

# 三相电路

三相电路

## 第12章

12.3 不对称三相电路

12.4 三相电路的功率

主讲人：邹建龙

时 间：     年   月   日



### □ 引言

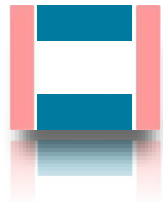
### □ 12.3 不对称三相电路

### □ 12.4 三相电路的功率

### □ 小结



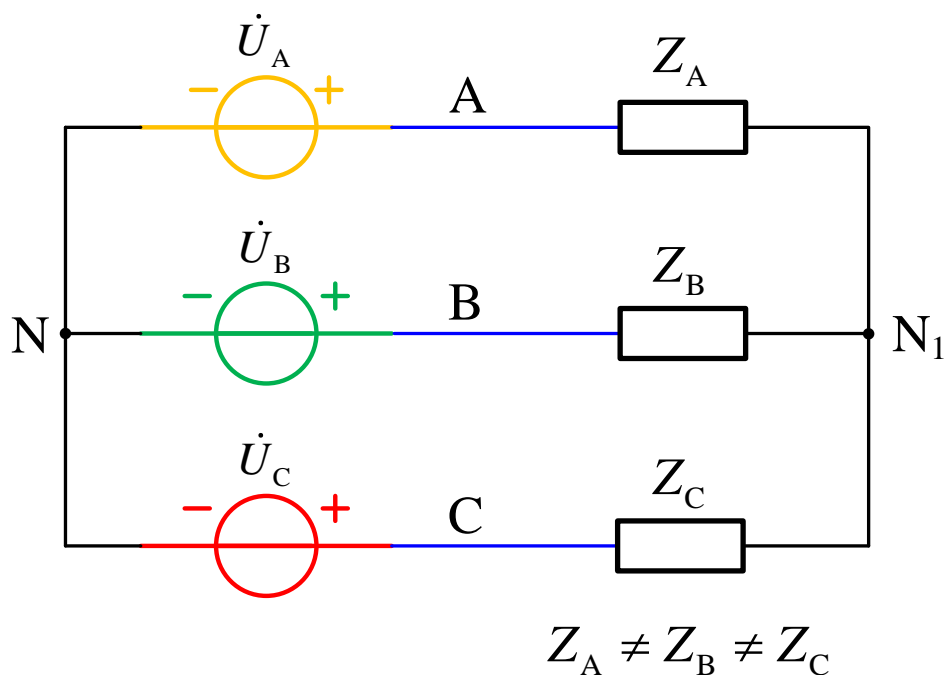
## 12.3-12.4 不对称三相电路和三相电路的功率——引言



## 12.3 不对称三相电路

### 不对称三相电路的定义：

如果三相负载阻抗不全部相等，此时的三相电路称为不对称三相电路。如果三相电源不对称，三相电路也是不对称三相电路。

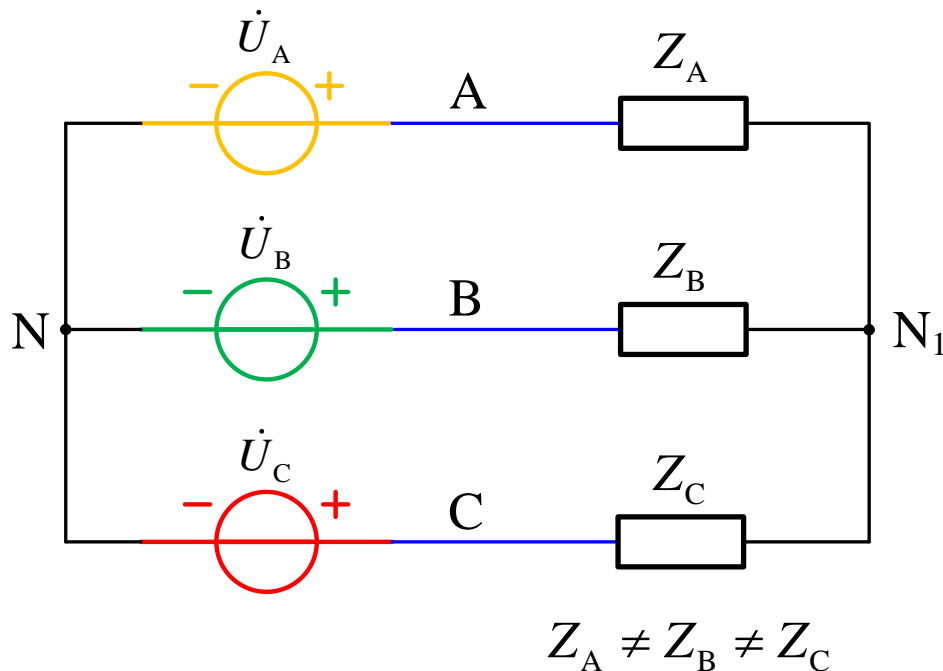


不对称三相电路示意图



## 12.3 不对称三相电路

Y-Y不对称三相电路中性点之间的电压：



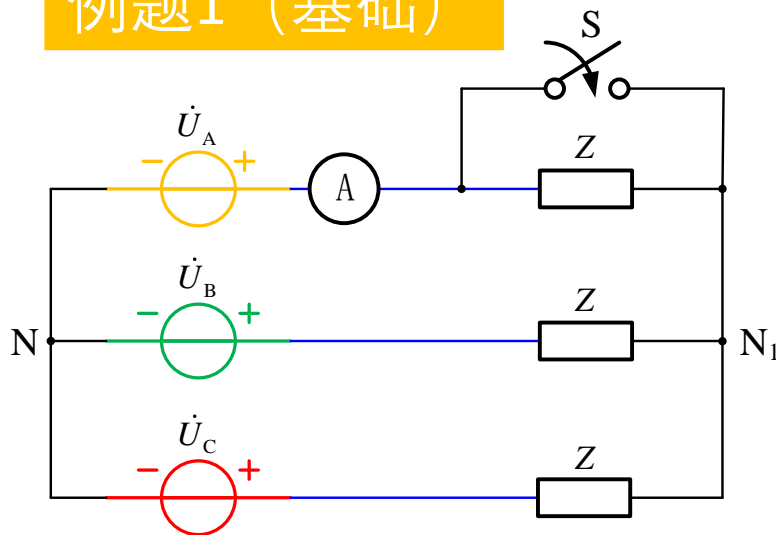
$$\left( \frac{1}{Z_A} + \frac{1}{Z_B} + \frac{1}{Z_C} \right) \dot{U}_{N1} = \frac{\dot{U}_A}{Z_A} + \frac{\dot{U}_B}{Z_B} + \frac{\dot{U}_C}{Z_C}$$

通常， $\dot{U}_{N1} \neq 0$ ，即中性点之间的电压不等于零，  
无法将三相简化为单相



## 12.3 不对称三相电路——不对称三相电路的计算

### 例题1 (基础)

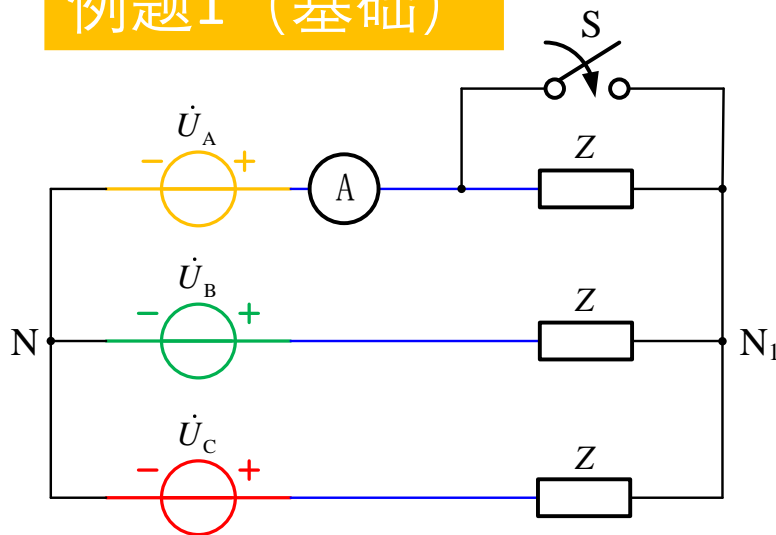


图示对称三相电路中，  
交流电流表读数为100 A。  
如果将开关S闭合，  
求开关S闭合后  
交流电流表的读数。



## 12.3 不对称三相电路——不对称三相电路的计算

### 例题1 (基础)

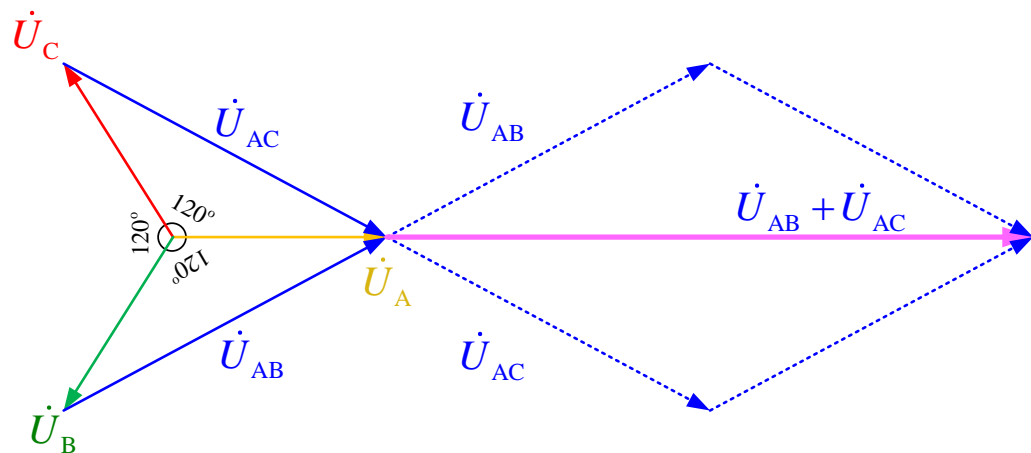


图示对称三相电路中，  
交流电流表读数为100 A。  
如果将开端S闭合，  
求开关S闭合后  
交流电流表的读数。

$$I_A = \left| \frac{\dot{U}_{AB}}{Z} + \frac{\dot{U}_{AC}}{Z} \right| = \frac{|\dot{U}_{AB} + \dot{U}_{AC}|}{|Z|}$$

$$\dot{U}_{AB} + \dot{U}_{AC} = 3\dot{U}_A$$

$$I_A = \frac{|\dot{U}_{AB} + \dot{U}_{AC}|}{|Z|} = 3 \frac{U_A}{|Z|}$$

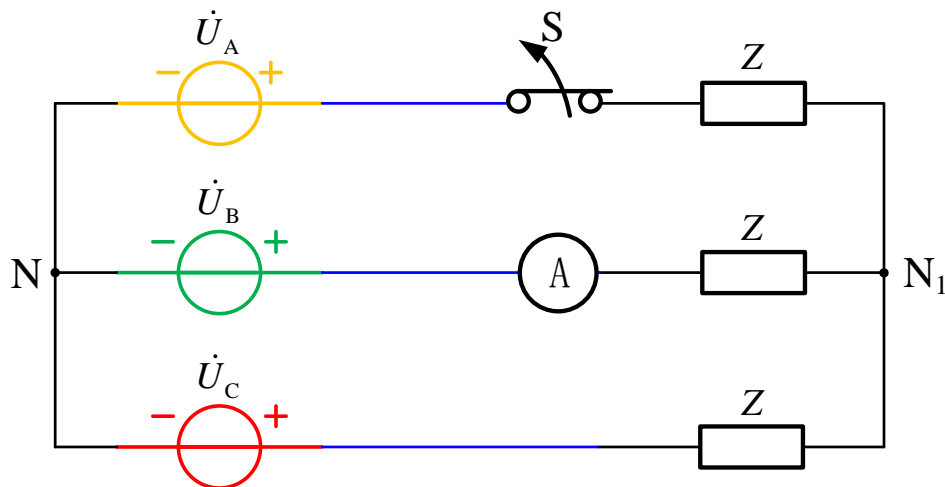


开关S闭合后，交流电流表的读数为300 A。



## 12.3 不对称三相电路——不对称三相电路的计算

### 同步练习题1（基础）



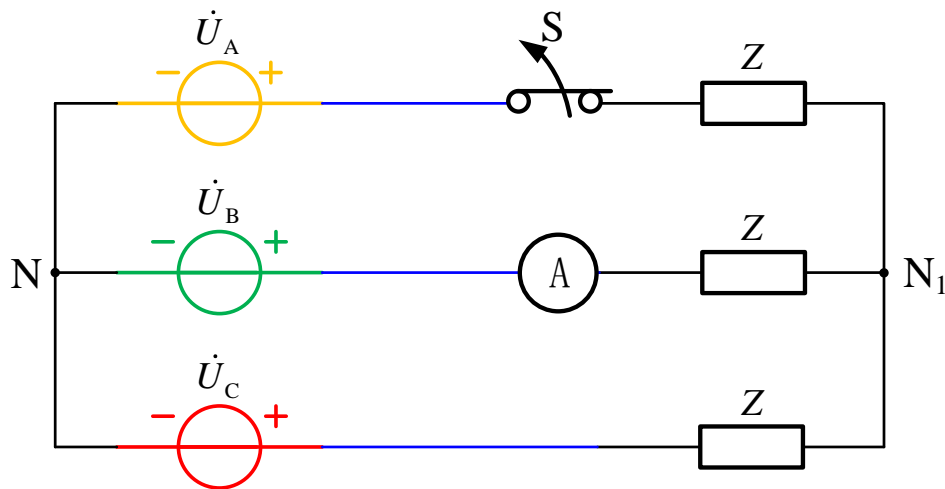
图示对称三相电路中，  
交流电流表读数为100 A。  
如果将开关S闭合，  
求开关S闭合后交流电流表的读数。





## 12.3 不对称三相电路——不对称三相电路的计算

### 同步练习题1（基础）



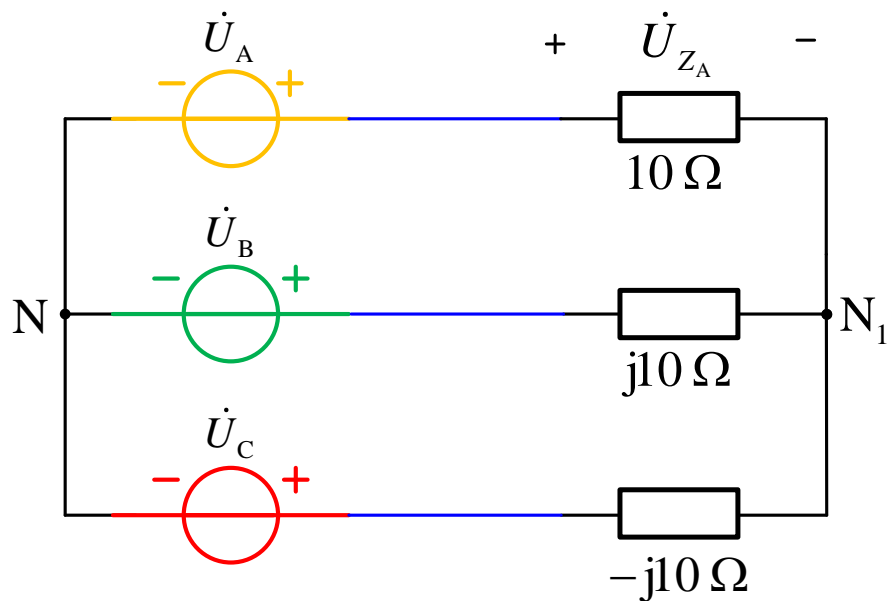
图示对称三相电路中，  
交流电流表读数为100 A。  
如果将开关S闭合，  
求开关S闭合后交流电流表的读数。

答案：开关断开后，电流表的读数为 $50\sqrt{3}$  A



## 12.3 不对称三相电路——不对称三相电路的计算

### 例题2 (提高)

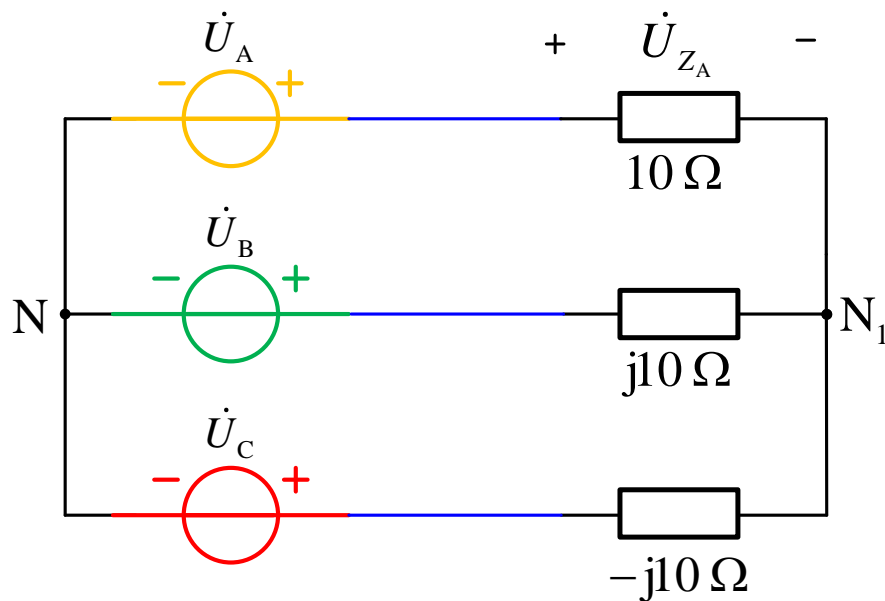


已知图示电路对称三相电源  
的线电压有效值为300 V，  
设A相电压源电压相量的辐角  
为0，  
求A相负载阻抗的电压相量。



## 12.3 不对称三相电路——不对称三相电路的计算

### 例题2 (提高)

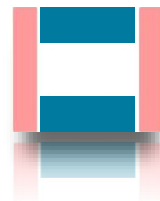


$$\begin{aligned}\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{j10} + \frac{1}{-j10}\right)\dot{U}_{N1} &= \frac{\dot{U}_A}{10} + \frac{\dot{U}_B}{j10} + \frac{\dot{U}_C}{-j10} \\ &= \frac{100\sqrt{3}\angle 0^\circ}{10} + \frac{100\sqrt{3}\angle -120^\circ}{j10} + \frac{100\sqrt{3}\angle 120^\circ}{-j10}\end{aligned}$$

$$\dot{U}_{N1} = 100\sqrt{3} - 300 \text{ V}$$

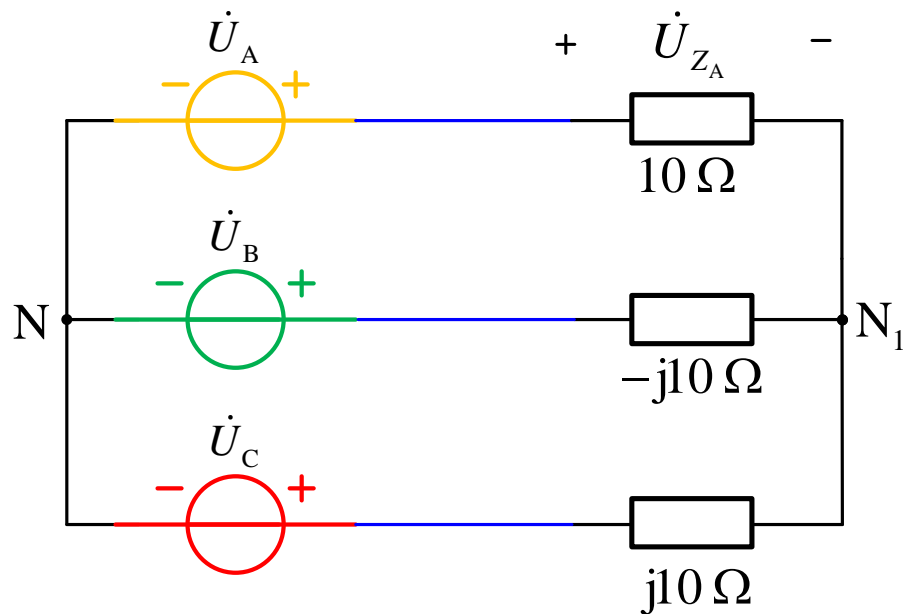
$$\begin{aligned}\dot{U}_{Z_A} &= \dot{U}_A - \dot{U}_{N1} \\ &= 100\sqrt{3} - (100\sqrt{3} - 300) \\ &= 300\angle 0^\circ \text{ V}\end{aligned}$$

已知图示电路对称三相电源的线电压有效值为300 V，设A相电压源电压相量的辐角为0，求A相负载阻抗的电压相量。



## 12.3 不对称三相电路——不对称三相电路的计算

### 同步练习题2（提高）

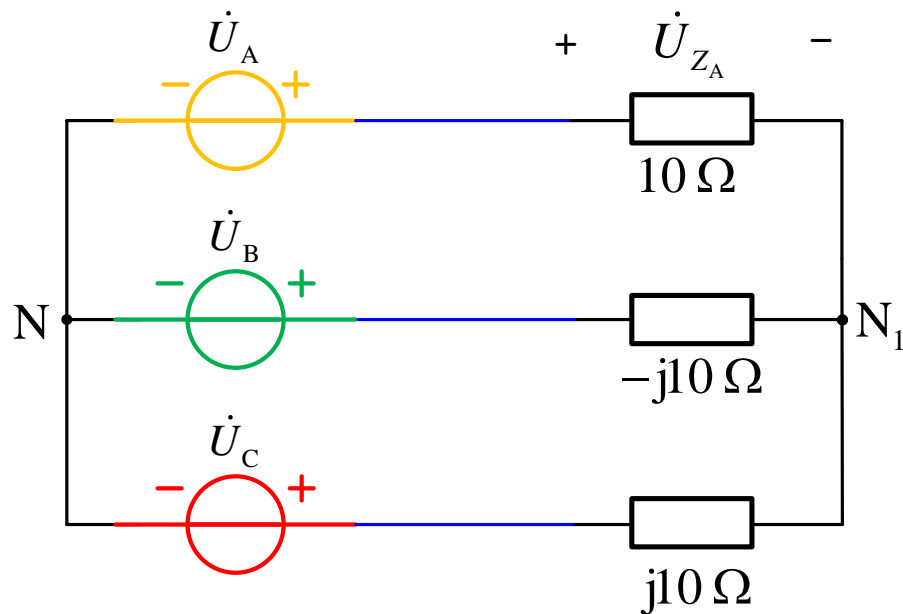


已知图示电路对称三相电源  
的线电压有效值为300 V，  
设A相电压源电压相量的辐角  
为0，  
求A相负载阻抗的电压相量。



## 12.3 不对称三相电路——不对称三相电路的计算

### 同步练习题2（提高）

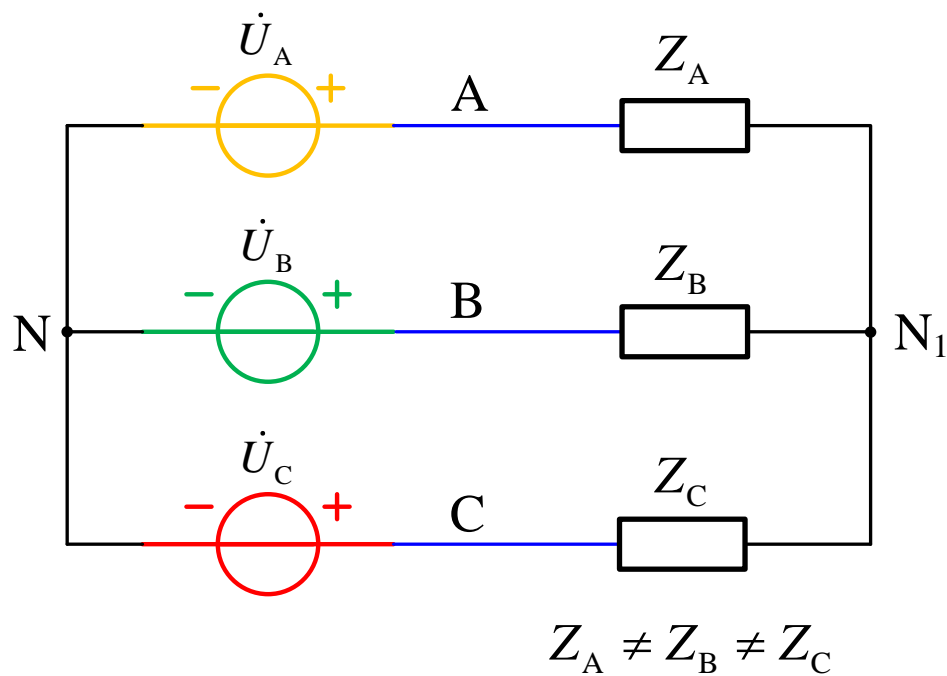


已知图示电路对称三相电源的线电压有效值为300 V，设A相电压源电压相量的辐角为0，求A相负载阻抗的电压相量。

$$\dot{U}_{Z_A} = 300 \angle 180^\circ \text{ V}$$

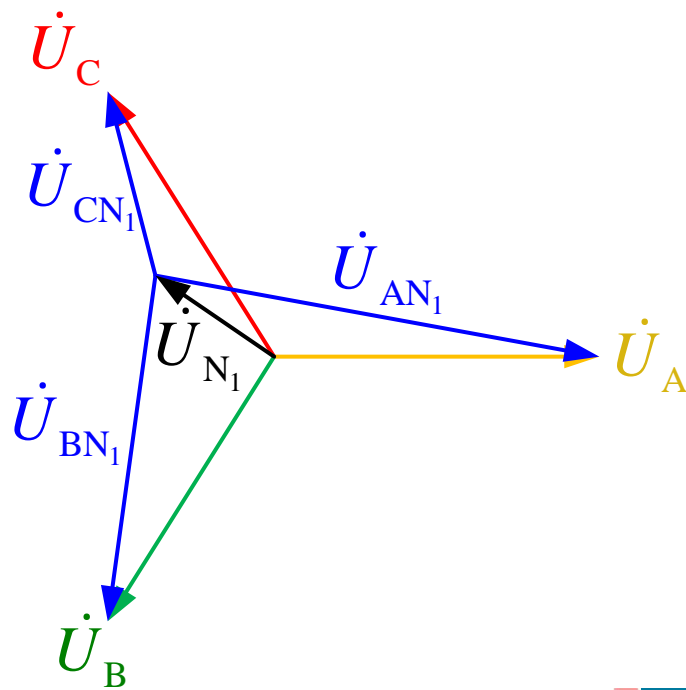
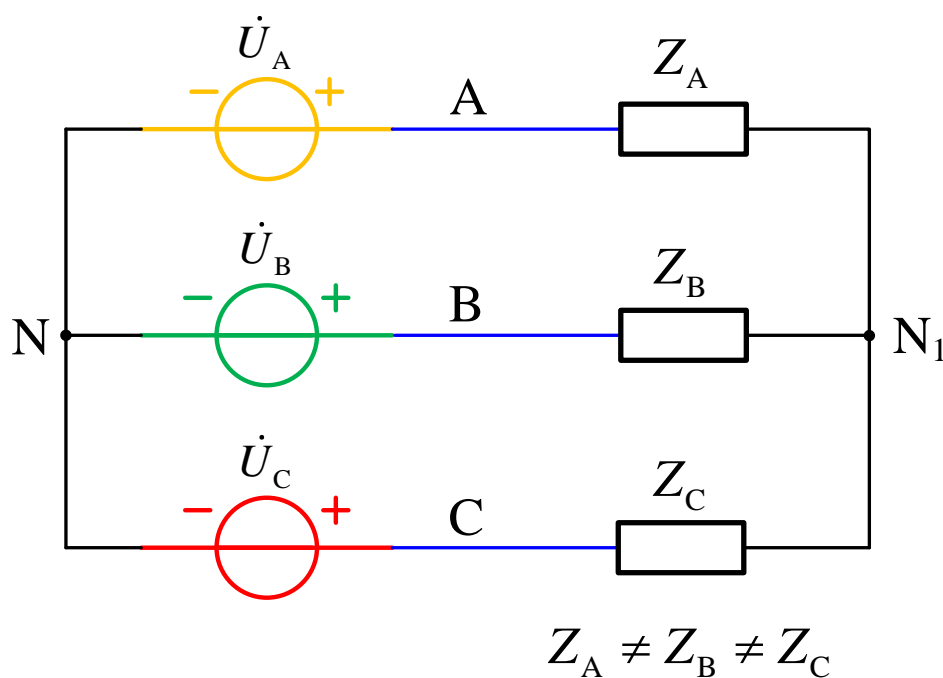


## 12.3 不对称三相电路——三相四线制



## 12.3 不对称三相电路——三相四线制

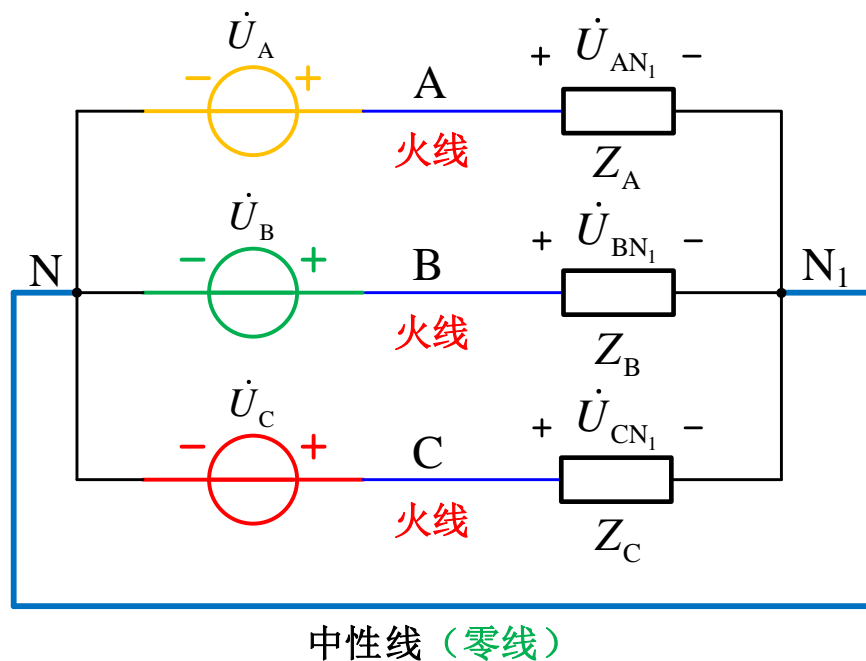
Y-Y接法不对称三相电路中性点之间的电压通常不等于零，这会导致三相负载电压不对称，因此三相负载无法正常工作，甚至会烧毁。为了解决这一问题，需要引入三相四线制接法。



## 12.3 不对称三相电路——三相四线制

### 三相四线制接法：

- 增加一条导线，连接两个中性点，强制三相负载电压等于三相电压源电压，因此可确保三相负载电压对称。
- 增加的导线称为中性线，又称零线，而三相输电线称为火线。
- 火线电压很高，危险！千万不可触碰！考虑到实际零线并非理想导线，因此零线电压一般接近零，相对安全，但也不要触碰！

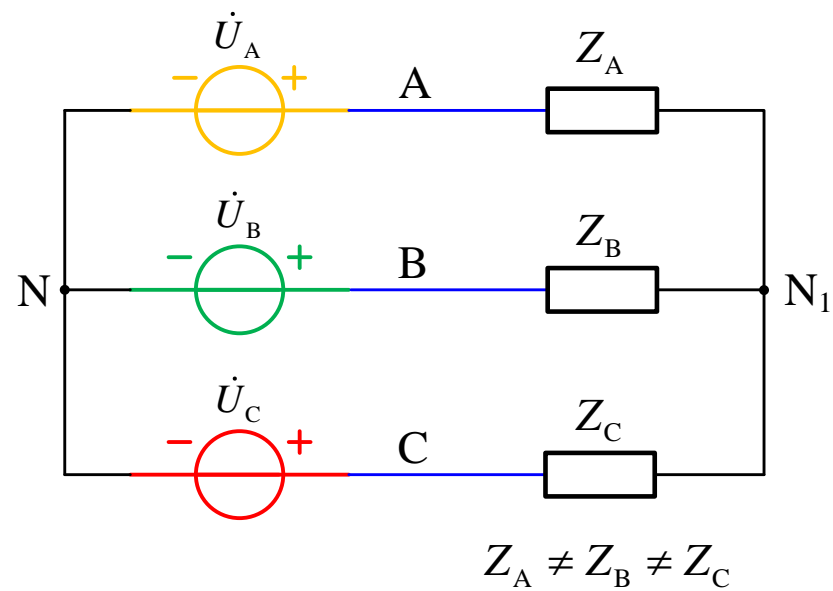


三相四线制接法三相负载电压对称，但由于三相负载阻抗不相等，所以三相负载电流不对称，因此中性线（零线）上的电流不等于零。



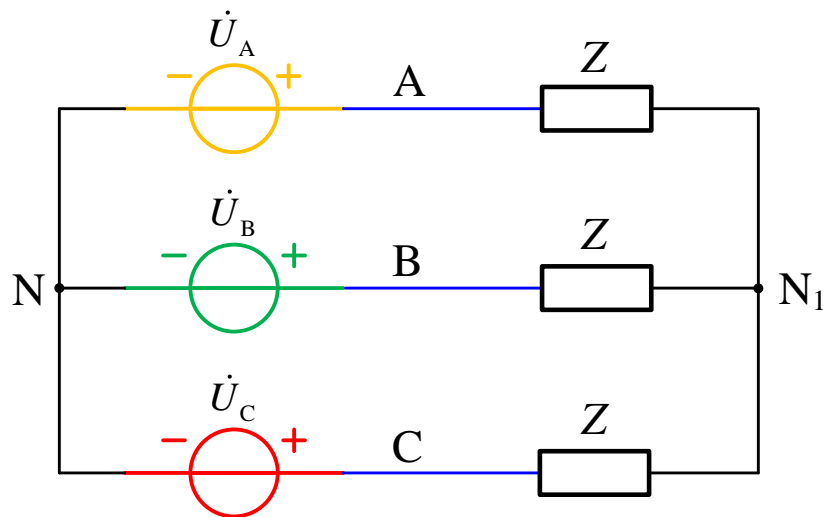
## 12.4 三相电路的功率

引言:



## 12.4 三相电路的功率

### 对称三相电路功率的特点



对称三相电路总瞬时功率为常数，与时间无关。这对于三相电动机的运行非常有益，因为瞬时功率与时间无关相当于没有功率波动，可以减少三相电动机的振动。

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

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

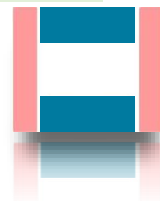
$$u_C = \sqrt{2}U \cos(\omega t + 120^\circ)$$

$$i_A = \sqrt{2}I \cos(\omega t - \varphi),$$

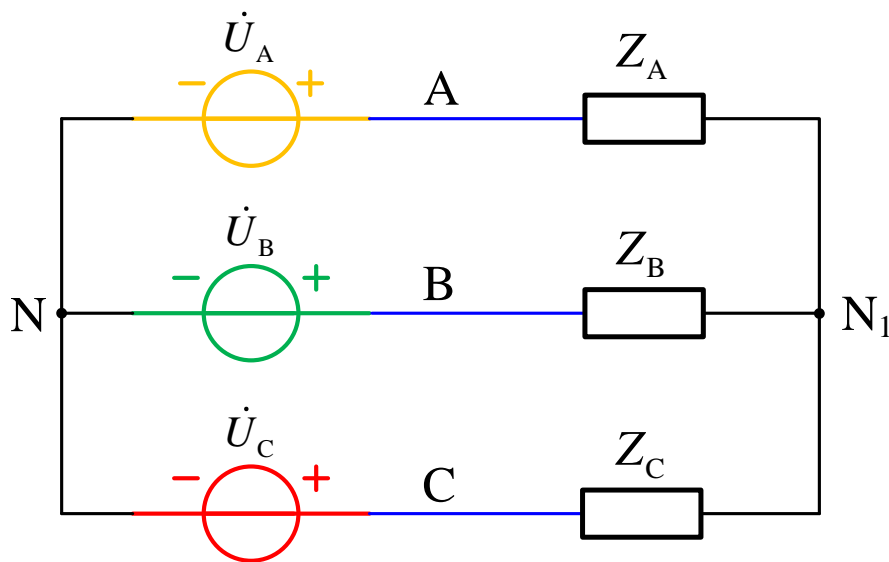
$$i_B = \sqrt{2}I \cos(\omega t - 120^\circ - \varphi),$$

$$i_C = \sqrt{2}I \cos(\omega t + 120^\circ - \varphi)$$

$$p_{\text{总}} = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C = 3UI \cos \varphi$$



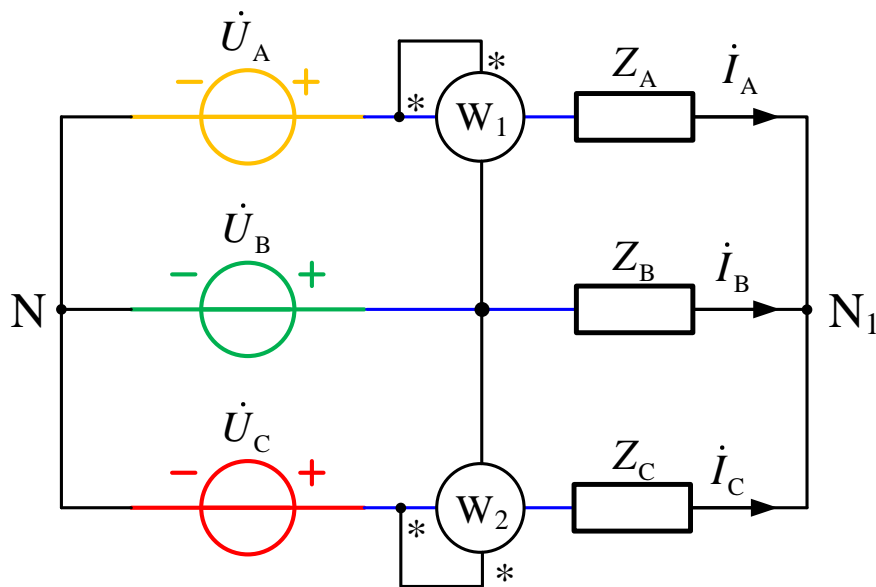
### 二瓦计法测量三相电路总有功功率



如果三相电路对称，则只要测量一相的有功功率，乘以3即可得到三相电路负载总的有功功率。

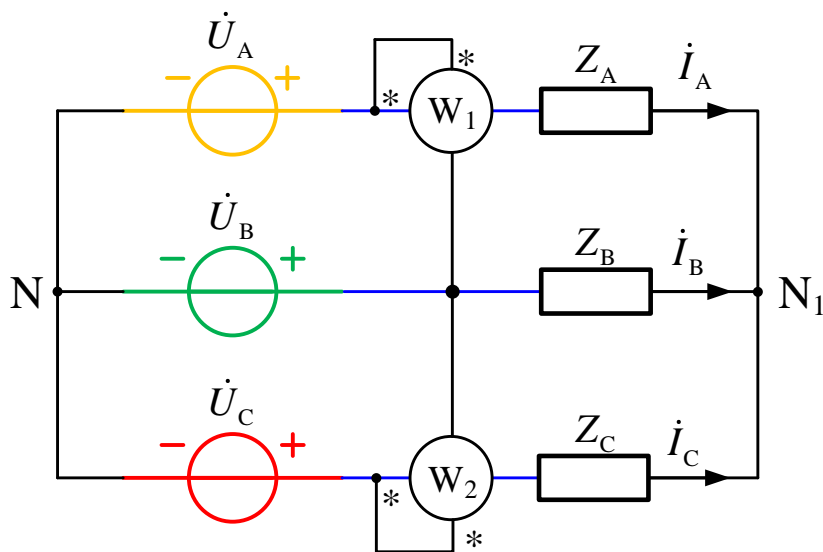
但是，如果三相电路不对称，以上方法会失效，此时最简便的测量三相负载总有功的方法是二瓦计法。

### 二瓦计法测量三相电路总有功功率



## 12.4 三相电路的功率

### 二瓦计法测量三相电路总有功功率



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

$$-\dot{I}_A^* - \dot{I}_C^* = \dot{I}_B^*$$

$$P_1 + P_2$$

$$= \operatorname{Re}(\dot{U}_A \dot{I}_A^* + \dot{U}_C \dot{I}_C^* + \dot{U}_B \dot{I}_B^*)$$

$$= \operatorname{Re}(\bar{S}_A + \bar{S}_C + \bar{S}_B)$$

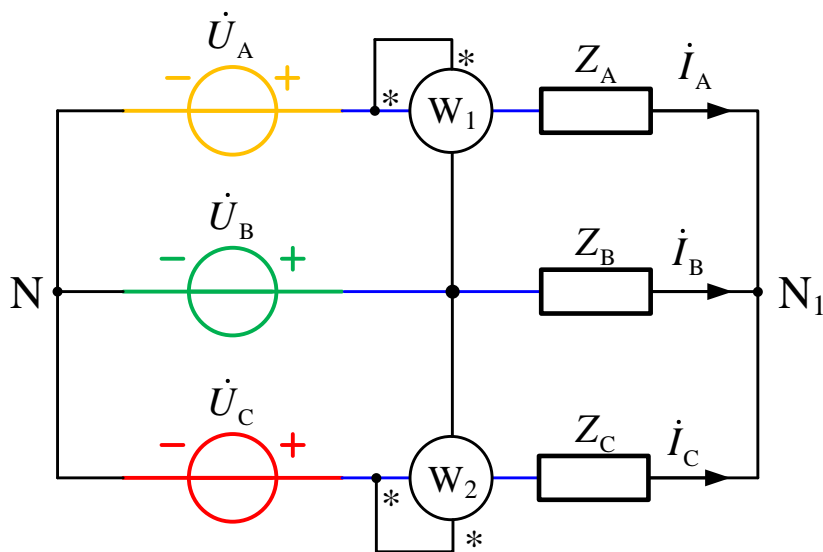
$$P_1 + P_2 = \operatorname{Re}(\dot{U}_{AB} \dot{I}_A^*) + \operatorname{Re}(\dot{U}_{CB} \dot{I}_C^*) = P_A + P_C + P_B$$

$$= \operatorname{Re}[(\dot{U}_A - \dot{U}_B) \dot{I}_A^*] + \operatorname{Re}[(\dot{U}_C - \dot{U}_B) \dot{I}_C^*]$$

$$= \operatorname{Re}[\dot{U}_A \dot{I}_A^* + \dot{U}_C \dot{I}_C^* + \dot{U}_B (-\dot{I}_A^* - \dot{I}_C^*)]$$



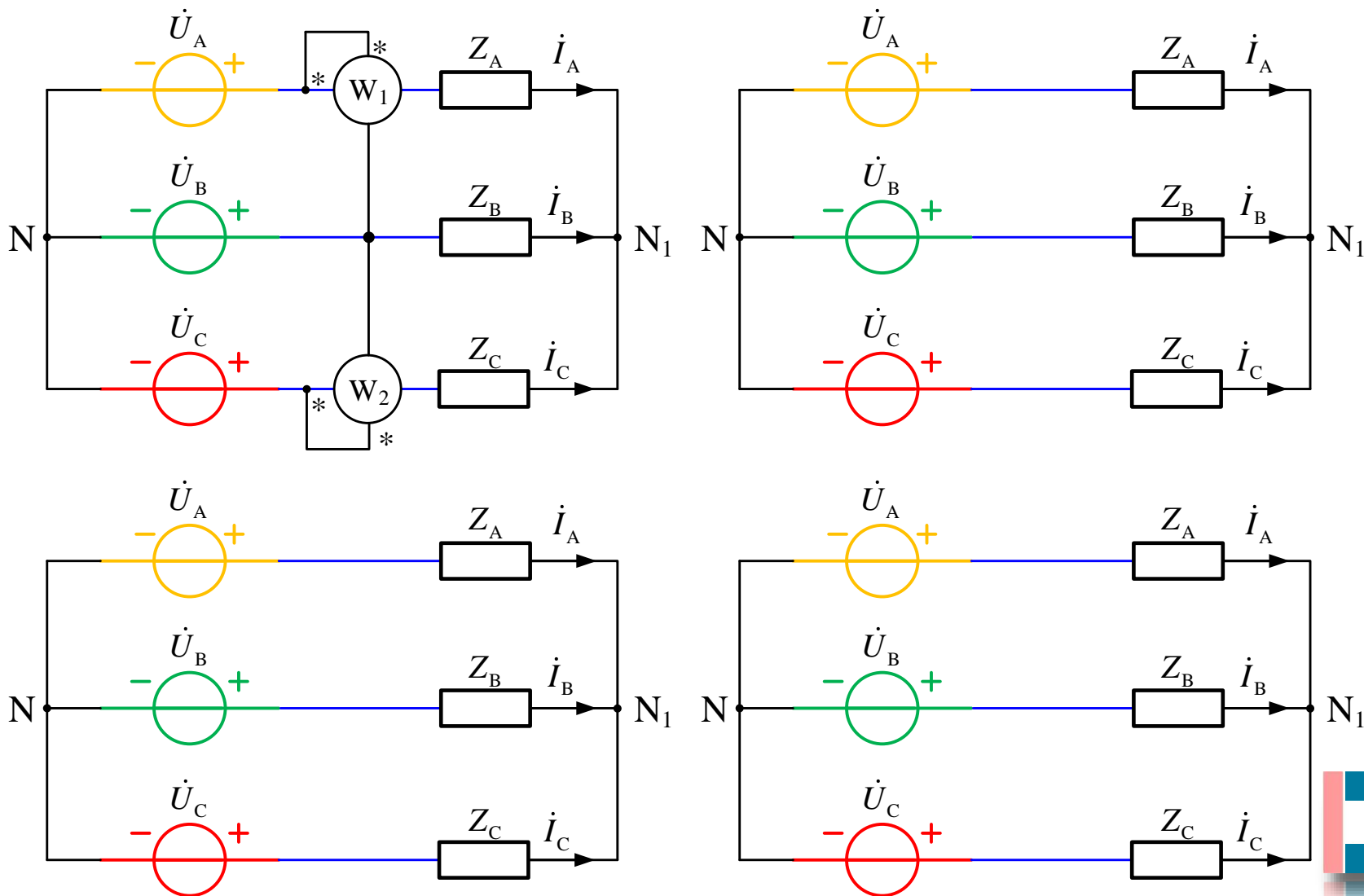
## 二瓦计法的注意事项



- 两个功率表必须分别接到三相中的任意两相
- 两个功率表的电压正极端子要分别与功率表电流流入端子接到一起
- 两个功率表的电压负极端子要同时接到没有功率表的那一相的端线上
- 二瓦计法不适用于三相四线制，因为三相四线制三相电流之和不等于零。

## 12.4 三相电路的功率

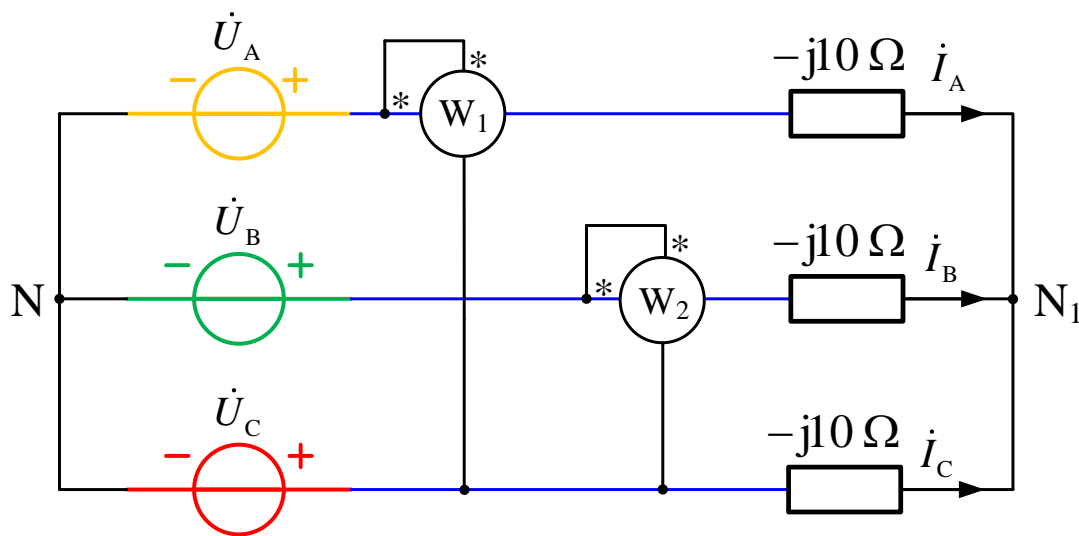
### 尝试二瓦计法的其他接法



## 12.4 三相电路的功率——二瓦计法

### 例题3 (基础)

图示为对称三相电路，已知三相电源相电压有效值为100 V，求图中功率表1的读数。

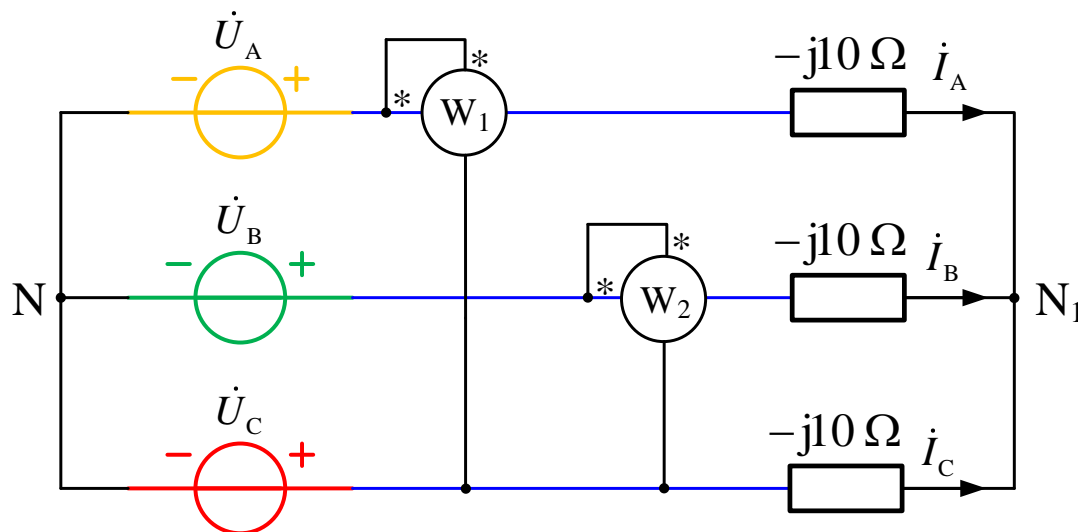




## 12.4 三相电路的功率——二瓦计法

### 例题3 (基础)

图示为对称三相电路，已知三相电源相电压有效值为100 V，求图中功率表1的读数。



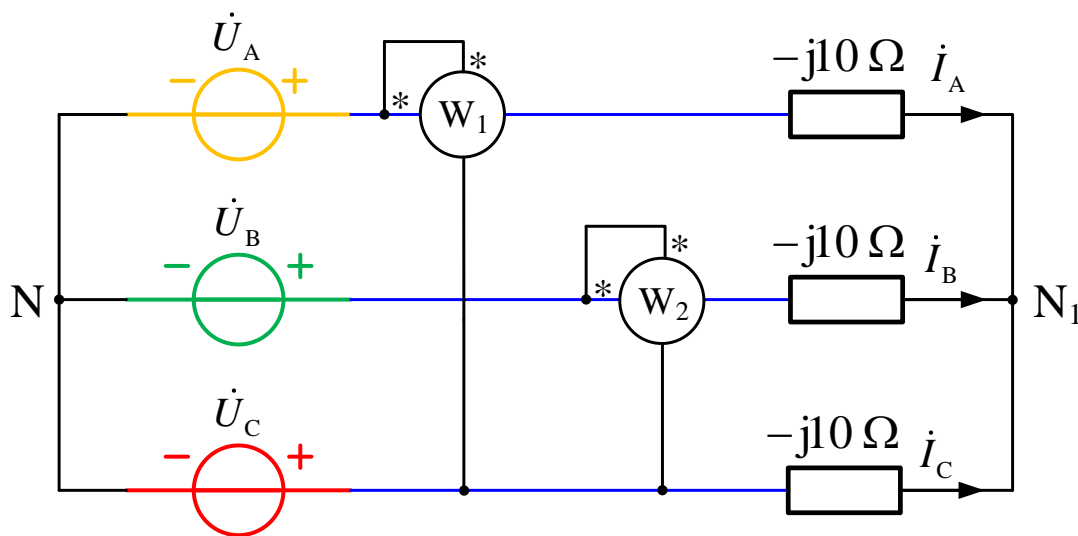
$$P_1 = \operatorname{Re}(\dot{U}_{AC} \dot{i}_A^*) = \operatorname{Re}\left[ (100\sqrt{3} \angle -30^\circ) \times \left( \frac{100\sqrt{3} \angle 0^\circ}{-j10} \right)^* \right] = -1500\ \text{W}$$



## 12.4 三相电路的功率——二瓦计法

### 同步练习题3 (基础)

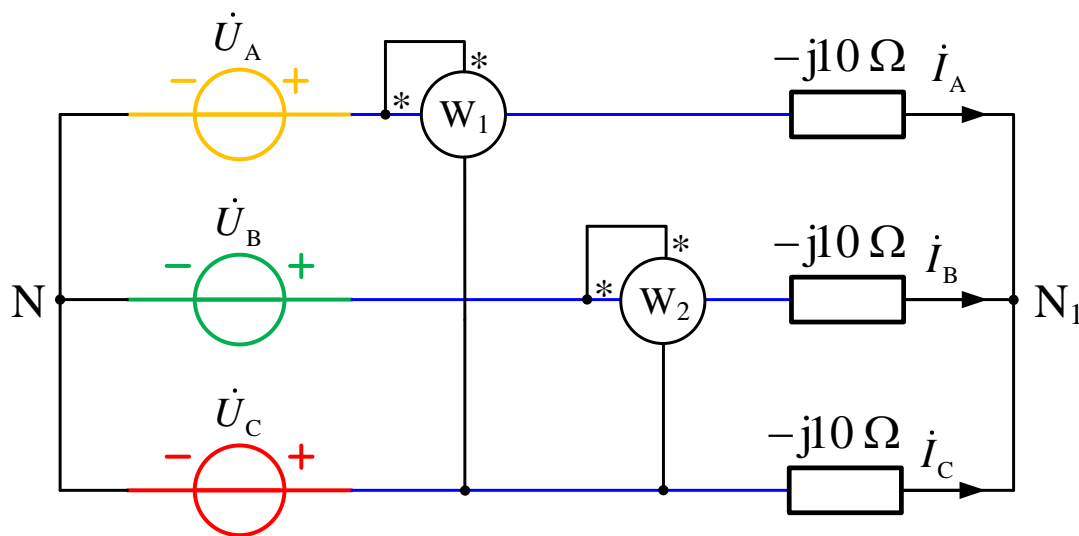
图示为对称三相电路，已知三相电源相电压有效值为100 V，求图中功率表2的读数。



## 12.4 三相电路的功率——二瓦计法

### 同步练习题3 (基础)

图示为对称三相电路，已知三相电源相电压有效值为100 V，求图中功率表2的读数。



答案:  $P_2 = 1500\text{ W}$



- Y-Y接法不对称三相电路的两个中性点通常不等电位，导致三相负载电压不对称。解决方法是采用三相四线制接法，将两个中性点用导线连接起来，称为中性线（零线）
- 不对称三相电路的计算要具体问题具体对待
- 对称三相电路三相总瞬时功率之和为常数，与时间无关
- 二瓦计法可以测量三相电路总有功功率，不过二瓦计法不适用于三相四线制接法



# 感谢大家聆听

主讲人：邹建龙

时 间：      年    月    日

