

# 2.8 三相电路

Three Phase Circuit



# 01 三相电压

## 01 三相电压

### 1、三相交流电的优点



三相负载

**发电**

三相发电机比单相发电机经济。

**输电**

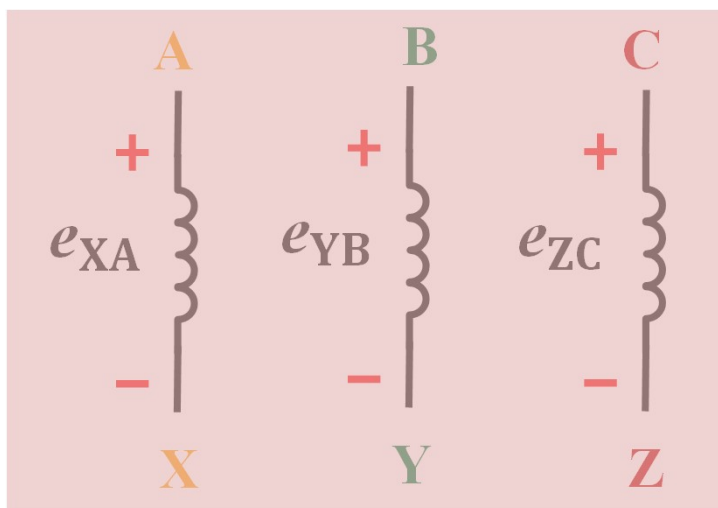
三相系统比单相系统节省传输线，  
三相变压器比单相变压器经济。

**用电**

三相电容易产生旋转磁场使三相电动机平稳转动。

## 2、三相感应电动势的产生

动磁生电

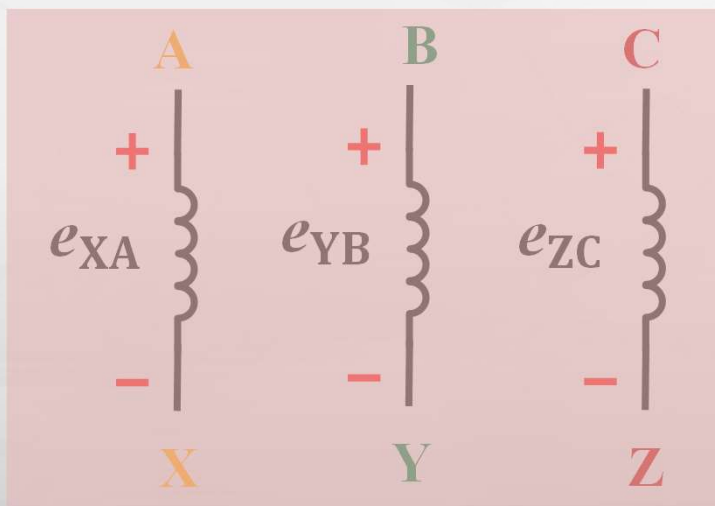


首端: A B C  
↓ ↓ ↓  
末端: X Y Z

三相定子绕组与旋转磁场相切割,  
感应对称三相电动势。

## 2、三相感应电动势的产生

动磁生电



三相定子绕组与旋转磁场相切割，  
感应对称三相电动势。

三相电动势特征：大小相等、频率  
相同、相位互差 $120^\circ$

——三相对称电源

瞬时值表达式

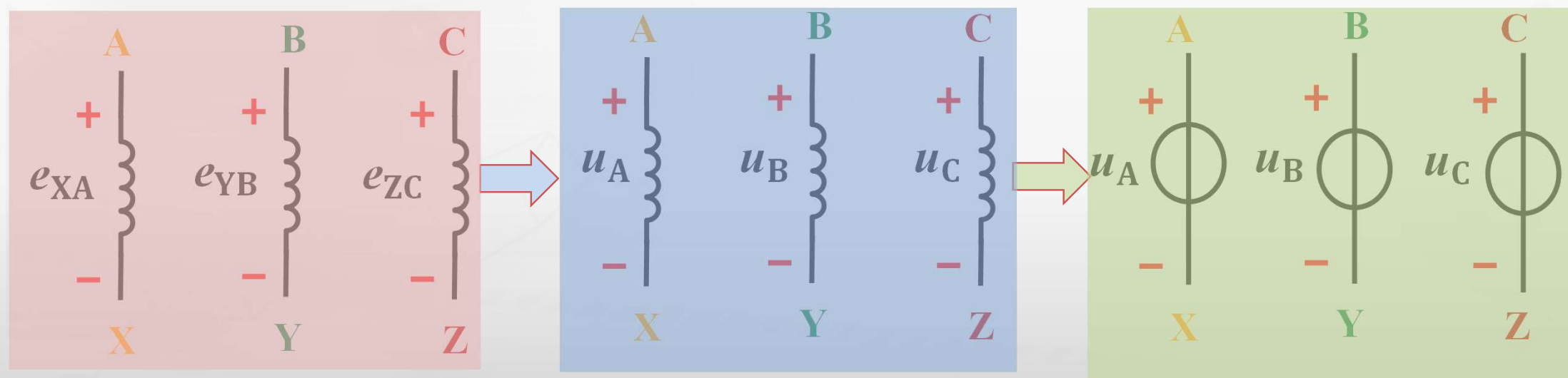
$$e_{XA} = E_m \sin \omega t$$

$$e_{YB} = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_{ZC} = E_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

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

## 3、三相电压



## 3、三相电压

瞬时值表达式

$$u_A = U_m \sin \omega t$$

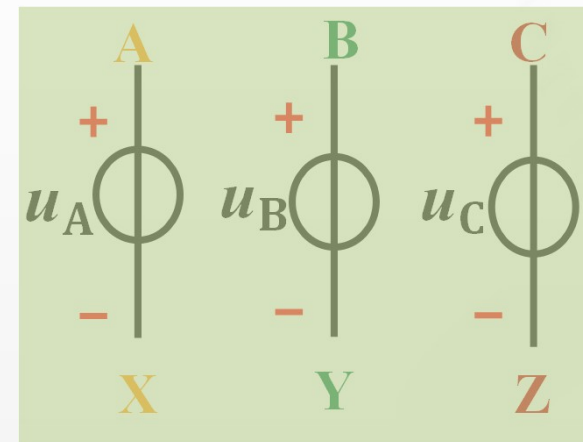
$$u_B = U_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$u_C = U_m \sin(\omega t - 240^\circ) = U_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

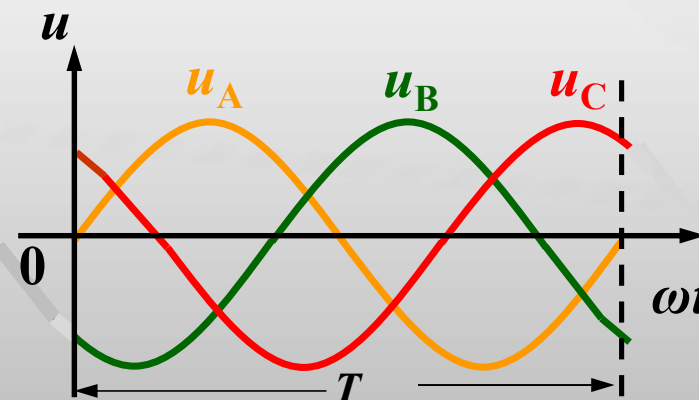
对称三相电压的特征:

大小相等, 频率相同, 相位互差 $120^\circ$

$$u_A + u_B + u_C = 0$$



波形图



# 01 三相电压

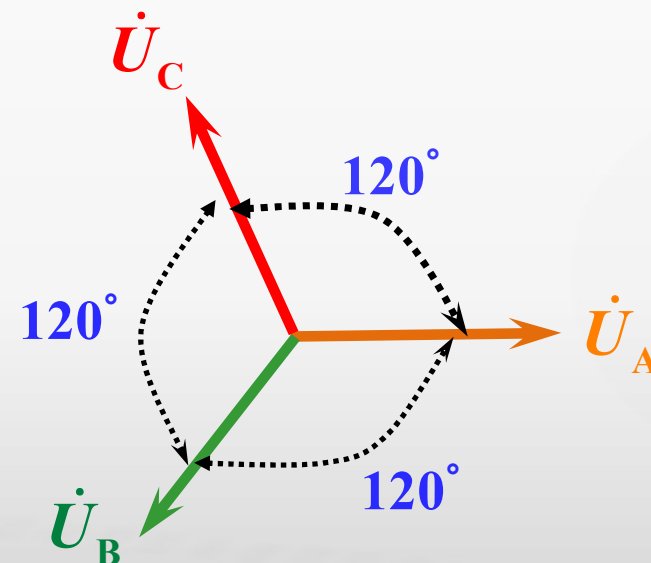
## 相量表达式

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

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

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

相量图



相序：三相交流电到达正最大值的顺序称为相序。

该三相交流电的相序为A→B→C

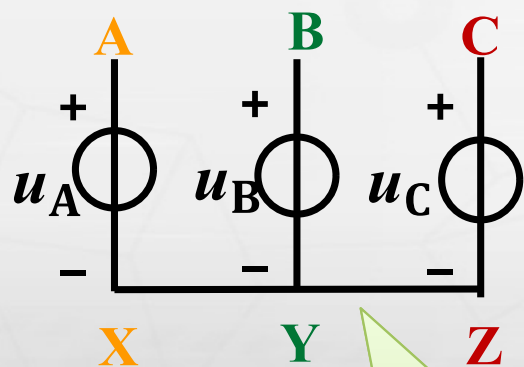
$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$$



## 02 三相电源的连接

## 02 三相电源的连接

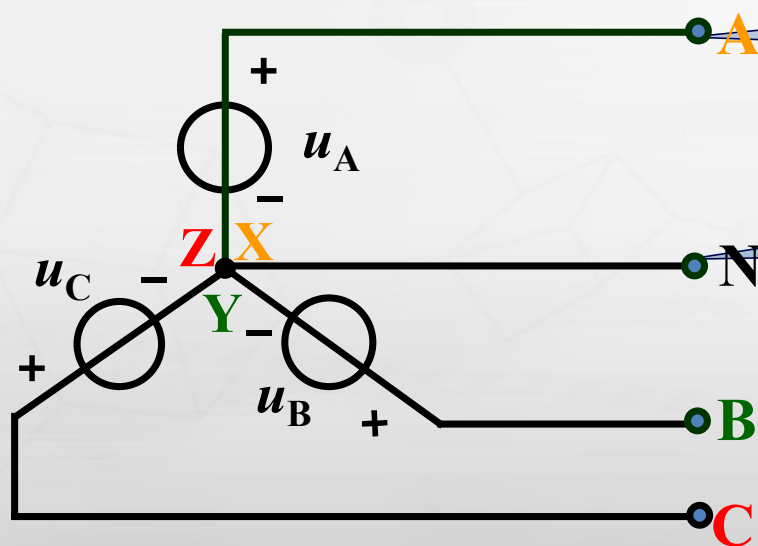
### 1、星形(Y)联结



三相电源**末端**  
连在一起

## 02 三相电源的连接

### 1、星形(Y)联结



三相绕组首端分别向外引出端线，俗称**火线**。

末端公共点向外引出的导线称为**中线**，俗称**零线**。

三相四线  
制供电

火线（相线）：A, B, C

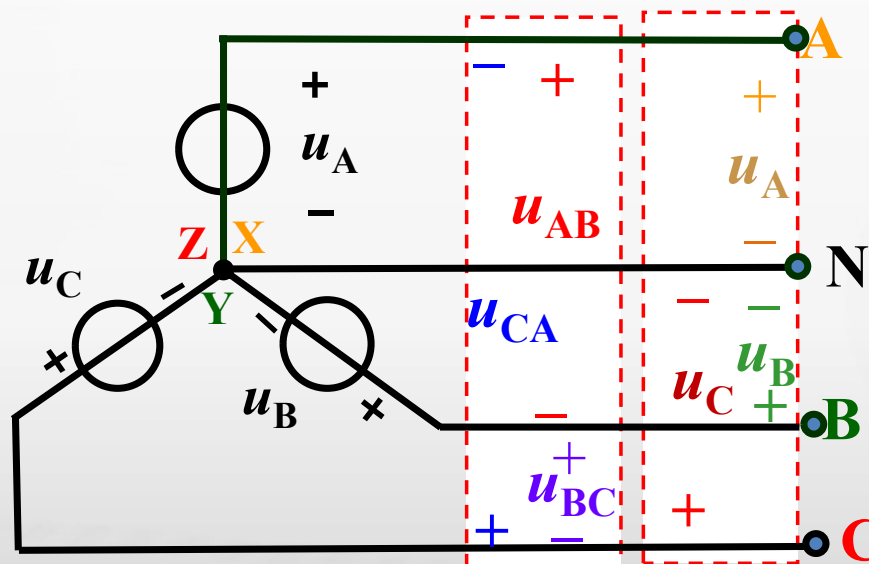
中线（零线）：N

## 02 三相电源的连接

### 2、两种电压

**相电压：** 火线对零线之间的电压  
其有效值用  $U_A$ 、 $U_B$ 、 $U_C$   
表示或一般用  $U_P$  表示。

**线电压：** 火线对火线之间的电压  
其有效值用  $U_{AB}$ 、 $U_{BC}$ 、 $U_{CA}$   
表示或一般用  $U_L$  表示。



## 02 三相电源的连接

### 3、两种电压的关系

根据KVL定律

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

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

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

或用相量表示

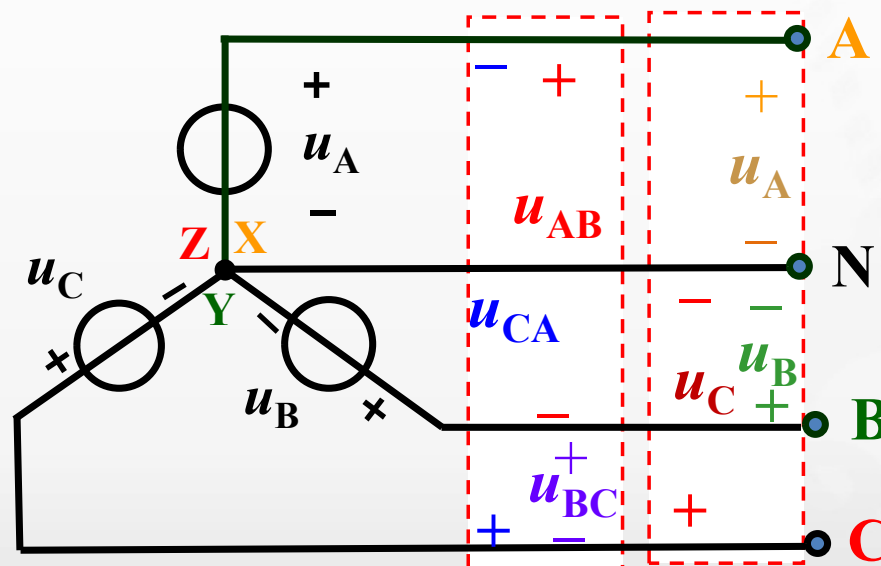
$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$$

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

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

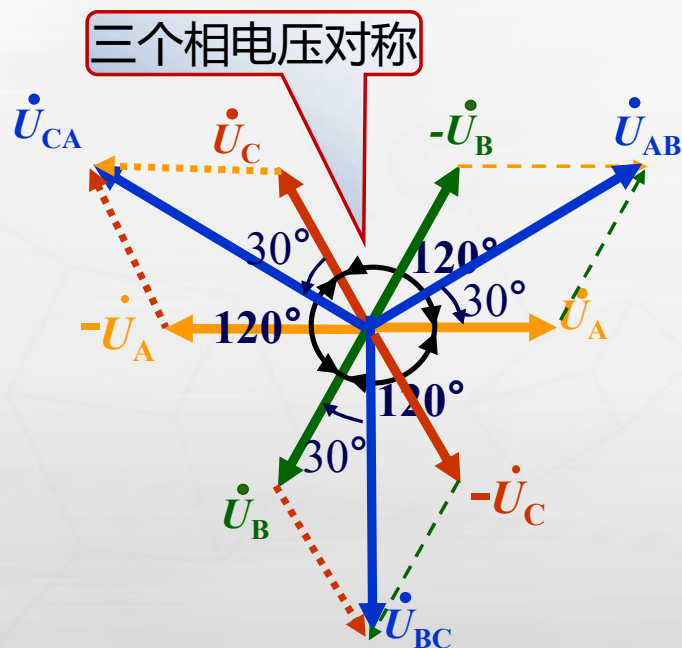
设  $\dot{U}_A = U_P \angle 0^\circ$

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



## 02 三相电源的连接

### 相量图



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

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

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

设  $\dot{U}_A = U_P \angle 0^\circ$

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

同理  $\dot{U}_{BC} = \sqrt{3} \dot{U}_B \angle 30^\circ = \sqrt{3} U_P \angle -90^\circ$

$$\dot{U}_{CA} = \sqrt{3} \dot{U}_C \angle 30^\circ = \sqrt{3} U_P \angle 150^\circ$$

## 02 三相电源的连接

### 4、结论

(1)

相电压对称

- $U_P = U_A = U_B = U_C$
- 幅角互差 $120^\circ$

线电压对称

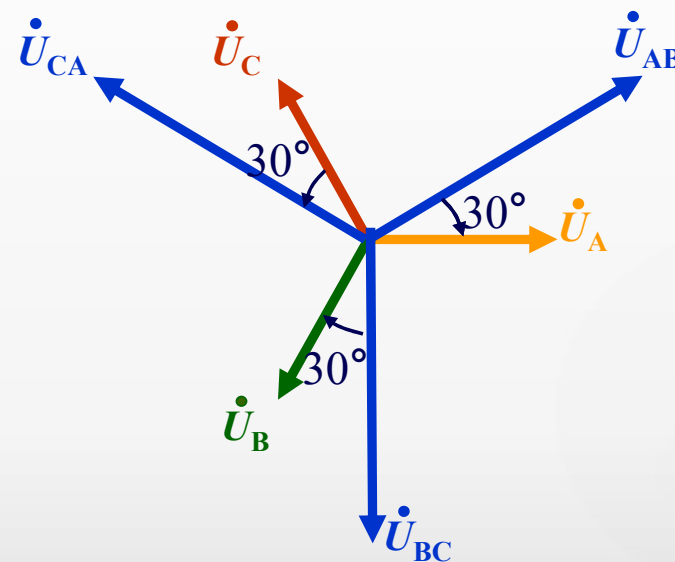
- $U_L = U_{AB} = U_{BC} = U_{CA}$
- 幅角互差 $120^\circ$

(2)

大小关系:  $U_L = \sqrt{3}U_P$

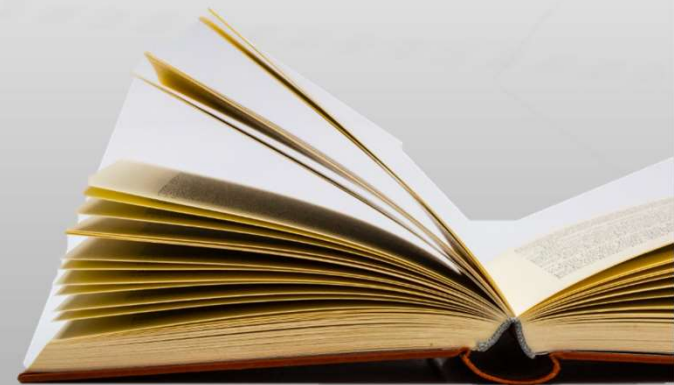
相位关系:  $U_L$  超前于与之对应的  $U_P$   $30^\circ$ 。

$$\text{即 } \dot{U}_L = \sqrt{3}\dot{U}_P \angle 30^\circ$$



# 负载星形联结的三相电路

Three-phase Circuit With Load Star Connection





## 目录 / contents

01

**三相负载的类型**

02

**三相负载的星型联结**

03

**负载电流计算（星形）**



# 01 三相负载的类型

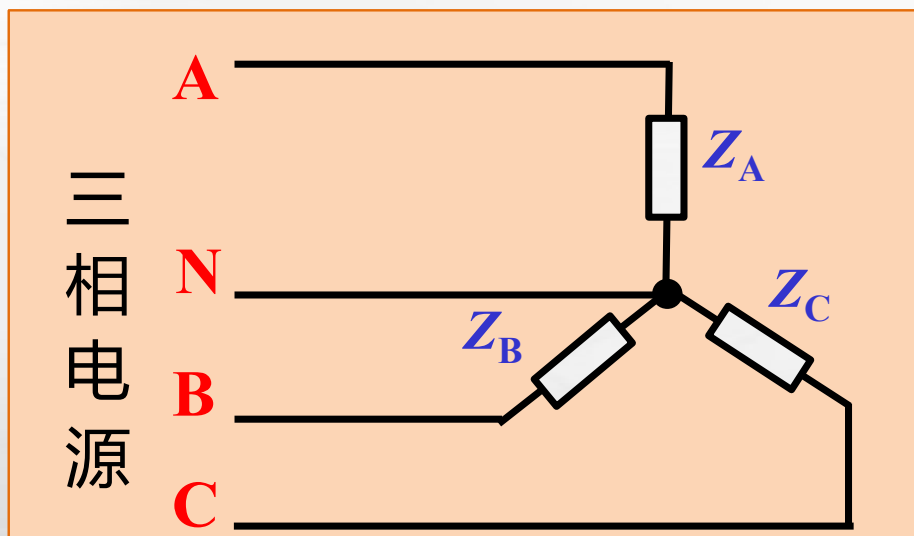
## 1、三相负载的分类

负载 { 三相负载：需三相电源同时供电，如三相电动机。  
单相负载：只需一相电源供电，如照明负载、家用电器。

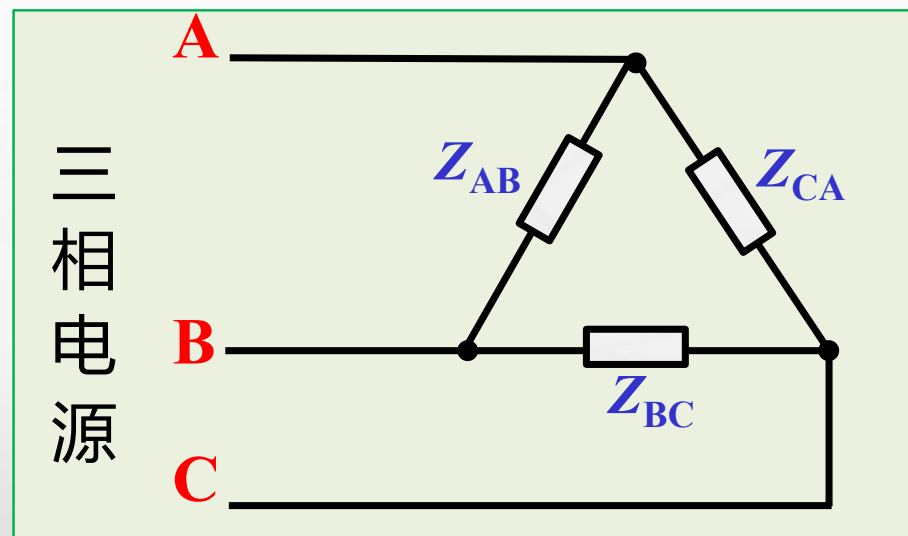
三相负载 { 对称三相负载： $Z_A=Z_B=Z_C$ 。  
不对称三相负载：不满足  $Z_A=Z_B=Z_C$ 。

## 01 三相负载的类型

### 2、三相负载的两种接法



星形(Y)接法



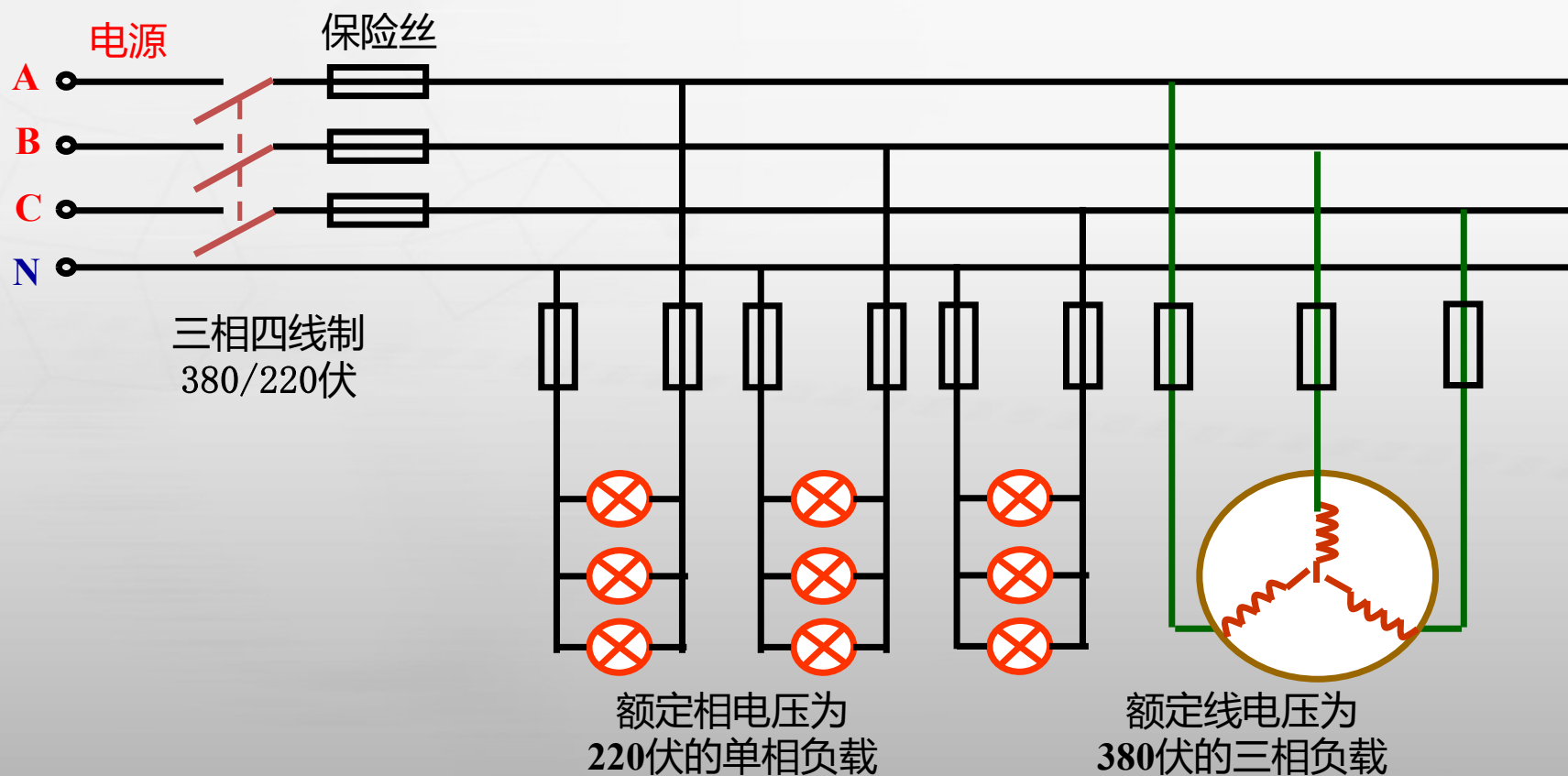
三角形(Δ)接法

三相负载有 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。

# 01 三相负载的类型

## 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。



## 02 三相负载星形联结

## 02 负载的星形联结

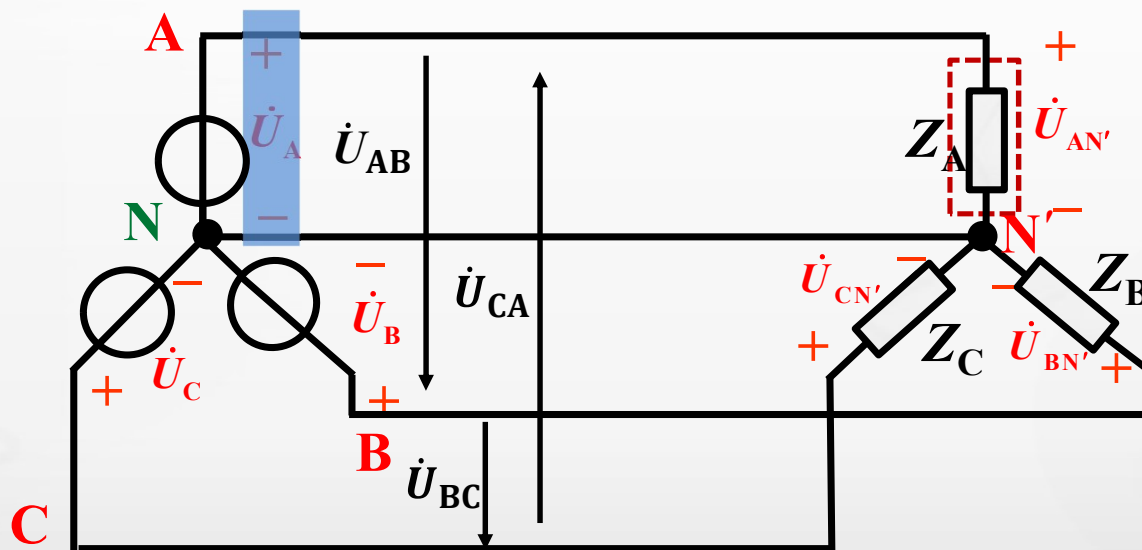
### 1、星形负载的相电压

每相负载上的电压

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

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

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



负载承受的电压（相电压）= 电源的相电压

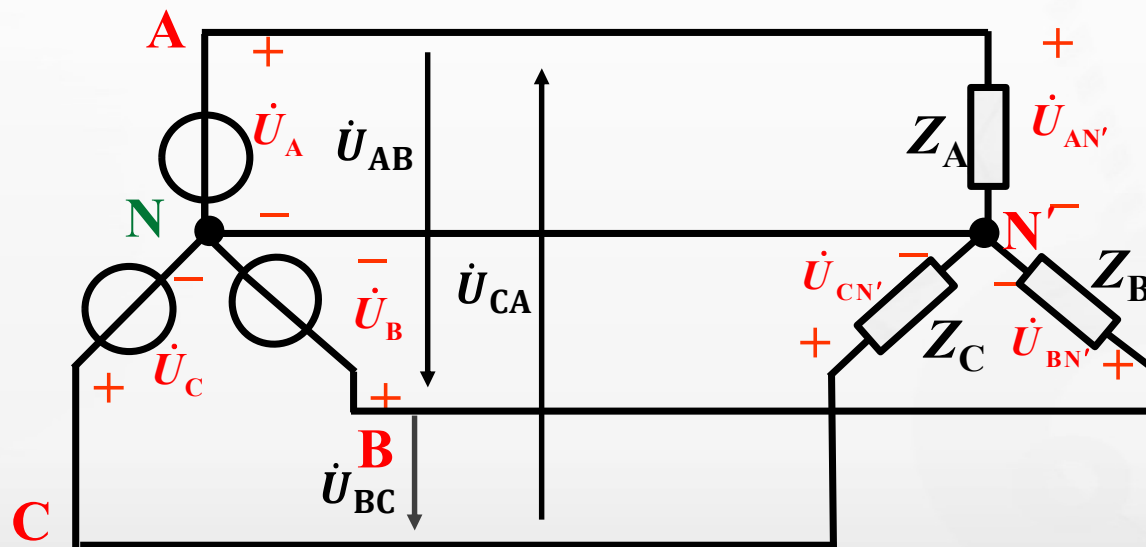
若电源电压对称则负载的相电压对称

### 2、负载相电压与线电压关系

$$\dot{U}_{AB} = \sqrt{3}\dot{U}_{AN'} \angle 30^\circ$$

$$\dot{U}_{BC} = \sqrt{3}\dot{U}_{BN'} \angle 30^\circ$$

$$\dot{U}_{CA} = \sqrt{3}\dot{U}_{CN'} \angle 30^\circ$$



因此，可由线电压求出每相负载上的电压，从而求出每相负载的电流

## 02 负载的星形联结

### 3、相电流和线电流

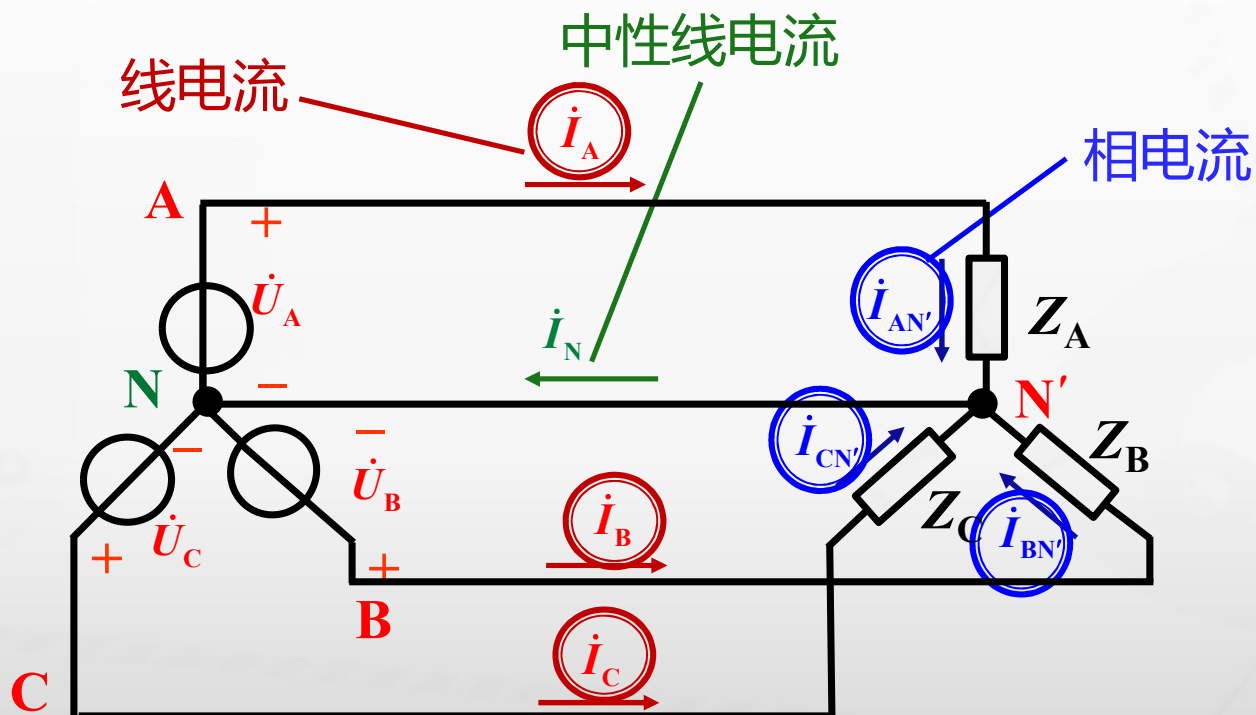
相电流：流过每相负载的电流，  
用 $I_P$ 表示。

线电流：流过火线的电流，  
用 $I_L$ 表示。

结论：

负载 Y 联结时，  
线电流等于相  
电流。

即  $\begin{cases} \dot{I}_{AN'} = \dot{I}_A \\ \dot{I}_{BN'} = \dot{I}_B \\ \dot{I}_{CN'} = \dot{I}_C \end{cases}$  或  $I_L = I_P$



中性线电流

$$\dot{I}_N = \dot{I}_{AN'} + \dot{I}_{BN'} + \dot{I}_{CN'}$$



## 03 负载电流计算（星形）

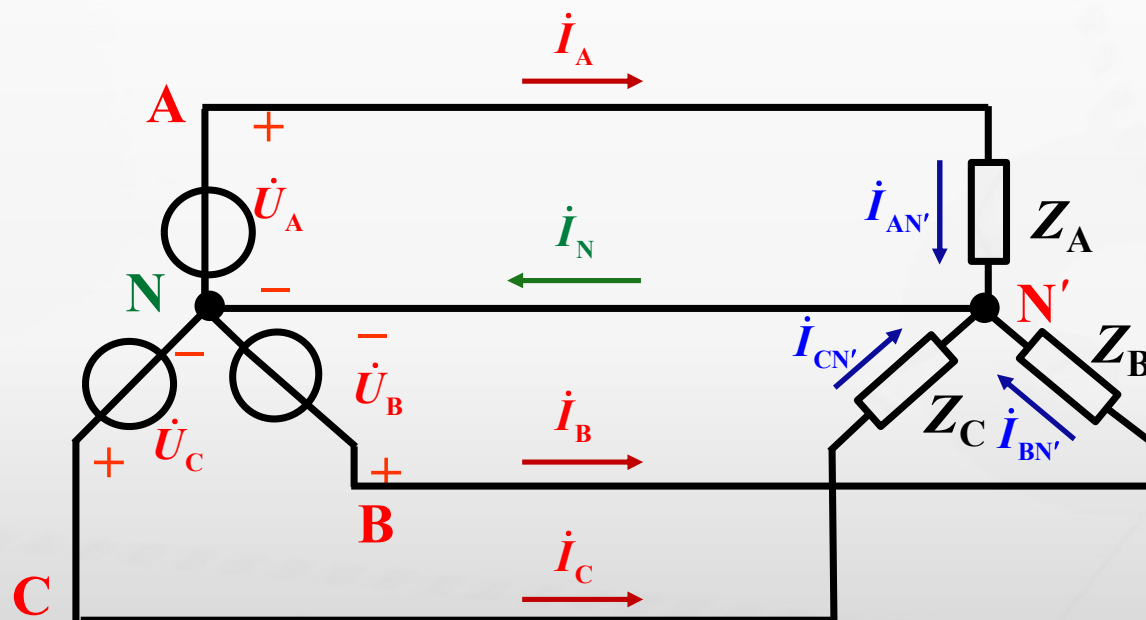
## 03 负载电流计算

### 解题思路

已知电源线电压:  $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$

求出负载相电压:  $\dot{U}_{AN'}, \dot{U}_{BN'}, \dot{U}_{CN'}$

求负载相电流:  $\dot{I}_{AN'}, \dot{I}_{BN'}, \dot{I}_{CN'}$



## 03 负载电流计算

### 1、负载不对称时，各相单独计算

已知：三相负载各相阻抗模相等，三相电源对称星形接法，线电压， $\dot{U}_{AB} = U_L \angle 0^\circ$   
求：相电流、线电流和中性线上电流。

解：（1）求相电压

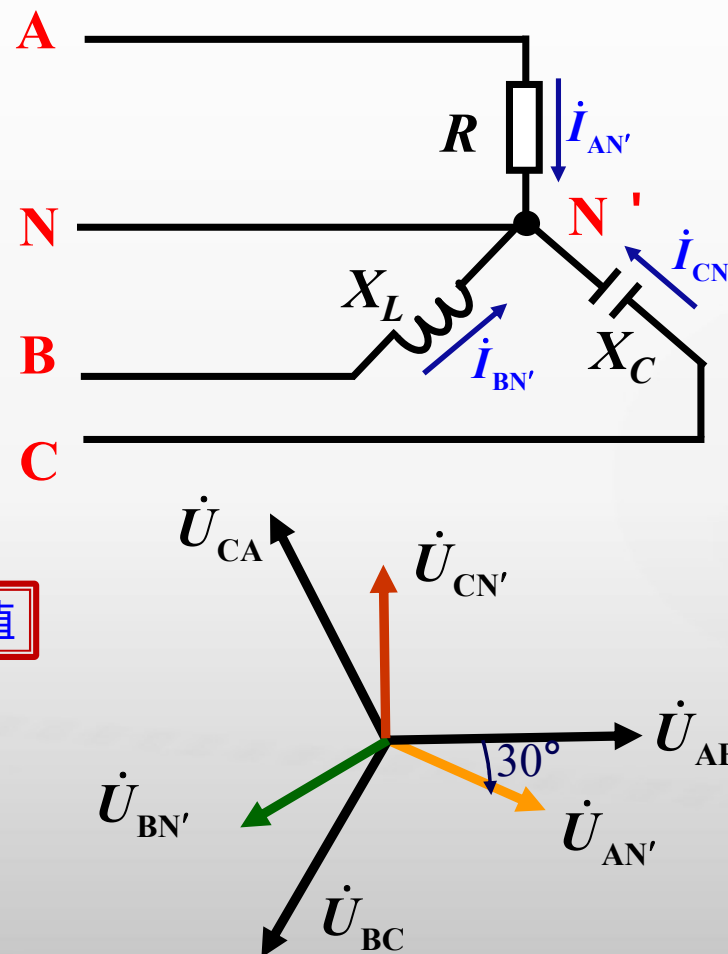
$$\dot{U}_{BC} = U_L \angle -120^\circ \quad \dot{U}_{CA} = U_L \angle +120^\circ$$

$$\dot{U}_{AN'} = \frac{1}{\sqrt{3}} \dot{U}_{AB} \angle -30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}} U_L \angle -30^\circ = U_P \angle -30^\circ$$

$$\dot{U}_{BN'} = U_P \angle -150^\circ$$

$$\dot{U}_{CN'} = U_P \angle 90^\circ$$

相电压有效值



负载相电压也是对称

## 03 负载电流计算

### 1、负载不对称时，各相单独计算

解：(2) 求相电流

$$\dot{I}_{AN'} = \frac{\dot{U}_{AN'}}{R} = \frac{U_P}{R} \angle -30^\circ$$

$$\dot{I}_{BN'} = \frac{\dot{U}_{BN'}}{jX_L} = \frac{U_P \angle -150^\circ}{jX_L} = \frac{U_P}{X_L} \angle -240^\circ$$

$$\dot{I}_{CN'} = \frac{\dot{U}_{CN'}}{-jX_C} = \frac{U_P \angle 90^\circ}{-jX_C} = \frac{U_P}{X_C} \angle 180^\circ$$

(3) 中性线电流

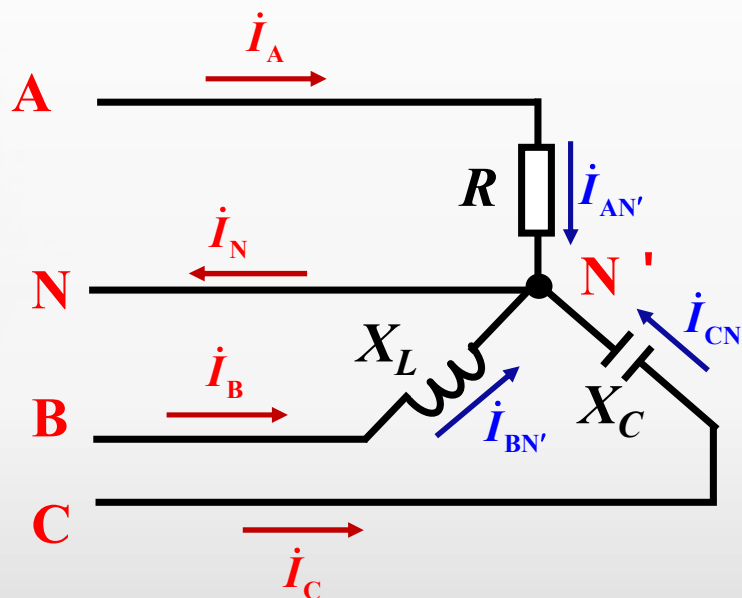
$$\dot{I}_N = \dot{I}_{AN'} + \dot{I}_{BN'} + \dot{I}_{CN'}$$

(4) 线电流

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

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

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



## 03 负载电流计算

### 1、负载不对称时，各相单独计算

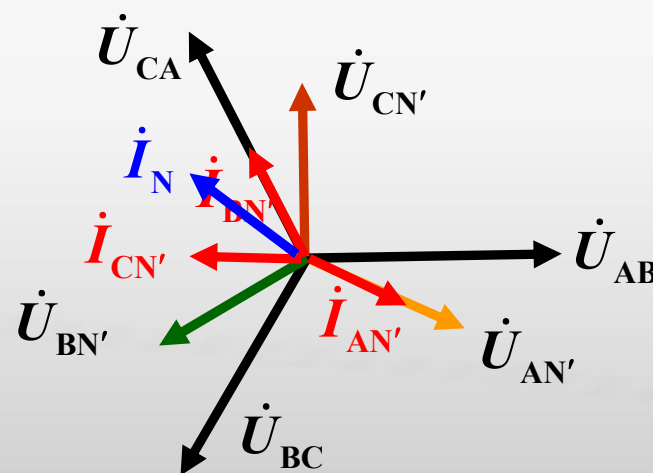
#### (5) 各相电流相量图

$$\dot{I}_{AN'} = \frac{\dot{U}_P}{R} \angle -30^\circ$$

$$\dot{I}_{BN'} = \frac{\dot{U}_P}{X_L} \angle -240^\circ$$

$$\dot{I}_{CN'} = \frac{\dot{U}_P}{X_C} \angle 180^\circ$$

因为：已知感抗=容抗=电阻  
所以：各相电流有效值相等



## 03 负载电流计算

### 2、负载对称时，只需计算一相

对称负载： $Z_A = Z_B = Z_C = |Z| \angle \varphi$

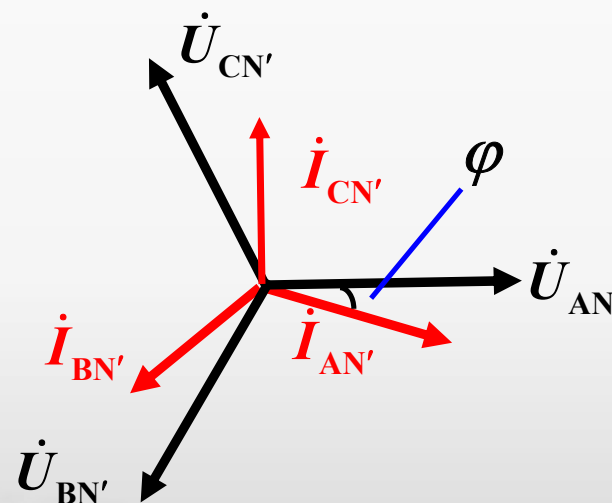
则：
$$\dot{I}_{AN'} = \frac{\dot{U}_{AN'}}{|Z| \angle \varphi} = \frac{\dot{U}_{AN'}}{|Z|} \angle -\varphi$$

可以直接写出另外两相的电流

$$\dot{I}_{BN'} = \frac{\dot{U}_{BN'}}{|Z|} \angle -\varphi = \dot{I}_{AN'} \angle -120^\circ$$

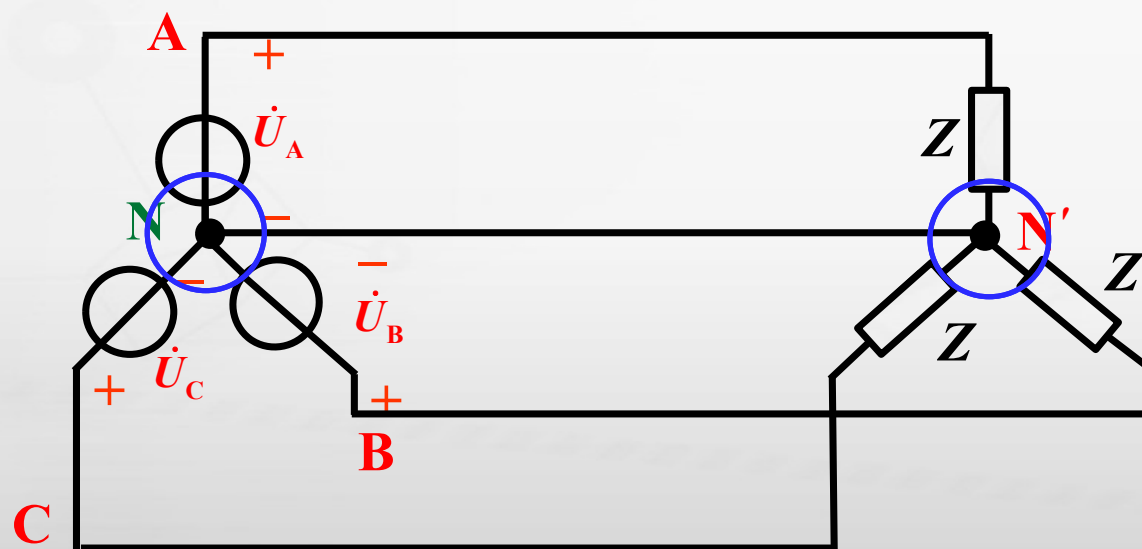
$$\dot{I}_{CN'} = \dot{I}_{AN'} \angle +120^\circ$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_{AN'} + \dot{I}_{BN'} + \dot{I}_{CN'} = 0$$

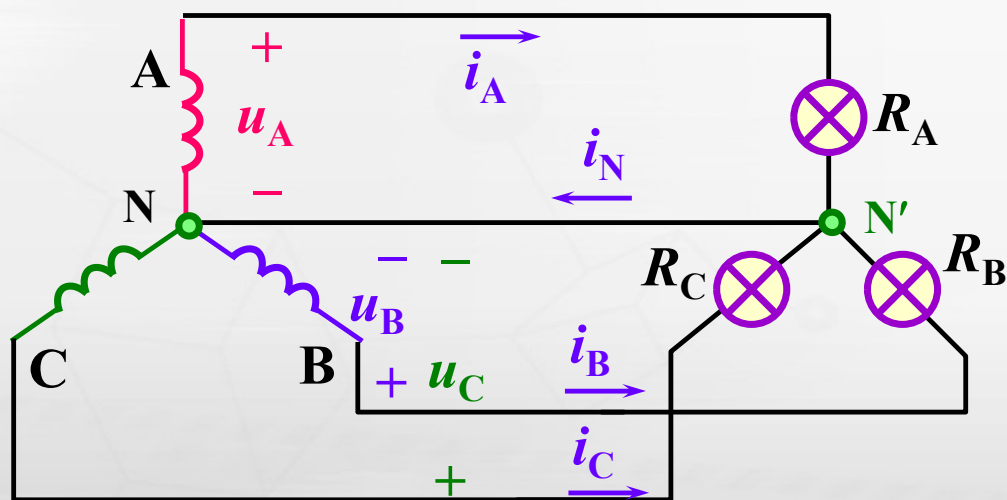


### 03 负载电流计算

三相对称负载星形连接时，中性线可以取消，称为三相三线制



〔例 1〕 图中电源电压对称,  $U_p = 220 \text{ V}$ ; 负载为电灯组, 在额定电压下其电阻分别为  $R_A = 5 \Omega$ ,  $R_B = 10 \Omega$ ,  $R_C = 20 \Omega$ 。电灯额定电压  $U_N = 220 \text{ V}$ 。求负载相电压、相电流及中性线电流。



中性线电流

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 29.1 \angle -19^\circ \text{ A}$$

〔解〕 负载不对称有中性线时(其上电压若忽略不计), 负载的相电压与电源的相电压相等。已知  $U_p = 220 \text{ V}$ , 设  $\dot{U}_A = 220 \angle 0^\circ$ 。

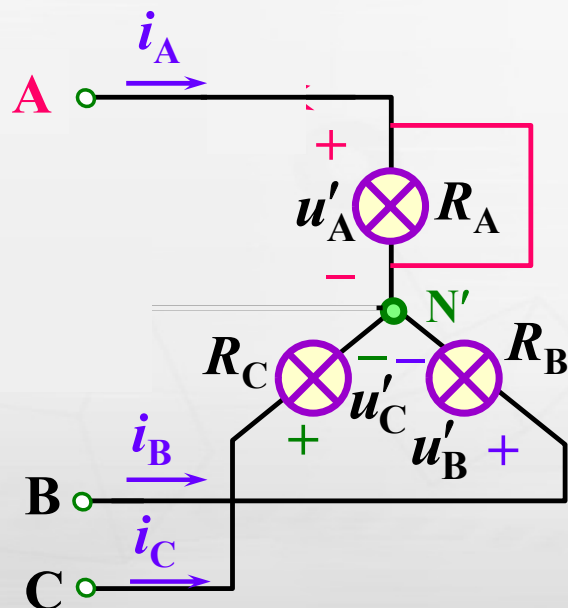
$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{R_A} = \frac{220 \angle 0^\circ}{5} = 44 \angle 0^\circ \text{ A}$$

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

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{R_C} = \frac{220 \angle 120^\circ}{20} = 11 \angle 120^\circ \text{ A}$$



[例 2] 在上例中, (1)A 相短路时, (2) A 相短路而中线又断开时, 试求各相负载的电压。



[解] (1)此时 A 相短路电流很大将A 相中熔断器熔断; 因有中线 B、C两相未受影响, 其上电压仍为 220 V。

(2)此时负载中点即为 A, 因此, 负载各相电压为

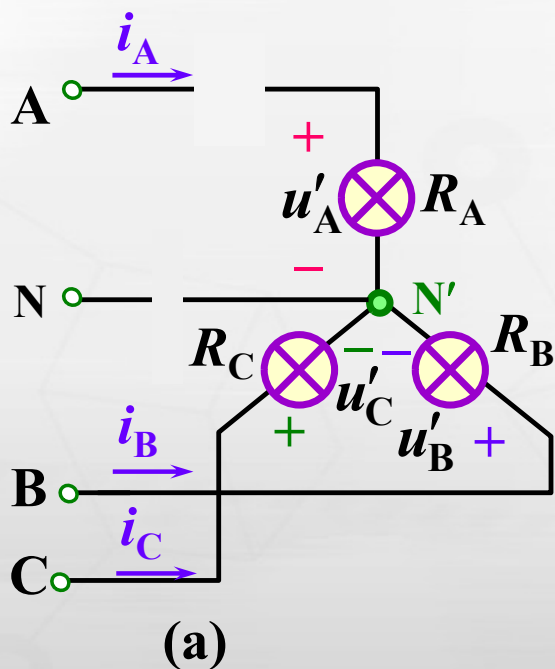
$$\dot{U}'_A = 0 \quad U'_A = 0$$

$$\dot{U}'_B = \dot{U}_{BA} \quad U'_B = 380V$$

$$\dot{U}'_C = \dot{U}_{CA} \quad U'_C = 380V$$

在此情况下, B、C 两相都超过了负载 的额定电压 220 V, 这是不允许的。

[例 3] 在例 1 中, (1)A 相断开时, (2)A 相断开而中线又断开时, 试求各相负载的电压。



[解](1)此时 A 相断路, 电流为 0。

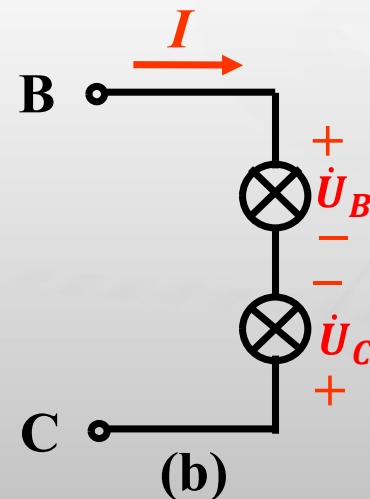
因有中线 B、C 两相未受影响, 其上电压仍为 **220 V**。

(2)中性线断开, 变为单相电路, 如图(b)所示, 由图可求得

$$I = \frac{U_{BC}}{R_A + R_B} = \frac{380}{10 + 20} = 12.7 \text{ A}$$

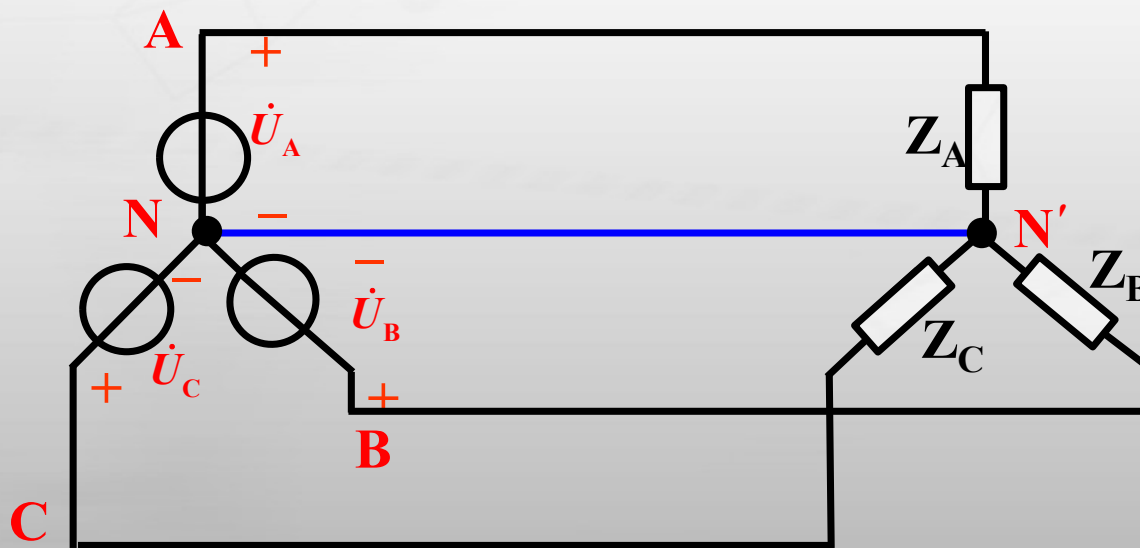
$$U'_B = IR_B = 12.7 \times 10 = 127 \text{ V}$$

$$U'_C = IR_C = 12.7 \times 20 = 254 \text{ V}$$



## ◆结论:

- (1) 不对称负载Y联结又未接中性线时，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：保证星形联结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。



## 小 结

### 应用实例----照明电路

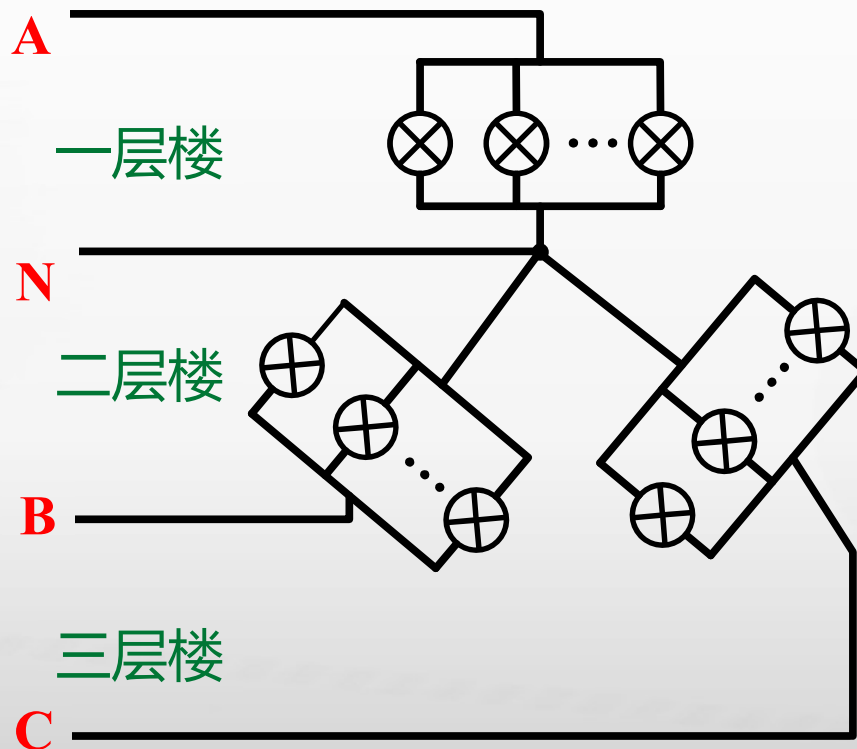
正确接法:

每层楼的灯相互并联,然后分别接至各相电压上。

设电源电压为:

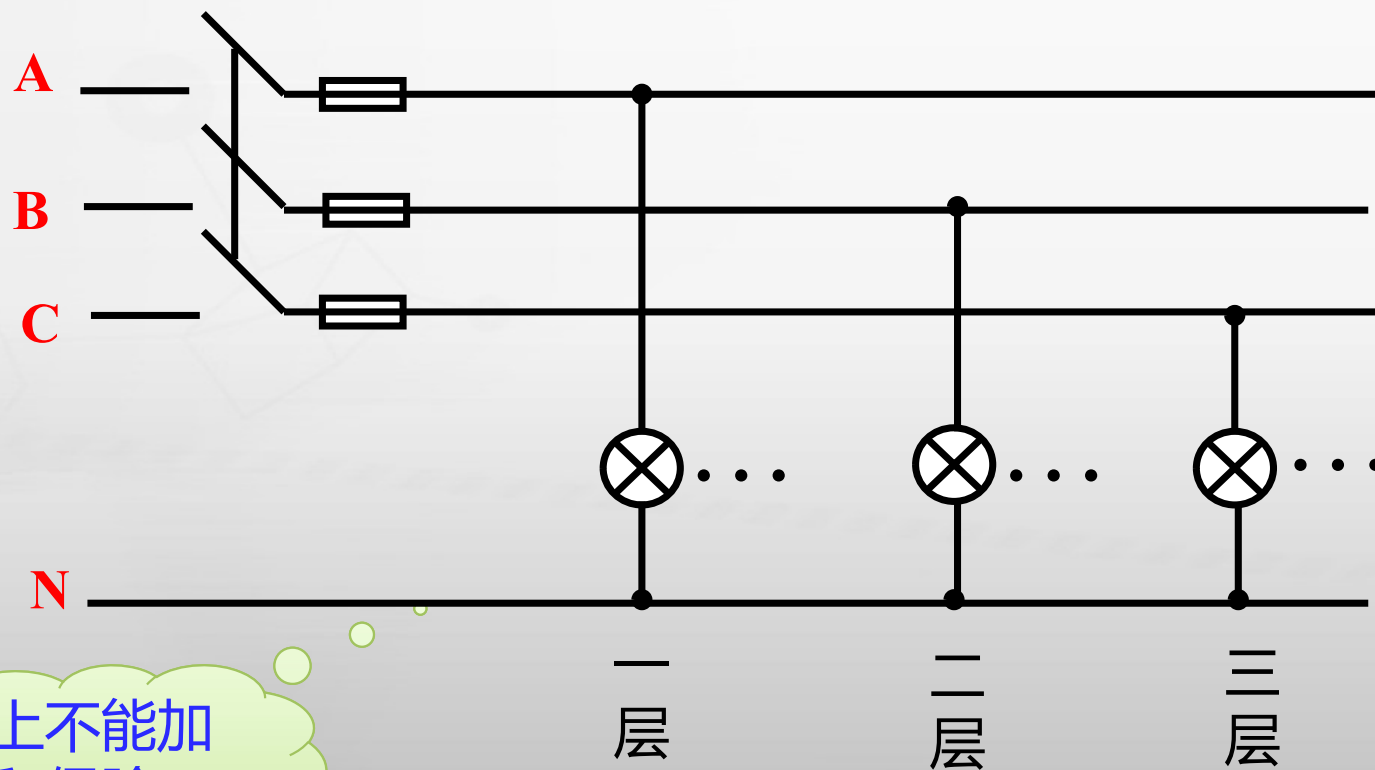
$$U_L = 380V, \quad U_p = 220V$$

则每盏灯上都可得到额定的工作电压220V。



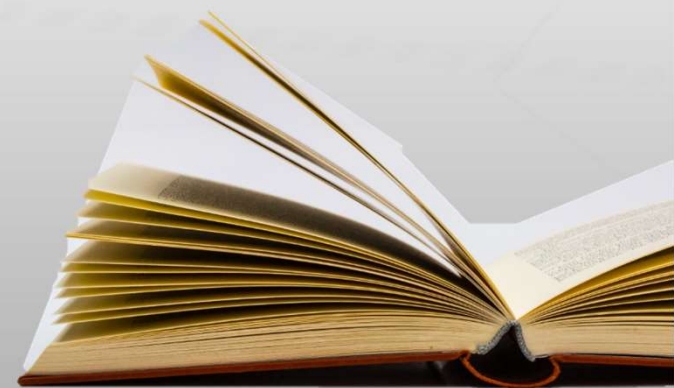
## 小 结

### 照明电路的一般画法



# 负载三角形联结的三相电路

Three-phase Circuit With Load Star Connection



## 目录 / contents

01

负载三角形联结形式

02

负载电流的计算（三角形）

03

三相功率

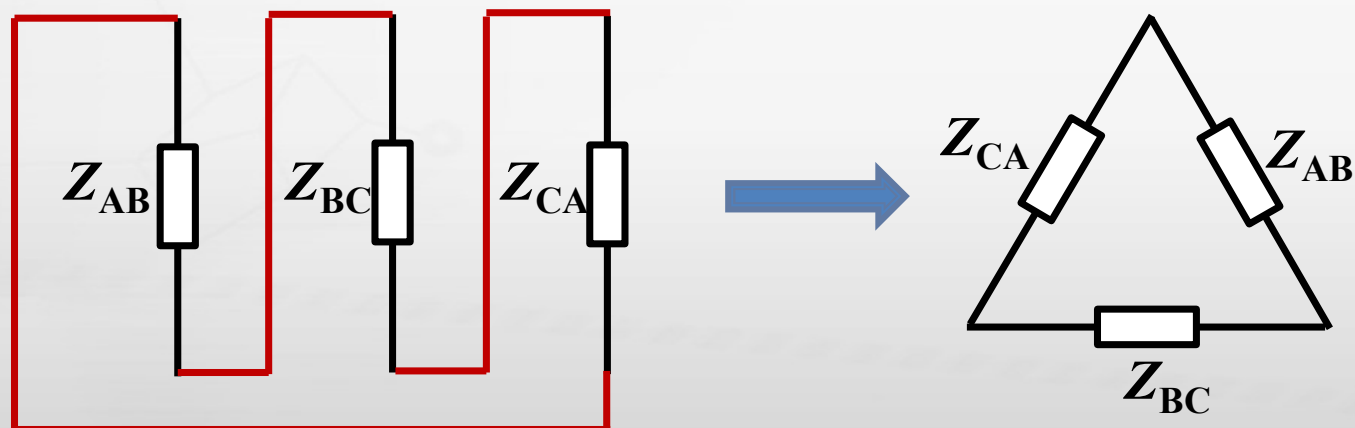


# 01 负载三角形联结形式



## 01 负载三角形联结

### 负载三角形联结形式



## 01 负载三角形联结

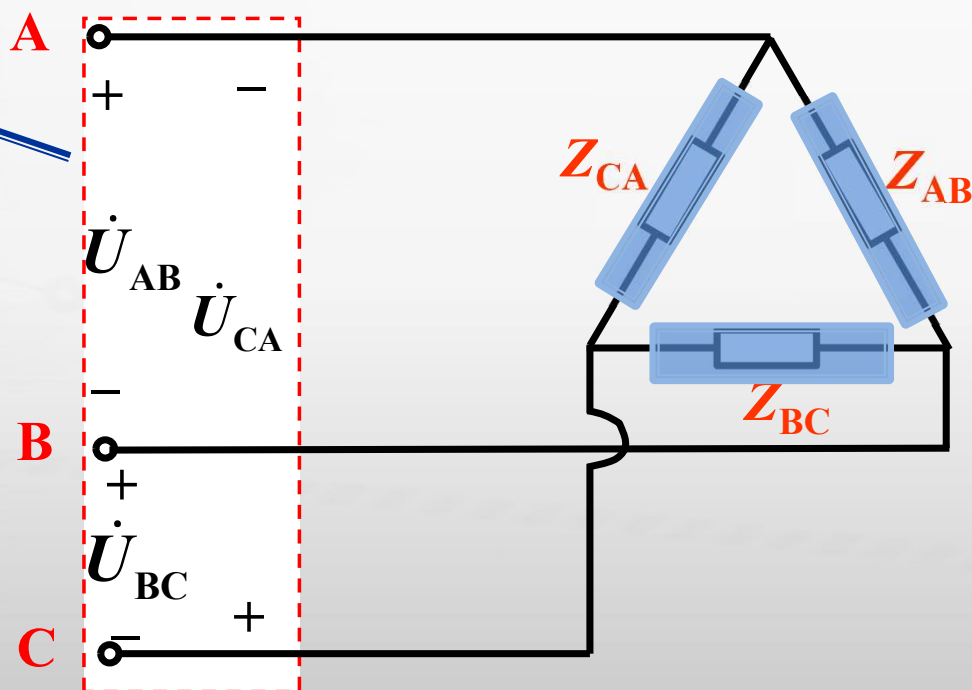
三相负载:

$Z_{AB}$  (AB相)

$Z_{BC}$  (BC相)

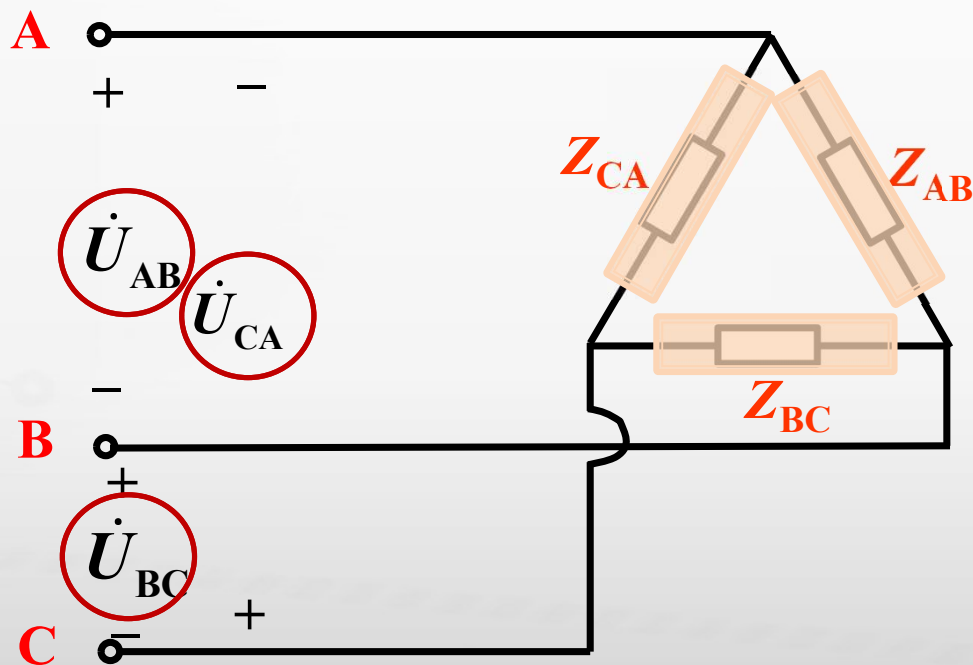
$Z_{CA}$  (CA相)

线电压



## 01 负载三角形联结

三相负载的相电压分别等于电源线电压



三相负载：  $Z_{AB}$  (AB相) ,  $Z_{BC}$  (BC相) ,  $Z_{CA}$  (CA相) 。

## 02 负载电流的计算 ( $\Delta$ )

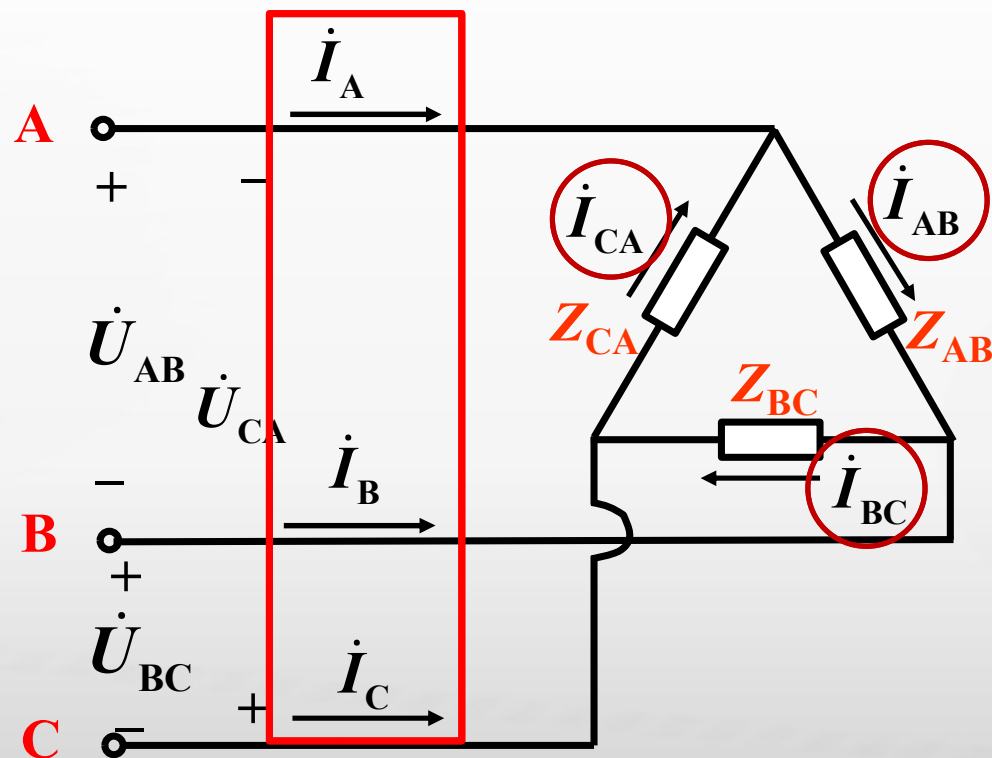
## 02 负载电流的计算

相电流: 流过每相负载的电流

$$\dot{I}_{AB} \quad \dot{I}_{BC} \quad \dot{I}_{CA}$$

线电流: 流过相线的电流

$$\dot{I}_A \quad \dot{I}_B \quad \dot{I}_C$$



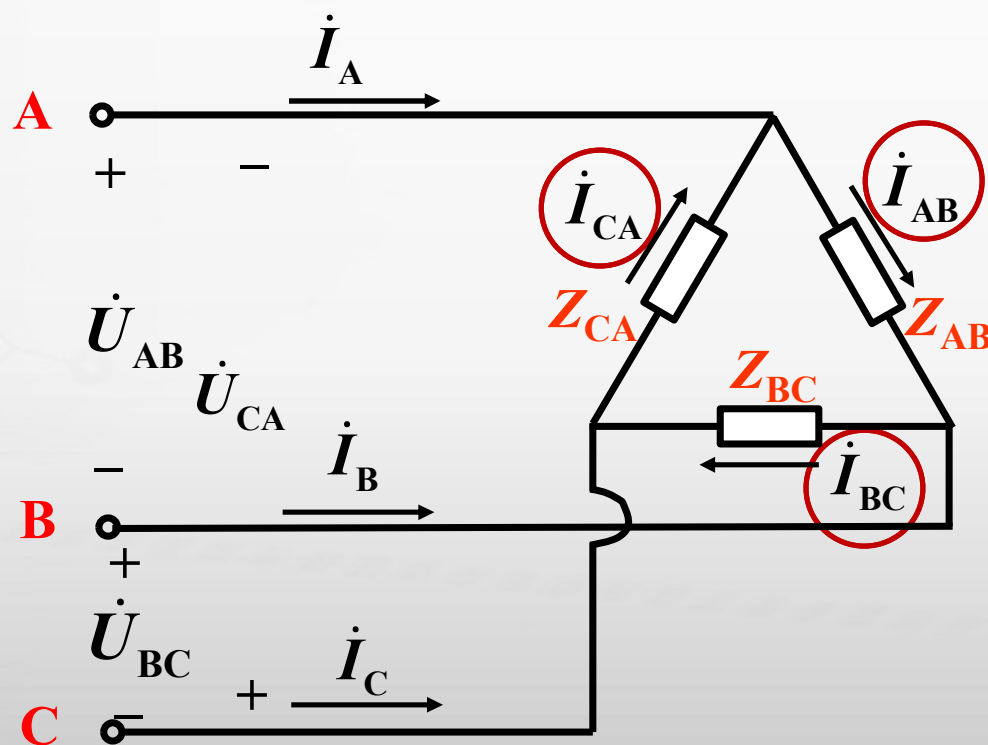
## 02 负载电流的计算

各相电流计算:

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

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

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



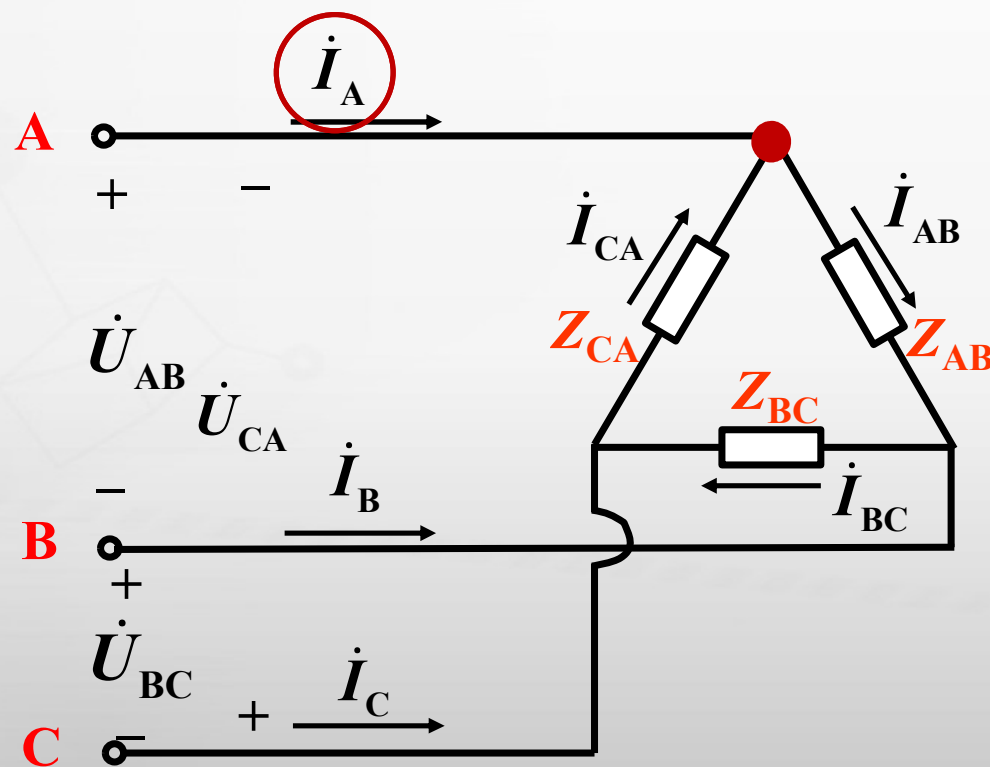
## 02 负载电流的计算

各相电流计算:

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

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

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



线电流

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$$

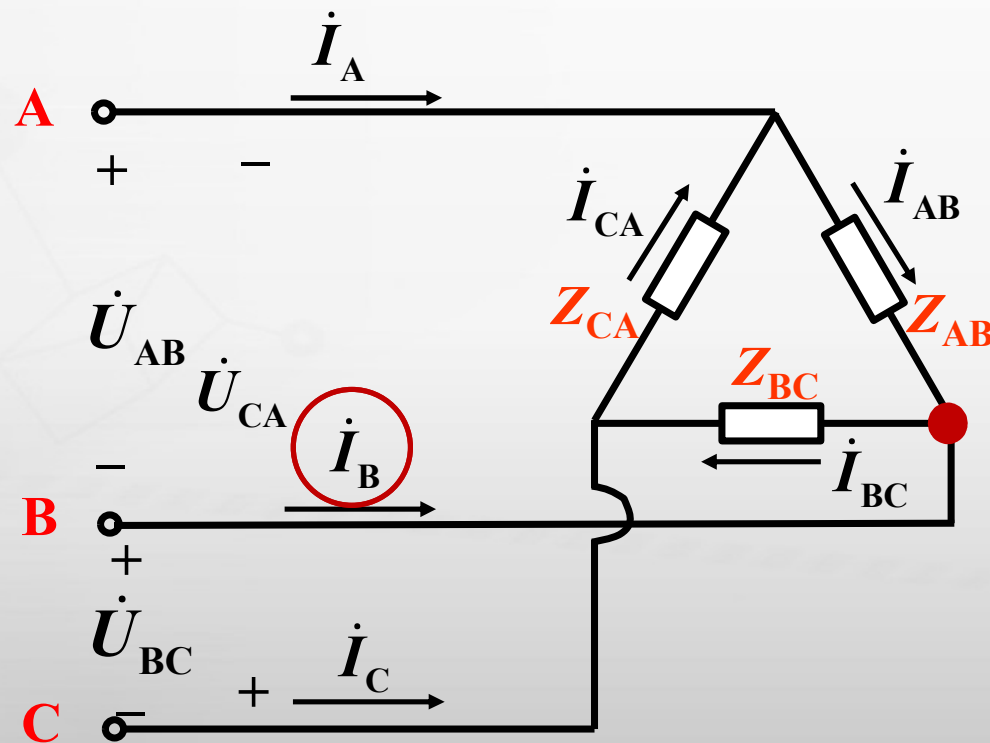
## 02 负载电流的计算

各相电流计算:

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

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

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



线电流

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}$$



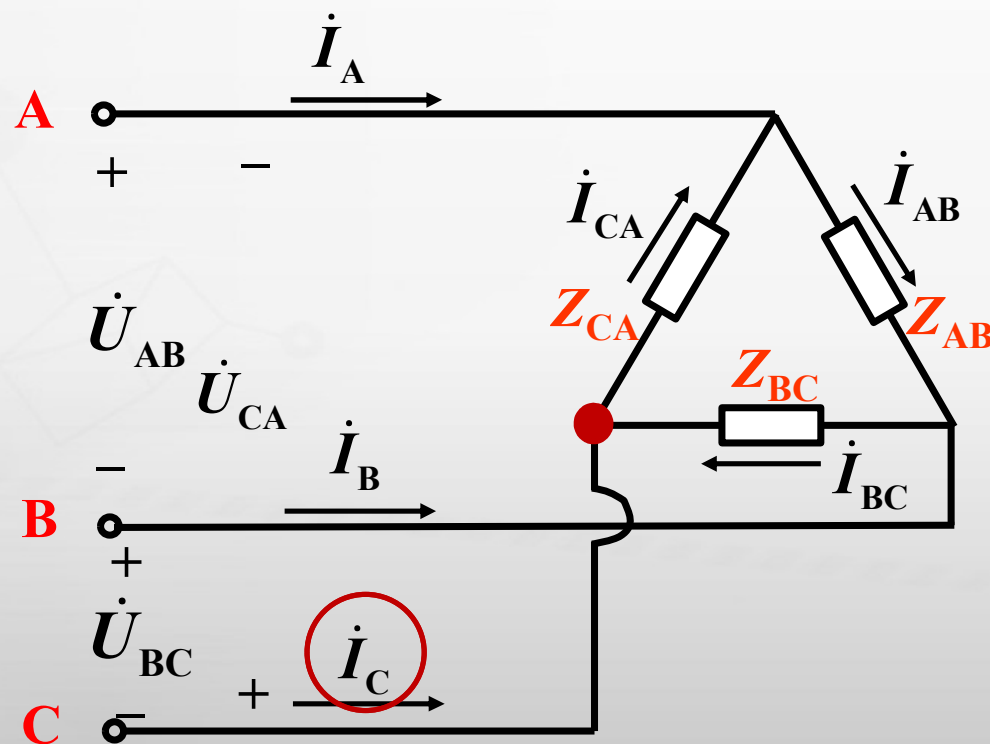
## 02 负载电流的计算

各相电流计算:

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

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

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



线电流

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$$

## 02 负载电流的计算

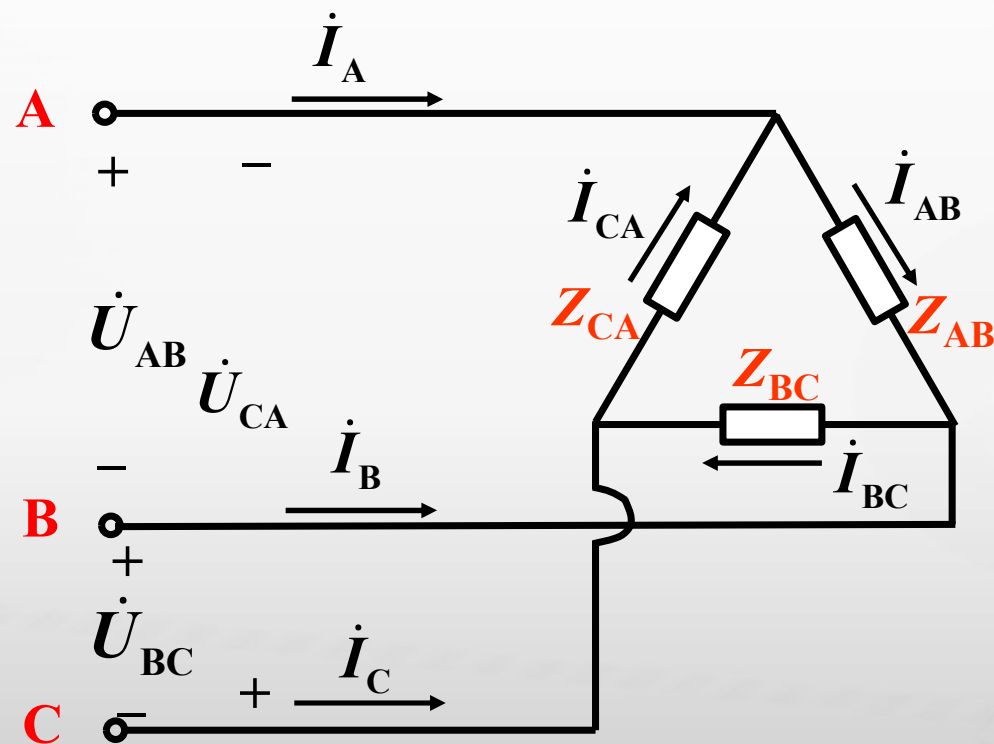
### 负载对称

$$Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA} = Z = |Z| \angle \varphi$$

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z} = \frac{\dot{U}_{AB}}{|Z|} \angle -\varphi$$

$$\dot{I}_{BC} = \frac{\dot{U}_{BC}}{Z} = \frac{\dot{U}_{BC}}{|Z|} \angle -\varphi$$

$$\dot{I}_{CA} = \frac{\dot{U}_{CA}}{Z} = \frac{\dot{U}_{CA}}{|Z|} \angle -\varphi$$



## 02 负载电流的计算

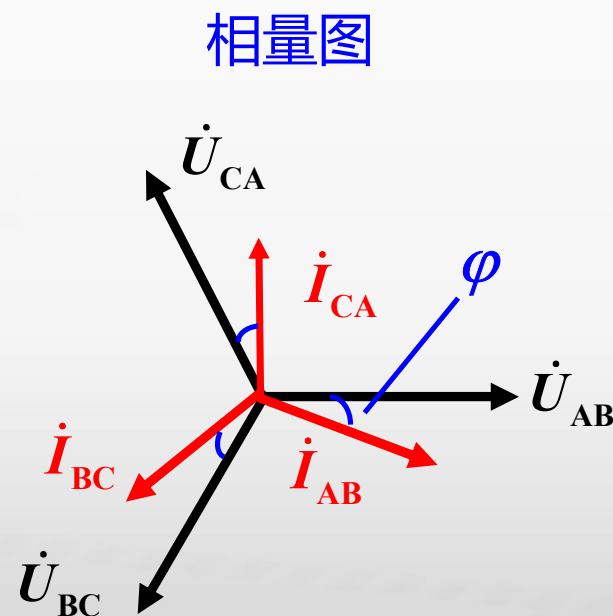
### 负载对称

$$Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA} = Z = |Z| \angle \varphi$$

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z} = \frac{\dot{U}_{AB}}{|Z|} \angle -\varphi$$

$$\dot{I}_{BC} = \frac{\dot{U}_{BC}}{Z} = \frac{\dot{U}_{BC}}{|Z|} \angle -\varphi$$

$$\dot{I}_{CA} = \frac{\dot{U}_{CA}}{Z} = \frac{\dot{U}_{CA}}{|Z|} \angle -\varphi$$



负载 $\Delta$ 联结，当电源和负载对称时，负载相电流也对称

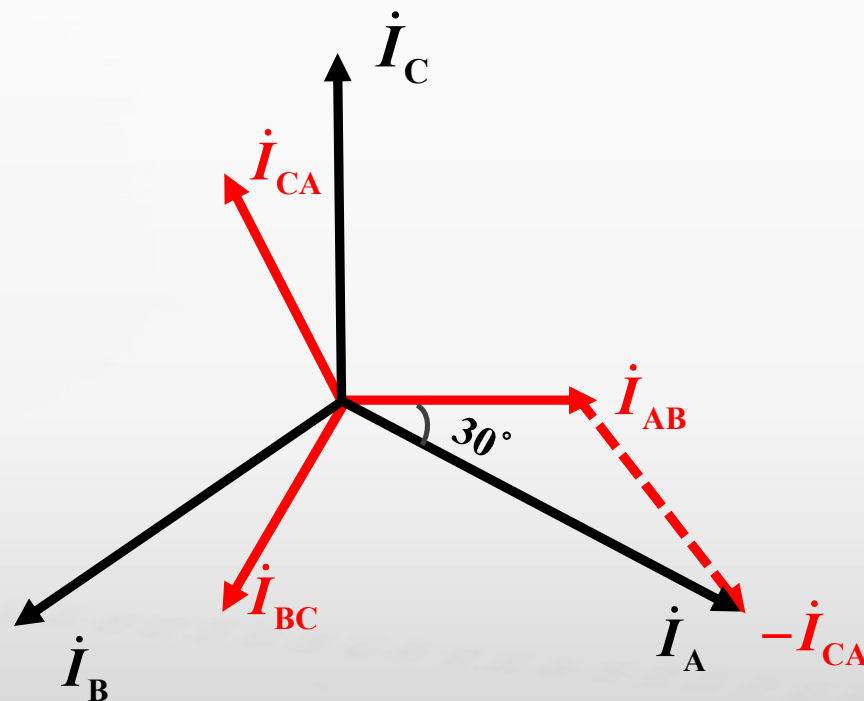
## 02 负载电流的计算

### 线电流计算

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

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

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



三个线电流也对称,  $I_L = \sqrt{3}I_P$ ;  
 相位上, 线电流滞后相应的相电流  $30^\circ$ 。

## 02 负载电流的计算

### 负载不对称

各相负载电流不等;  
先计算各相电流;  
再计算线电流。

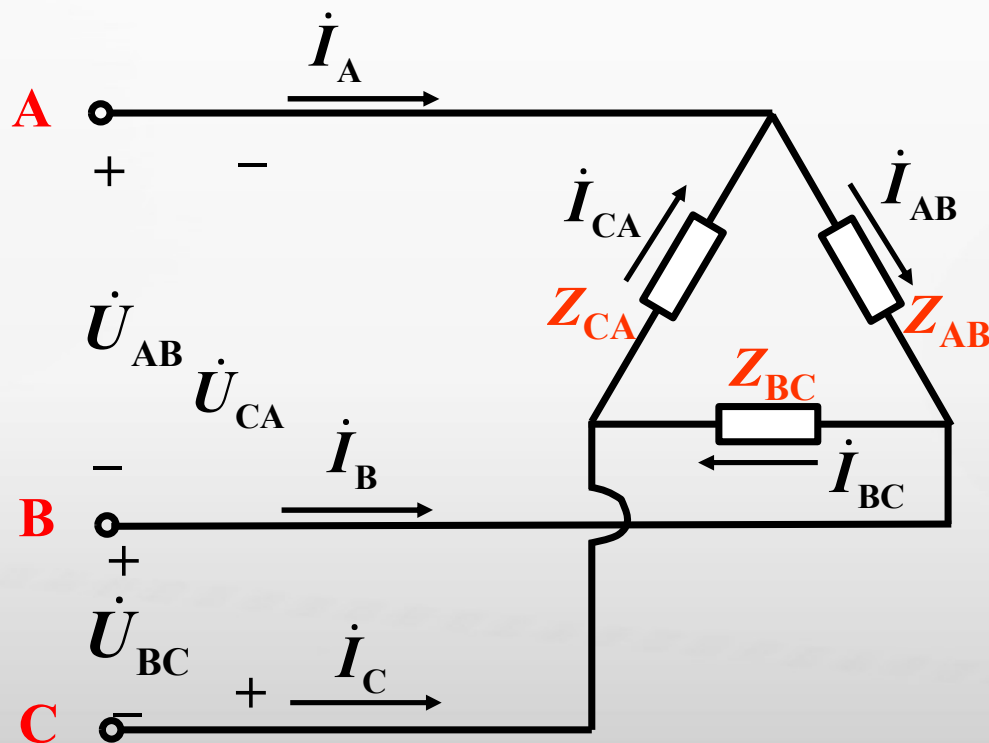
### 负载对称

相电流对称

线电流对称

$I_L = \sqrt{3}I_P$  , 线电流滞后

相应的相电流  $30^\circ$



## ◆注意:

(1) 三相负载采取那种联结方式 取决于电源电压和负载的额定电压,原则上应使负载的实际工作相电压等于额定相电压。

**例如:** 某三相异步电动机,三相绕组的额定电压是 220 V, 若两电源的线电压分别为 380 V 和 220 V, 负载应采取那种联结方式?

**答:**接线电压 380 V 电源时: Y 形联结  
接线电压 220 V 电源时:  $\Delta$  形联结

(2) 若为单相多台负载, 应尽量均匀地分布在三相上。

## 03 三相功率

## 03 三相功率

**三相总有功功率:**

$$P = P_A + P_B + P_C$$

**负载对称时:**

$$P = 3U_P I_P \cos \varphi$$

**注意：**  $\varphi$  仍是  
负载相电压与相  
电流的相位差角

	对称星形联结	对称三角形联结
负载相电压	$U_P = \frac{1}{\sqrt{3}} U_L$	$U_P = U_L$
负载相电流	$I_P = I_L$	$I_P = \frac{1}{\sqrt{3}} I_L$
三相有功功率	$P = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$	$P = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$

三相无功功率:  $Q = 3U_P I_P \sin \varphi = \sqrt{3} U_L I_L \sin \varphi$

三相视在功率:  $S = 3U_P I_P = \sqrt{3} U_L I_L$



**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, 并比较所得的接果:

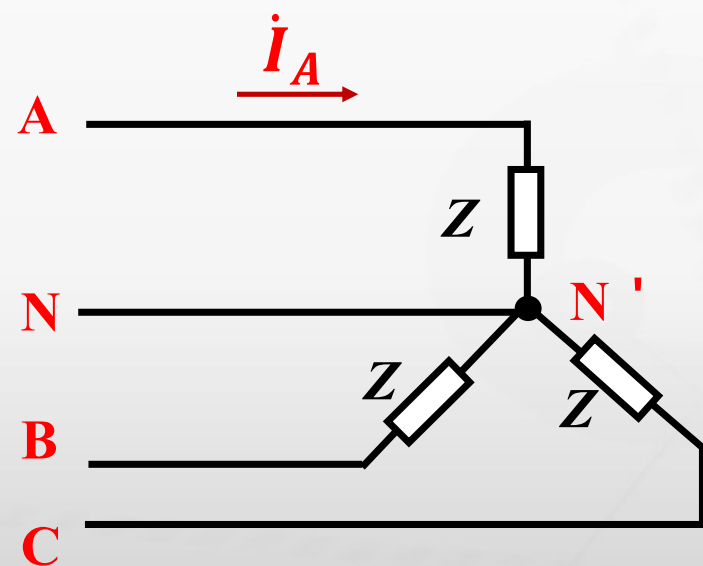
- (1) 绕组联成星形接于 $U_L = 380\text{ V}$ 的三相电源上;
- (2) 绕组联成三角形接于 $U_L = 220\text{ V}$ 的三相电源上。

解 (1) 星形联结

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

$$I_l = I_P = 6.1 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} P &= 3U_P I_P \cos\varphi = 3 \times 220 \times 6.1 \times \frac{29}{\sqrt{29^2 + 21.8^2}} \text{ W} \\ &= 3.2 \text{ kW} \end{aligned}$$



(2) 绕组联成三角形接于  $U_L=220\text{ V}$  的三相电源上。

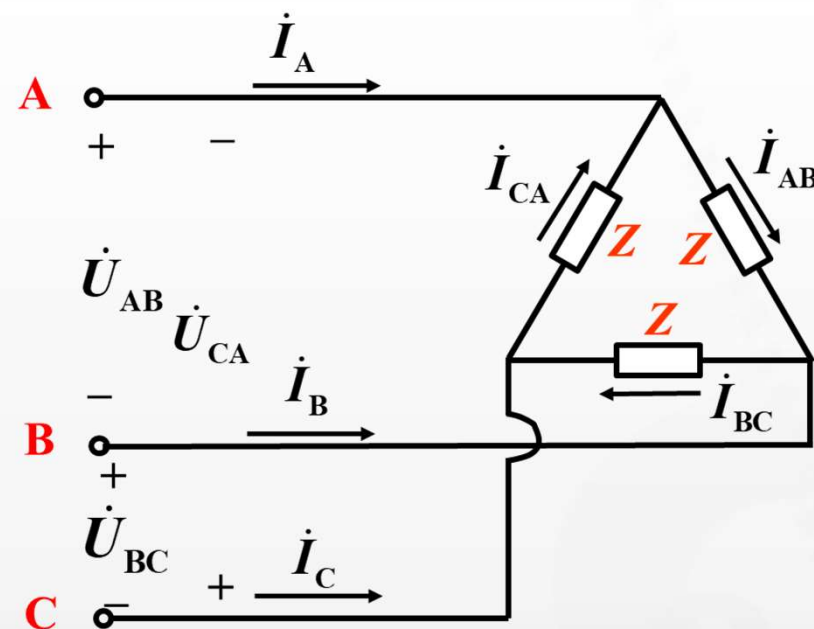
$$I_P = \frac{U_P}{|Z|} = \frac{220}{\sqrt{29^2 + 21.8^2}} \text{ A} = 6.1 \text{ A}$$

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

$$P = 3U_P I_P \cos \varphi = 3 \times 220 \times 6.1 \times 0.8 \text{ W} = 3.2 \text{ kW}$$

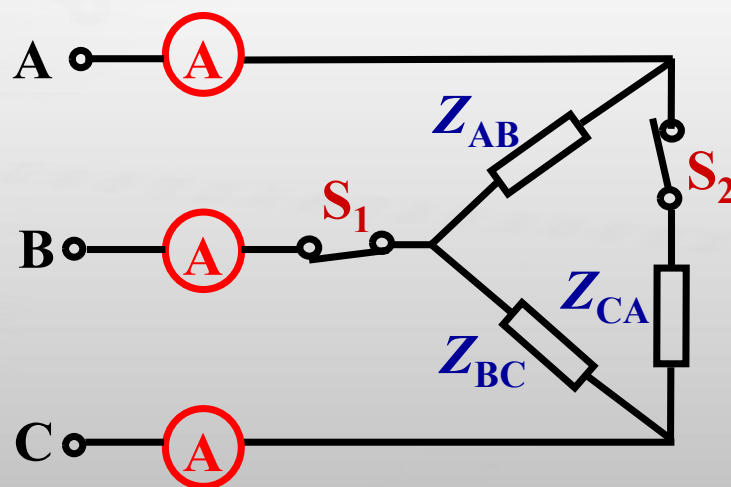
比较(1), (2)的结果:

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：**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 $P$ 。



**例2：**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

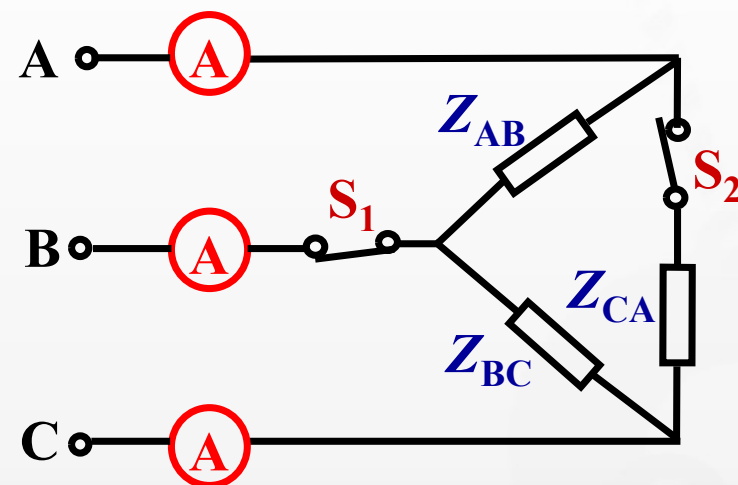
$$|Z| = \frac{U_P}{I_P} = \frac{220}{17.32 / \sqrt{3}} = 22\Omega$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}U_L I_L} = 0.68$$

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

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

$S_2$ 均闭合时，各电



或由：  $P=I^2 R$

$$P=UI\cos\varphi$$

$$\tan\varphi = X_L / R$$

求 $R$ 和 $X_L$ 。

**例2：**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：  
2)  $S_1$ 合、 $S_2$ 断开时，各电流表读数和有功功率 $P$ ；

**解：**  $S_1$ 闭合、 $S_2$ 断开时

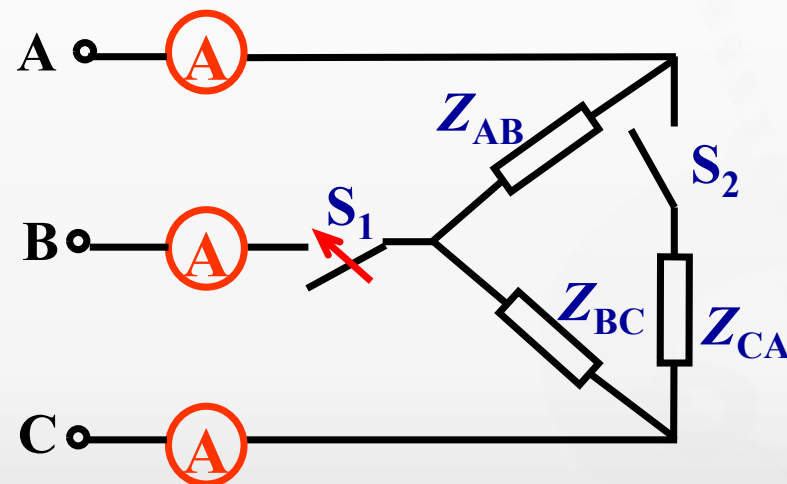
流过电流表 A、C 相的电流变为相电流  $I_P$ ，流过电流表 B 相的电流仍为线电流  $I_L$ 。

$$\therefore I_A = I_C = 10\text{A} \quad I_B = 17.3\text{ A}$$

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， $Z_{AB}$ 、 $Z_{BC}$  的相电压和相电流不变，则  $P_{AB}$ 、 $P_{BC}$  不变。

$$P = P_{AB} + P_{BC} = 3\text{ kW}$$



**例2：**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，各电表读数均为 $17.3\text{A}$ ，三相功率 $P=4.5\text{ kW}$ ，试求：

3)  $S_1$ 断、 $S_2$ 闭合时，各电表读数和有功功率 $P$ 。

**解：**3)  $S_1$ 断开、 $S_2$ 闭合时

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

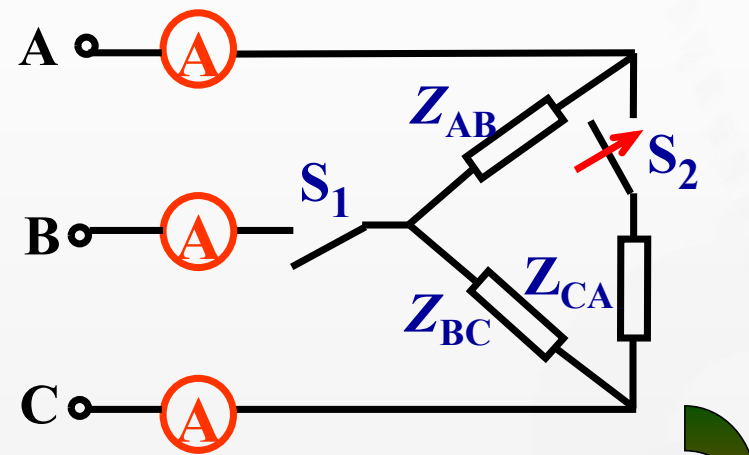
$I_1$  仍为相电流  $I_P$ ， $I_2$  变为  $1/2 I_P$ 。

$$\therefore I_A = I_C = 10\text{ A} + 5\text{ A} = 15\text{A}$$

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

$$\begin{aligned} P &= 1/4 P_{AB} + 1/4 P_{BC} + P_{CA} \\ &= 0.375\text{ W} + 0.375\text{ W} + 1.5\text{ W} \\ &= 2.25\text{ kW} \end{aligned}$$

$S_2$  均闭合时，各电



变为单相电路

