

# 第六章 三相电路

## 6-1 三相电路基本概念

### 一、三相电源

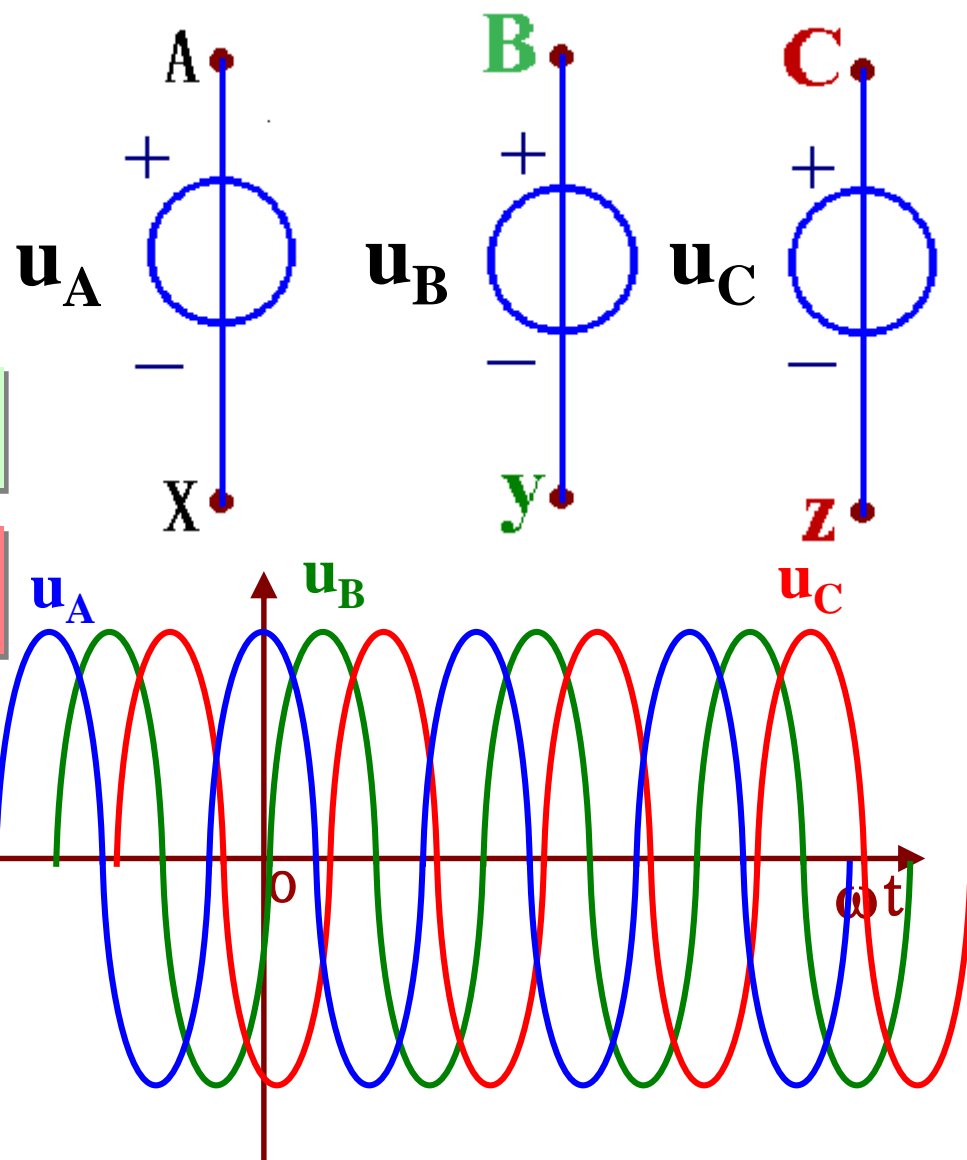
$$u_A = \sqrt{2}U \cos(\omega t)$$

$$u_B = \sqrt{2}U \cos(\omega t - 120^\circ)$$

$$u_C = \sqrt{2}U \cos(\omega t + 120^\circ)$$

时域特征:

$$u_A(t) + u_B(t) + u_C(t) = 0$$



频域特征:

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

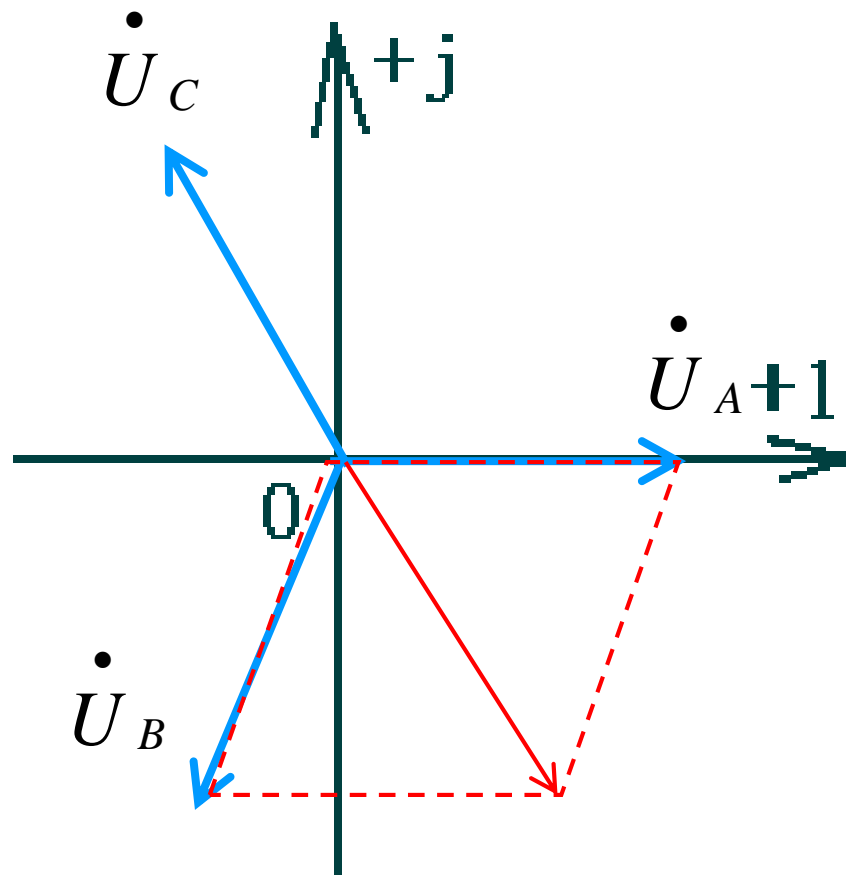
$$\dot{U}_B = U \angle -120^\circ$$

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

电压相量之间的关系:

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$$

相量图:

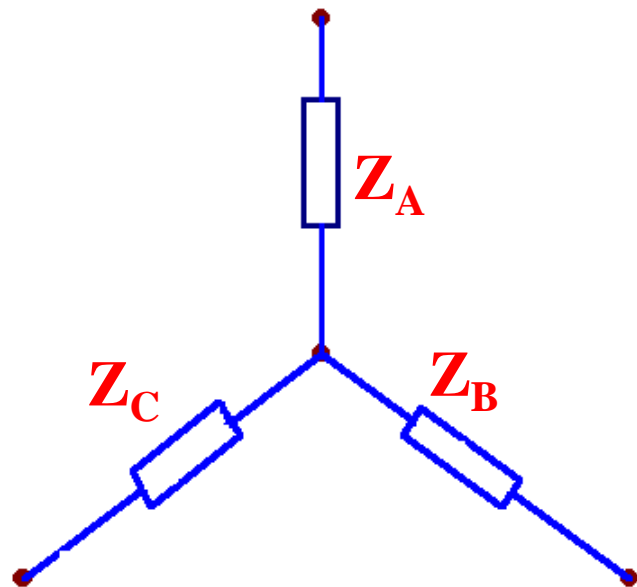
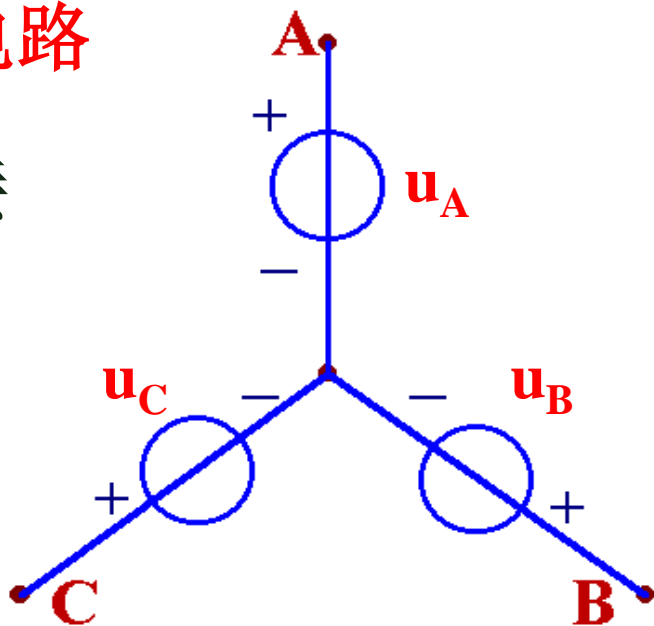


**对称三相电源:** 3个同频率、等幅值、初相位依次相差 $120^\circ$ 的一组正弦电压源称为**对称三相电源**。

## 二、三相电路

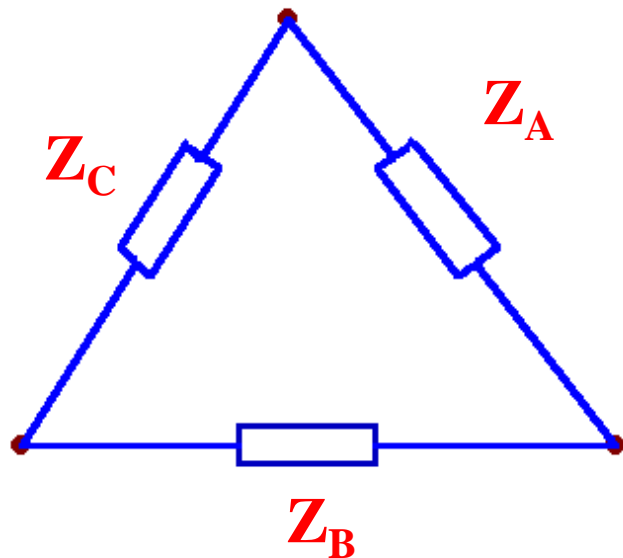
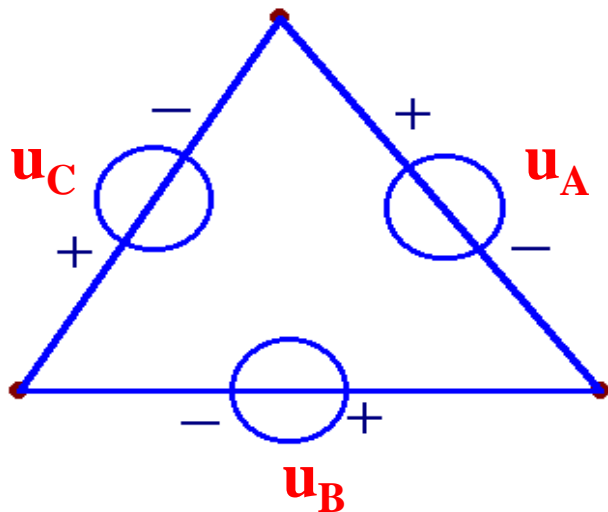
### 1、Y形连接

3个元件各有一端接公共端，其余端组分别接外电路。



### 2、 $\Delta$ 形连接

3个元件顺序相连，各连接点分别接外电路。



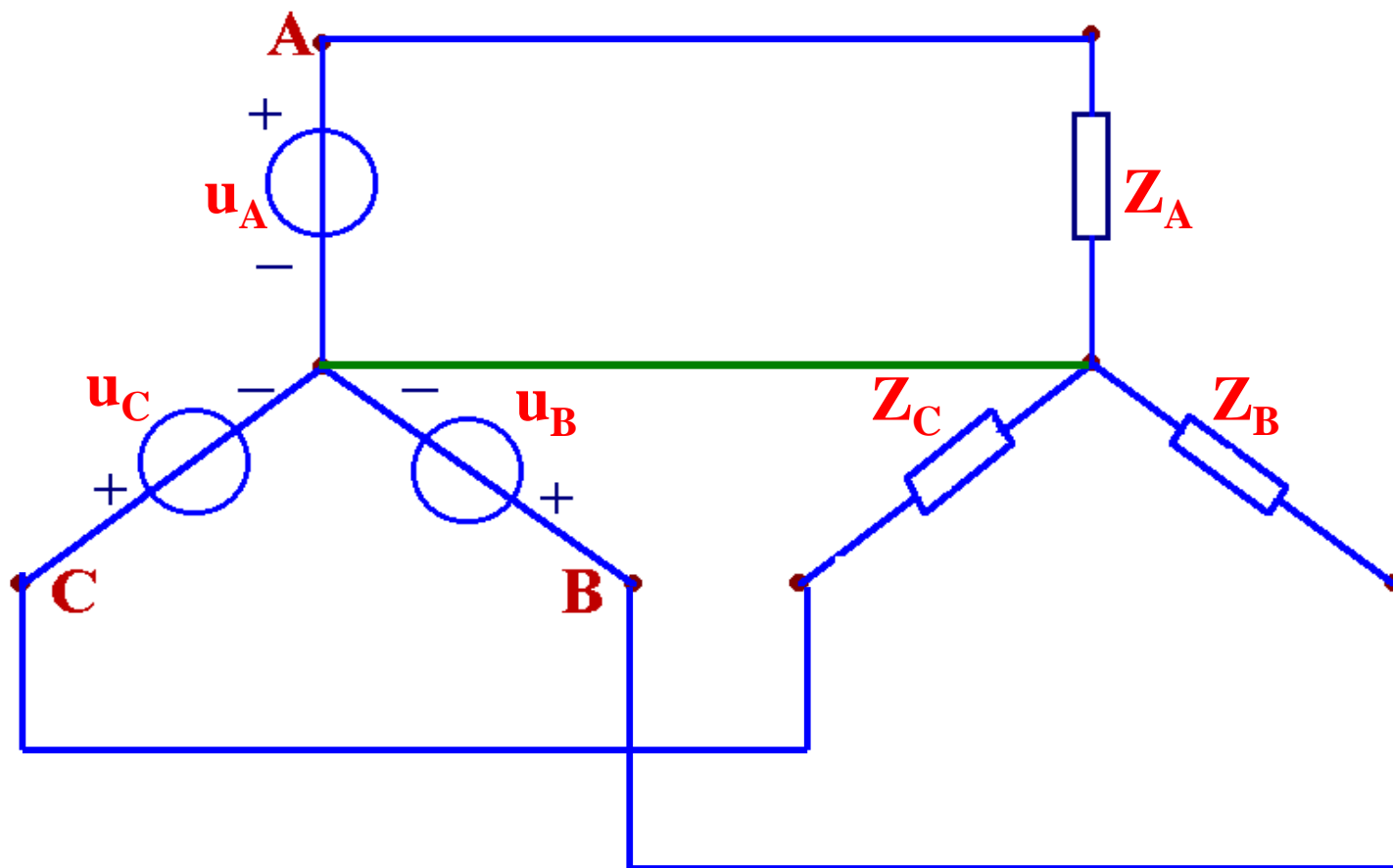
**思考:**三相电源和三相负载连接在一起，组成一个三相电路，有几种三相电路？

### 3、三相电路

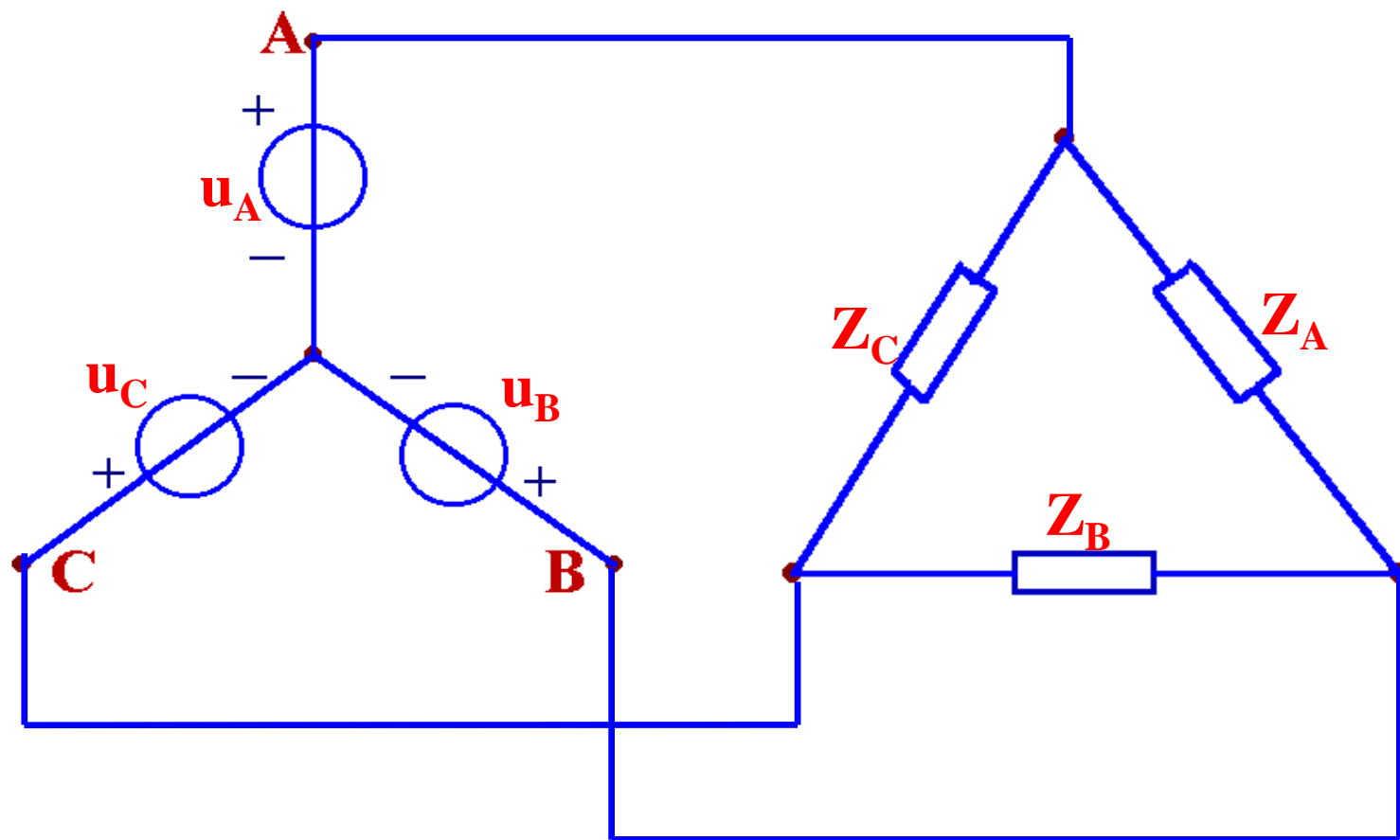
#### 1) Y-Y连接

三相三线系统

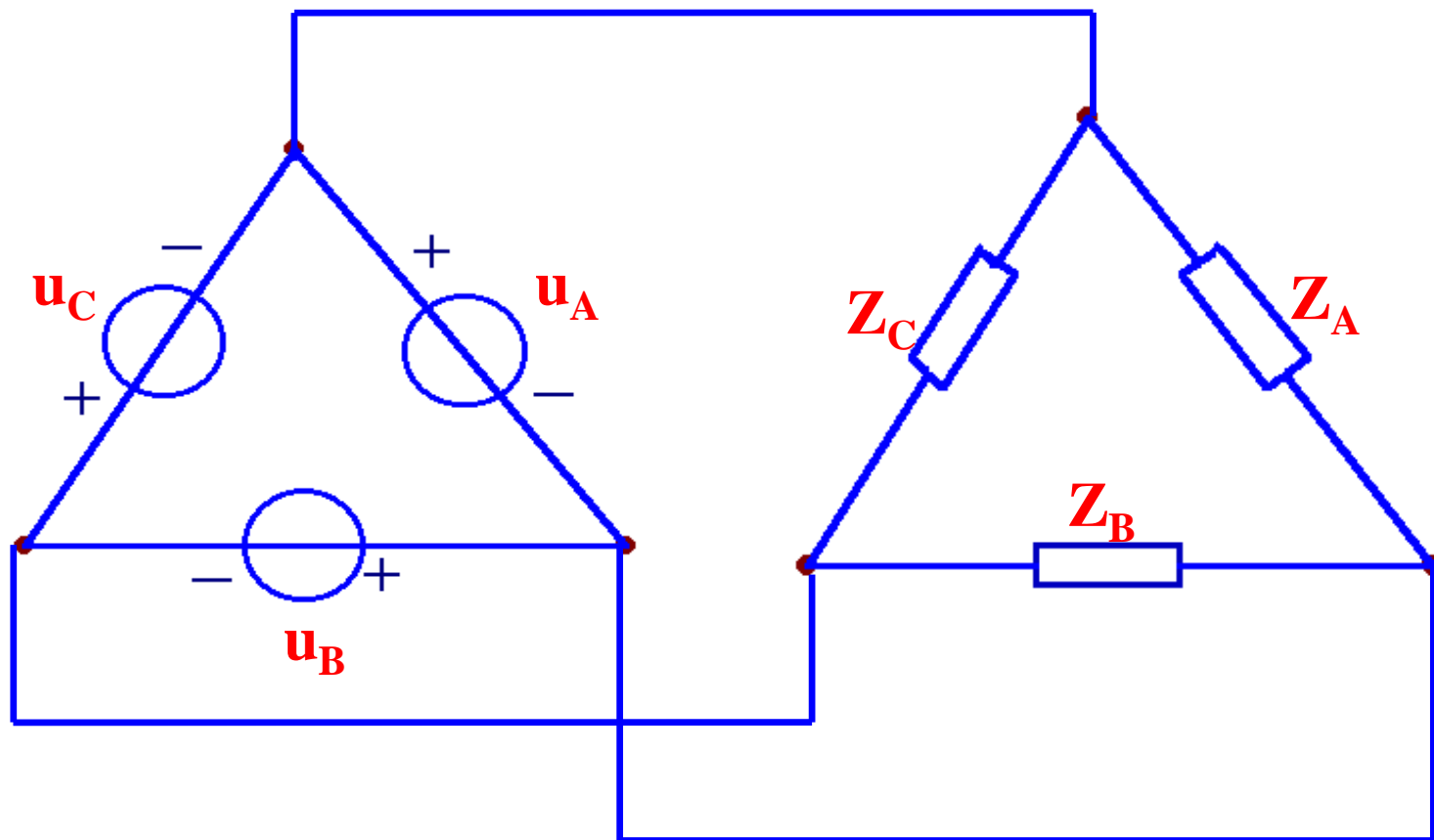
三相四线系统



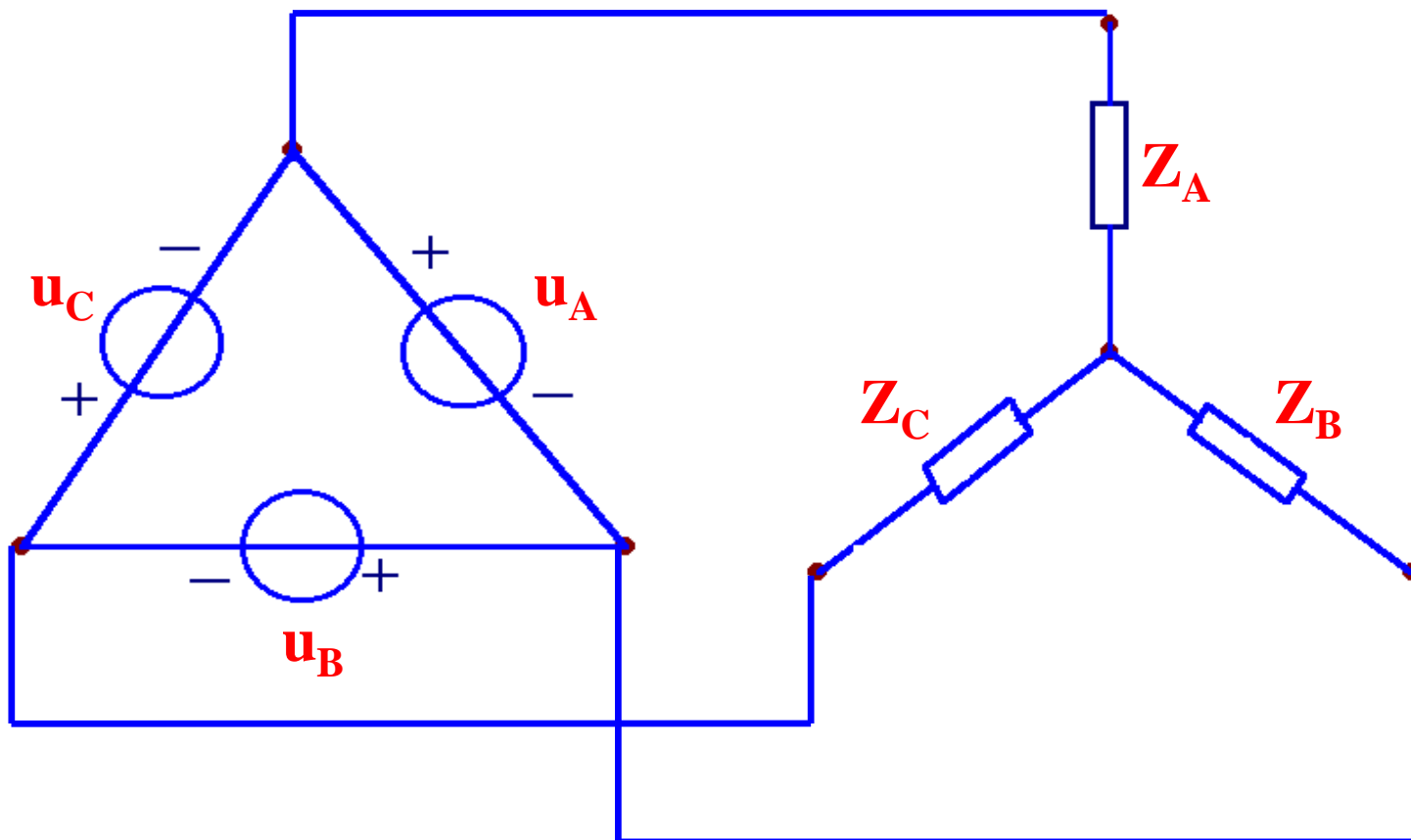
## 2) Y- $\Delta$ 连接



### 3) $\Delta$ - $\Delta$ 连接



#### 4) $\Delta$ -Y连接



## 4、三相电路的常用名词：

电源对称，负载阻抗对称，线路阻抗对称，也称作**平衡三相电路**。

端线（火线、相线）

中线（零线、地线）

对称三相电路；

不对 端线之间的电压

线电压

相电压

每一相电源（或每一相负载）的电压

线电流

端线中的电流

相电流

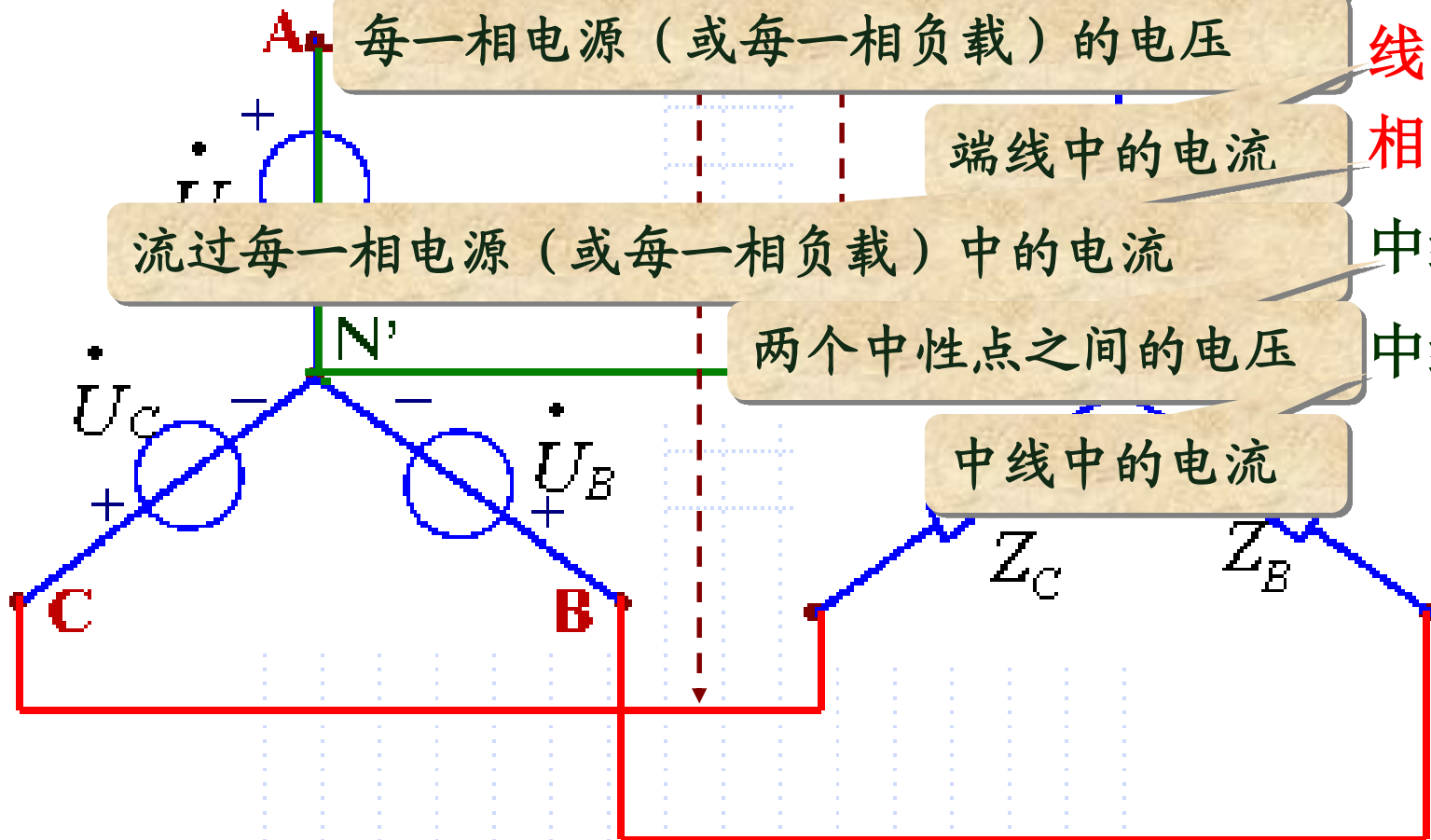
流过每一相电源（或每一相负载）中的电流

中线电压

两个中性点之间的电压

中线电流

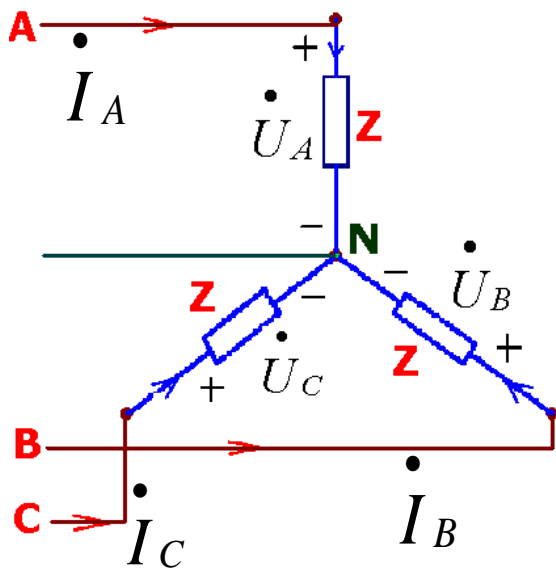
中线中的电流





## 6-2 对称三相电路的分析与计算 1)

### 1、Y形电路的电流与电压



(相量图如图6-4所示)

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

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

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

$$\dot{I}_{\text{线A}} = \dot{I}_{\text{相A}},$$

$$\dot{I}_{\text{线B}} = \dot{I}_{\text{相B}}, \quad \dot{I}_{\text{线C}} = \dot{I}_{\text{相C}}$$

三相对称:

有效值相同, 相位互差 $120^\circ$

2) 相电压、线电压对称:

有效值相同,  
相位互差 $120^\circ$

3) 线电压与相电压的大小  
关系:

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

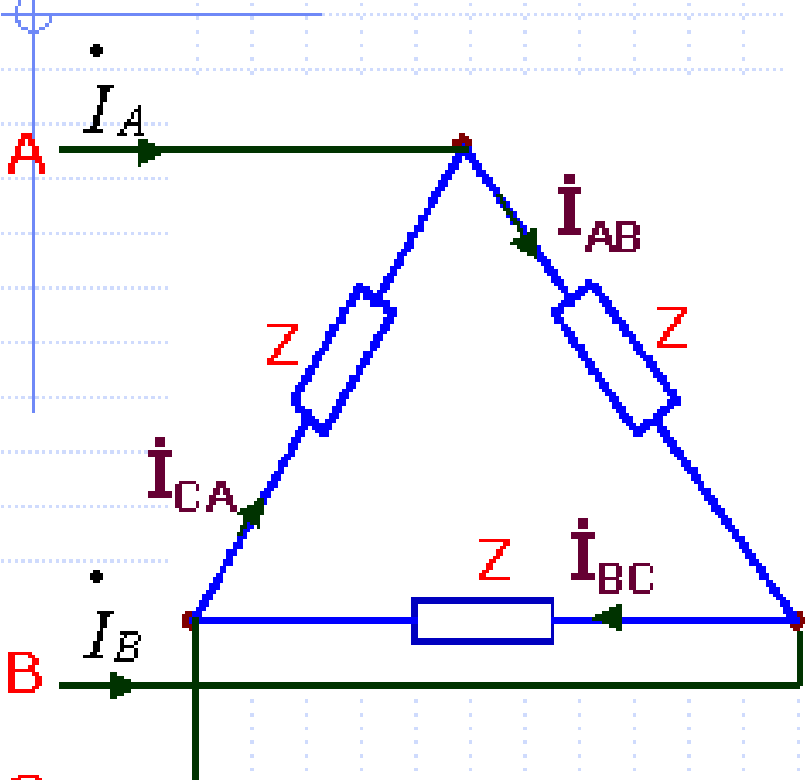
4) 线电压与相电压的相位  
关系:

$$\varphi_{AB} = \varphi_A + 30^\circ$$

$$\varphi_{BC} = \varphi_B + 30^\circ$$

$$\varphi_{CA} = \varphi_C + 30^\circ$$

## 2、 $\Delta$ 形电路的电流与电压



C (相量图如图6-11所示)

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

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

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

$$1) \dot{U}_{\text{线}} = \dot{U}_{\text{相}}$$

三相对称：有效值相同；  
相位互差 $120^\circ$

2) 相电流、线电流对称：  
有效值相同；  
相位互差 $120^\circ$

3) 线电流、相电流的大小  
关系： $I_l = \sqrt{3} I_p$

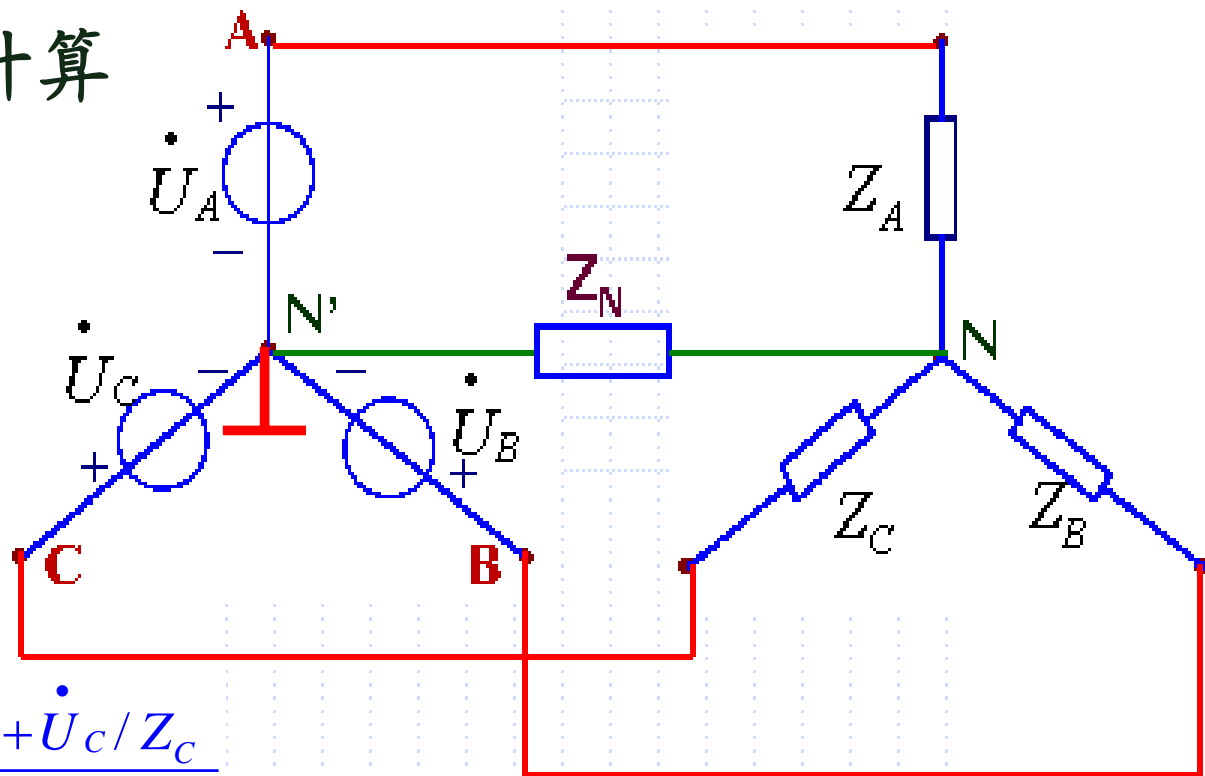
4) 线电流、相电流的相位  
关系：

$$\varphi_A = \varphi_{AB} - 30^\circ$$

$$\varphi_B = \varphi_{BC} - 30^\circ$$

$$\varphi_C = \varphi_{CA} - 30^\circ$$

### 3、对称三相电路计算



由节点法,有:

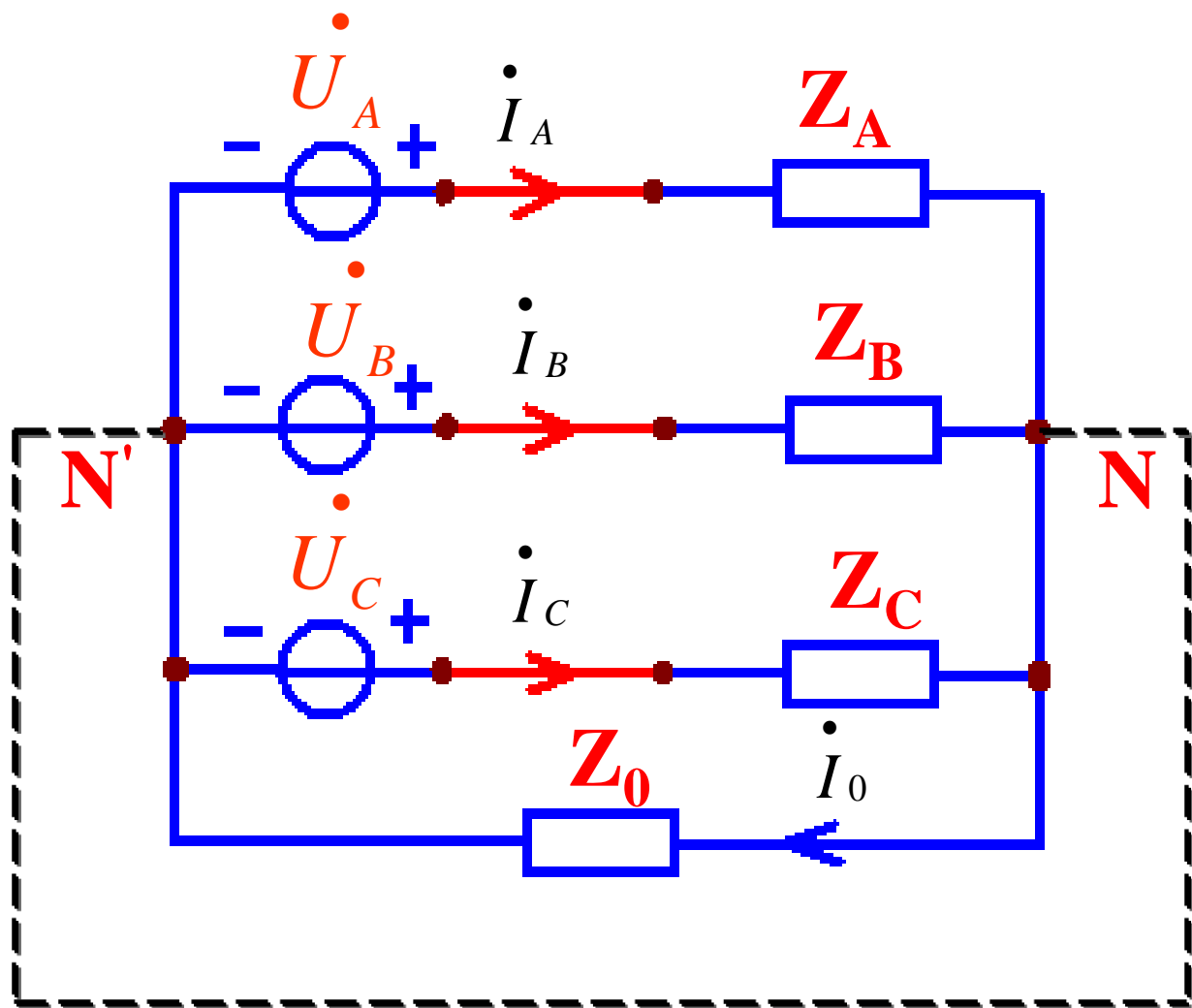
$$\dot{U}_{NN'} = \frac{\dot{U}_A/Z_A + \dot{U}_B/Z_B + \dot{U}_C/Z_C}{1/Z_A + 1/Z_B + 1/Z_C + 1/Z_N}$$

$\because Z_A = Z_B = Z_C$ , 并记为  $Z$

由于  $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$

则  $\dot{U}_{NN'} = 0$

$$\begin{aligned} \therefore \dot{U}_{NN'} &= \frac{\dot{U}_A/Z + \dot{U}_B/Z + \dot{U}_C/Z}{1/Z + 1/Z + 1/Z + 1/Z_N} \\ &= \frac{\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C}{1+1+1+Z/Z_N} \end{aligned}$$



特点:

各相相互独立;  
互不影响。

分析法:

取一相, 推二相  
(取A相计算,  
递推其余两相)

其它连接? 等效变换成Y-Y 或  $\Delta$ - $\Delta$  连接

**例1:** 已知平衡三相电路中，负载阻抗 $Z=6+j8\Omega$ ,

$u_{AB}(t) = 380\sqrt{2} \cos(\omega t + 30^\circ)V$ ，求：三相各电流相量。

**解: (1) Y形负载:**  $\dot{U}_{AB} = 380\angle 30^\circ V$

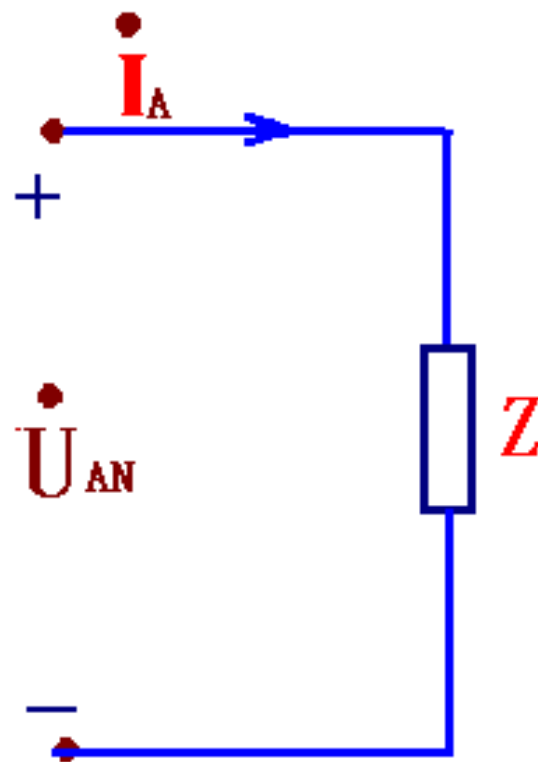
取一相计算，有

$$\begin{aligned}\text{则 } \dot{U}_{AN} &= \frac{380\angle 30^\circ}{\sqrt{3}} \angle -30^\circ \\ &= 220\angle 0^\circ V\end{aligned}$$

$$\therefore \dot{I}_A = \frac{220\angle 0^\circ}{6 + j8} = 22\angle -53.1^\circ A$$

可推得  $\dot{I}_B = 22\angle -173.1^\circ A$

$$\dot{I}_C = 22\angle 66.9^\circ A$$



**例1:** 已知平衡三相电路中, 负载阻抗 $Z=6+j8\Omega$ ,

$u_{AB}(t) = 380\sqrt{2} \cos(\omega t + 30^\circ)V$  , 求三相各电流相量。

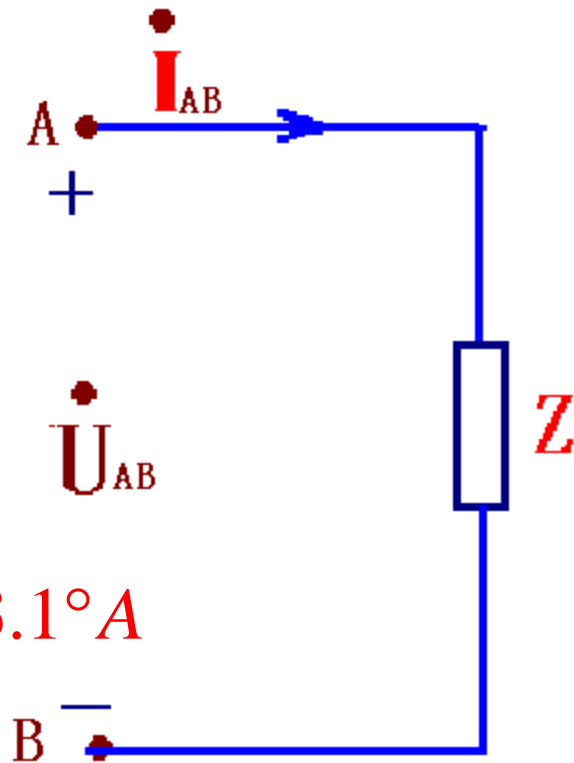
**解: (2)  $\Delta$ 形负载:**  $\dot{U}_{AB} = 380\angle 30^\circ V$  取一相计算, 有

$$\text{则 } \dot{I}_{AB} = \frac{380\angle 30^\circ}{6+j8} = 38\angle -23.1^\circ A$$

$$\dot{I}_{BC} = 38\angle -143.1^\circ A \quad \dot{I}_{CA} = 38\angle 96.9^\circ A$$

$$\therefore \dot{I}_A = 38\sqrt{3}\angle -53.1^\circ A \quad \dot{I}_B = 38\sqrt{3}\angle -173.1^\circ A$$

$$\dot{I}_C = 38\sqrt{3}\angle 66.9^\circ A$$



$$\dot{U}_{A'N} = 135 \angle -5.2^\circ \text{V}$$

$$\dot{U}_{B'N} = 135 \angle -125.2^\circ \text{V}$$

$$\dot{U}_{C'N} = 135 \angle 114.8^\circ \text{V}$$

$$\dot{U}_{A'B'} = 234 \angle 24.8^\circ \text{V}$$

$$\dot{U}_{B'C'} = 234 \angle -95.2^\circ \text{V}$$

$$\dot{U}_{C'A'} = 234 \angle 144.8^\circ \text{V}$$

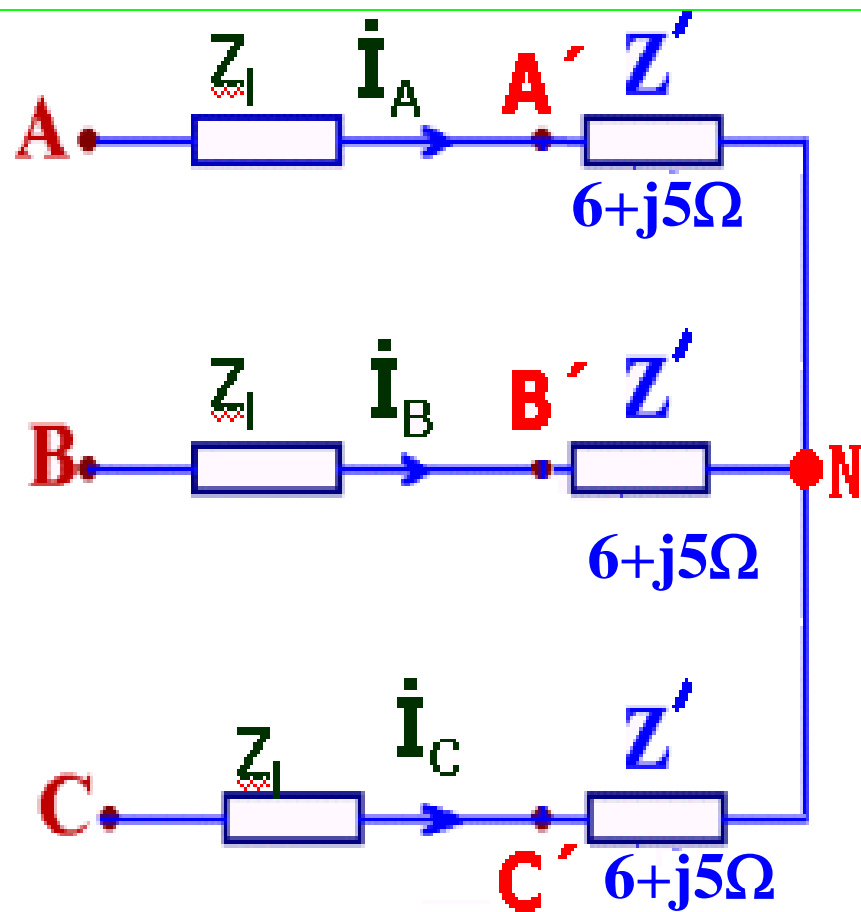
$$\text{则 } \dot{U}_{AN} = 220 \angle -30^\circ \text{V}$$

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{AN}}{Z_1 + Z'} = 17.29 \angle -75^\circ \text{A}$$

$$\text{递推: } \dot{I}_B = 17.29 \angle -195^\circ \text{A}$$

$$\dot{I}_C = 17.29 \angle 45^\circ \text{A}$$

$$\dot{U}_{A'N} = Z' \dot{I}_A$$



## 6-3 不对称三相电路的特点

电源对称，负载不对称

例：图示三相电路中 $\mathbf{U}_{\text{线}}=380\text{V}$ ，求各线电流。

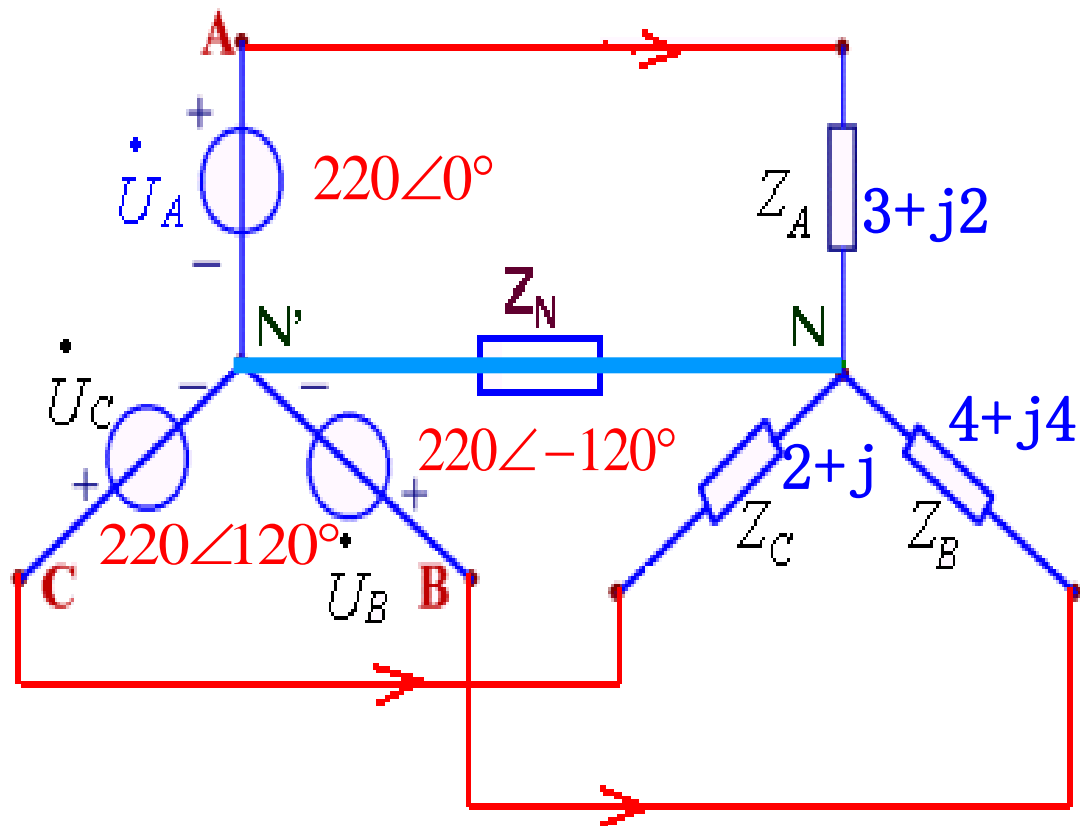
解：  $\mathbf{U}_{\text{相}}=220\text{V}$   
设  $\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ$

1)  $\mathbf{Z}_N=0$ 时：

$$\dot{I}_A = 61\angle -33.7^\circ$$

$$\dot{I}_B = 38.9\angle -165^\circ$$

$$\dot{I}_C = 98.4\angle 93.4^\circ$$



负载电压对称、负载电流不对称，  
但各相独立，互不影响。



2)  $Z_N=4+j3$ 时:

$$\dot{U}_{NN'} = \frac{\dot{U}_A/Z_A + \dot{U}_B/Z_B + \dot{U}_C/Z_C}{1/Z_A + 1/Z_B + 1/Z_C + 1/Z_N}$$

$$\dot{U}_{NN'} = 54.16 \angle 120^\circ \text{V}$$

$$\dot{U}_{AN} = \dot{U}_{AN'} - \dot{U}_{NN'} \approx 232 \angle -12^\circ$$

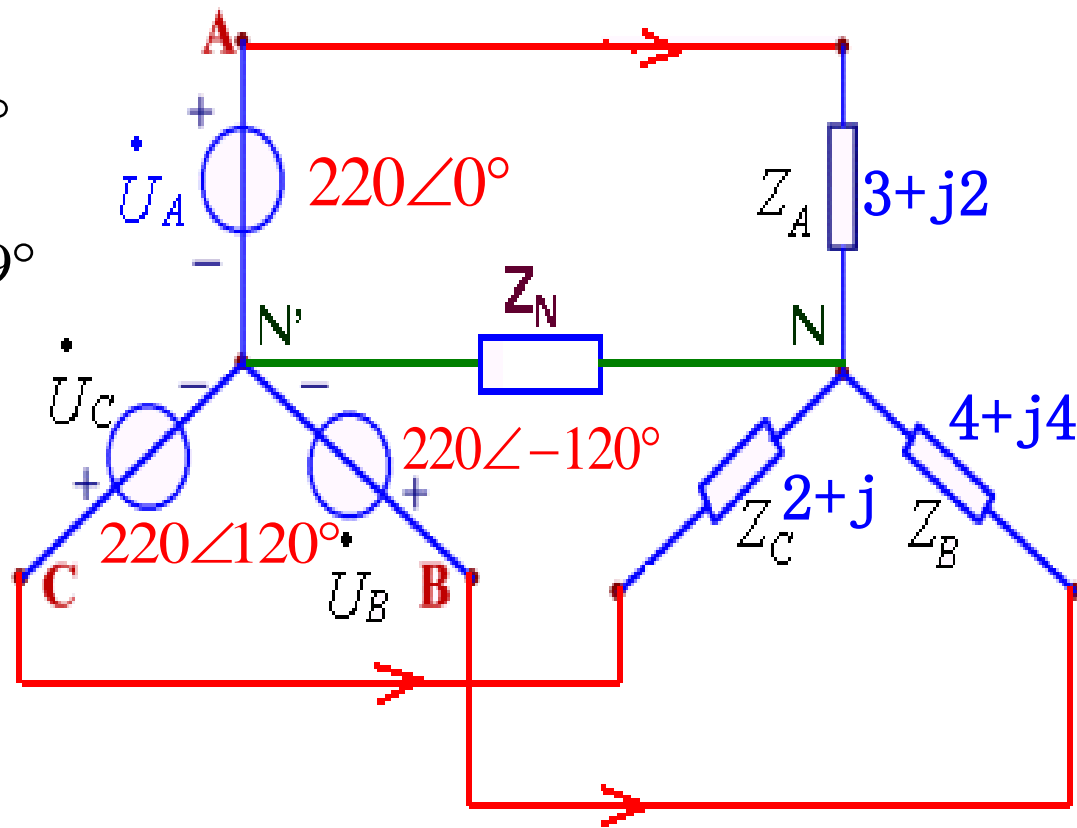
$$\dot{U}_{BN} = \dot{U}_{BN'} - \dot{U}_{NN'} \approx 257 \angle -109^\circ$$

$$\dot{U}_{CN} = \dot{U}_{CN'} - \dot{U}_{NN'} \approx 165 \angle 120^\circ$$

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{AN}}{Z_A} \approx 64.4 \angle -45.7^\circ$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_{BN}}{Z_B} \approx 45.4 \angle -154^\circ$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{CN}}{Z_C} \approx 73.8 \angle 93.3^\circ$$



负载电压不对称、负载电流不对称，  
各相牵制，彼此影响。

2)  $Z_N = \infty$  时:

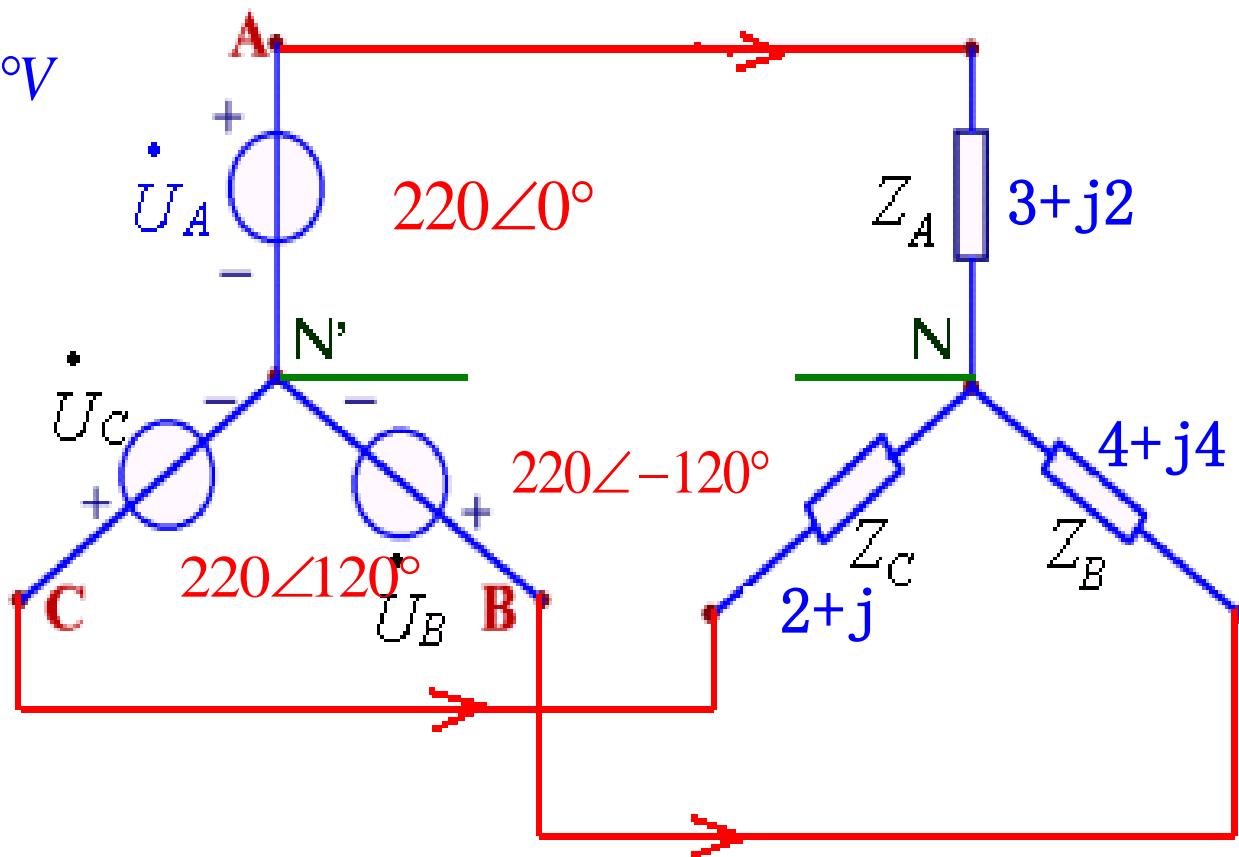
$$\dot{U}_{NN'} = \frac{\dot{U}_A/Z_A + \dot{U}_B/Z_B + \dot{U}_C/Z_C}{1/Z_A + 1/Z_B + 1/Z_C}$$

$$\dot{U}_{NN'} = 61.27 \angle 115.76^\circ \text{V}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{AN} &= \dot{U}_{AN'} - \dot{U}_{NN'} \\ &\approx 253 \angle -13^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{BN} &= \dot{U}_{BN'} - \dot{U}_{NN'} \\ &\approx 260 \angle -109^\circ \end{aligned}$$

$$\dot{U}_{CN} = \dot{U}_{CN'} - \dot{U}_{NN'} \approx 159 \angle 122^\circ$$



负载电压不对称、负载电流不对称，  
各相牵制，彼此影响。

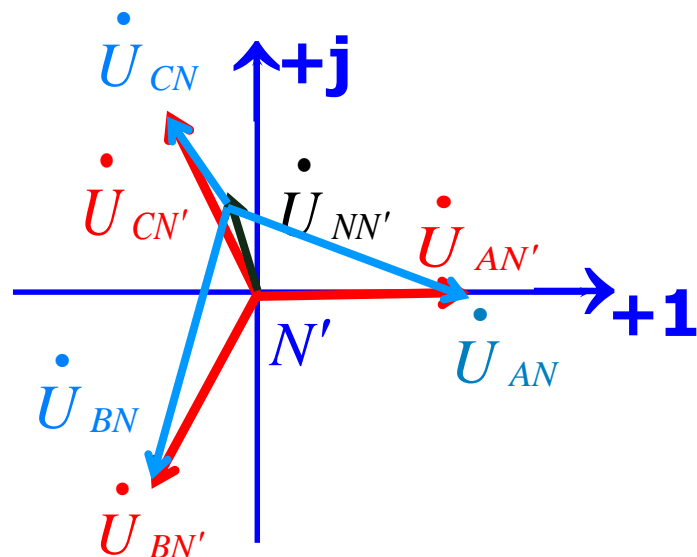
相量图:

$$\dot{U}_{NN'} = 61.27 \angle 115.76^\circ \text{V}$$

$$\dot{U}_{AN} = \dot{U}_{AN'} - \dot{U}_{NN'} \approx 253 \angle -13^\circ$$

$$\dot{U}_{BN} = \dot{U}_{BN'} - \dot{U}_{NN'} \approx 260 \angle -109^\circ$$

$$\dot{U}_{CN} = \dot{U}_{CN'} - \dot{U}_{NN'} \approx 159 \angle 122^\circ$$



负载中性点位移，负载各相电压不对称

电源对称而负载不对称三相四线系统的特点：

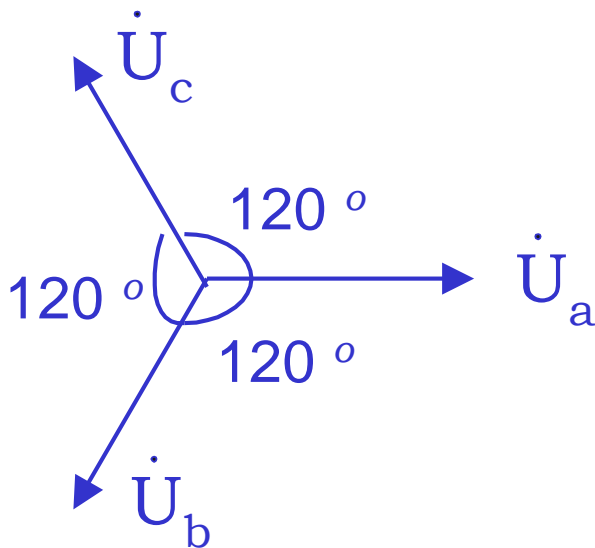
**$Z_N=0$ :** 负载电压对称、电流不对称，但各相独立，互不影响。

**$Z_N \neq 0$ :** 负载电压、电流不对称，各相牵制，彼此影响。

**注 意:** 在三相四线供电系统中，采用的中线线径较大，并且在中线上不允许接入开关或保险丝，严禁中线开路。

## 6-4 三相电路的相序

三个电源波形到达最大值的先后次序称为**相序**。



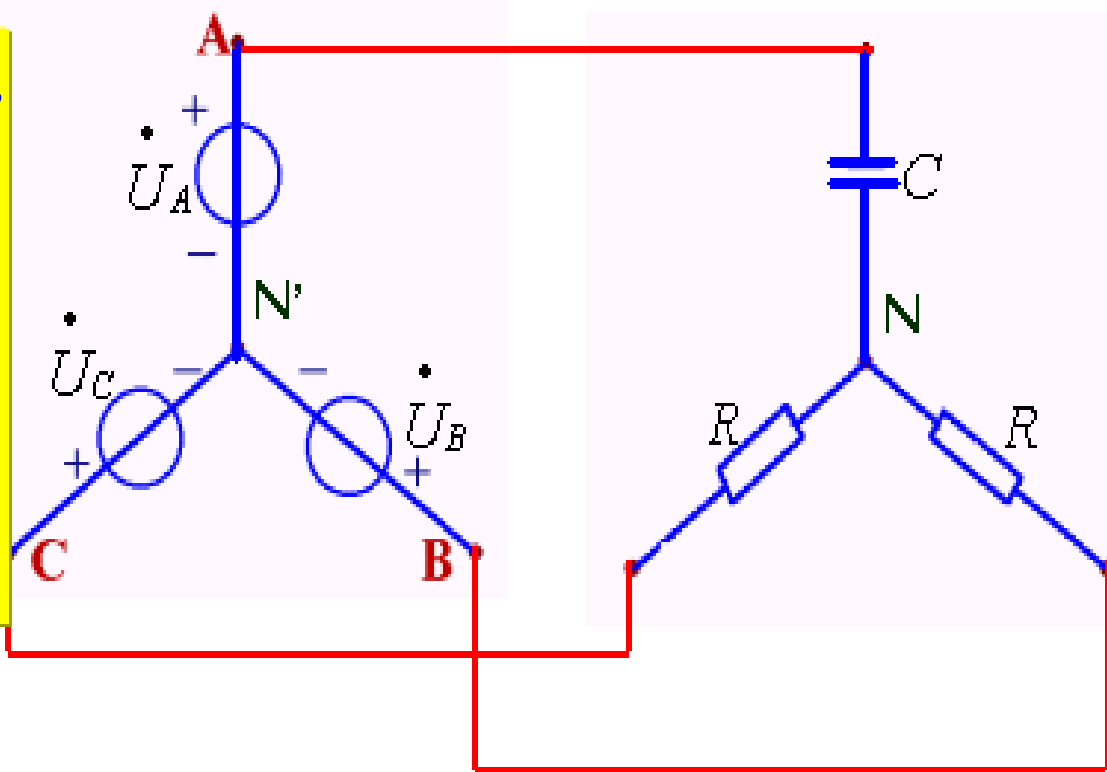
如前述三相电源表达式，电源相序为  $a \rightarrow b \rightarrow c$ ，这样的相序为**正序**，反之，则称为**负序或逆序**。

通常三相电源均指正序。如无特别说明，所讨论的三相电源均为这种相序。

例：图示为判定相序的一种电路，称为相序器，由一个电容C和两个相同的白炽灯泡R组成，已知：

$$U_{\text{线}} = 380\text{V}, \quad \frac{1}{\omega C} = R$$

请根据两个灯泡的亮度，确定对称电源的相序。



解：设  $\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ$

$$\dot{U}_{NN'} = \frac{j\omega C \dot{U}_A + \dot{U}_B / R + \dot{U}_C / R}{j\omega C + 1/R + 1/R} = 138.6\angle 108.4^\circ$$

$$\dot{U}_{AN} = 294.8\angle -26.56^\circ$$

$$\dot{U}_{BN} = 330\angle -101.16^\circ$$

$$\dot{U}_{CN} = 88\angle 138^\circ$$

设电容所在相为A相，则：

灯较亮的一相为电容所在  
A相的后继相：B相；

灯较暗的一相为C相。

## 6-5 三相电路的功率

### 1、平均功率

$$P = P_A + P_B + P_C = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C$$

对称（平衡）三相：

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

### 2、无功功率

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = U_A I_A \sin \varphi_A + U_B I_B \sin \varphi_B + U_C I_C \sin \varphi_C$$

对称（平衡）三相：

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

### 3、视在功率

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

对称（平衡）三相：

$$S = 3U_p I_p = \sqrt{3}U_l I_l$$

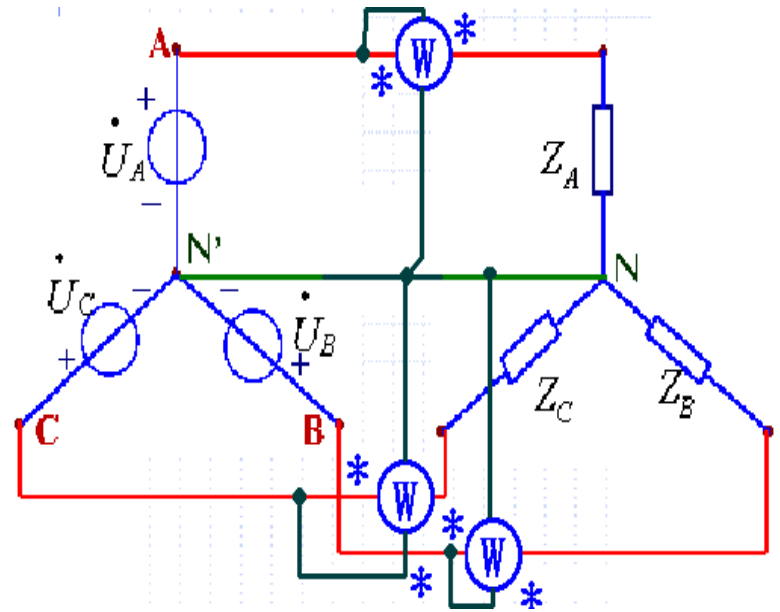
4、瞬时功率:  $p(t) = p_A(t) + p_B(t) + p_C(t) = P(W)$ (常量)

5、功率测量:

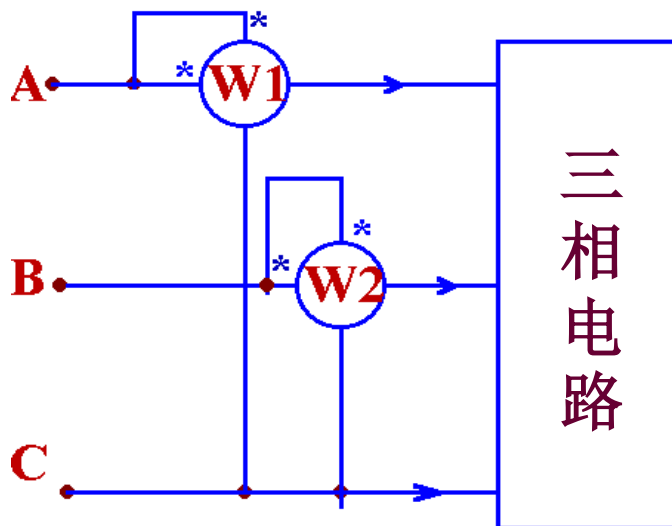
对于对称三相电路, 采用“单相测量, 三相相加”的方法:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

测量方法: 三相三线系统的二瓦计法 (或, 中线电流为零的三相四线系统)



$$P = P_1 + P_2$$



- 1、功率(瓦特)表标有\*号的电流端接至电源一端, 而另一电流端接至负载端。电流线圈是串联接入电路的。
- 2、功率表标有\*号的电压端可以接至电流端的任意一端, 而另一个电压端则跨接至负载的另一端。功率表电压支路是并联接入被测电路的。

**例：**功率为2.5kW,  $\cos\varphi=0.866$ 的电动机**M**接到线电压380V的对称三相电路，求各功率表读数。

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

$$= 4.386A$$

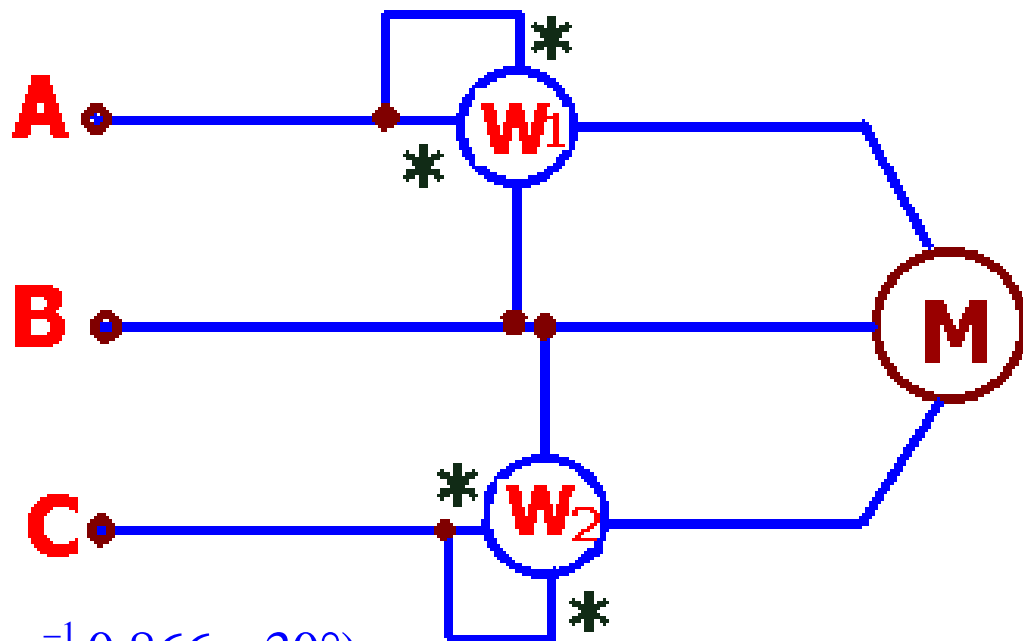
设  $\dot{U}_{AB} = 380\angle 0^\circ$

$\dot{U}_{AN} = 220\angle -30^\circ$

$\dot{I}_A = 4.386\angle -60^\circ A$  ( $\cos^{-1} 0.866 = 30^\circ$ )

$\dot{U}_{CB} = -\dot{U}_{BC} = 380\angle 60^\circ$

$\dot{I}_C = 4.386\angle 60^\circ A$



$P_1 = 833.3W$

$P_2 = 1666.7W$

$P = P_1 + P_2 = 2.5kW$



# 第六章要点:

## 1 三相电路基本概念

三相电源:  $u_A(t) + u_B(t) + u_C(t) = 0$

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$$

三相电路: Y-Y; Y- $\Delta$ ;  $\Delta$ - $\Delta$ ;  $\Delta$ -Y;

端线(火线、相线); 中线(零线、地线)

线电压、相电压; 线电流、相电流;

## 2 对称三相电路的分析与计算

Y形电路的电流与电压;  $\Delta$ 形电路的电流与电压;

特点: 各相相互独立; 互不影响。

分析法: 取一相, 推二相(取一相计算, 递推其余二相)

### 3、不平衡三相电路:

**$Z_N=0$ :** 负载电压对称、电流不对称, 但各相独立, 互不影响

**$Z_N \neq 0$ :** 负载电压不对称、电流不对称, 各相牵制, 彼此影响

### 4、三相电路的功率

$$p(t) = p_A(t) + p_B(t) + p_C(t) = P(W)$$

$$P = 3U_p I_p \cos \varphi$$

$$Q = 3U_p I_p \sin \varphi$$

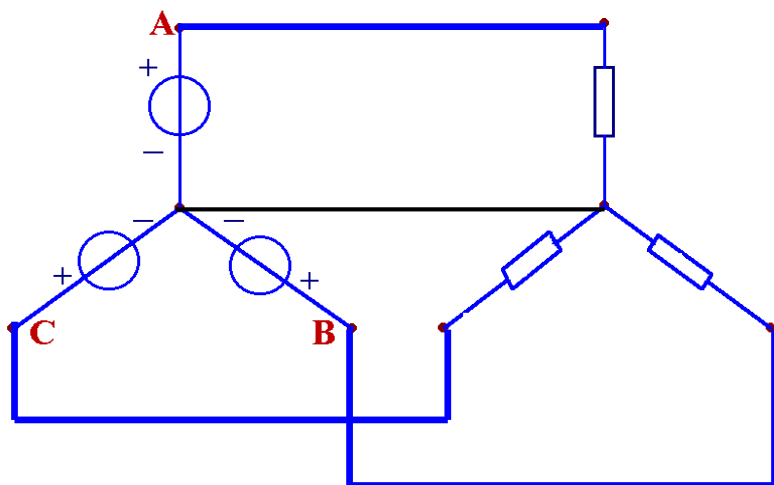
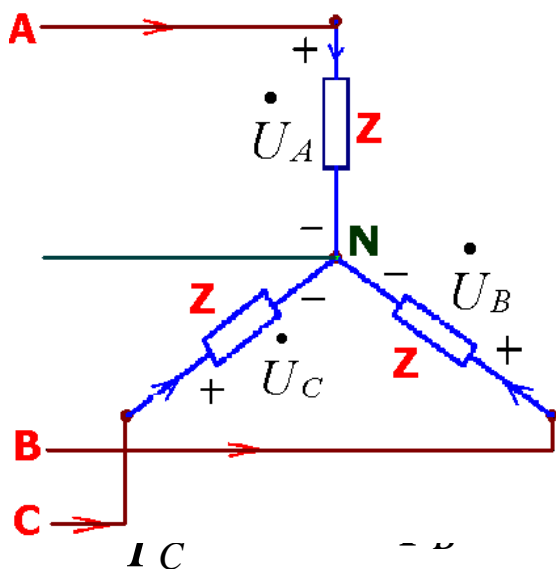
$$S = 3U_p I_p$$

功率测量: **1)** 三相四线供电系统: 单相测量, 三相相加。

**2)** 三相三线供电系统: 二瓦计法。

# 对称三相电路的计算

## 1、Y形电路的电流与电压



$$\begin{aligned} 1) \quad & \dot{I}_{\text{线A}} = \dot{I}_{\text{相A}}, \\ & \dot{I}_{\text{线B}} = \dot{I}_{\text{相B}}, \dot{I}_{\text{线C}} = \dot{I}_{\text{相C}}, \end{aligned}$$

三相对称：有效值相同  
相位互差 $120^\circ$

2) 线电压对称：  
有效值相同，  
相位互差 $120^\circ$

3) 线电压与相电压的大小  
关系：  
$$U_l = \sqrt{3}U_p$$

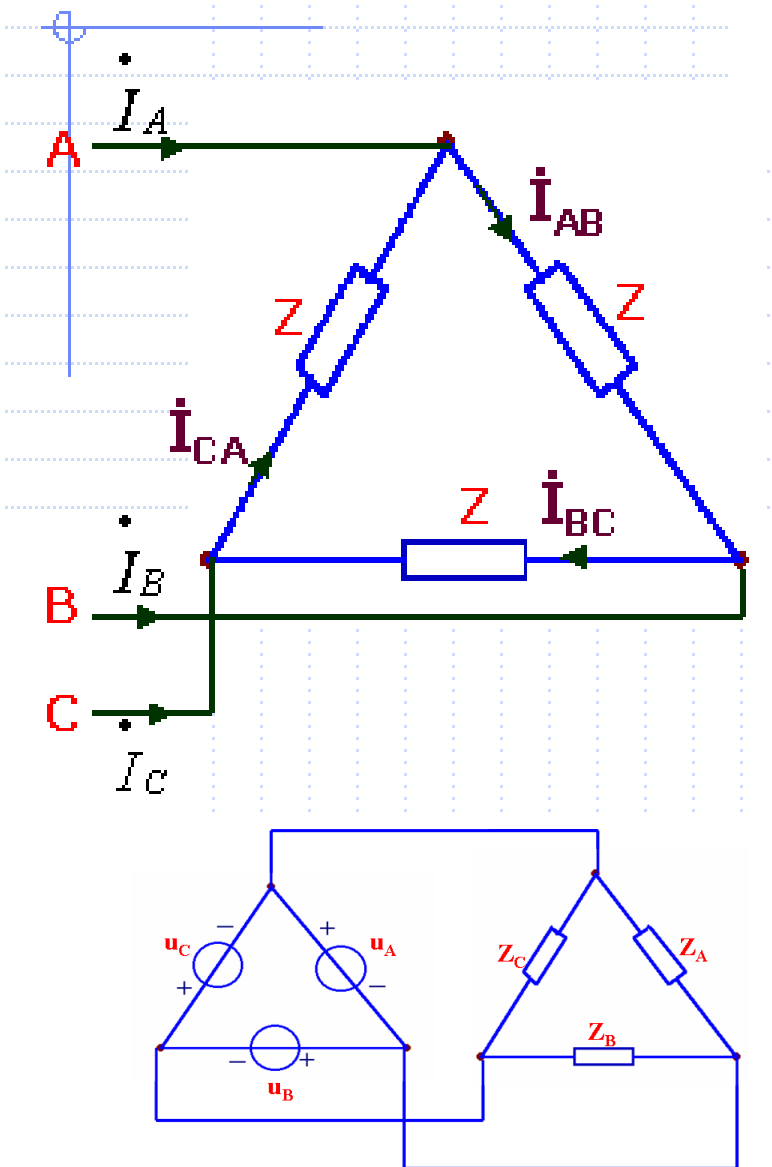
4) 线电压与相电压的相位  
关系：

$$\varphi_{AB} = \varphi_A + 30^\circ$$

$$\varphi_{BC} = \varphi_B + 30^\circ$$

$$\varphi_{CA} = \varphi_C + 30^\circ$$

## 2、 $\Delta$ 形电路的电流与电压



$$1) \dot{U}_{\text{线}} = \dot{U}_{\text{相}}$$

三相对称: 有效值相同;  
相位互差 $120^\circ$

2) 线电流、相电流对称:  
有效值相同;  
相位互差 $120^\circ$

3) 线电流、相电流的大小  
关系:  $I_l = \sqrt{3}I_p$

4) 线电流、相电流的相位  
关系:

$$\varphi_A = \varphi_{AB} - 30^\circ$$

$$\varphi_B = \varphi_{BC} - 30^\circ$$

$$\varphi_C = \varphi_{CA} - 30^\circ$$

- **习题6-1** 已知对称三相电源线电压  $U_{\text{线}}=380\text{V}$ ，对称负载每相的阻抗  $Z=10\angle 53.1^\circ \Omega$ 。**求：**负载为星形连接和三角形连接时的相电流、线电流，并画出相量图。

**解：**

(1) 负载星形连接:  $U_{\text{相}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220\text{V}$

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

则:  $\dot{I}_{\text{A相}} = \frac{\dot{U}_{\text{A相}}}{Z} = \frac{220\angle 0^\circ}{10\angle 53.1^\circ} = 22\angle -53.1^\circ \text{A}$

故:  $\dot{I}_{\text{B相}} = 22\angle -173.1^\circ \text{A},$   
 $\dot{I}_{\text{C相}} = 22\angle 66.9^\circ \text{A}$

且:  $\dot{I}_{\text{A线}} = \dot{I}_{\text{A相}} = 22\angle -53.1^\circ \text{A}$   
 $\dot{I}_{\text{B线}} = \dot{I}_{\text{B相}} = 22\angle -173.1^\circ \text{A}$   
 $\dot{I}_{\text{C线}} = \dot{I}_{\text{C相}} = 22\angle 66.9^\circ \text{A}$

(2) 负载三角形连接:

$$U_{\text{相}} = U_{\text{线}} = 380\text{V}$$

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

则  $\dot{I}_{\text{AB相}} = \frac{\dot{U}_{\text{AB相}}}{Z} = \frac{380\angle 0^\circ}{10\angle 53.1^\circ} = 38\angle -53.1^\circ \text{A}$

故:  $\dot{I}_{\text{BC相}} = 38\angle -173.1^\circ \text{A},$   
 $\dot{I}_{\text{CA相}} = 38\angle 66.9^\circ \text{A}$

且:  $\dot{I}_{\text{A线}} = \dot{I}_{\text{AB相}} = 38\sqrt{3}\angle -83.1^\circ \text{A}$   
 $\dot{I}_{\text{B线}} = \dot{I}_{\text{BC相}} = 38\sqrt{3}\angle -203.1^\circ \text{A}$   
 $\dot{I}_{\text{C线}} = \dot{I}_{\text{CA相}} = 38\sqrt{3}\angle 36.9^\circ \text{A}$

- **习题6-2** 某一对称三角形连接的负载与一对称星型连接的电源相连。若已知此负载每相的阻抗为  $Z=8-j6\Omega$ ，线路阻抗为  $j2\Omega$ ，电源相电压为  $220V$ ，**求：**电源和负载的相电流。

**解：**

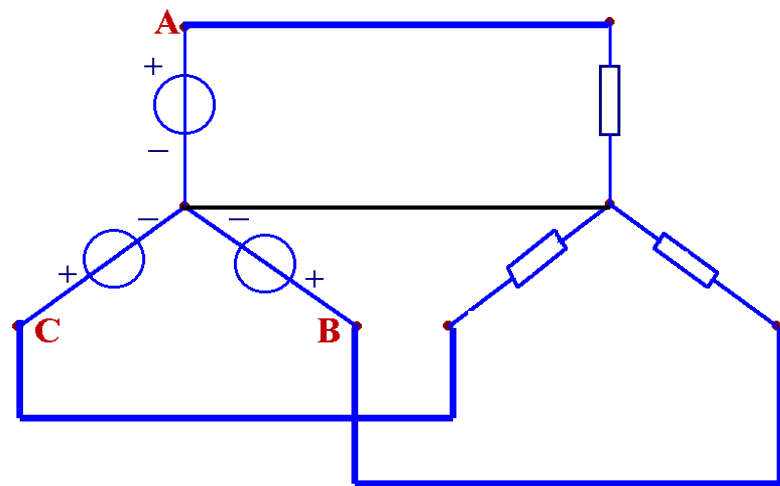
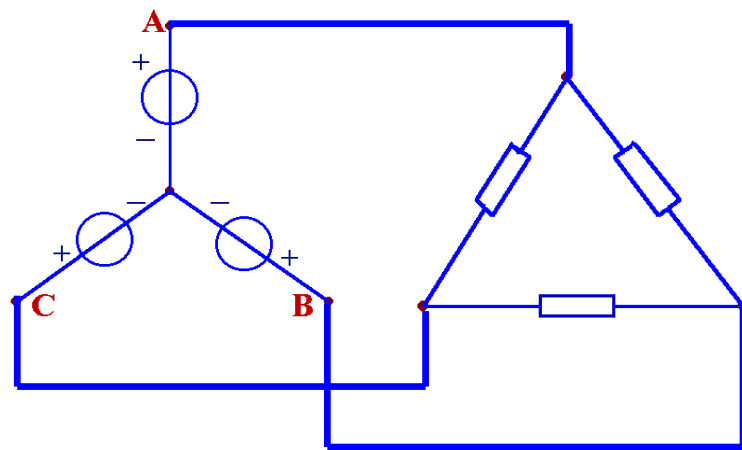
将三角形负载等效变换为星形负载，则：

$$Z_Y = \frac{8-j6}{3} \Omega$$

取一相，有：  $I_{\text{相电源}} = \frac{220}{j2 + \frac{8-j6}{3}} = 82.5A$

回到原电路，求负载的相电流，有：

$$I_{\text{相负载}} = \frac{I_{\text{线}}}{\sqrt{3}} = \frac{I_{\text{相电源}}}{\sqrt{3}} = \frac{82.5}{\sqrt{3}} = 47.6A$$



- **习题6-3** 如图6-17所示对称三相电路中，已知线电压  $U_{AB} = 380V$ ，三角形负载  $Z = 19.2 + j14.4\Omega$ ，线路阻抗  $Z_l = 3 + j4\Omega$ 。求：负载相电压和相电流。

**解：**

将三角形负载等效变换为星形负载，则：

$$Z' = \frac{Z}{3} = \frac{19.2 + j14.4}{3} = 6.4 + j4.8\Omega$$

**取A相计算：**

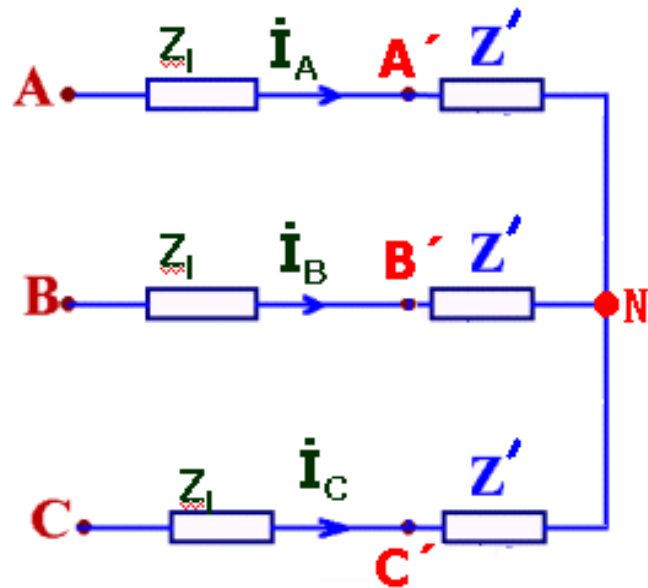
因为：  $U_{AB} = 380V$

$$\text{所以： } U_{AN'} = \frac{U_{AB}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

$$\text{故： } I_A = \frac{U_{AN'}}{|Z_l + Z'|} = \frac{220}{12.88} = 17.08A$$

回到原电路，求负载的相电流和相电压：

$$I_{A'B'} = \frac{I_A}{\sqrt{3}} = 9.9A \quad U_{A'B'} = I_{A'B'} * |Z| = 9.9 * 24 = 237.6V$$



- **习题6-4** 已知对称三相电路的星形负载阻抗  $Z = 165 + j84\Omega$ ，线路阻抗  $Z_l = 2 + j\Omega$ ，中线阻抗  $Z_0 = 6 + j5\Omega$ ，电源端线电压  $U_l = 380V$ 。  
求：负载端的电流和线电压。

解：

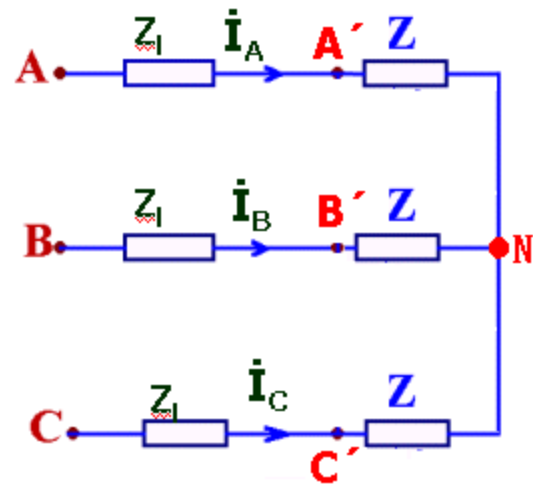
因为：  $U_l = 380V$

所以：  $U_{AN} = \frac{U_l}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$

故：  $I_A = \frac{U_{AN}}{|Z_l + Z|} = \frac{220}{187.39} = 1.17A$ ， 且：  $I_{AN} = I_A$  (即，  $I_{相} = I_{线}$ )

又有：  $U_{AN} = I_A * |Z| = 1.17 * 185.15 = 216.63V$

则：  $U_{AB'} = \sqrt{3}U_{AN} = 375.21V$





- **习题6-6** 如图6-18所示对称三相电路中，已知  $U_{A'B'}=380V$ ，三相对称负载吸收的功率为1.4KW，其功率因数为0.866(滞后)， $Z_l = -j55\Omega$ 。

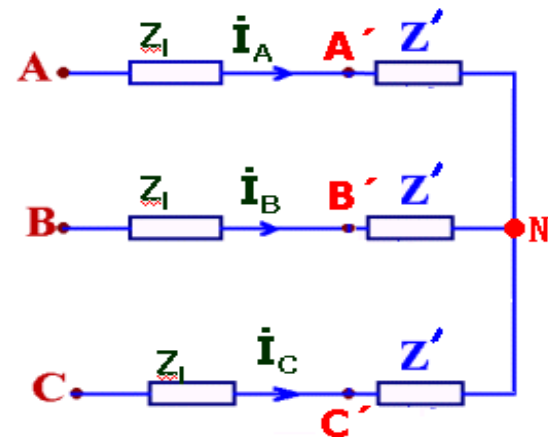
求：  $U_{AB}$  和电路的功率因数。(解法1)

**解：** 因为，  $P = \sqrt{3}U_{AB'}I_A \cos \varphi = \sqrt{3} * 380 * I_A * 0.866 = 1.4K$

所以，  $I_A = 2.456A$

设，  $\dot{U}_{AB'} = 380\angle 0^\circ$

则，  $\dot{U}_{AN} = \frac{380\angle 0^\circ}{\sqrt{3}} \angle -30^\circ = 220\angle -30^\circ$



由于负载的功率因数为0.866（滞后：电流相位比电压相位的差），  
即，相电压与相电流的相角之差为：  $\arccos 0.866 = 30^\circ$ ，

因此有： $\varphi_{I_A} = 0^\circ$ ， 故， $\dot{I}_A = 2.456\angle -60^\circ$

又因为，  $\dot{U}_{AN} = \dot{U}_{AN'} + \dot{I}_A * Z_l$   
 $= 220\angle -30^\circ + 2.456\angle -60^\circ * (-j55)$   
 $= 73.54 - j177.54$   
 $= 192.168\angle -67.5^\circ$

所以，

$$U_{AB} = U_{AN} * \sqrt{3} = 332.85V$$

$$\cos \varphi = 0.992$$

- **习题6-6** 如图6-18所示对称三相电路中，已知  $U_{A'B'}=380V$ ，三相对称负载吸收的功率为1.4KW，其功率因数为0.866(滞后)， $Z_l = -j55\Omega$ 。

**求：**  $U_{AB}$ 和电路的功率因数。(解法2)

**解：** 因为，  $P = \sqrt{3}U_{AB}I_A \cos \varphi = \sqrt{3} * 380 * I_A * 0.866 = 1.4K$

所以，  $I_A = 2.456A$

由于，  $U_{A'N} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220$

设，  $\dot{U}_{A'N} = 220\angle 0^\circ$

由于负载的功率因数为0.866（滞后），

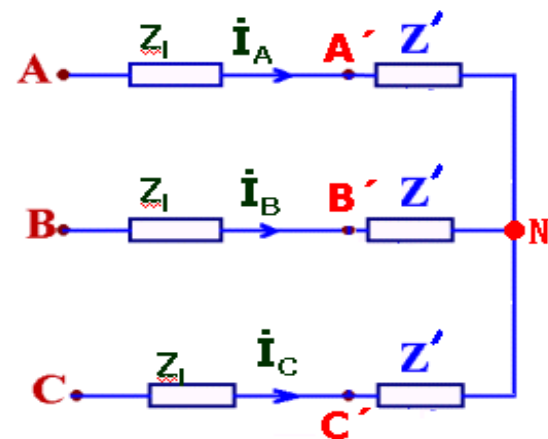
即，相电压与相电流的相角之差为： $\arccos 0.866 = 30^\circ$ ，

因此有： $\varphi_{\dot{I}_A} = -30^\circ$ ，故， $\dot{I}_A = 2.456\angle -30^\circ$

又因为， $\dot{U}_{AN} = \dot{U}_{A'N} + \dot{I}_A * Z_l$

$$= 220\angle 0^\circ + 2.456\angle -30^\circ * (-j55)$$

$$= 152.46 - j116.98$$

$$= 192.168\angle -37.5^\circ$$


所以，

$$U_{AB} = U_{AN} * \sqrt{3} = 335.85V$$

$$\cos \varphi = \cos (-37.5 + 30)^\circ = 0.992$$

- **习题6-7** 如图6-19所示星形连接的对称三相电路中，  
已知线电压  $\dot{U}_{CB} = 173.2 \angle 90^\circ \text{ V}$ ，线电流  $\dot{I}_C = 2 \angle 180^\circ \text{ A}$ 。  
求：三相电路的功率P。

**分析：**(图略) 平衡三相： $P = 3U_p I_p \cos \varphi = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi$

**注意：**无论用相值还是线值求解平均功率， $\varphi$  总是指相电压和相电流的相位之差。（ $\varphi$  也是负载阻抗Z的阻抗角）

**因此：**本题已知线电压的大小、线电流的大小，只需找出相电压和相电流的相位之差。

**解：** 负载为星形连接：所以， $\dot{I}_{CN} = \dot{I}_C = 2 \angle 180^\circ \text{ A}$ ，

$$\begin{aligned} \text{又因为, } \dot{U}_{CN} &= \frac{\dot{U}_{CA}}{\sqrt{3}} \angle -30^\circ = \frac{(\dot{U}_{BC} \angle -120^\circ)}{\sqrt{3}} \angle -30^\circ = \frac{(-\dot{U}_{CB}) \angle -120^\circ}{\sqrt{3}} \angle -30^\circ \\ &= \frac{(\dot{U}_{CB} \angle 180^\circ) \angle -120^\circ}{\sqrt{3}} \angle -30^\circ = \frac{\dot{U}_{CB}}{\sqrt{3}} \angle 30^\circ = 100 \angle 120^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

故： $\varphi = 120^\circ - 180^\circ = -60^\circ$  因此， $P = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi = \sqrt{3} * 173.2 * 2 * 0.5 = 300 \text{ W}$

- 习题6-10** 两组对称负载如图6-21所示，三角形连接的负载功率为10KW，功率因数为0.8（感性）；星形连接的负载功率为10KW，功率因数为0.855（感性）；端线阻抗 $Z_l = (0.1 + j0.2)\Omega$ ，于是负载端的线电压有效值保持为380V，求电源线电压应为多少？

**解：**将 $\Delta$ 负载等效化为Y负载，并取出A相，如右图所示。

由题设，有：

$$I_{l1} = \frac{P_{\Delta}}{\sqrt{3}U_l \cos \varphi_1} = \frac{10K}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 19A$$

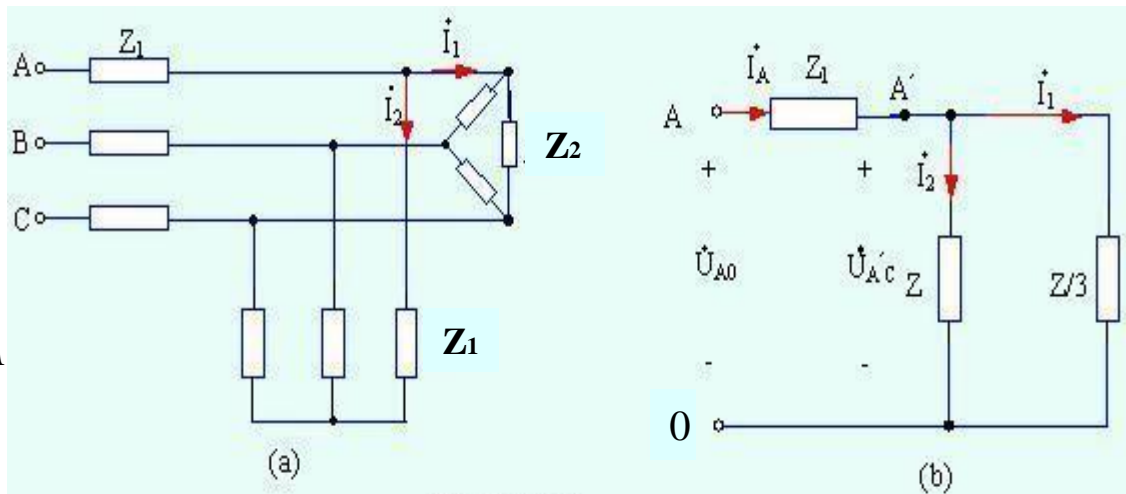
$$I_{l2} = \frac{P_Y}{\sqrt{3}U_l \cos \varphi_2} = \frac{10K}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.855} = 17.77A$$

设A负载的相电压为：

$$\dot{U}_{A'O} = 220 \angle 0^\circ V$$

则：  $\dot{I}_1 = 19 \angle -36.9^\circ A$      $\dot{I}_2 = 17.77 \angle -31.2^\circ A$

故：  $\dot{I}_A = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 36.65 \angle -34.16^\circ A$



由于，电源的相电压为：

$$\begin{aligned} \dot{U}_{AO} &= \dot{I}_A Z_l + \dot{U}_{A'O} \\ &= (0.1 + j0.2) \dot{I}_A + 220 \angle 0^\circ V \\ &= 227.07 \angle 0.99^\circ V \end{aligned}$$

因此，电源的线电压的有效值为：

$$U_l = \sqrt{3} \times 227.07 = 393.3(V)$$