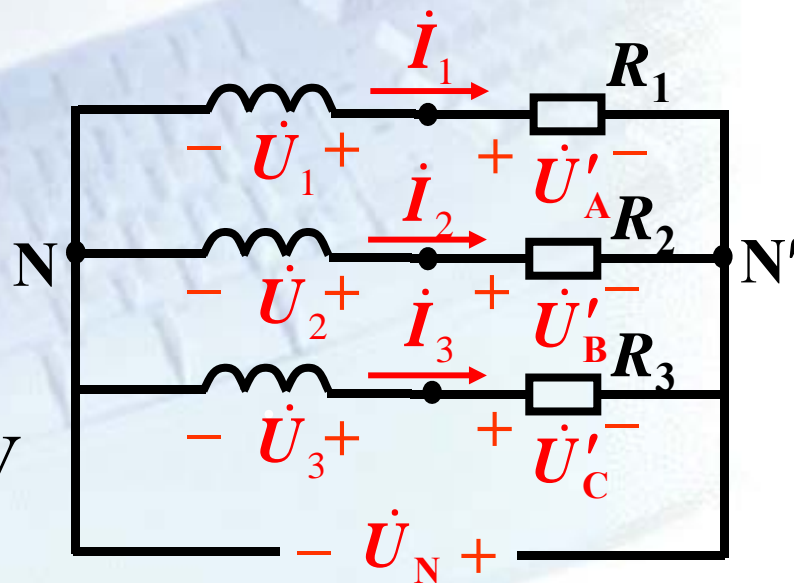
$$= 85.3\angle -19^\circ \text{ A}$$

负载电压

$$\dot{U}'_1 = \dot{U}_1 - U_N = 144\angle 11^\circ \text{ V}$$

$$\dot{U}'_2 = \dot{U}_2 - U_N = 249\angle -139^\circ \text{ V}$$

$$\dot{U}'_3 = \dot{U}_3 - \dot{U}_N = 288\angle 131^\circ \text{ V}$$





$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}'_1}{R_1} = \frac{144 \angle 11^\circ}{5} = 28.8 \angle 11^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}'_2}{R_2} = \frac{249.4 \angle -139^\circ}{10} = 24.94 \angle -139^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}'_3}{R_3} = \frac{288 \angle 131^\circ}{20} = 14.4 \angle 131^\circ \text{ A}$$

可见：

1. 不对称三相负载做星形联接且无中线时，三相负载的相电压不对称。
2. 照明负载三相不对称，必须采用三相四线制供电方式，且中线上不允许接刀闸和熔断器。

## 练习与思考

**5.2.1** 什么是三相负载、单相和单相负载的三相联接？三相交流电动机有三根电源线接到电源的 $L_1, L_2, L_3$ 三端，称为三相负载，电灯有两根电源线，为什么不称为两相负载？

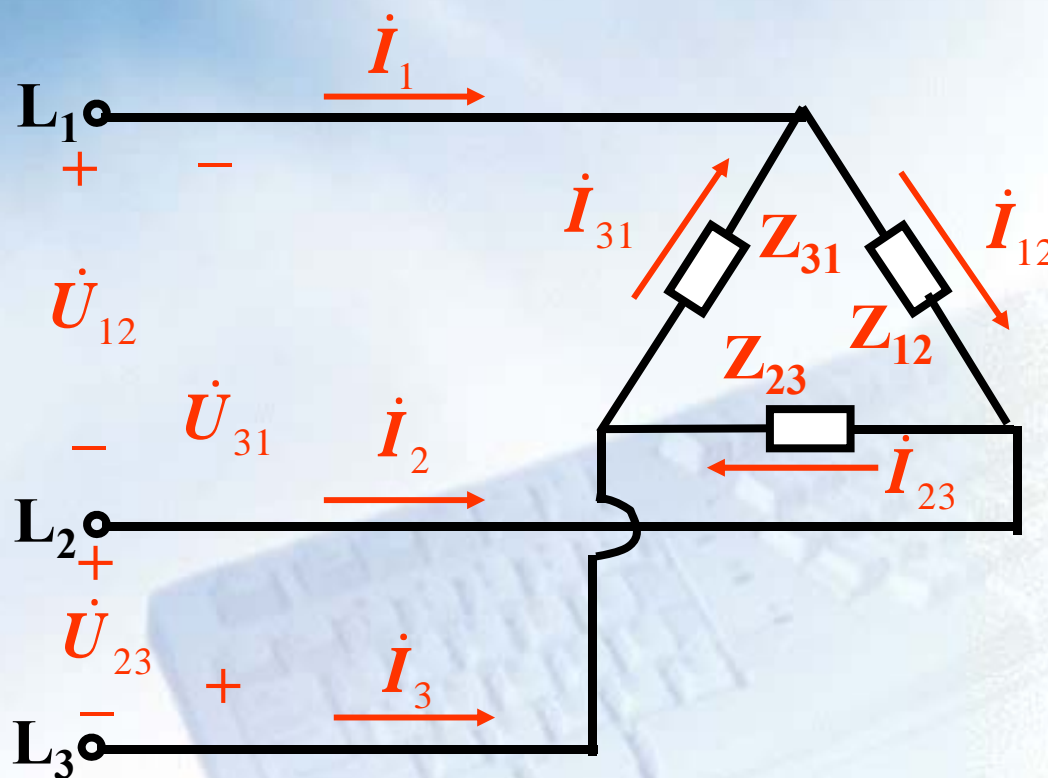
**5.2.2** 图示电路中，为什么中性线中部不接开关，也不接入熔断器？

**5.2.3** 有220伏100W的电灯66个，应如何接入线电压为380V的三相四线制电路？求负载在对称情况下的线电流。

**5.2.4** 为什么电灯开关一定要接在相线(火线)上？

## 5.3 负载三角形联接的三相电路

### 一、联接形式



相电流：流过每相负载的电流  $\dot{I}_{12}$ 、 $\dot{I}_{23}$ 、 $\dot{I}_{31}$

线电流：流过端线的电流  $\dot{I}_1$ 、 $\dot{I}_2$ 、 $\dot{I}_3$

## 二、分析计算

### 1. 负载相电压=电源线电压

$$\text{即: } U_P = U_l$$

一般电源线电压对称,  
因此不论负载是否对称,  
负载相电压始终对称,即

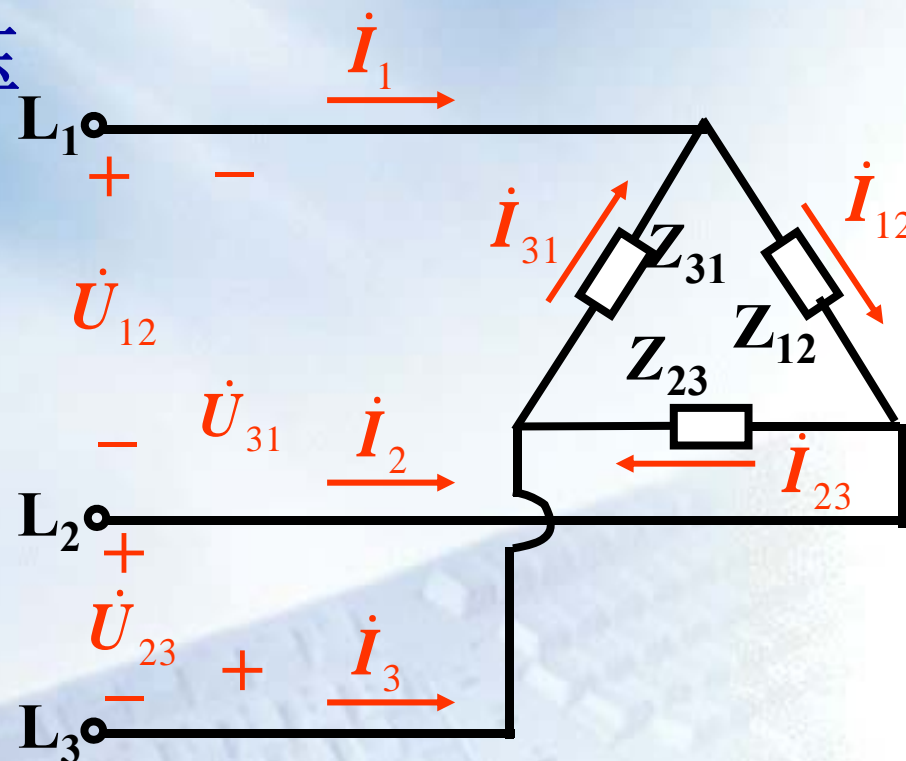
$$U_{12} = U_{23} = U_{31} = U_l = U_P$$

### 2. 相电流

$$\dot{I}_{12} = \frac{\dot{U}_{12}}{Z_{12}}$$

$$\dot{I}_{23} = \frac{\dot{U}_{23}}{Z_{23}}$$

$$\dot{I}_{31} = \frac{\dot{U}_{31}}{Z_{31}}$$



相电流:  $\dot{I}_{12}$ 、 $\dot{I}_{23}$ 、 $\dot{I}_{31}$

线电流:  $\dot{I}_1$ 、 $\dot{I}_2$ 、 $\dot{I}_3$

线电流不等于相电流

### 3. 线电流

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{12} - \dot{I}_{31}$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{23} - \dot{I}_{12}$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_{31} - \dot{I}_{23}$$

负载对称时, 相电流对称, 即

$$I_{12} = I_{23} = I_{31} = I_P = \frac{U_P}{|Z|}$$

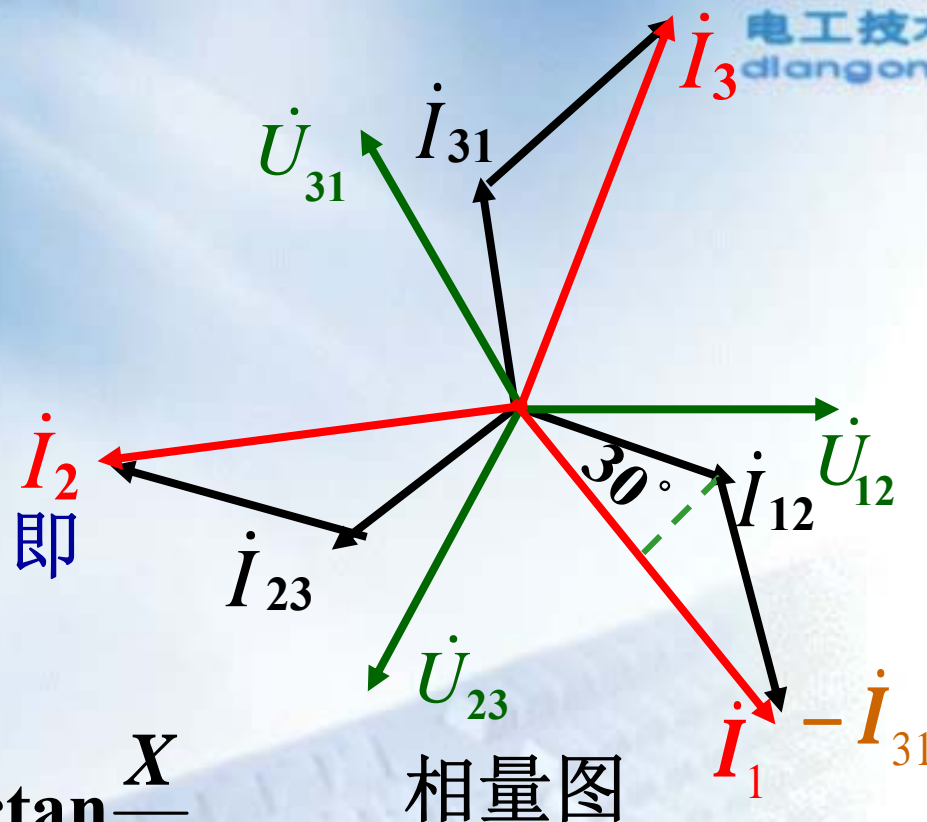
$$\varphi_{12} = \varphi_{23} = \varphi_{31} = \varphi = \arctan \frac{X}{R}$$

为此线电流也对称, 即  $I_1 = I_2 = I_3 = I_l$ 。

由相量图可求得

$$I_l = 2I_P \cos 30^\circ = \sqrt{3}I_P$$

线电流比相应的相电流  
滞后 $30^\circ$ 。



结论: 对称负载 $\Delta$ 联接时  
线电流 $I_l = \sqrt{3}I_P$ (相电流),  
且落后相应的相电流 $30^\circ$ 。





三相电动机绕组可以联接成星形，也可以联接成三角形，而照明负载一般都联接成星形（具有中性线）。

## 三相负载的联接原则

应使加于每相负载上的电压等于其额定电压，而与电源的联接方式无关。

负载的额定电压 = 电源的线电压

应作  $\Delta$  联接

负载的额定电压 =  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  电源线电压

应作 Y 联接

## 5.4 三相功率

无论负载为 Y 或  $\Delta$  联接，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 联接时： $U_p = \frac{1}{\sqrt{3}} U_l, I_p = I_l$

对称负载  $\Delta$  联接时： $U_p = U_l, I_p = \frac{1}{\sqrt{3}} I_l$

相电压与相  
电流的相位差

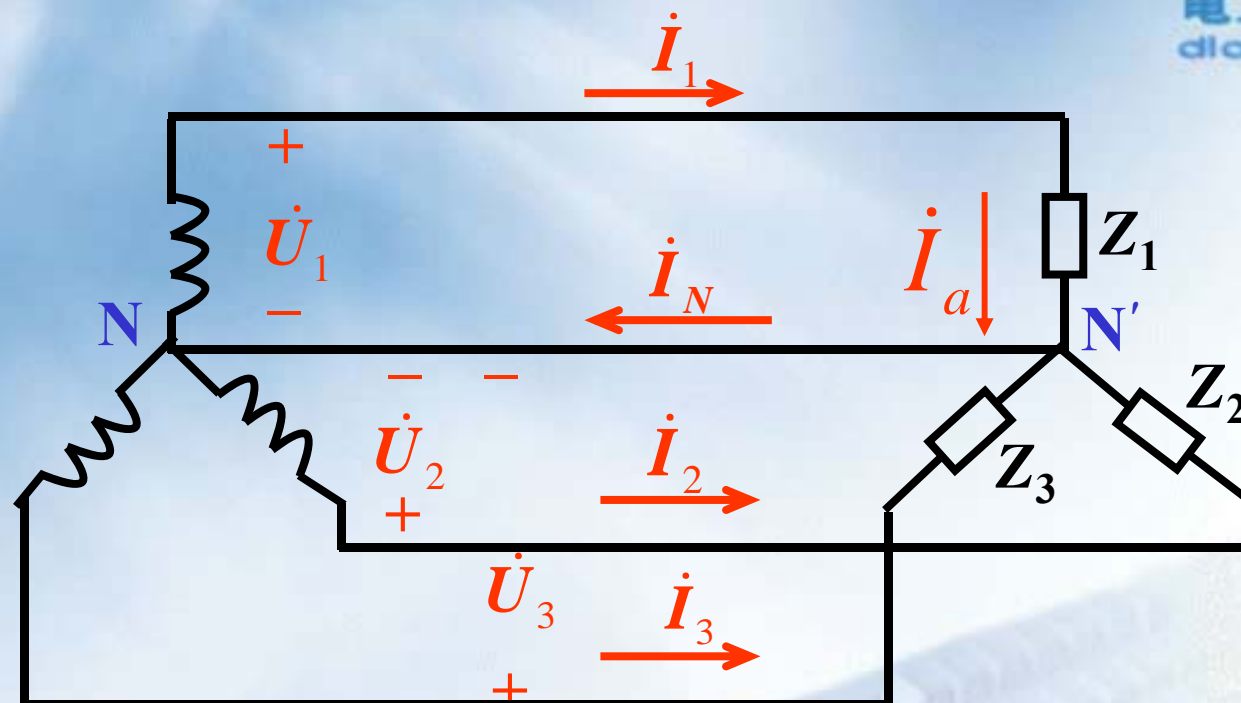
$$\therefore P = 3U_p I_p \cos \varphi_p = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi_p$$

同理

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

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

## 正误判断



## 对称负载 Y 联接

$$\begin{array}{llll}
 I_l \neq \frac{U_l}{|Z|} & I_1 \neq \frac{U_{12}}{|Z_1| + |Z_2|} & I_1 \neq \frac{U_{12}}{|Z_1 + Z_2|} & I_l \neq \frac{U_P}{|Z|} \\
 I_l \neq \sqrt{3} I_P & U_l \neq U_P & U_l \neq \sqrt{3} U_P & I_P \neq \frac{U_P}{|Z|}
 \end{array}$$

# 正误判断

## 对称负载 Y 联接

$$\begin{array}{ccc}
 \dot{I}_1 \neq \frac{\dot{U}_{12}}{\sqrt{3} Z_1} & \dot{I}_1 \neq \frac{\dot{U}_{12} \angle 30^\circ}{\sqrt{3} Z_1} & \dot{I}_1 \neq \frac{\dot{U}_{12} \angle -30^\circ}{\sqrt{3} Z_1}
 \end{array}$$

已知：

三相负载对称

$$\dot{U}_{12} = 380 \angle 30^\circ \text{V}$$

$$Z = 20 \angle 53^\circ \Omega$$

$$P \neq \sqrt{3} \times 380 \times \frac{220}{20} \times \cos 23^\circ \text{W}$$

$$P \neq \sqrt{3} \times 380 \times \frac{220}{20} \times \cos 53^\circ \text{W}$$

$$P \neq 3 \times 220 \times \frac{220}{20} \times \cos 53^\circ \text{W}$$

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

$$P = \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 6.1 \times \frac{29}{\sqrt{29^2 + 21.8^2}}$$

$$= \sqrt{3} \times 380 \times 6.1 \times 0.8 = 3.2\text{ KW}$$

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

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



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

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

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

比较(1), (2)的结果:

在三角形和星形两种联接法中, **相电压、相电流以及功率都未改变**, 仅三角形联接情况下的线电流比星形联接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，接有两组对称三相电源：一组是三角形联接的电感性负载，每相阻抗  $Z_{\Delta} = 36.3\angle 37^{\circ} \Omega$ ；另一组是星形联接的电阻性负载，每相电阻 $R = 10\Omega$ ，如图所示。试求：

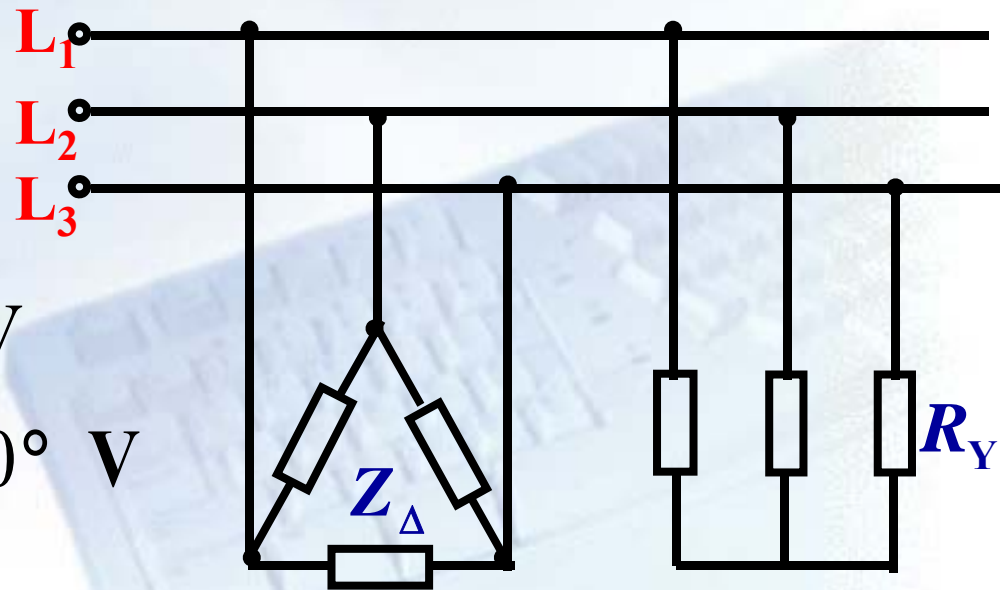
- (1) 各负载的相电流；
- (2) 电路线电流；
- (3) 三相有功功率。

**解：** 设  $\dot{U}_{12} = 380\angle 0^{\circ} \text{ V}$

则  $\dot{U}_1 = 220\angle -30^{\circ} \text{ V}$

**(1) 各负载的相电流**

由于三相负载对称，所以只需计算一相，其他两相可以推出。



负载三角形联接时，其相电流为

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

负载星形联接时，其相电流为

$$\dot{I}_{1Y} = \frac{\dot{U}_1}{R_Y} = \frac{220\angle -30^{\circ}}{10} = 22\angle -30^{\circ} \text{ A}$$

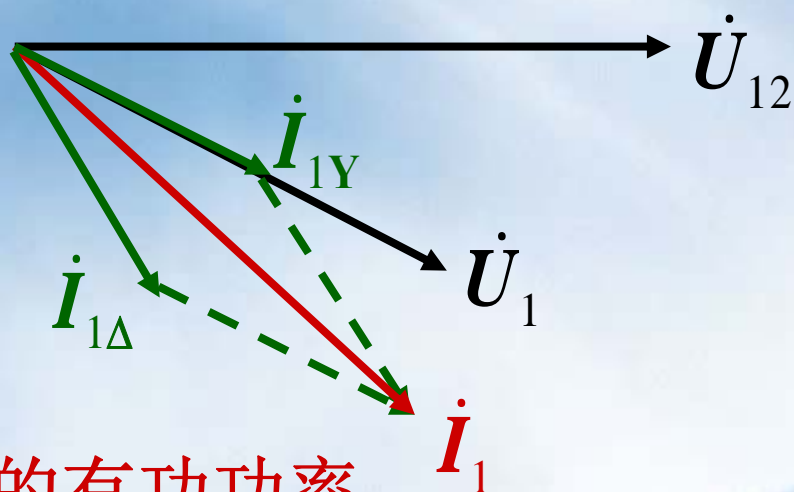
(2) 电路线电流

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

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

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

$$P = P_{\Delta} + P_Y$$

$$= \sqrt{3}U_1 I_1 \cos \varphi_{\Delta} + \sqrt{3}U_1 I_1 \cos \varphi_Y$$

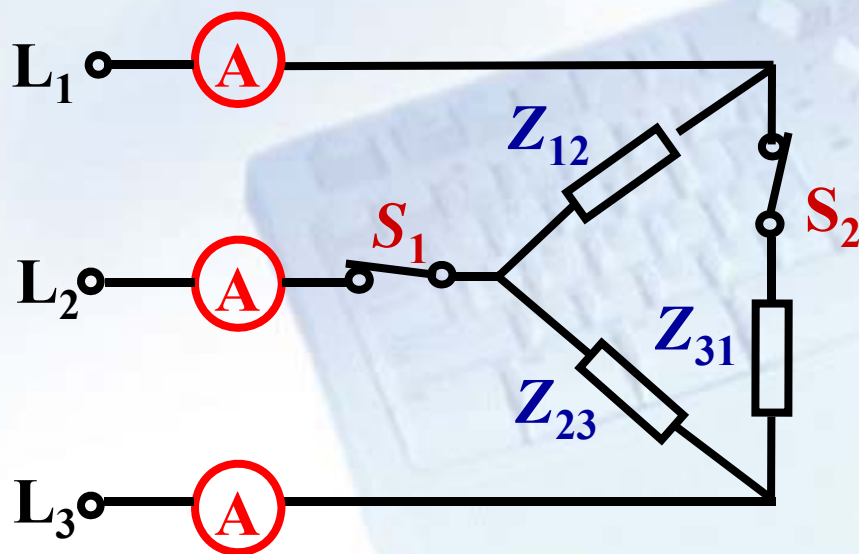
$$= \sqrt{3} \times 380 \times 18.13 \times 0.8 + \sqrt{3} \times 380 \times 22$$

$$= 9546 + 14480$$

$$\doteq 2.4 \text{ KW}$$

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

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

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

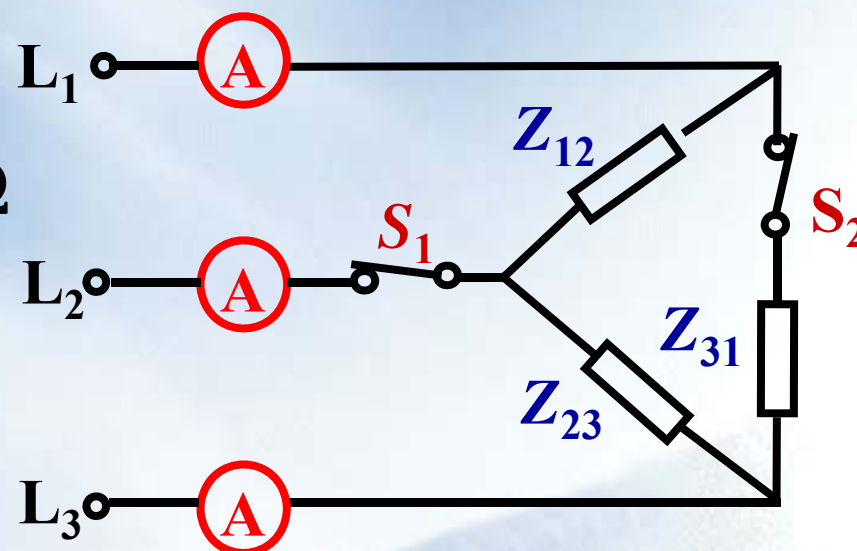
$$= 0.68$$

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

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

或:  $P = 3I^2 R$

$$P = 3\overline{U_P I_P \cos \varphi} \quad \underline{tg \varphi = X_L / R}$$



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  $I_l$ 。

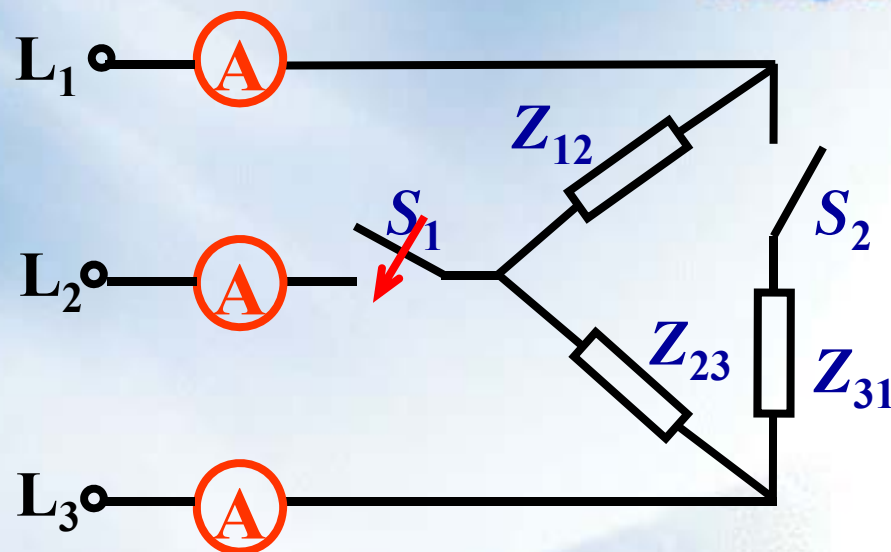
$$\therefore I_1 = I_3 = 10\text{A} \quad I_2 = 17.32\text{A}$$

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

$L_2$  线电流 = 0A

$I_1$  仍为相电流  $I_P$  ,

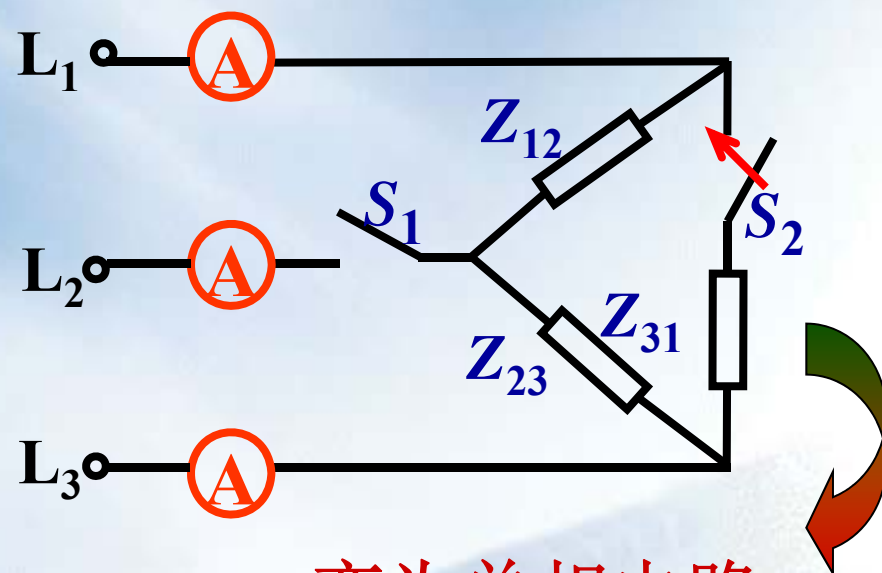
$I_2$  变为  $1/2 I_P$  。

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

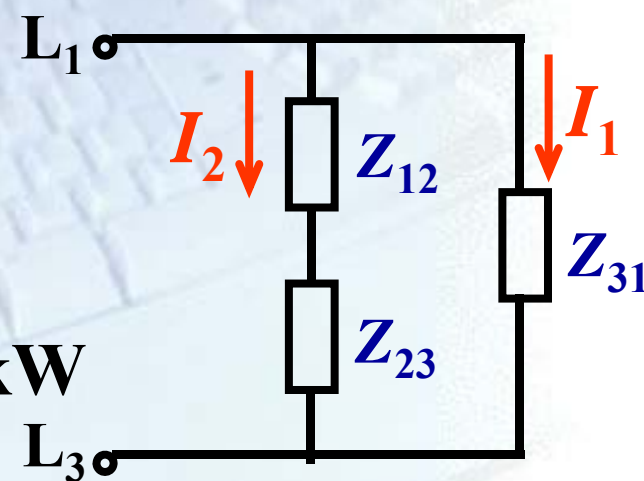
$\therefore I_2$  变为  $1/2 I_P$  , 所以  $L_1L_2$ 、  
 $L_2L_3$  相的功率变为原来的  $1/4$  。

$$P = 1/4 P_{12} + 1/4 P_{23} + P_{31}$$

$$= 0.375 + 0.375 + 1.5 = 2.25 \text{ kW}$$

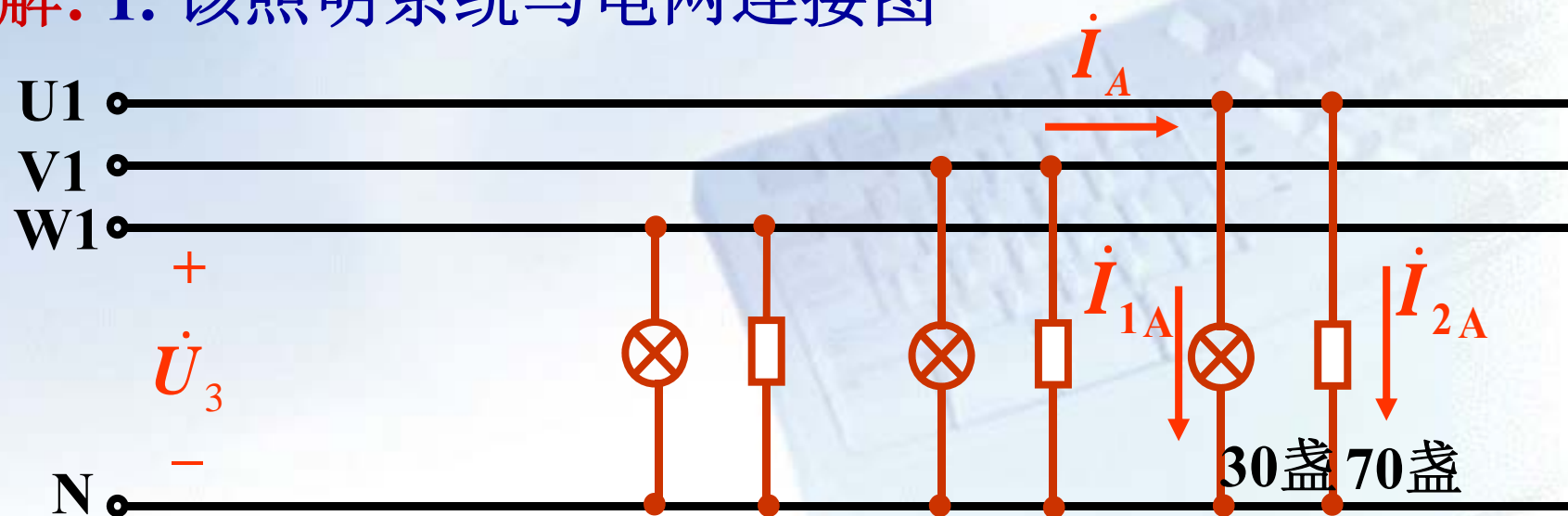


变为单相电路

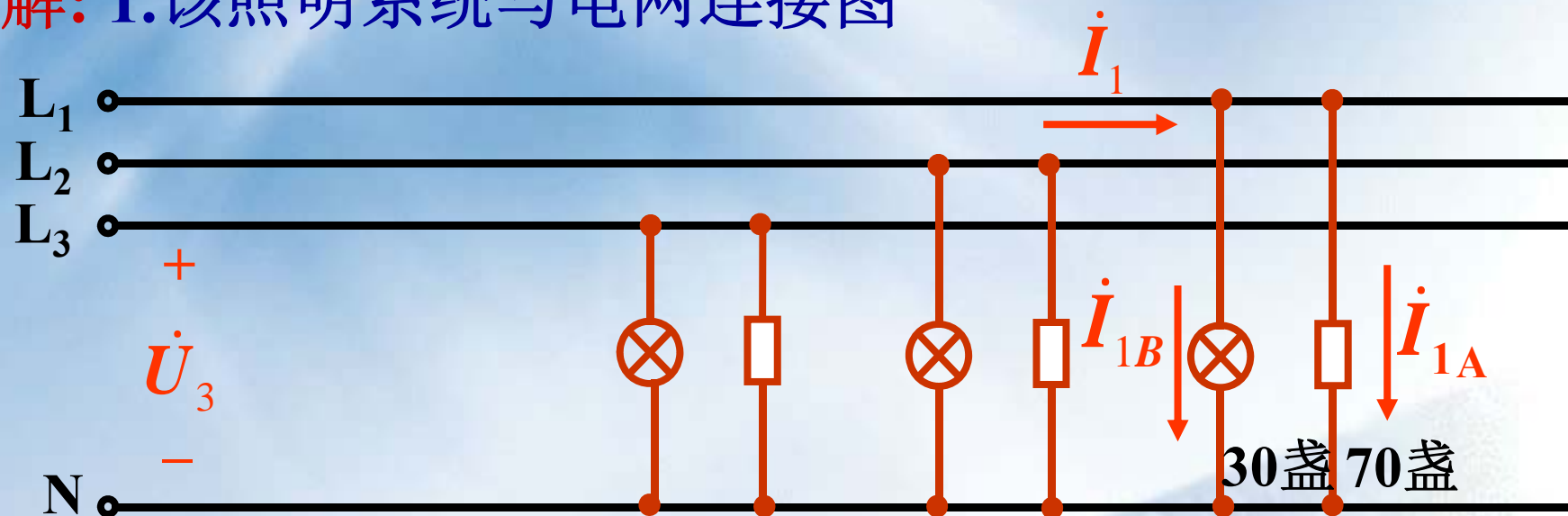


**例4:** 某大楼为日光灯和白炽灯混合照明，需装40瓦 日光灯210盏 ( $\cos\varphi_1=0.5$ )，60瓦白炽灯90盏 ( $\cos\varphi_2=1$ )，它们的额定电压都是220V，由380V/220V的电网供电。试分配其负载并指出应如何接入电网。这种情况下，线路电流为多少？

**解: 1. 该照明系统与电网连接图**



解: 1. 该照明系统与电网连接图



2. 计算线电流 设  $\dot{U}=220/0^\circ$  V

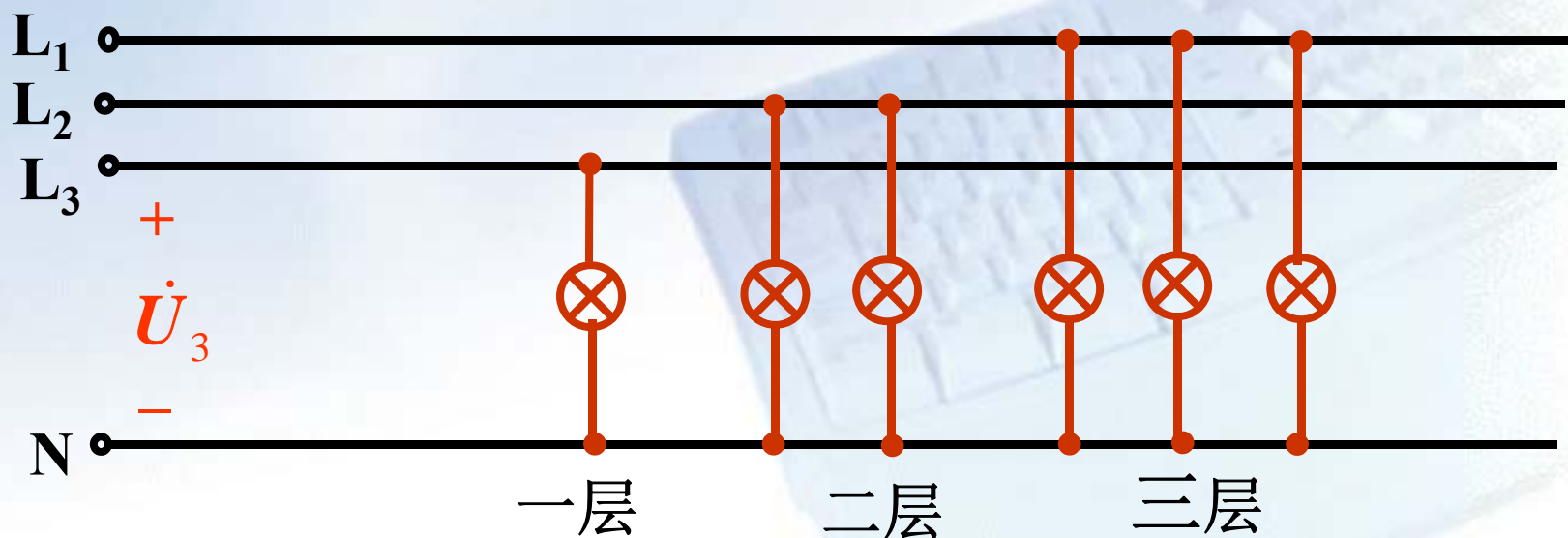
$$\begin{aligned} \dot{I}_{1A} &= 30 \times \frac{60}{220 \times 1} \angle 0^\circ \text{ A} & \dot{I}_{1B} &= 70 \times \frac{40}{220 \times 0.5} \angle -60^\circ \text{ A} \\ &= 8.1818 \angle 0^\circ \text{ A} & &= 25.46 \angle -60^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

$$\therefore \dot{I}_1 = \dot{I}_{1A} + \dot{I}_{1B} = 30.4 \angle -46.5^\circ \text{ A}$$

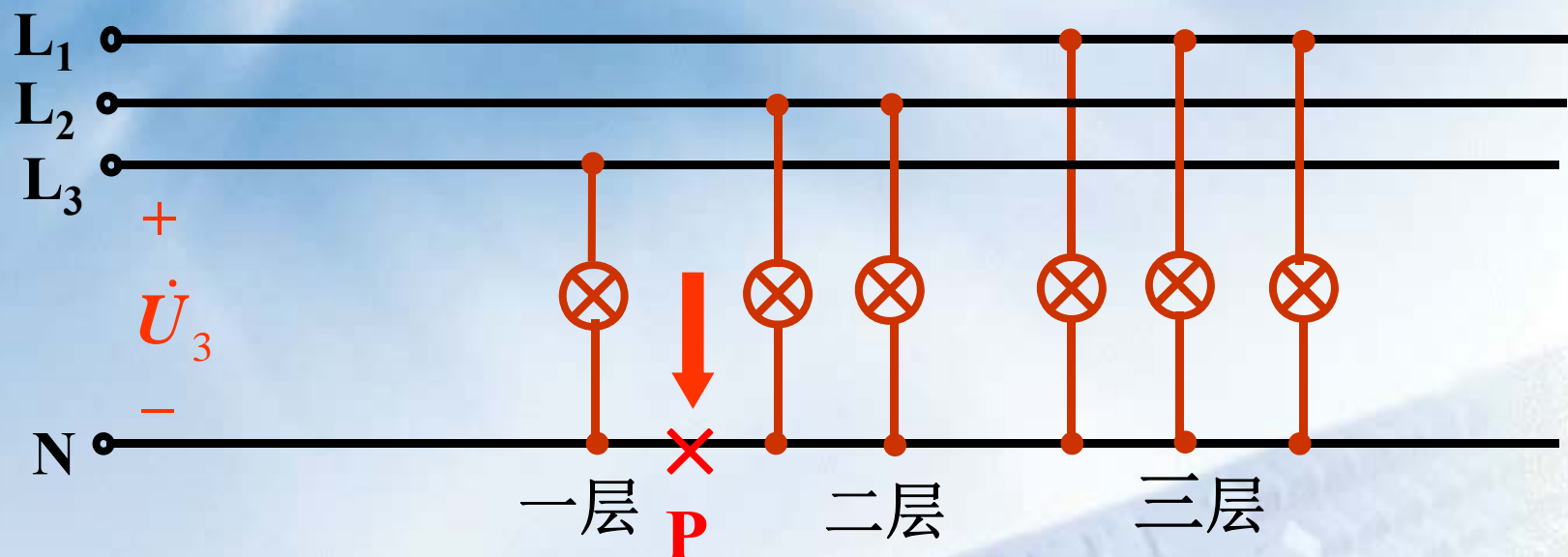


**例5:** 某大楼电灯发生故障，第二层楼和第三层楼所有电灯都突然暗下来，而第一层楼电灯亮度不变，试问这是什么原因？这楼的电灯是如何联接的？同时发现，第三层楼的电灯比第二层楼的电灯还暗些，这又是什么原因？

**解:** 1. 本系统供电线路图



## 解：1. 本系统供电线路图



2. 当P处断开时，二、三层楼的灯串联接380V 电压，所以亮度变暗，但一层楼的灯仍承受220V电压亮度不变。

3. 因为三楼灯多于二楼灯即  $R_3 < R_2$ ，所以三楼灯比二楼灯暗。