

# 第4章 三相电路

## *(Three Phase Circuit)*

§ 4.1 三相电源

§ 4.2 三相负载的星形联接电路

§ 4.3 三相负载的三角形联接电路

§ 4.4 三相电路的功率

重点掌握对称三相电路的计算

# 第4章 三相电路

## *(Three Phase Circuit)*

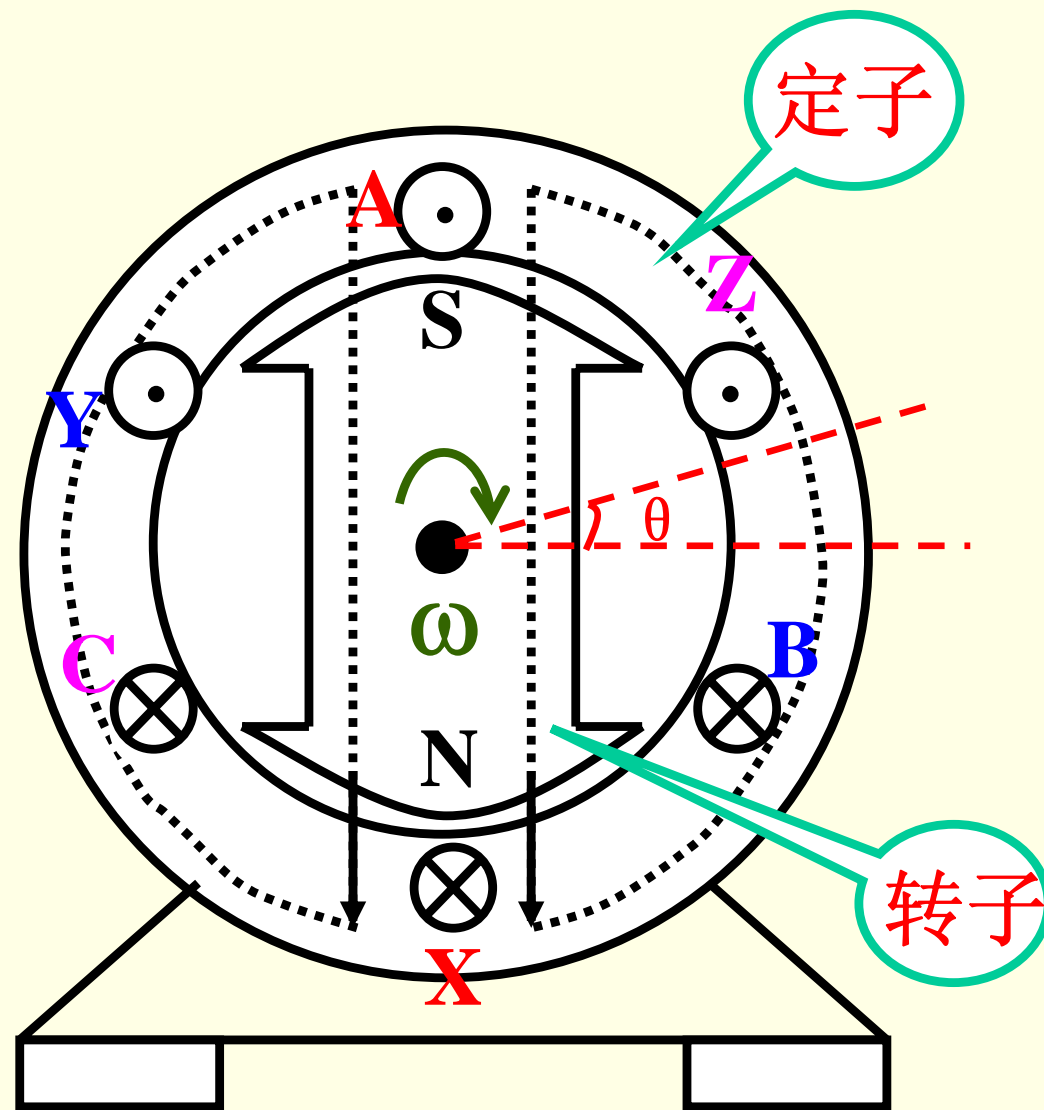
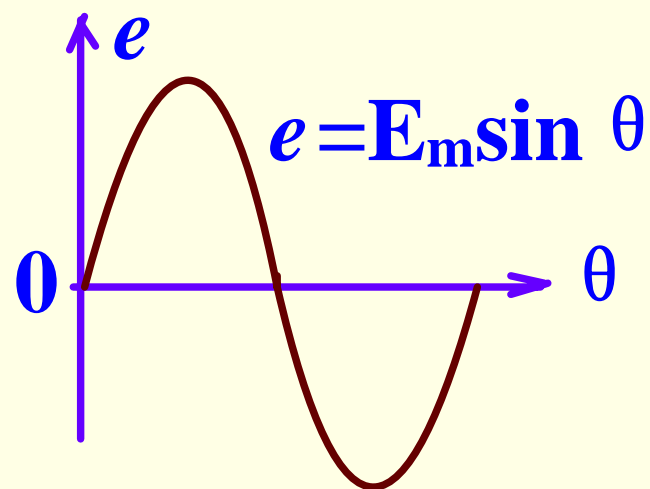
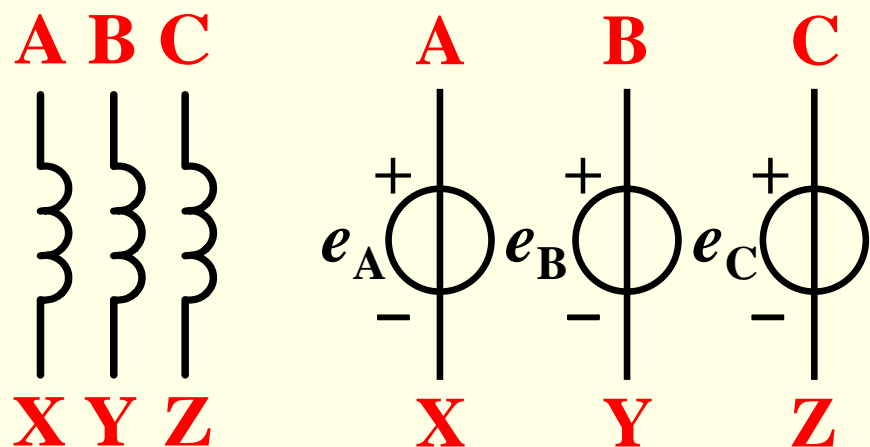
三相供电制的主要优点:

1. 同样容量的发电机体积小于单相发电机;
2. 可提供两种电源电压;
3. 三相电动机输入的瞬时功率为恒定值, 可输出恒定转矩。

## 4.1 三相电源

### 4.1.1 三相对称交流电动势

定子中放置三组线圈，  
在空间互差 $120^\circ$



转子磁极以 $\omega$ 的角速度旋转，  
三组线圈导体切割磁力线，产生  
三相正弦感应电势： $e_A$ 、 $e_B$ 、 $e_C$

## 二)、三相电动势的四种表示形式:

(1). 三角函数式

$$\begin{aligned}e_A &= E_m \sin \omega t \\e_B &= E_m \sin (\omega t - 120^\circ) \\e_C &= E_m \sin (\omega t - 240^\circ) \\&= E_m \sin (\omega t + 120^\circ)\end{aligned}$$

**对称三相电源:** 大小相等, 频率相同, 相位互差 $120^\circ$

**相序:** 三相电源达到最大值的顺序。

正序(顺序): **A-B-C-A**

反序(逆序): **A-C-B-A**

三相发电机转子的转动方向决定了电源相序, 而三相电源的相序将决定三相电动机的转动方向。

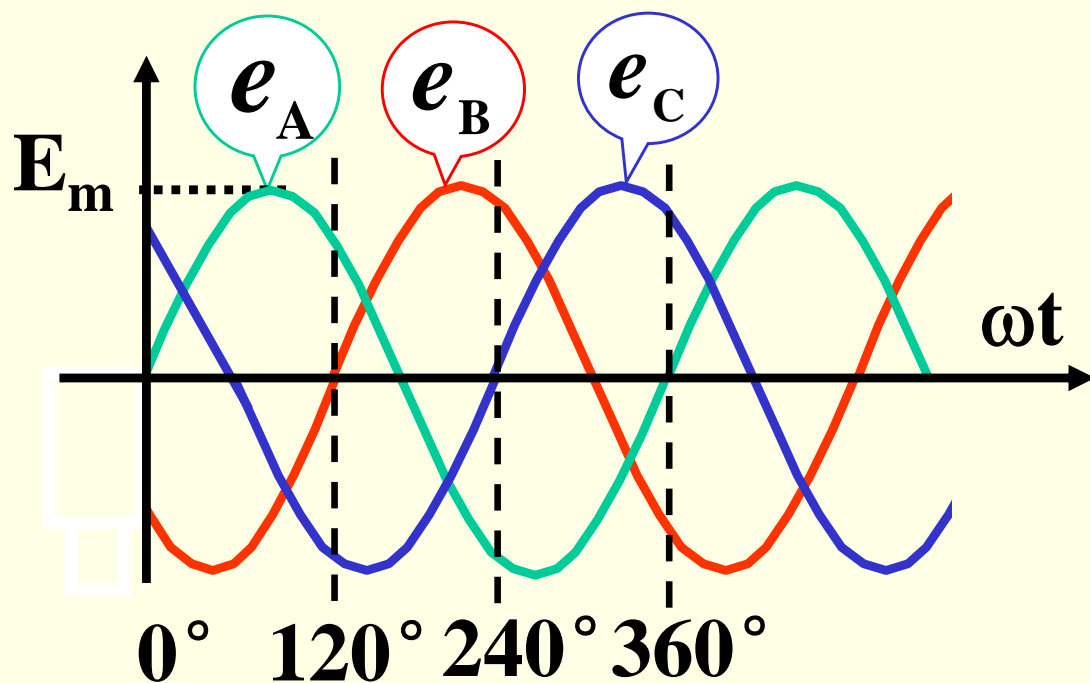
## (2). 相量表示:

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{E}}_A = E \angle 0^\circ \\ \dot{\mathbf{E}}_B = E \angle -120^\circ \\ \dot{\mathbf{E}}_C = E \angle 120^\circ \end{cases}$$

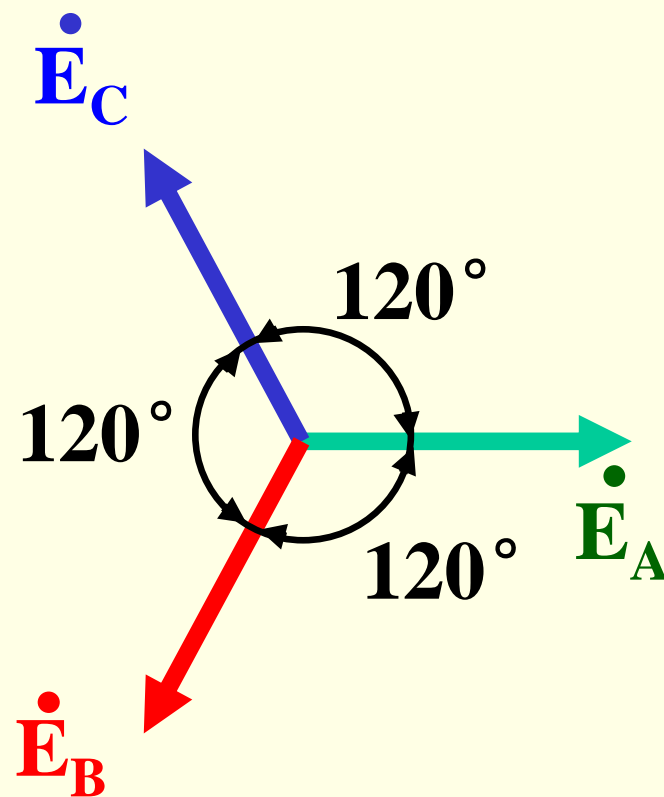
## 对称三相电源的特点:

$$\dot{\mathbf{E}}_A + \dot{\mathbf{E}}_B + \dot{\mathbf{E}}_C = 0$$

## (3). 波形图: $e_A + e_B + e_C = 0$



## (4). 相量图表示:



## 4.1.2 三相电源的联接

### 1. 电源星(Y)形连接

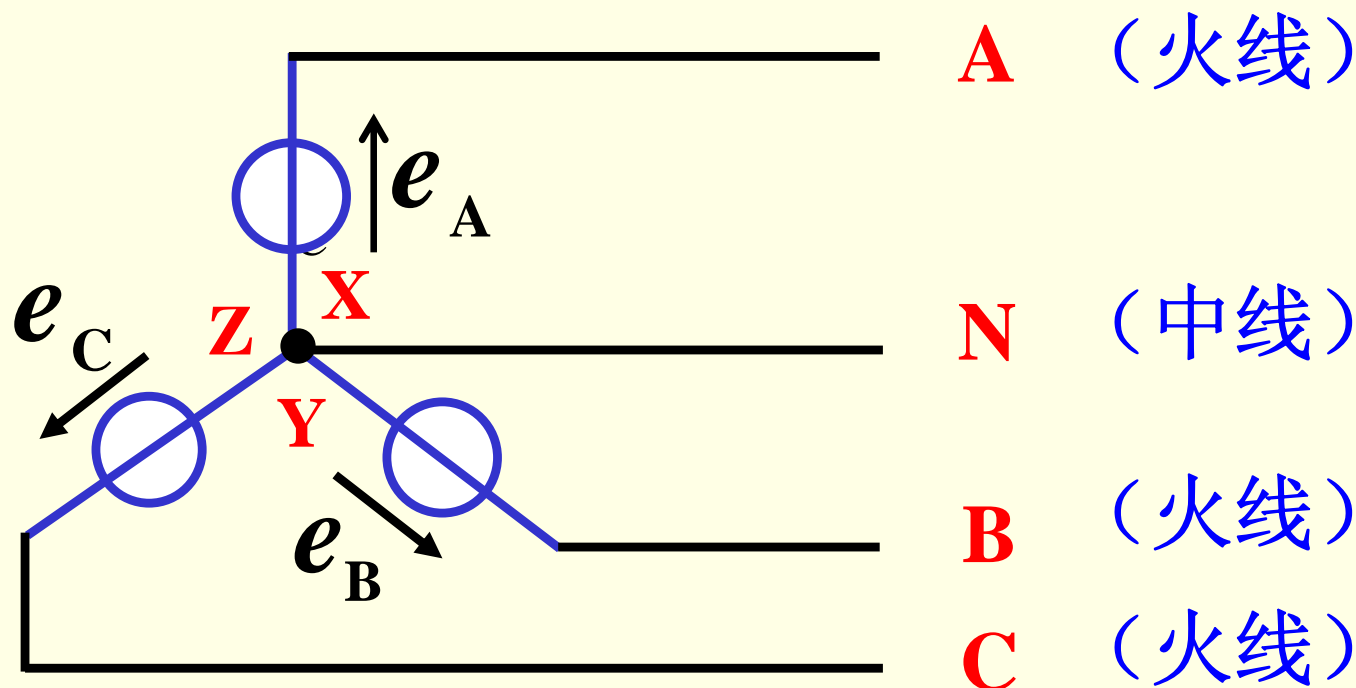
各绕组末端相连成一点，首端分别向外引出线

Y形三相电源

火线(相线): 各绕组首端的引出线

中线(零线): 末端中性点引出线 **N**

**A**  
**B**  
**C**



# 星形电源的两组电压

## 1) 相电压: 火线对零线间的电压

相电压即各相绕组电压

$$u_A = e_A$$

$$u_B = e_B$$

$$u_C = e_C$$

选A相为参考电压

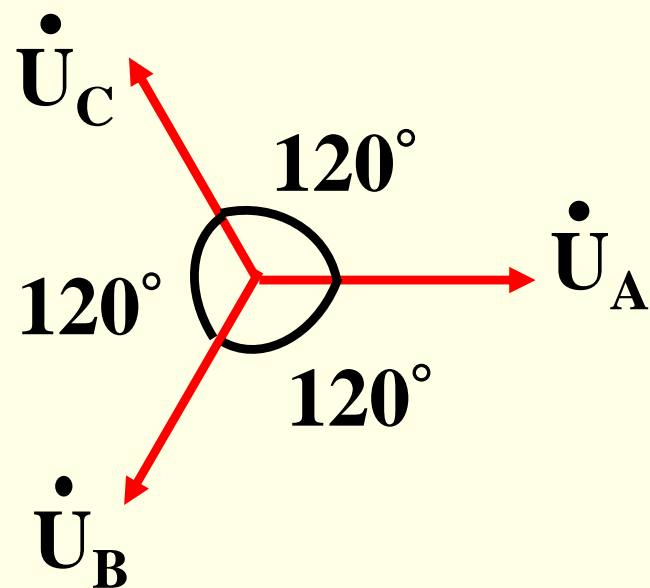
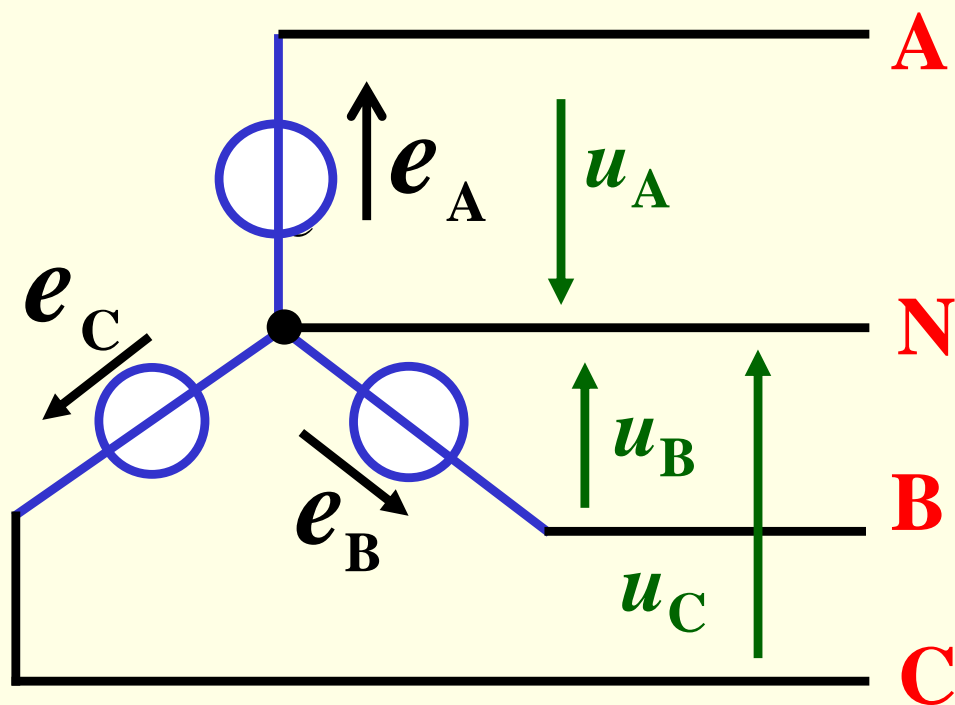
$$\dot{U}_A = U_p \angle 0^\circ$$

$$\dot{U}_B = U_p \angle -120^\circ$$

$$\dot{U}_C = U_p \angle 120^\circ$$

$U_p$  — 相电压的有效值

对称三相相电压



## 2) 线电压: 火线之间的电压

$$\begin{cases} u_{AB} \\ u_{BC} \\ u_{CA} \end{cases}$$

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A$$

## 3) 线电压和相电压的关系

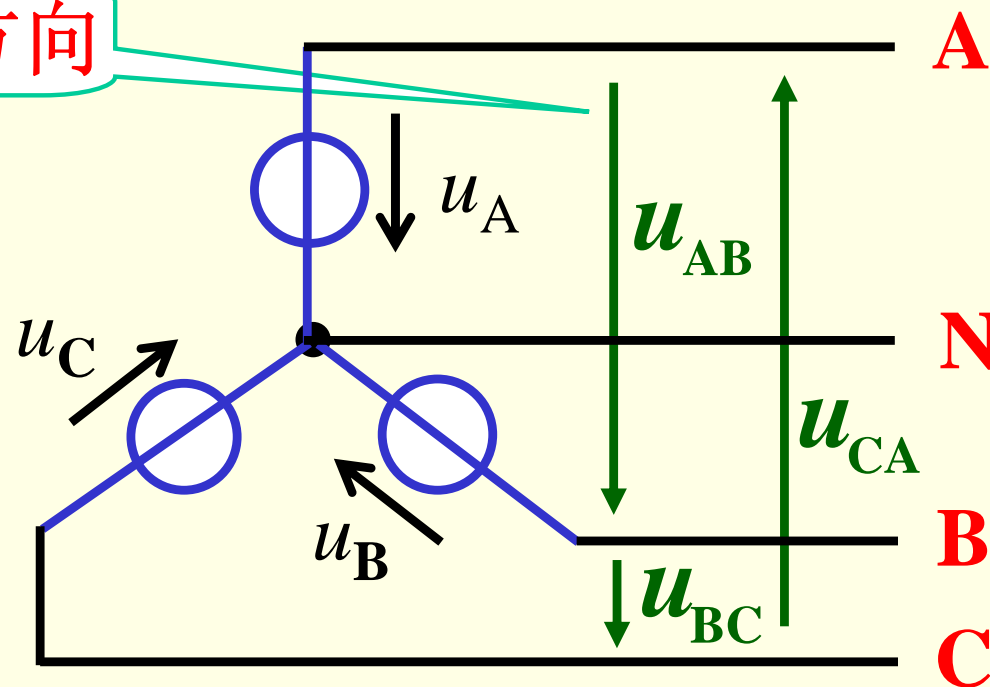
$$u_{AB} = u_A - u_B$$

$$u_{BC} = u_B - u_C$$

$$u_{CA} = u_C - u_A$$

用相量法计算

注意正方向





### 3) 线电压和相电压的关系

$U_P$  — 相电压有效值 (*phase*)

$U_l$  — 线电压有效值 (*Line*)

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C$$

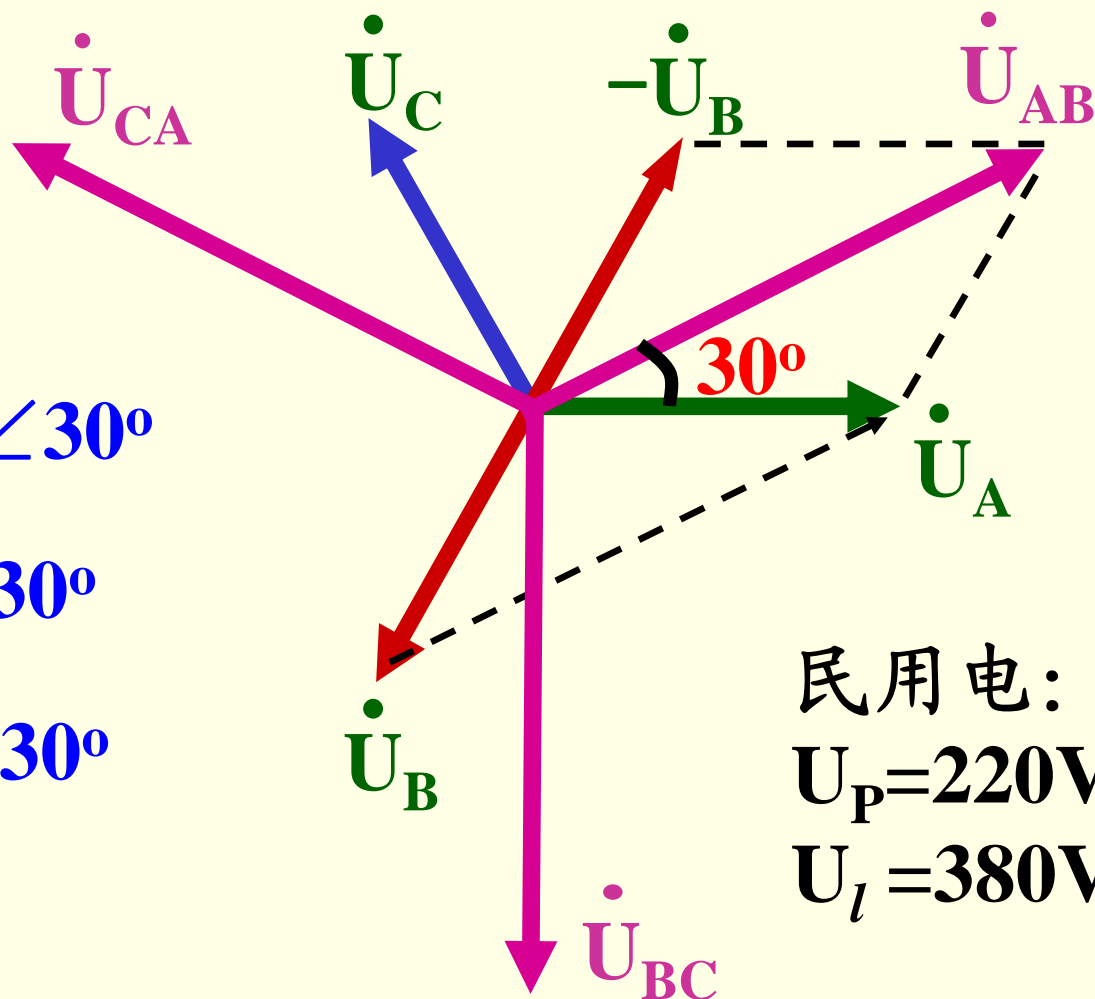
$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A$$

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B = \sqrt{3}\dot{U}_A \angle 30^\circ$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C = \sqrt{3}\dot{U}_B \angle 30^\circ$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A = \sqrt{3}\dot{U}_C \angle 30^\circ$$

$$\dot{U}_l = \sqrt{3} \dot{U}_p \angle 30^\circ$$



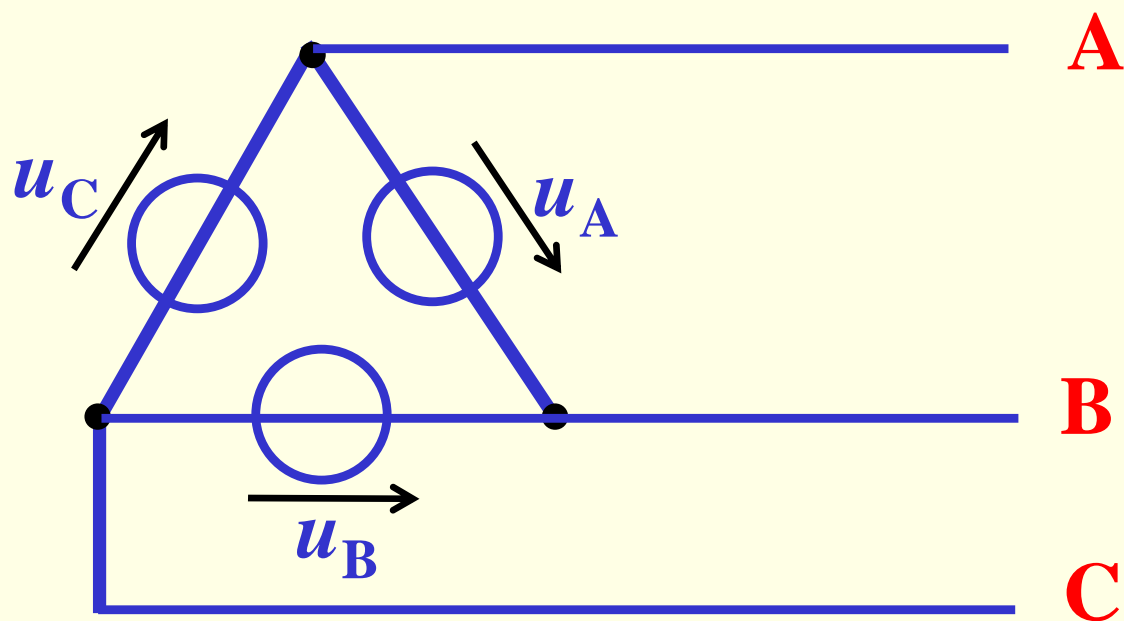
对称Y形电源, 相、线电压都对称, 即有效值相等, 相位互差 $120^\circ$ ; 且有 $U_l = \sqrt{3} U_P$ , 线电压超前各自相电压 $30^\circ$

## 2. 电源三角形( $\Delta$ ) 联接

各相绕组首末端顺序串连，各节点向外引出三根火线

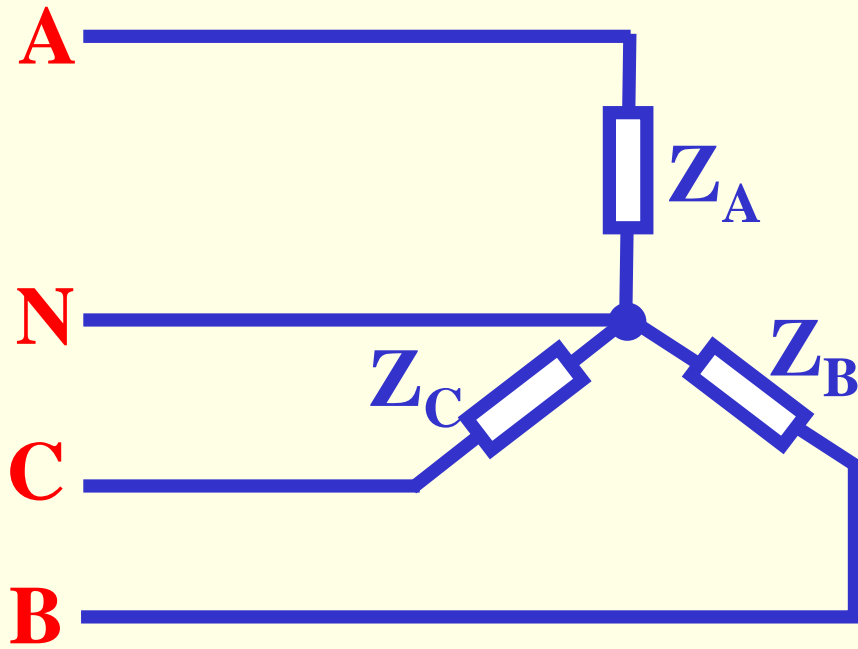
发电机各相绕组的电压与火线之间的电压相等，因此， $\Delta$ 电源只能输出一种电压。

对称电源有： $u_A + u_B + u_C = 0$ ，回路中电压为零，但绕组首末端切不可接错，否则使回路中有电压而烧毁。

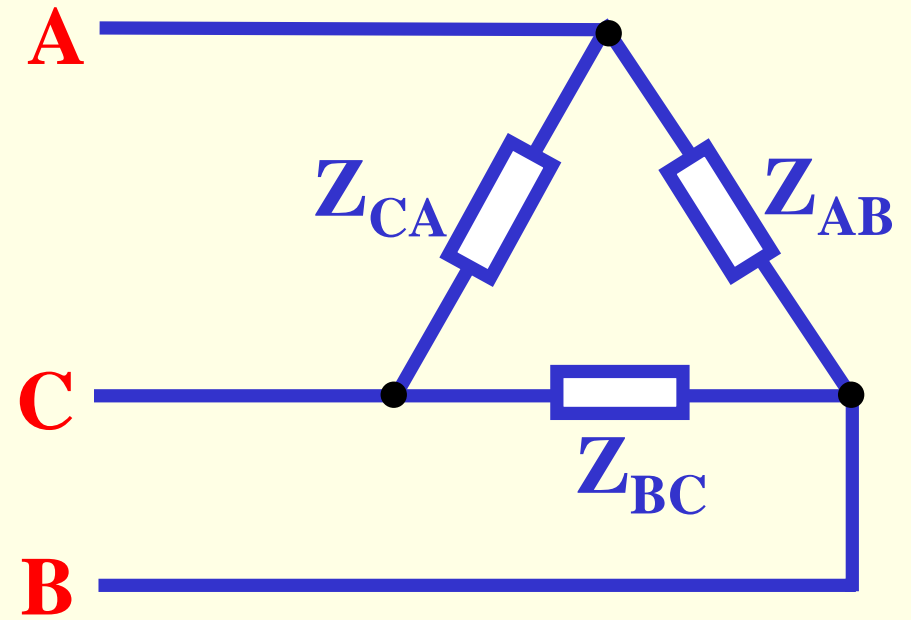


三相电源正常情况下是对称的，而且多为Y型接法。

# 三相负载的两种接法:



星形接法



三角形接法

对称三相电路:  
对称三相电源, 三相负载相等

## 4.2 三相负载的星形联接电路

### 4.2.1 三相四线制

Y形负载电路中  
相电流=线电流

相电流：各相负载上的电流  $i_P$

线电流：火线上流过的电流  $i_L$

$$\dot{I}_L = \dot{I}_P$$

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AN'}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BN'}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CN'}$$

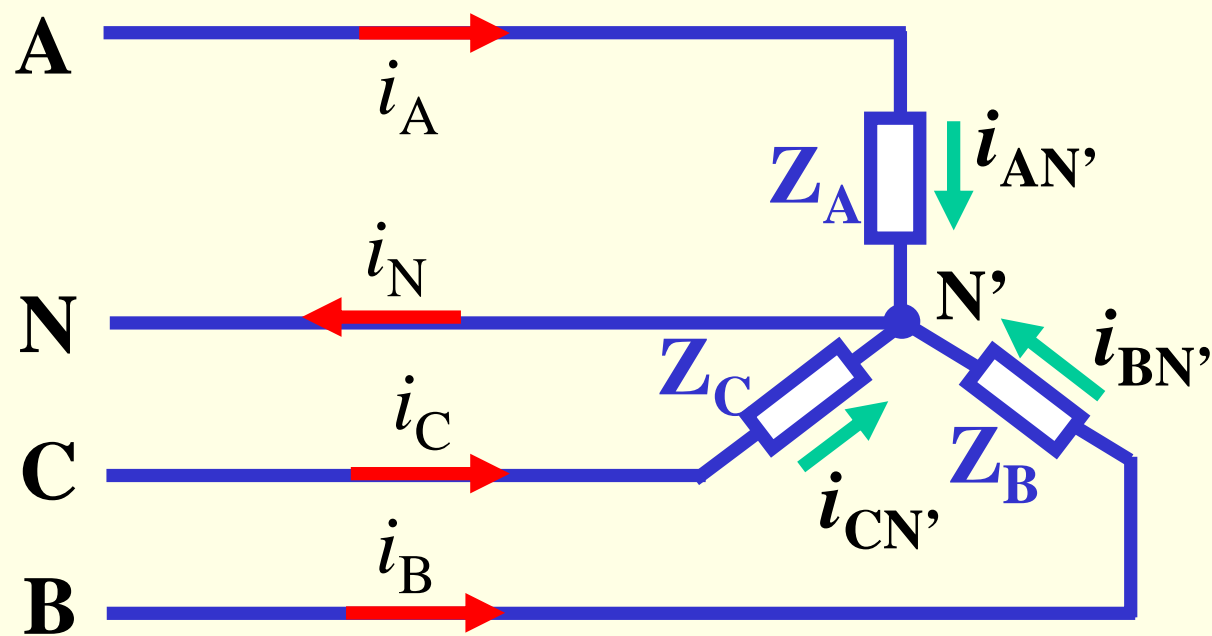
计算电流, 关键要确定负载上相电压

负载的电压为相电压

中线电流  $\dot{I}_N$ :

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$$

$i_N$  也称零线电流



求线电流:

$$\dot{\mathbf{I}}_A = \dot{\mathbf{I}}_{AN'} = \frac{\dot{\mathbf{U}}_A}{\mathbf{Z}_A}$$

$$\dot{\mathbf{I}}_B = \dot{\mathbf{I}}_{BN'} = \frac{\dot{\mathbf{U}}_B}{\mathbf{Z}_B}$$

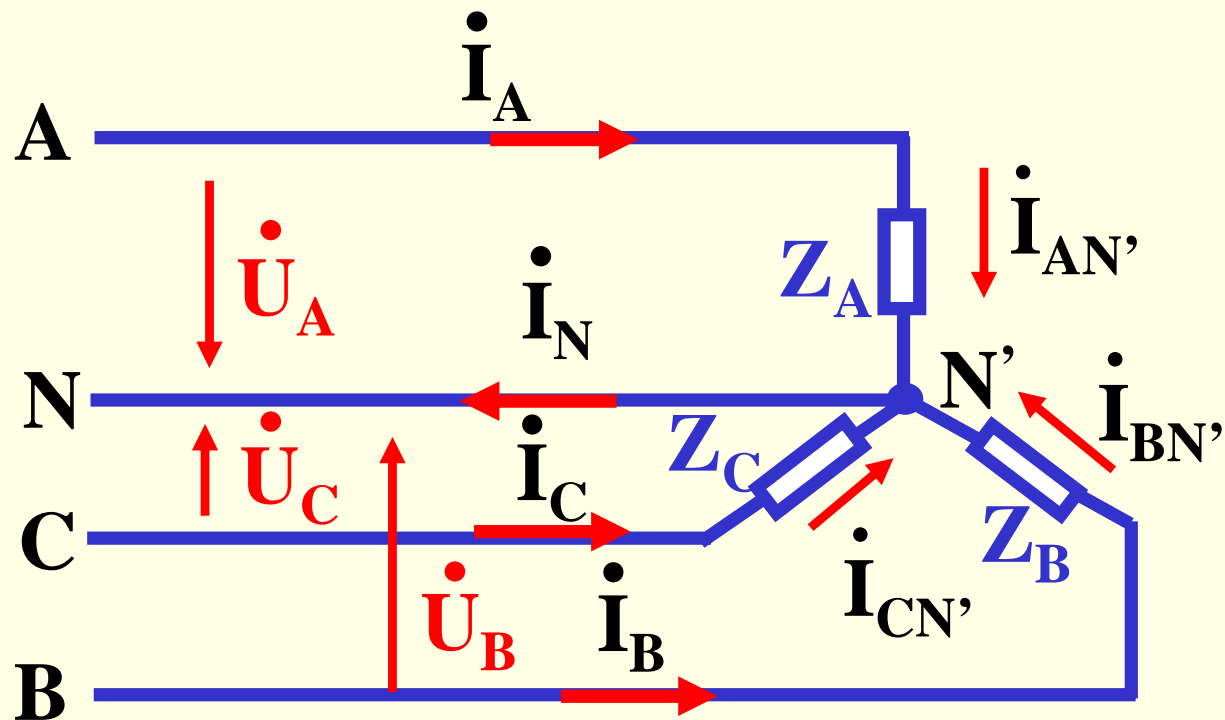
$$\dot{\mathbf{I}}_C = \dot{\mathbf{I}}_{CN'} = \frac{\dot{\mathbf{U}}_C}{\mathbf{Z}_C}$$

求中线电流:

$$\dot{\mathbf{I}}_N = \dot{\mathbf{I}}_A + \dot{\mathbf{I}}_B + \dot{\mathbf{I}}_C$$

$$\dot{\mathbf{I}}_L = \dot{\mathbf{I}}_P = \frac{\dot{\mathbf{U}}_p}{\mathbf{Z}_p}$$

三相四线制的负载  
电压为相电压



不对称的三相四线制，各相单独计算。

**例:**  $R=X_L=X_C=100\ \Omega$ , 对称线电压  $U_L=380\text{V}$ , 求电流

$\dot{I}_A$ 、 $\dot{I}_B$ 、 $\dot{I}_C$ 和 $\dot{I}_N$

解: 先求相电压

设  $\dot{U}_{AB}=380\angle 0^\circ\text{V}$

得相电压:

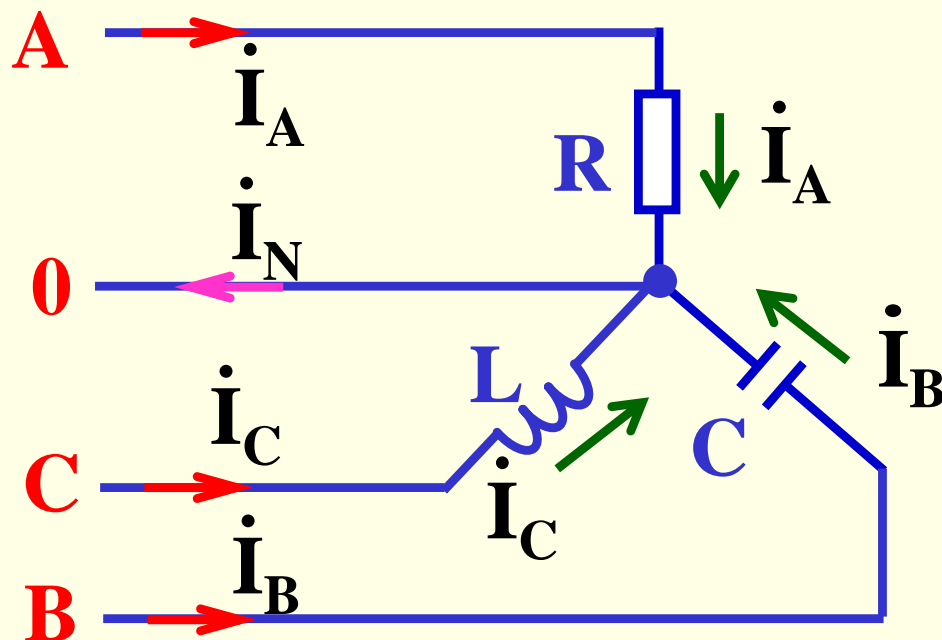
$$\begin{cases} \dot{U}_A = \frac{1}{\sqrt{3}}\dot{U}_{AB}\angle -30^\circ = 220\angle -30^\circ\text{V} \\ \dot{U}_B = \frac{1}{\sqrt{3}}\dot{U}_{BC}\angle -30^\circ = 220\angle -150^\circ\text{V} \\ \dot{U}_C = \frac{1}{\sqrt{3}}\dot{U}_{CA}\angle -30^\circ = 220\angle 90^\circ\text{V} \end{cases}$$

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

$$\dot{U}_B = 220\angle -150^\circ\text{V}$$

$$\dot{U}_C = 220\angle 90^\circ\text{V}$$

再求电流:  $\dot{I}_L = \dot{I}_P = \frac{\dot{U}_P}{Z_P}$



线电流:

$$\dot{\mathbf{I}}_A = \dot{\mathbf{I}}_{AN'} = \frac{\dot{\mathbf{U}}_A}{\mathbf{R}} = \frac{220}{100} \angle -30^\circ = 22 \angle -30^\circ \text{ A}$$

$$\dot{\mathbf{I}}_B = \frac{\dot{\mathbf{U}}_B}{-\mathbf{j}X_C} = \frac{220 \angle -150^\circ}{-\mathbf{j}100} = 22 \angle -60^\circ \text{ A}$$

$$\dot{\mathbf{I}}_C = \frac{\dot{\mathbf{U}}_C}{\mathbf{j}X_L} = \frac{220 \angle 90^\circ}{\mathbf{j}100} = 22 \angle 0^\circ \text{ A}$$

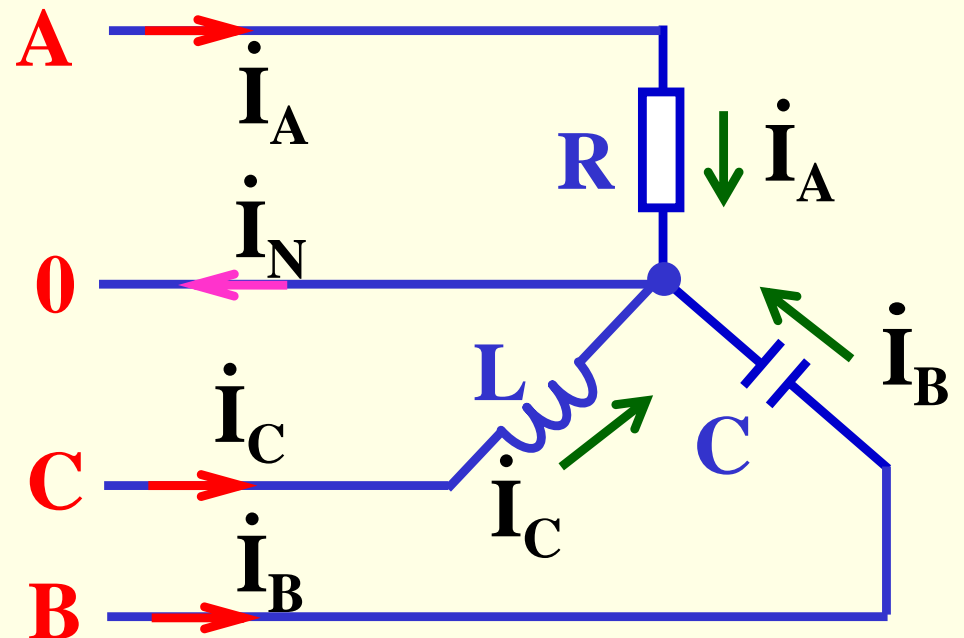
中线电流:

$$\dot{\mathbf{I}}_N = \dot{\mathbf{I}}_A + \dot{\mathbf{I}}_B + \dot{\mathbf{I}}_C = 60 \angle -30^\circ \text{ A}$$

$$\dot{\mathbf{U}}_A = 220 \angle -30^\circ \text{ V}$$

$$\dot{\mathbf{U}}_B = 220 \angle -150^\circ \text{ V}$$

$$\dot{\mathbf{U}}_C = 220 \angle 90^\circ \text{ V}$$



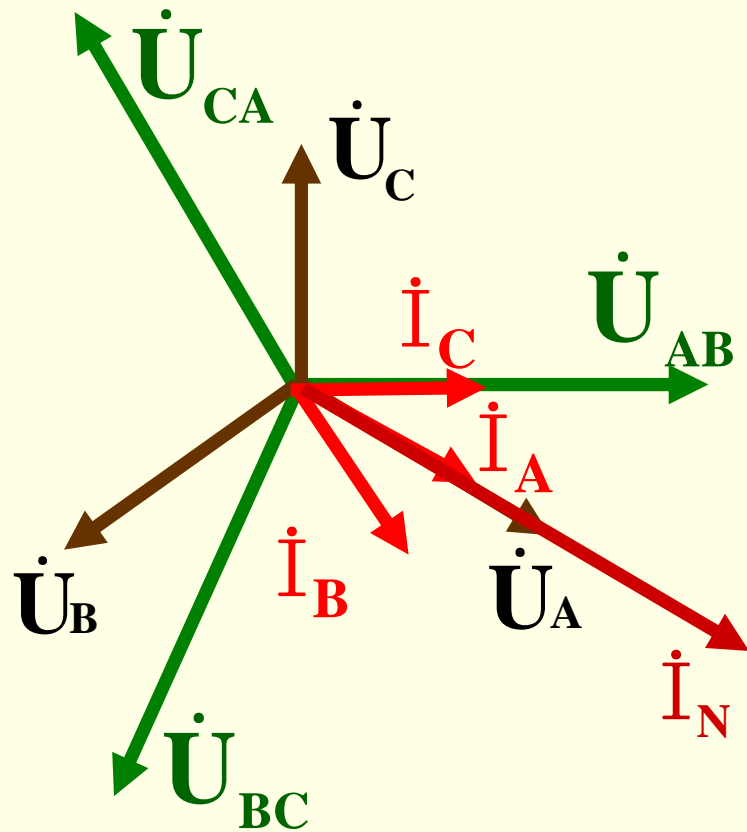
## 相量图:

$$\dot{I}_A = 22 \angle -30^\circ \text{ A}$$

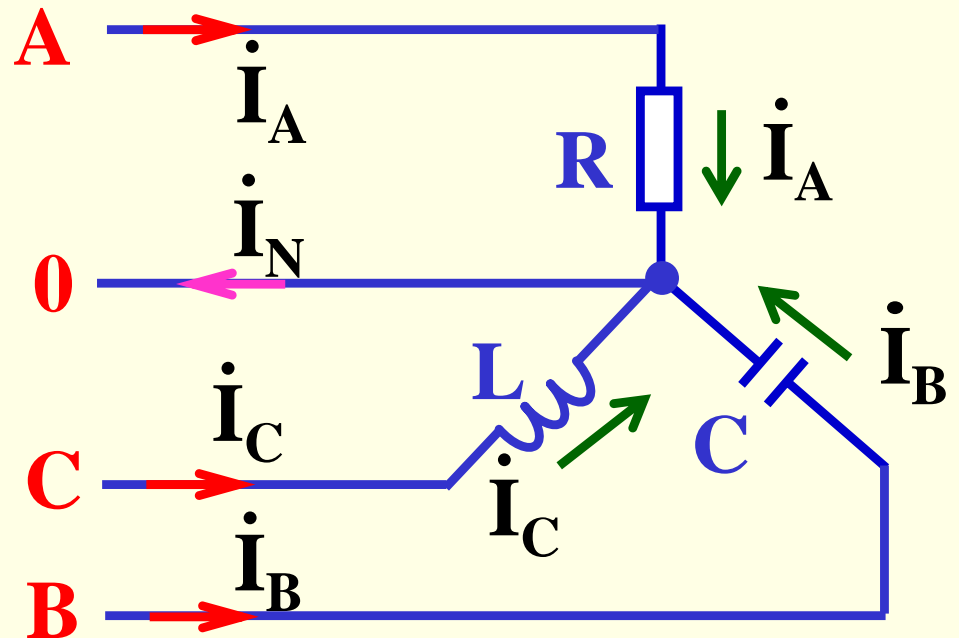
$$\dot{I}_B = 22 \angle -60^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_C = 22 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_N = 60 \angle -30^\circ \text{ A}$$



三相四线制的负载电压等于相电压, 当三相负载不相等时, 三相电流不对称, 中线电流  $I_N$  一般比较大。





# 对称Y形电路的计算

$$Z_A = Z_B = Z_C = Z = |Z| \angle \varphi$$

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{A'} = \frac{\dot{U}_A}{Z} = \frac{U_P \angle 0^\circ}{|Z| \angle \varphi} = \frac{U_P}{|Z|} \angle -\varphi$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{B'} = \frac{\dot{U}__B}{Z} = \frac{U_P \angle -120^\circ}{|Z| \angle \varphi} = \frac{U_P}{|Z|} \angle -120^\circ - \varphi$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{C'} = \frac{\dot{U}_C}{Z} = \frac{U_P \angle 120^\circ}{|Z| \angle \varphi} = \frac{U_P}{|Z|} \angle 120^\circ - \varphi$$

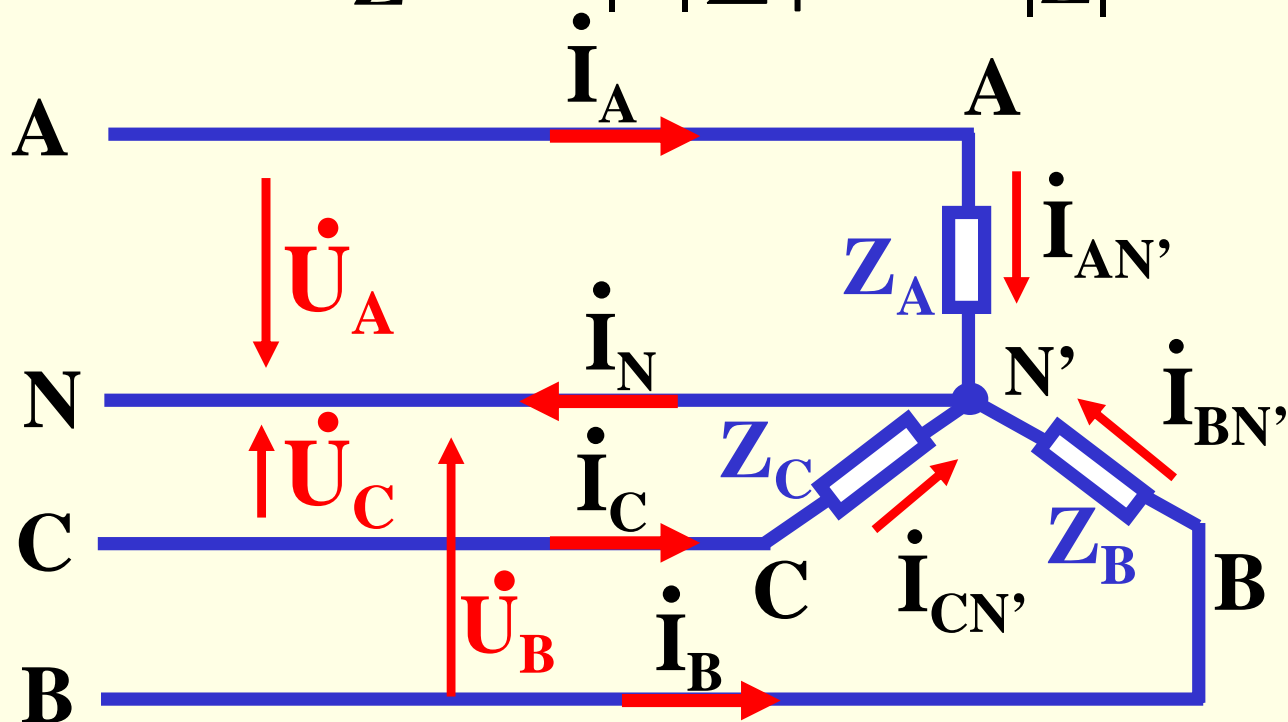
结论: Y形:

$$\dot{I}_L = \dot{I}_P$$

对称Y形:

电流对称

$$I_N = 0$$



负载电压:

$$\dot{U}_A = U_p \angle 0^\circ$$

$$\dot{U}_B = U_p \angle -120^\circ$$

$$\dot{U}_C = U_p \angle 120^\circ$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

**例：**对称三相电源， $U_L = 380\text{V}$ ，每相Y形负载阻抗  
 $Z = 40 + j30 = 50\angle 37^\circ \Omega$ ，求线电流和 $\dot{I}_N$ 及功率因数

**解：**  $U_p = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220\text{ V}$ ，  $I_L = I_p = \frac{U_p}{|Z|} = \frac{220}{50} = 4.4\text{ A}$

设：  $\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ\text{ V}$

$\dot{I}_A = 4.4\angle -37^\circ\text{ A}$

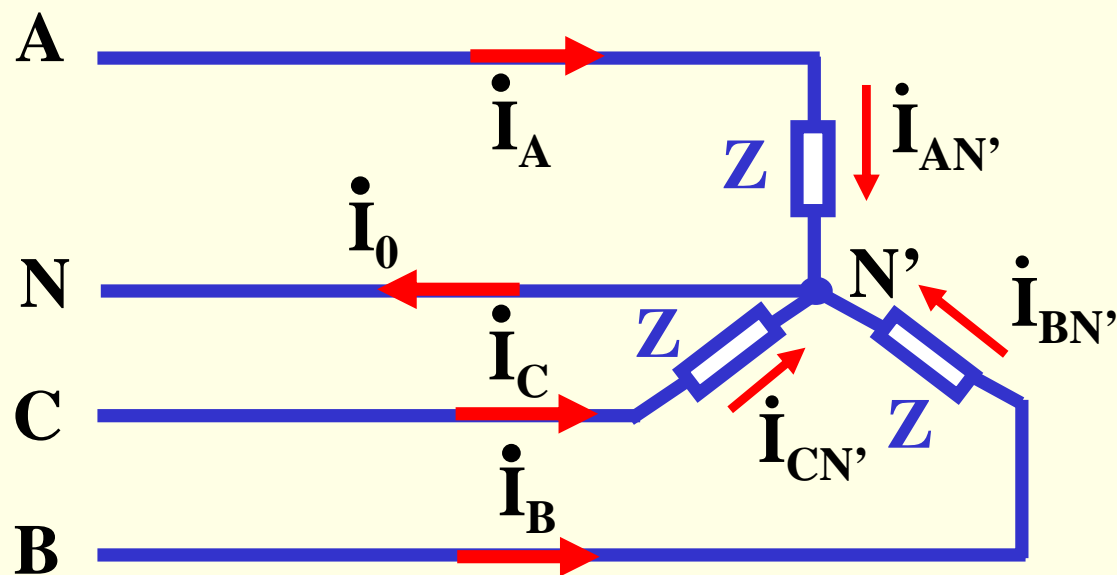
$\dot{I}_B = 4.4\angle -157^\circ\text{ A}$

$\dot{I}_C = 4.4\angle 83^\circ\text{ A}$

$\dot{I}_N = 0$

$\cos\varphi = \frac{R}{|Z|} = \frac{40}{50} = 0.8$  (滞后)

对称电路，先求有效值，  
再按对称关系确定相位



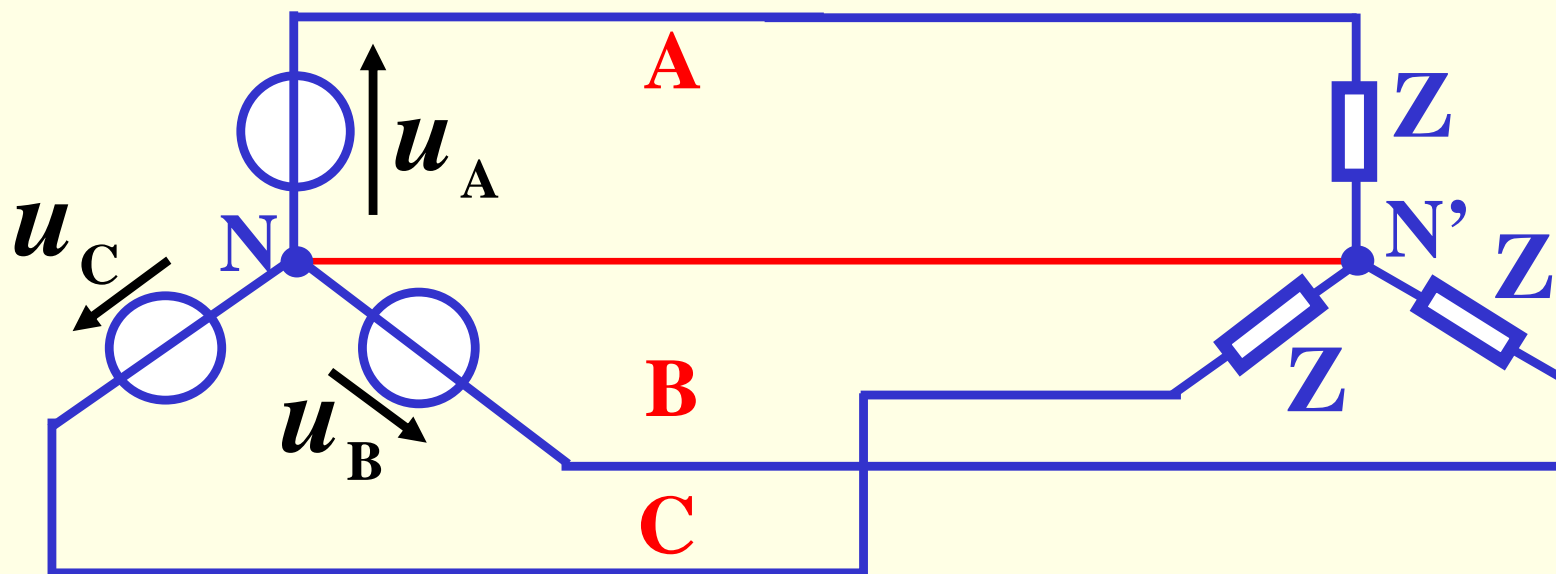
## 问题及讨论

当负载相等： $(Z_A = Z_B = Z_C = Z)$

$$\dot{\mathbf{i}}_N = \dot{\mathbf{i}}_A + \dot{\mathbf{i}}_B + \dot{\mathbf{i}}_C = 0$$

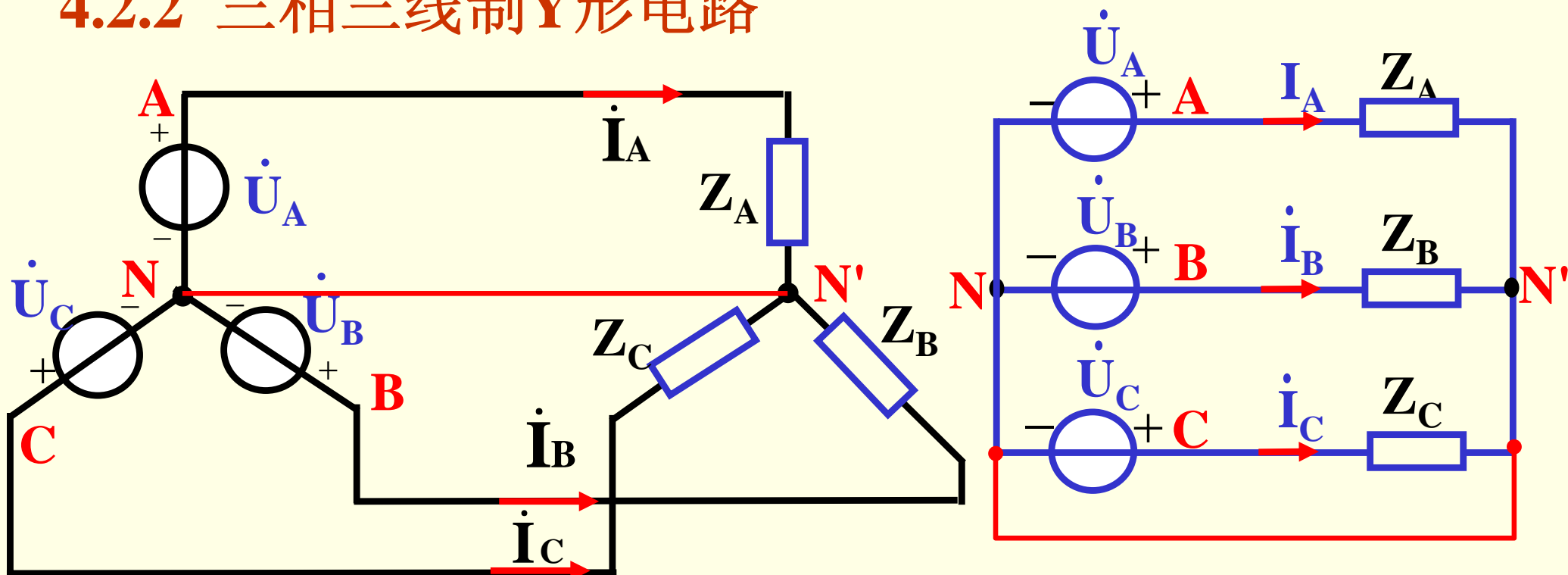
是否可以取消零线？

答：对称Y形电路，三相四线制等同于三相三线制



三相对称Y形电路，中线上  $I_N = 0$ ， $U_{N',N} = 0$

## 4.2.2 三相三线制Y形电路



节点电压法:

$$\dot{U}_{N'N} = \frac{\frac{\dot{U}_A}{Z_A} + \frac{\dot{U}_B}{Z_B} + \frac{\dot{U}_C}{Z_C}}{\frac{1}{Z_A} + \frac{1}{Z_B} + \frac{1}{Z_C}} = \frac{\dot{U}_A}{Z} + \frac{\dot{U}_B}{Z} + \frac{\dot{U}_C}{Z} = 0$$

即, 对称Y形的三相三线制等同于三相四线制。

**例4-3:** 三相三线制,  $U_L=380V$

**Y形负载, 每相接4个100W/220V的灯泡**

**若A相没开灯, C相全开, B相只开一盏灯。**

**求: B、C两相的负载电压**

**解: 每盏灯 220V, 100W**

$$R_B = \frac{U^2}{P} = 484\Omega$$

$$\text{C相 } R_C = \frac{484}{4} = 121\Omega$$

**BC相负载串联接电压:  $U_{BC}=380V$**

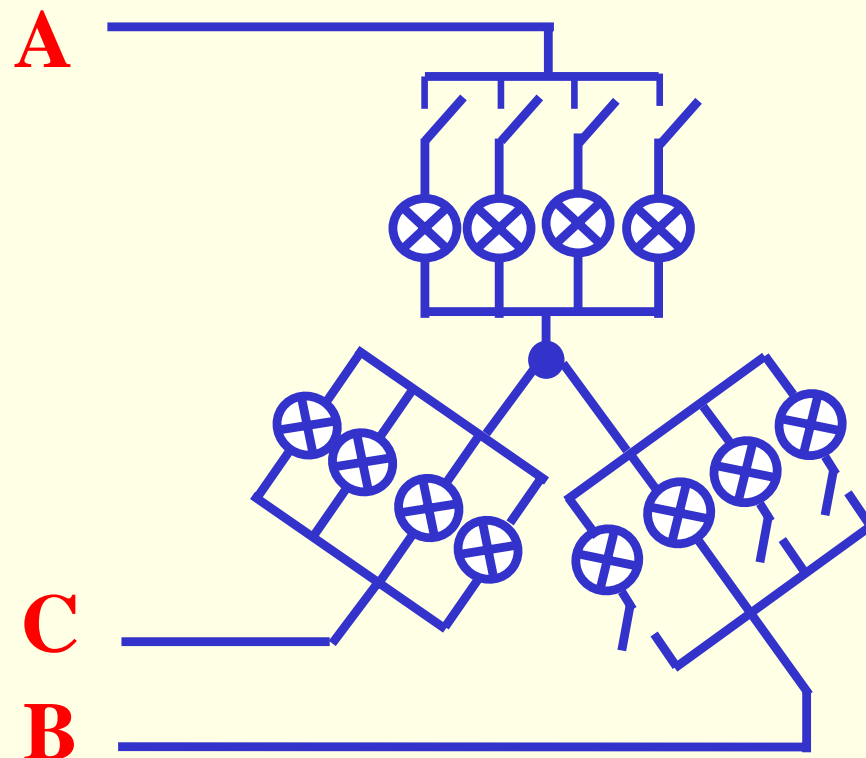
$$I = \frac{U_i}{R_C + R_B} = \frac{380}{121 + 484} = 0.627A$$

$$U_B = IR_B = 304V, \quad U_C = IR_C = 76V$$

**B相电压超过额定值, 灯泡烧毁**

**若负载不相等, 能否用三相三线制?**

**不对称, 必须有中线!**

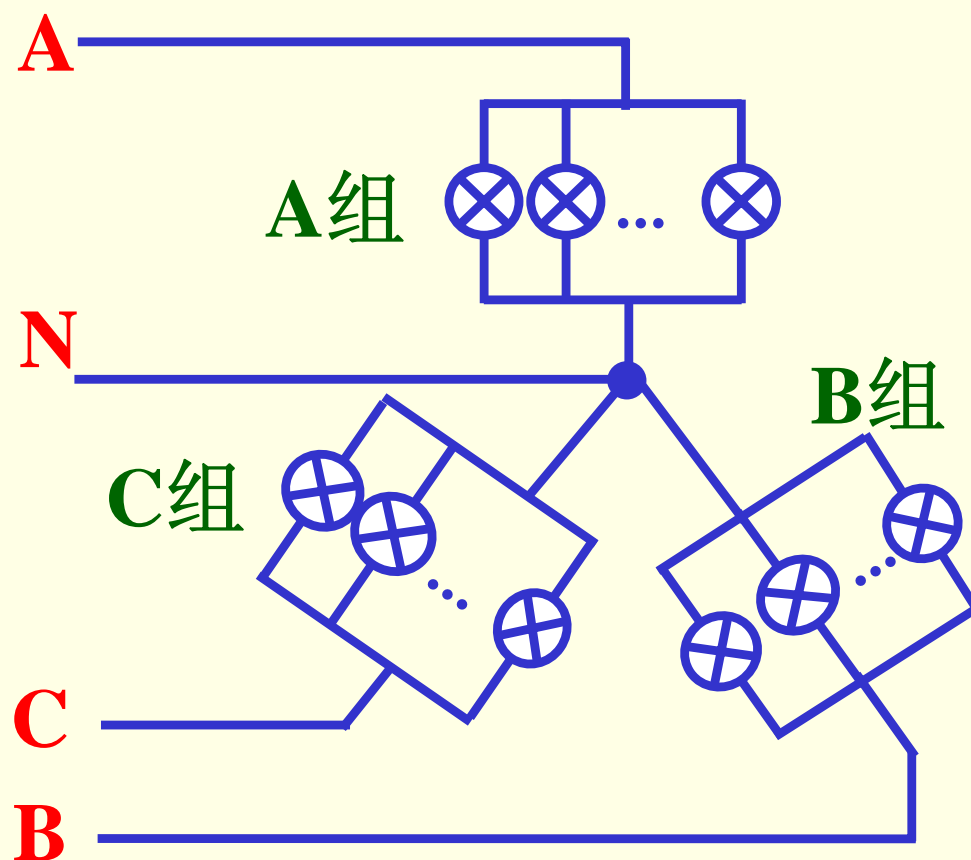


## 应用实例——照明电路

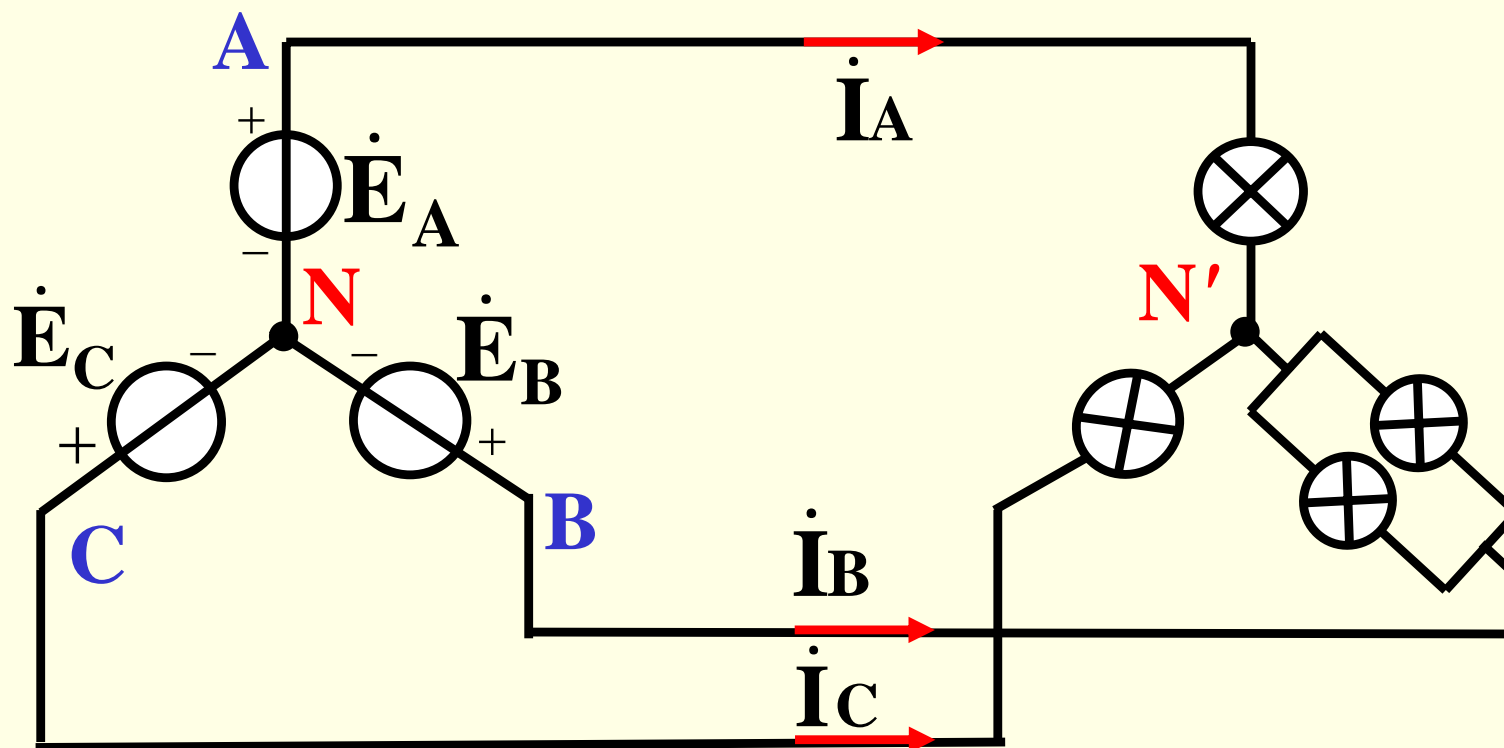
设电源  $U_L=380V$ ，灯具额定电压 $220V$ ，接成Y形电路，每盏灯并联接各相电源，对称布线，以减小中线电流。

**中线的的作用：** 使各相负载都得到相同相电压

不对称Y形电路必须使用三相四线制，并确保零线可靠连接，零线上不允许接保险丝和闸刀。



## 例2: 不对称三相三线制Y形电路的计算



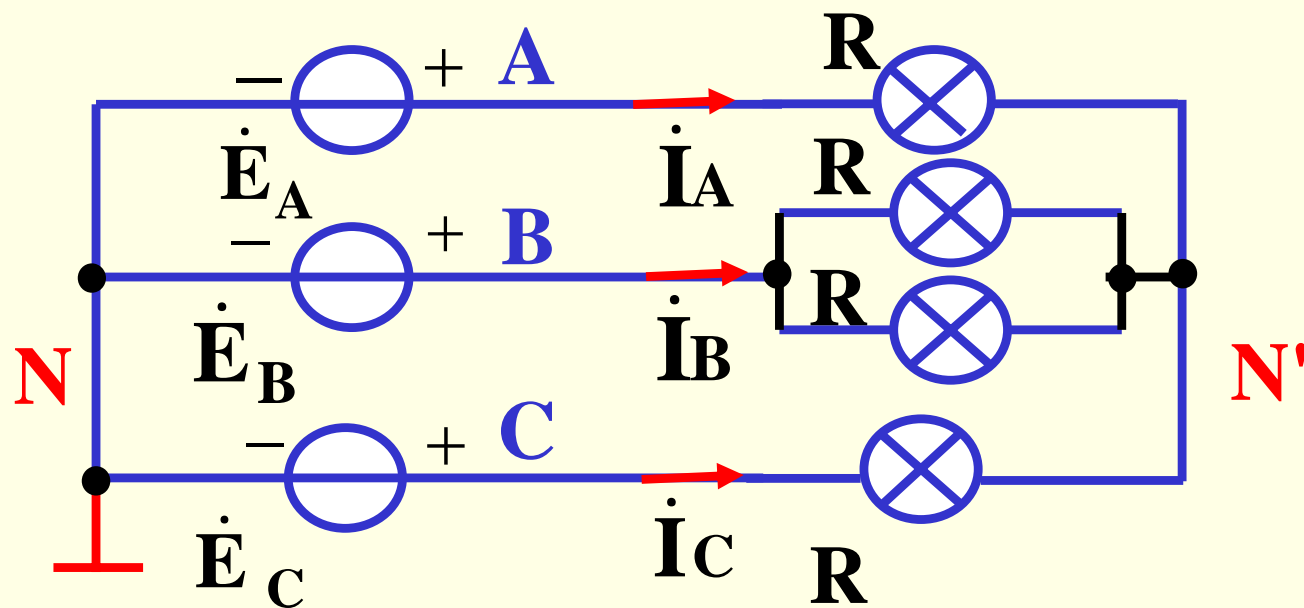
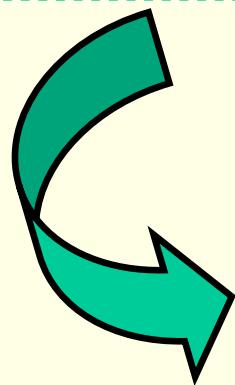
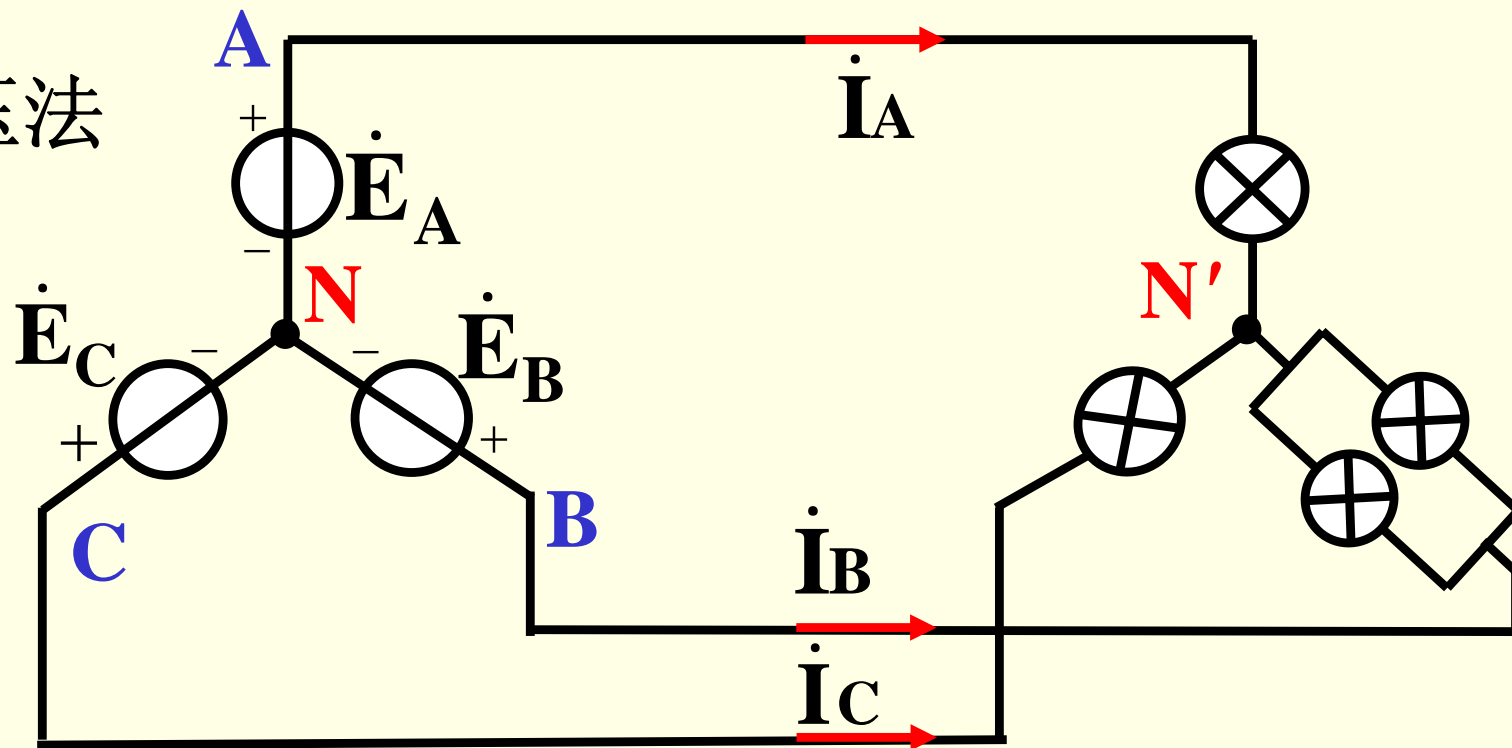
已知:

$$\begin{aligned}\dot{E}_A &= 220 \angle 0^\circ \\ \dot{E}_B &= 220 \angle -120^\circ \\ \dot{E}_C &= 220 \angle 120^\circ\end{aligned}$$

每盏灯的额定值为:  
220V、100W

求各相负载电流。

用节点电压法





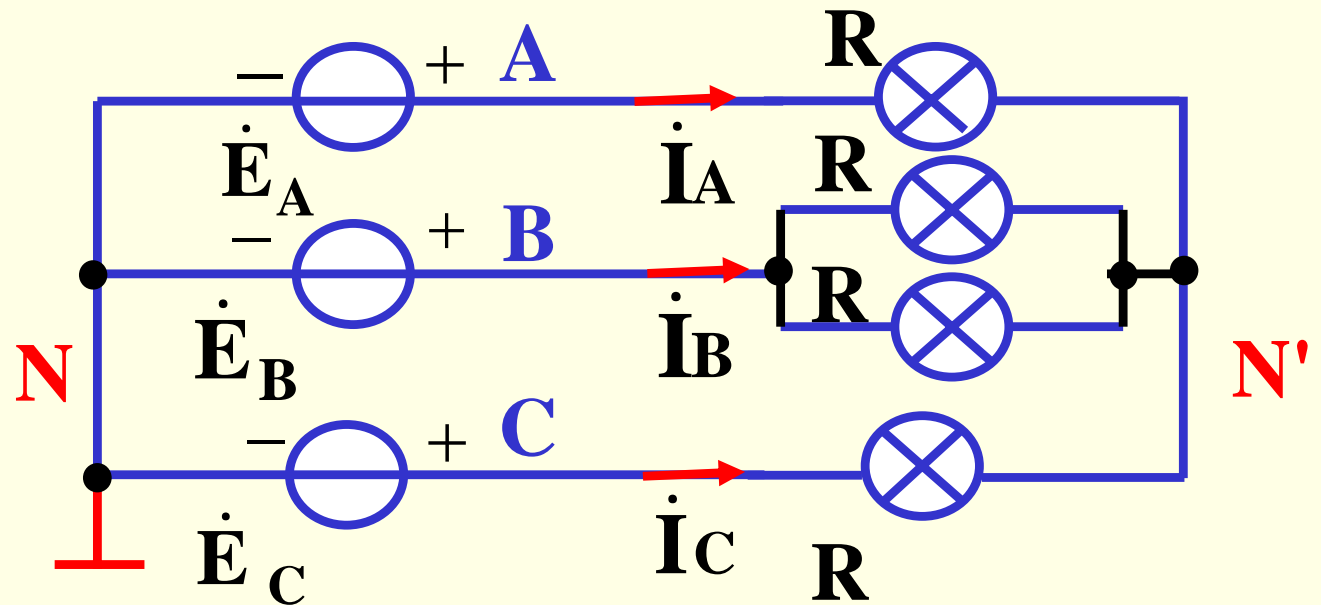
$$\dot{U}_{N'N} = \frac{\frac{220\angle 0^\circ}{R} + \frac{220\angle -120^\circ}{R/2} + \frac{220\angle 120^\circ}{R}}{\frac{1}{R} + \frac{2}{R} + \frac{1}{R}} \quad \text{代入R得} U_{N'N}$$

KVL:  $\dot{U}_{RA} = \dot{E}_A - \dot{U}_{N'N}$      $\dot{U}_{RB} = \dot{E}_B - \dot{U}_{N'N}$      $\dot{U}_{RC} = \dot{E}_C - \dot{U}_{N'N}$

求各相负载电流:  $\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{RA}}{R}$      $\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_{RB}}{2R}$      $\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{RC}}{R}$

每盏灯额定值  
220V、100W

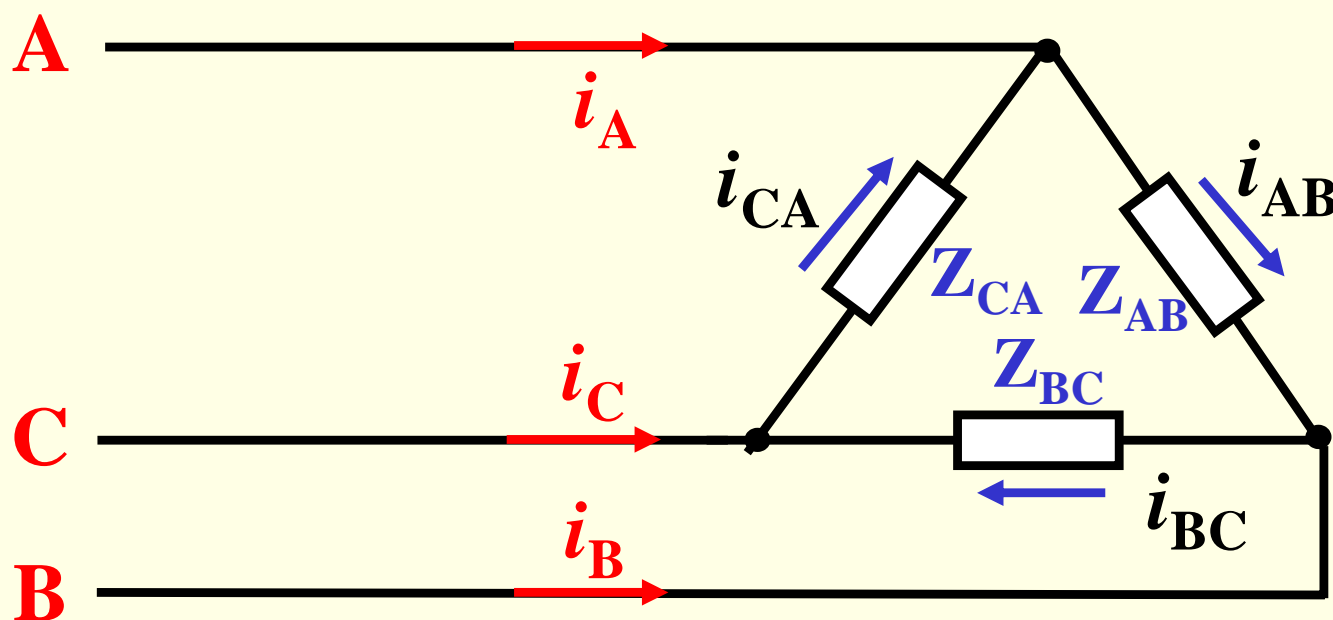
$$R = \frac{U^2}{P} = 484\Omega$$



## 4.3 三相负载的三角形联接电路

特点：负载相电压=电源线电压  
只能为三相三线制

$$\dot{U}_{\text{p 负载}} = \dot{U}_{\text{L}}$$



# 电流的计算:

相电流:

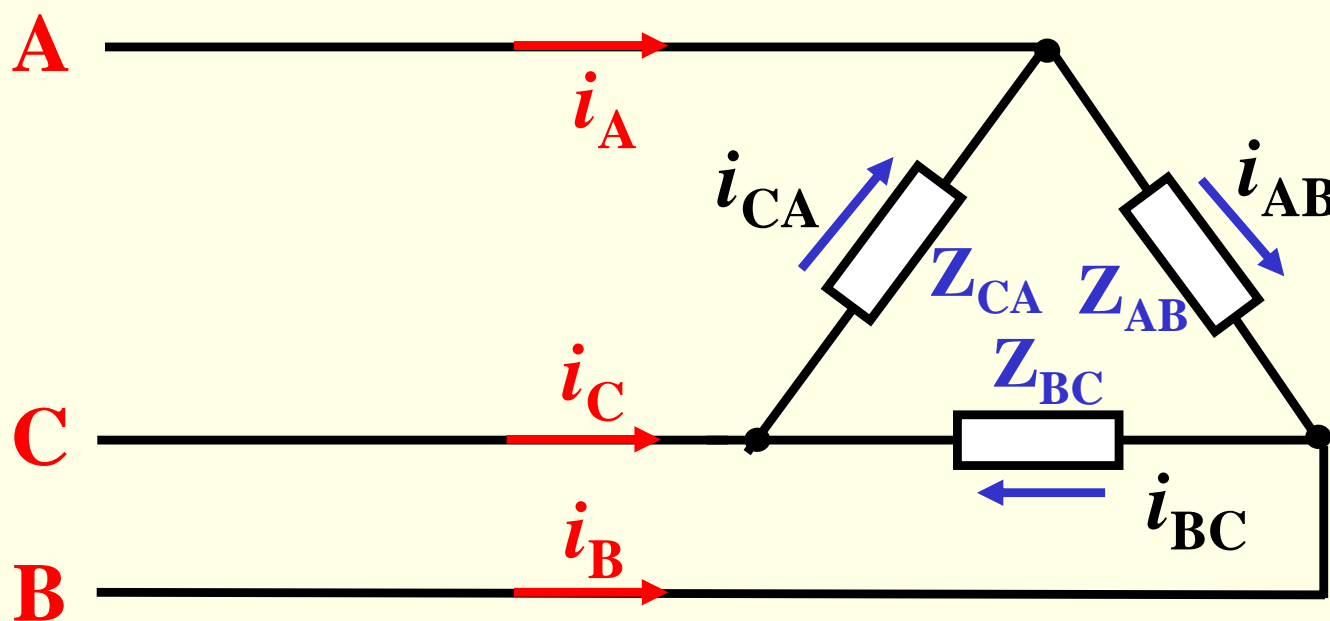
$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_{AB}}$$

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

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

线电流

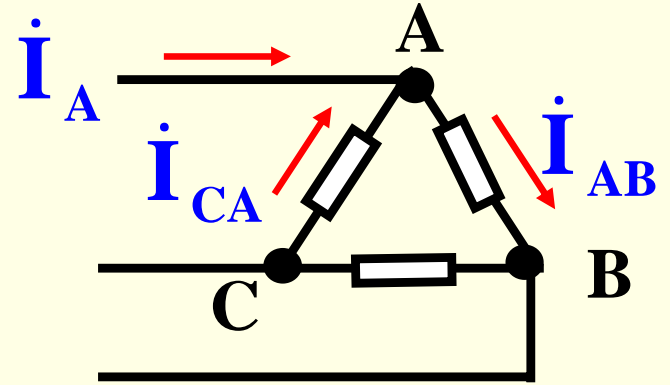
$$\left\{ \begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} \\ \dot{I}_B &= \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} \end{aligned} \right.$$



对称 $\Delta$ 电路,  $Z_{AB}=Z_{BC}=Z_{CA}=|Z|\angle\varphi$ , 求电流相位关系

设阻性负载, 阻抗角  $\varphi=0^\circ$

设:  $\dot{U}_{AB}=U_L\angle 0^\circ$

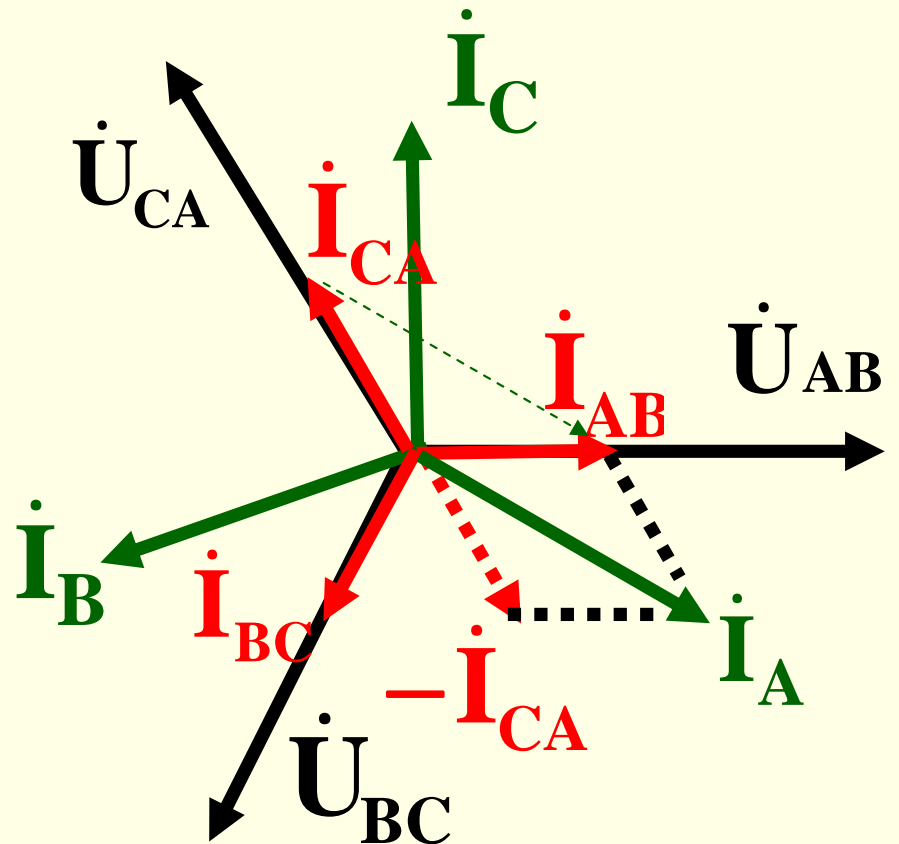


$$\begin{aligned} \therefore \dot{I}_A &= \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} \\ \therefore \dot{I}_A &= \sqrt{3} \dot{I}_{AB} \angle -30^\circ \end{aligned}$$

同理:

$$\dot{I}_B = \sqrt{3} \dot{I}_{BC} \angle -30^\circ$$

$$\dot{I}_C = \sqrt{3} \dot{I}_{CA} \angle -30^\circ$$



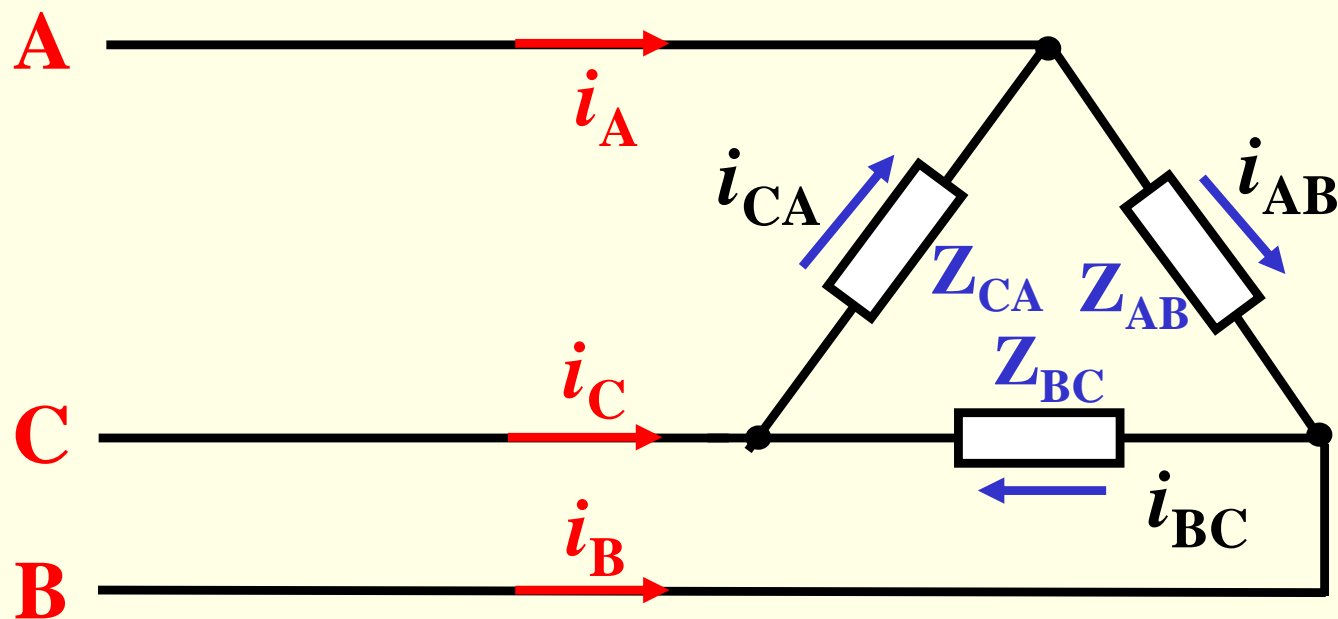
△负载电路的特点:

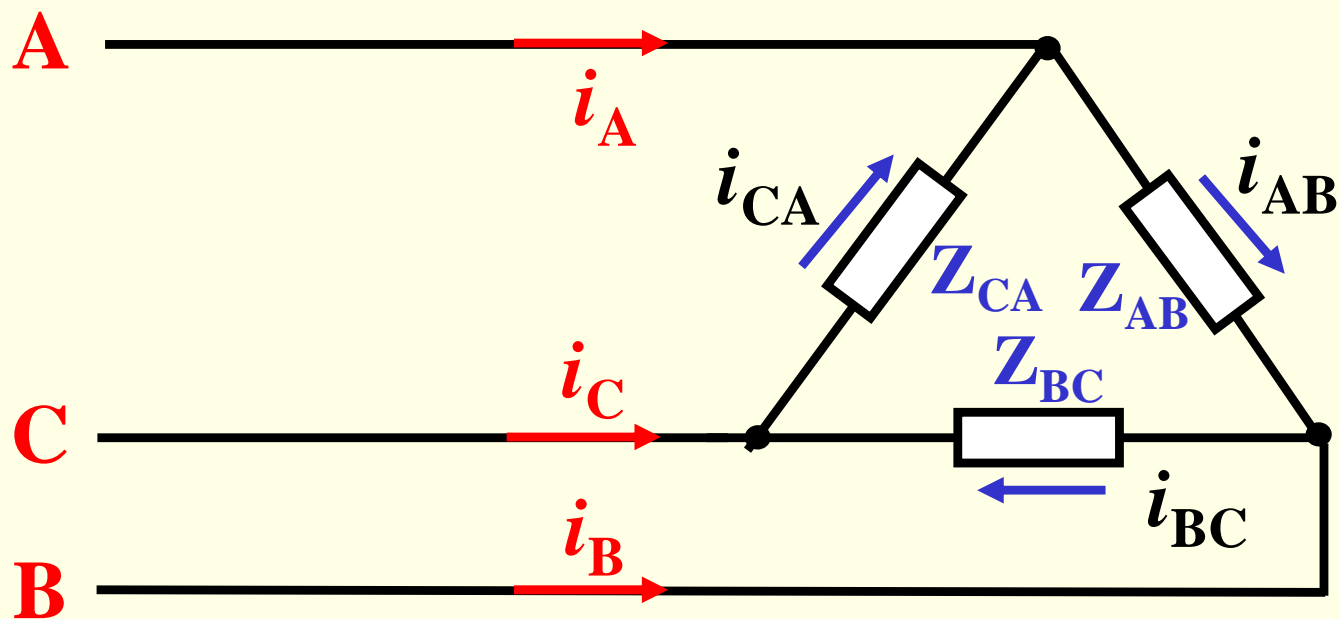
$$\dot{U}_Z = \dot{U}_L$$

对称△电路的特点:

$$\dot{I}_L = \sqrt{3}\dot{I}_P \angle -30^\circ$$

△负载的电压等于线电压, 对称△负载线电流为相电流的 $\sqrt{3}$ 倍, 线电压滞后相电流 $30^\circ$





(1) 负载不相等时, 分别算出各相电流, 再计算线电流

(2) 负载相等时( $Z_{AB}=Z_{BC}=Z_{CA}=Z$ ), 相电流和线电流均对称。相电流有效值:

$$I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_P = \frac{U_L}{|Z|}$$

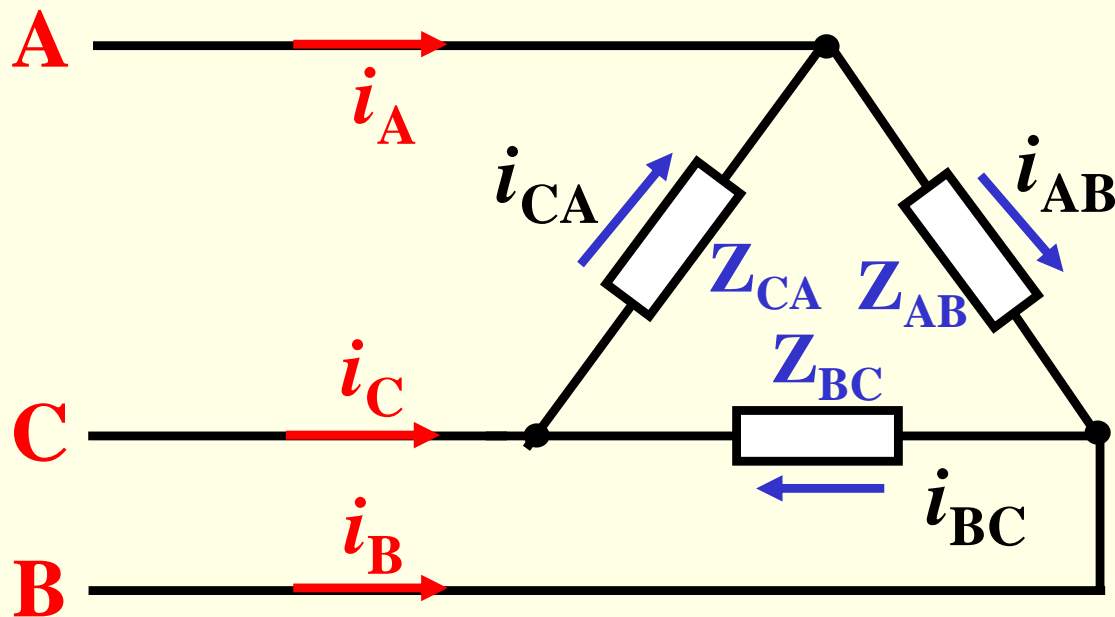
(3) 求线电流:  $I_L = \sqrt{3} I_P$ , 相位滞后 $30^\circ$ 。

例：已知： $Z_{AB}=4+j3$ ,  $Z_{BC}=3$ ,  $Z_{CA}=-j8$ , 三相对称电源  
 $U_L=120V$ , 求各线电流 设  $\dot{U}_{AB}=120\angle 0^\circ V$

求相电流： $\dot{I}_{AB}=\dot{U}_{AB}/Z_{AB}=120/5\angle -37^\circ=24\angle -37^\circ A$

$\dot{I}_{BC}=\dot{U}_{BC}/Z_{BC}=120\angle -120^\circ/3=40\angle -120^\circ A$

$\dot{I}_{CA}=\dot{U}_{CA}/Z_{CA}=120\angle 120^\circ/-j8=15\angle -150^\circ A$



求线电流：

$\dot{I}_A=\dot{I}_{AB}-\dot{I}_{CA}=33\angle -11^\circ A$

$\dot{I}_B=\dot{I}_{BC}-\dot{I}_{AB}=44\angle -162^\circ A$

$\dot{I}_C=\dot{I}_{CA}-\dot{I}_{BC}=28\angle 73^\circ A$

**例：** 对称三相电路： $Z_Y = 20 \angle 30^\circ \Omega$ ， $Z_\Delta = -j76 \Omega$ ，  
电源  $U_L = 380V$ ，求  $\dot{I}_{AY}$ 、 $\dot{I}_{A\Delta}$  及总线电流  $\dot{I}_A$ 、 $\dot{I}_B$ 、 $\dot{I}_C$

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

$$\dot{I}_{AY} = 220 \angle -30^\circ / 20 \angle 30^\circ = 11 \angle -60^\circ A$$

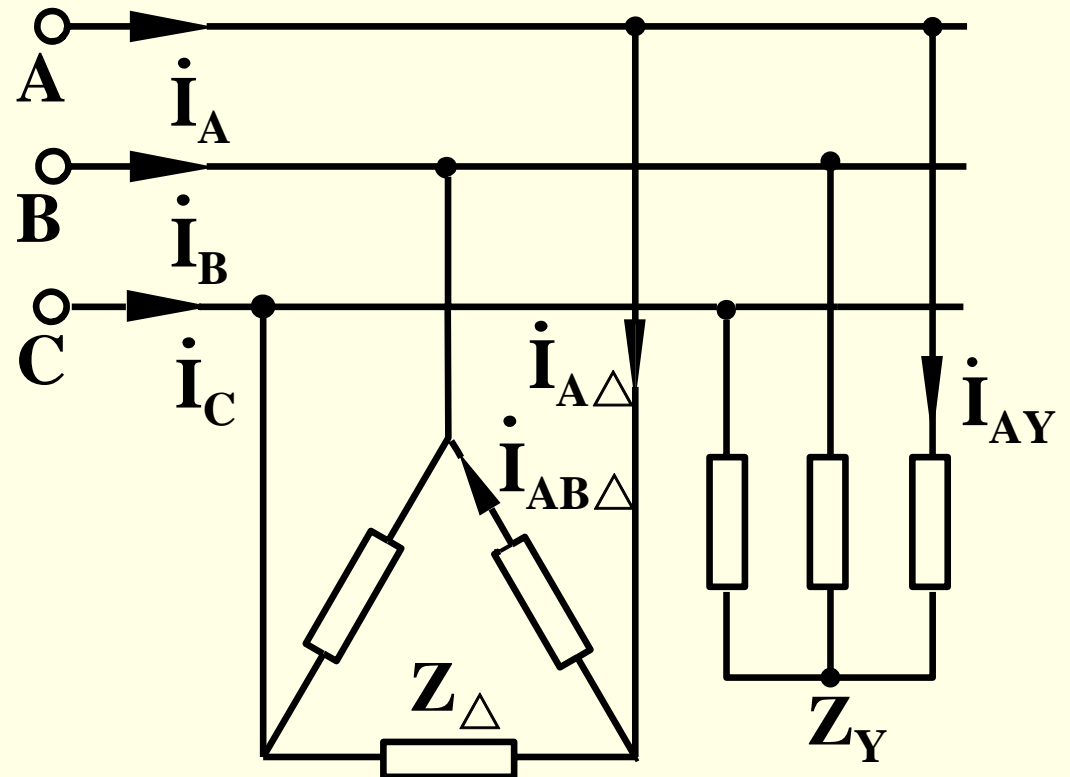
$$\dot{I}_{AB\Delta} = 380 \angle 0^\circ / -j76 = 5 \angle 90^\circ A$$

$$\dot{I}_{A\Delta} = 5 \sqrt{3} \angle 60^\circ A$$

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AY} + \dot{I}_{A\Delta} = 10 \angle -10^\circ A$$

$$\dot{I}_B = 10 \angle -130^\circ A$$

$$\dot{I}_C = 10 \angle 110^\circ A$$





## 4.4 三相电路的功率

### 4.4.1 三相电路的功率的计算

单相有功功率:  $P_i = U_i I_i \cos \varphi_i$

单相无功功率:  $Q_i = U_i I_i \sin \varphi_i$

单相视在功率:  $S_i = U_i I_i$

三相有功功率:  $P = P_A + P_B + P_C$

三相无功功率:  $Q = Q_A + Q_B + Q_C$

三相视在功率:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

## 对称三相电路的功率计算:

各相负载功率相等:

$$\mathbf{P = 3 U_P I_P \cos \varphi}$$

$U_P$ 、 $I_P$  代表负载上相电压和相电流的有效值

$$\therefore \begin{cases} \text{对称Y形: } U_1 = \sqrt{3}U_P & I_1 = I_P \\ \text{对称}\Delta\text{形: } U_1 = U_P & I_1 = \sqrt{3}I_P \end{cases}$$

$$\mathbf{P = \sqrt{3}U_1 I_1 \cos \varphi}$$

有功功率:  $\mathbf{P = \sqrt{3}U_1 I_1 \cos \varphi}$

无功功率:  $\mathbf{Q = \sqrt{3}U_1 I_1 \sin \varphi}$

视在功率:  $\mathbf{S = \sqrt{3}U_1 I_1}$

**例**工业电炉改变三相电炉丝接法可调节温度,设每相负载  $R=10\ \Omega$ ,求(1)380V线电压下,负载接成Y和 $\Delta$ 时消耗的功率,(2)220V线电压下,负载接成 $\Delta$ 时消耗的功率。

**解(1)  $U_L=380\ V$**

Y负载:  $I_p=220/10=22\ A$ ,  $I_L=22\ A$

$$P = \sqrt{3}U_L I_L \cos\varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 22 = 14.5\ kW$$

$\Delta$ 负载:  $I_p=380/10=38A$ ,  $I_L = \sqrt{3} \times 38=65.8\ A$

$$P = \sqrt{3}U_L I_L \cos\varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 65.8 = 43.3\ kW$$

**(2)  $U_L=220\ V$**

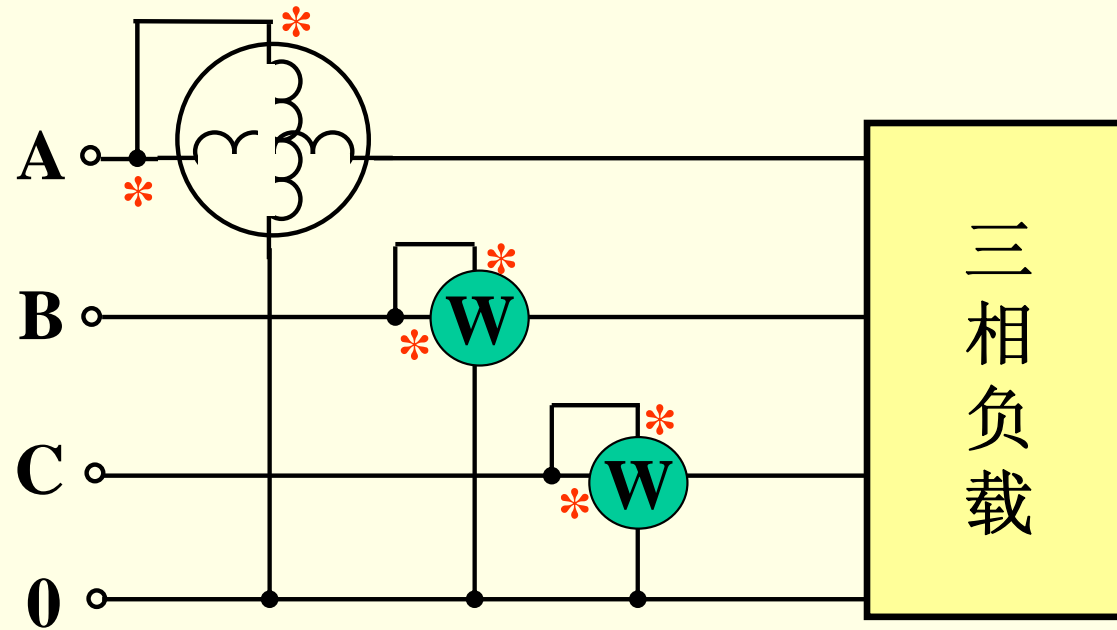
$\Delta$ 负载:  $I_p=220/10=22\ A$ ,  $I_L = \sqrt{3} \times 22= 38\ A$

$$P = \sqrt{3}U_L I_L \cos\varphi = \sqrt{3} \times 220 \times 38 = 14.5\ kW$$

电动机铭牌上: **220/380 —  $\Delta$ /Y**

## 4.4.3 三相电路功率的测量

(1) 三表法：用于三相四线制

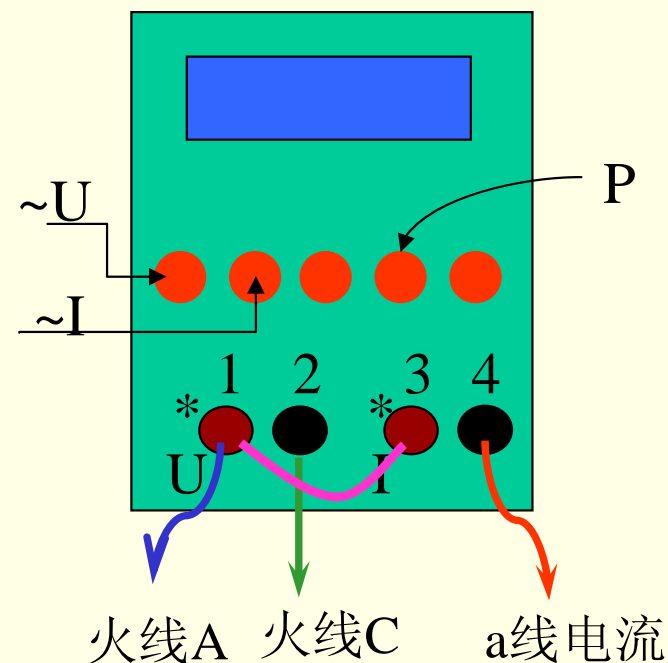
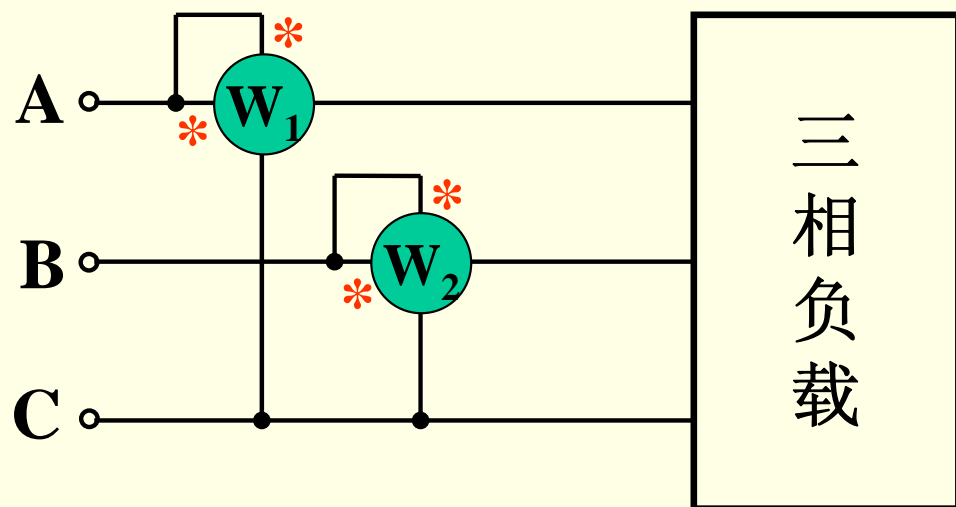


$$p = u_{AO} i_A + u_{BO} i_B + u_{CO} i_C$$

三相有功功率： $\mathbf{P} = \mathbf{P}_A + \mathbf{P}_B + \mathbf{P}_C$

若是对称三相电路，则只需一块表，读数乘以 **3**。

## (2) 二表法：用于三相三线制



测量线路的接法：选一公共火线，是将两个功率表的电流线圈接到其他两相火线上，电压线圈跨接在其火线和公共火线之间。

若 $W_1$ 的读数为  $P_1$ ， $W_2$ 的读数为  $P_2$ ，则  
三相总功率为： $P=P_1+P_2$ 。

**证明：**  $p = u_{A0}i_A + u_{B0}i_B + u_{C0}i_C$

**三相三线制：**  $i_A + i_B + i_C = 0$

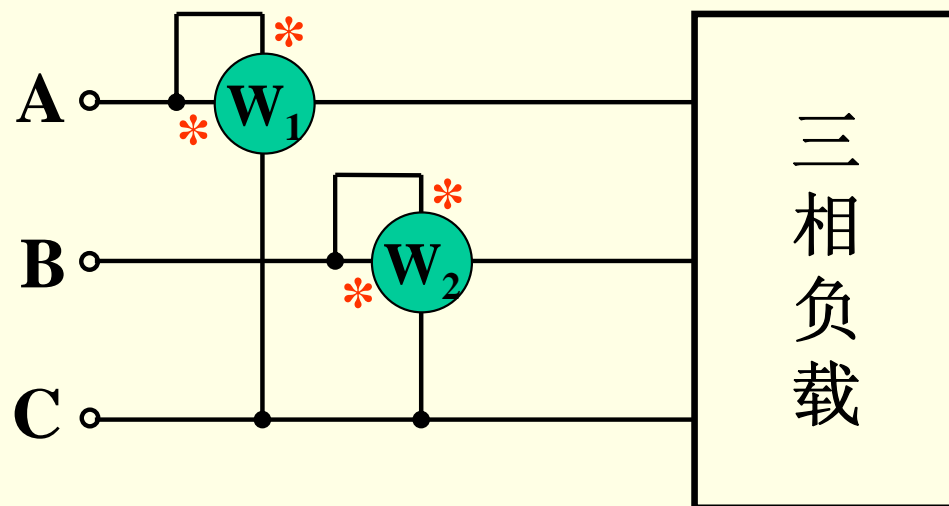
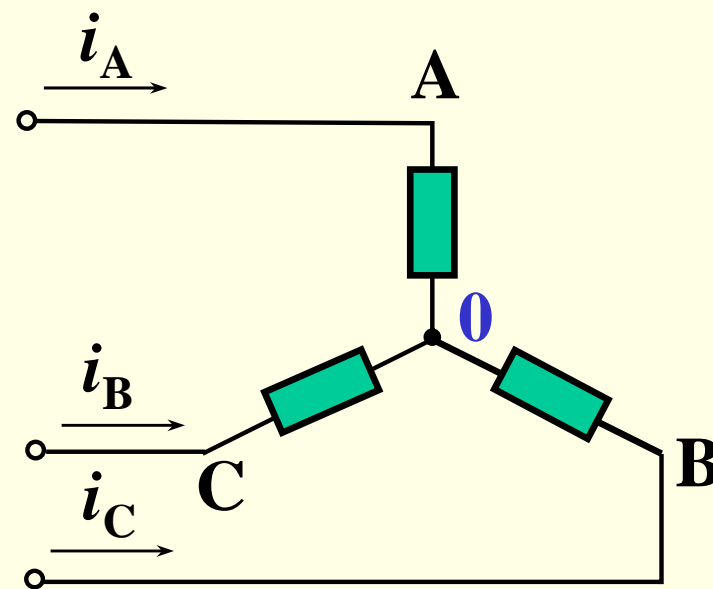
$$i_C = -(i_A + i_B)$$

$$\begin{aligned} p &= (u_{A0} - u_{C0})i_A + (u_{B0} - u_{C0})i_B \\ &= u_{AC}i_A + u_{BC}i_B \end{aligned}$$

$$P = P_1 + P_2 = U_{AC}I_A \cos\varphi_1 + U_{BC}I_B \cos\varphi_2$$

$\varphi_1$  :  $u_{AC}$  与  $i_A$  的相位差,  $\varphi_2$  :  $u_{BC}$  与  $i_B$  的相位差

两个功率表的读数求  
代数之和即等于三相功率



## 注意：

1. 只有在  $i_A+i_B+i_C=0$  的条件下，才能用二表法（即Y接， $\Delta$ 接）。不能用于不对称三相四线制。
2. 两块表读数的代数和为三相总功率，一块表的单独读数无意义。
3. 按正确极性接线时，二表中可能有一个表的读数为负，此时功率表指针反转，将其电流线圈极性反接后，指针指向正数，但读数应记为负值。

## 三相交流电路的小结

- \*不对称三相线路：各相电压与电流分别用相量计算。
- \*对称三相线路：电压与电流都对称，可先算有效值，再根据对称关系确定相位。
- \*确定负载上的电压很关键。

### 对称Y形负载

$$\dot{\mathbf{I}}_1 = \dot{\mathbf{I}}_P$$

$$\dot{\mathbf{U}}_1 = \sqrt{3}\dot{\mathbf{U}}_P \angle 30^\circ$$

### 对称△形负载

$$\dot{\mathbf{I}}_1 = \sqrt{3}\dot{\mathbf{I}}_P \angle -30^\circ$$

$$\dot{\mathbf{U}}_P = \dot{\mathbf{U}}_1$$



负载星形联接， $I_L=I_P$

三相四线制和对称三相三线制有  $U_L = \sqrt{3} U_P$  的关系，  
不对称三相三线制则无此关系。

---

负载三角形联接， $U_L=U_P$

对称三相负载时有  $I_L = \sqrt{3} I_P$  的关系，  
不对称三角形电路则无此关系。

## (4) 三相功率的计算

有功功率P:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

无功功率Q:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C$$

视在功率S:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

对称三相电路:

和接法无关

$$\begin{cases} P = 3 U_p I_p \cos \varphi \\ P = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi \end{cases}$$

$$\begin{cases} Q = 3 U_p I_p \sin \varphi \\ Q = \sqrt{3} U_l I_l \sin \varphi \end{cases}$$

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

对称三相电路的瞬时功率等于三相平均功率:

$$p_a + p_b + p_c = 3 P_P = 3 U_p I_p \cos \varphi = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$$

## 4.4.4 安全用电常识

安全用电包括人身安全和设备安全。电气事故有其特殊的严重性，发生事故时，不仅损坏用电设备，而且还可能引起触电伤亡、火灾或爆炸等严重事故。

### 1. 触电的种类

电击：电流通过人体，使体内器官和神经系统受到损害，肌肉收缩、呼吸停止。**40~60Hz**交流电流对人危害最大，**1mA**左右电流通过人体，会有麻刺等不舒服的感觉；**10~30mA**的电流通过人体，会产生麻痹、剧痛、痉挛、血压升高、呼吸困难等症状；电流达到**50毫安**以上，就会引起心室颤动而有生命危险；**100毫安**以上的电流，足以致人于死地。

电伤：由电流的热效应、化学或机械效应所造成的人体外伤。

**2.安全电压**：指不用任何防护设备，对人体不造成伤害的电压值。

根据用电环境我国规定**12伏**、**24伏**、**36伏**三个安全电压级别。

如金属容器、矿井、隧道内等狭窄、湿度大、有大面积接地导体的场所，手提照明采用**12伏**安全电压。

一般情况下，安全电流 $\leq 30\text{mA}$ ，安全电压 $\leq 36\text{V}$ 。

## 4.4.4 安全用电常识

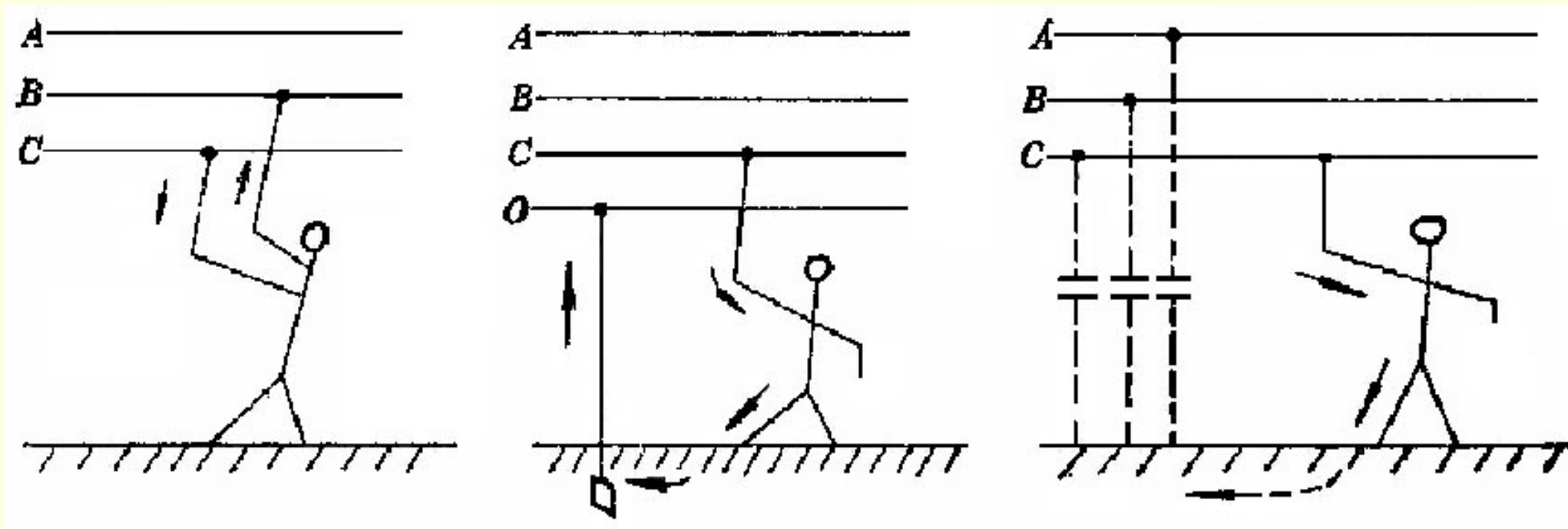
### 2. 触电的方式

1)单相触电：人体接触1相火线，与大地形成回路，或人体接触漏电的设备外壳，均为单相触电。低压系统单相电压为**220V**。

2)两相触电：人体不同部位接触2相电源为两相触电，低压系统两相电压为**380V**。

3)跨步电压触电：人站在高压设备附近的地面上，两脚之间有较大电压差，在体内形成电流回路。

4)电容放电触电：电容储存电荷产生高压，人体接触电容后形成放电回路。



1. 三相电路的三个线电流分别为  $i_A=18\sin(314t+23^\circ)$  A,  $i_B=18\sin(314t-97^\circ)$  A,  $i_C=18\sin(314t+143^\circ)$  A, 当  $t=10$ s时, 这三个电流之和为\_\_\_\_\_。

2. 纯电容作三角形负载的对称电路中, 各相  $X_C=38\ \Omega$ , 电源线电压为380 V, 则三相负载的无功功率是( )。

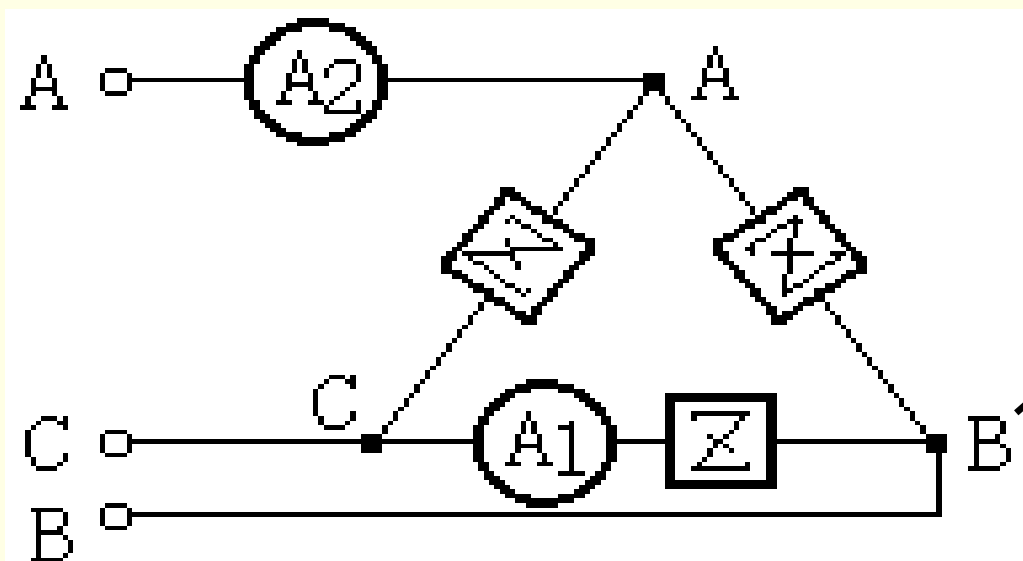
(A)- 11.4 kVar (B) -3.8 kVar (C) -6.58 kVar (D) -14.4 kVar

3. 当三相发电机的三个绕组接成星形时, 若线电压  $u_{BC}=380\sqrt{2}\sin\omega t$  V, 则相电压  $u_A=( )$ 。

(A)  $220\sqrt{2}\sin(\omega t+90^\circ)$  V (B)  $220\sqrt{2}\sin(\omega t-30^\circ)$  V

(C)  $220\sqrt{2}\sin(\omega t-150^\circ)$  V (D)  $220\sqrt{2}\sin(\omega t+30^\circ)$  V

4. 在图示对称三相负载作三角形接法电路中，正常工作时 $A_1$ 表的读数为10A，试求 $A_2$ 表读数。如果火线在B-B处断开，再求 $A_2$ 表的读数。



答案: 1. 0    2.A    3. A    4.  $I_{A_2}=17.32A$

当B-B断开时,  $I_{A_2}=15A$