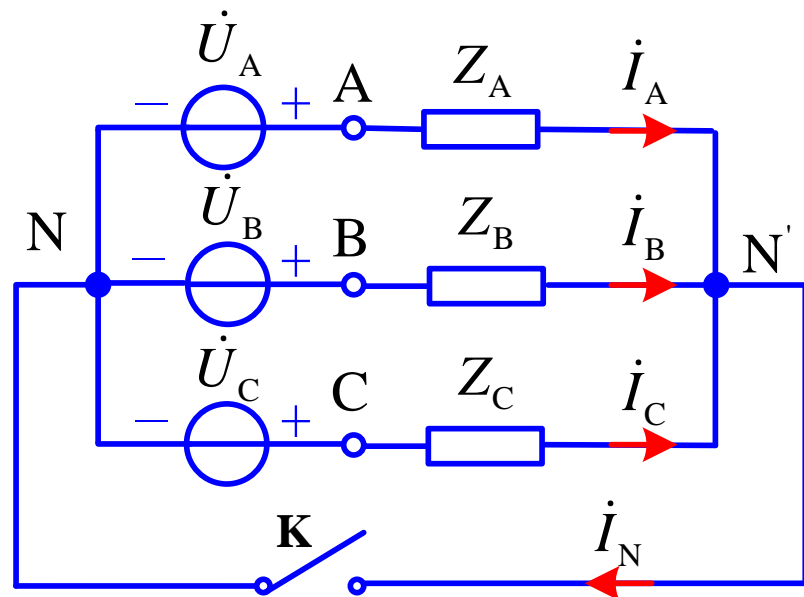


12.3 不对称三相电路的概念

什么是不对称三相电路？

不对称 { 电源
负载阻抗
端线阻抗

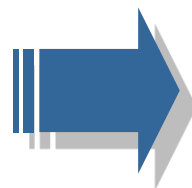
不接中线（K打开）的情况：



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

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

Z_A 、 Z_B 、 Z_C 不全等



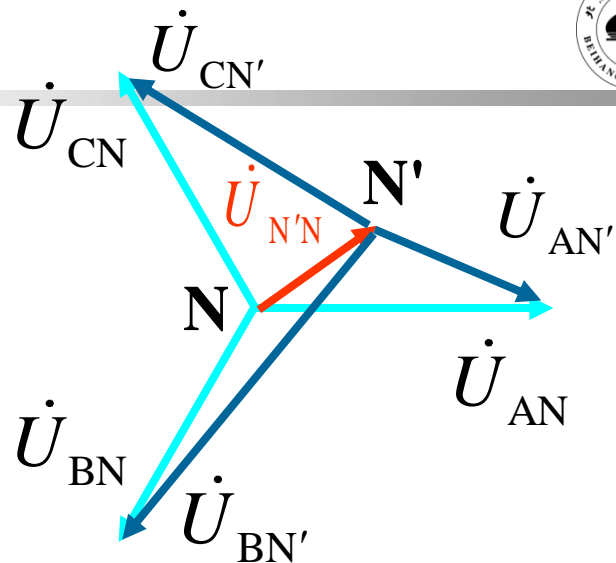
$$\dot{U}_{N'N} \neq 0$$

相量图

$$\dot{U}_{AN'} = \dot{U}_{AN} - \dot{U}_{N'N}$$

$$\dot{U}_{BN'} = \dot{U}_{BN} - \dot{U}_{N'N}$$

$$\dot{U}_{CN'} = \dot{U}_{CN} - \dot{U}_{N'N}$$



中性点位移

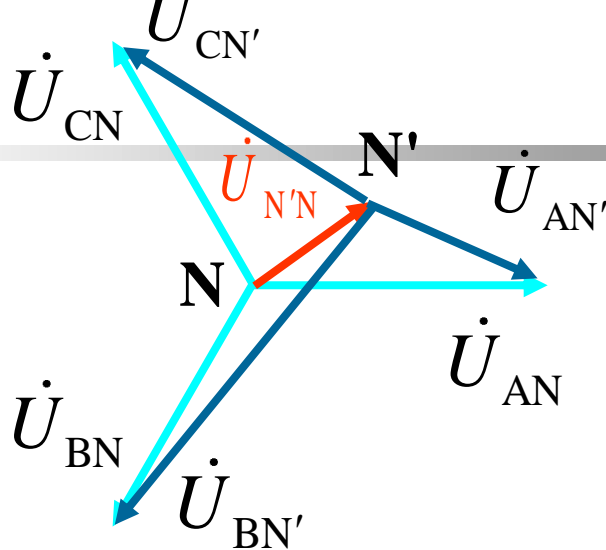


负载中点与电源中点不重合的现象。

在电源对称情况下，可以根据中点位移的情况来判断负载端不对称的程度。当中点位移较大时，会造成负载相电压严重不对称，使负载的工作状态不正常。

可能导致负载由于不满足额定电压而无法正常
工作，或由于工作电压过大而毁坏。

不对称三相电路，对三相负载来说：



- ☒ A 可能使得一相负载能额定状态工作，两相负载工作不正常；
- ☒ B 可能使得二相负载能额定状态工作，一相负载工作不正常；
- ☒ C 可能使得三相负载都不能额定状态工作，工作状态都不正常；
- ☐ D 可能使得三相负载都能额定状态工作。

图示电路中线电压为 380V ,
 R_A, R_B, R_C 为白炽灯。

若 $R_A = R_B = R_C$, 则 $\dot{U}_{N'} = \dot{U}_N$

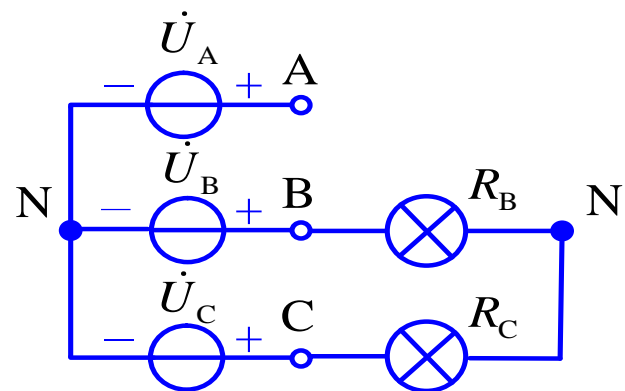
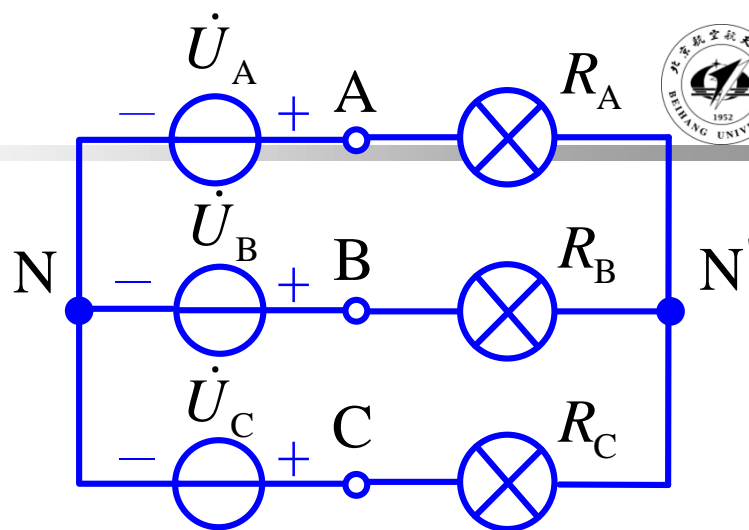
对称电路

$$\dot{U}_{BN'} = \dot{U}_B = 220\angle -120^\circ \text{V}$$

若 R_A 烧断, 则 $\dot{U}_{N'} \neq \dot{U}_N$

变成非对称电路

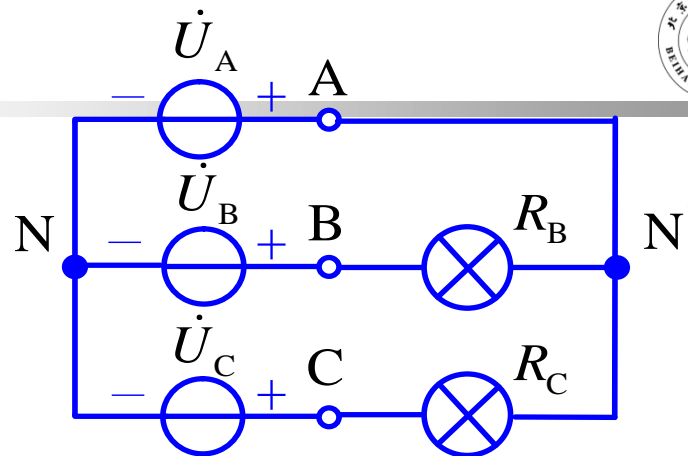
$$\dot{U}_{BN'} = \frac{\dot{U}_{BC}}{2R_B} \times R_B = \frac{1}{2} \dot{U}_{BC} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_B \angle (-120^\circ + 30^\circ) = 190\angle -90^\circ \text{V}$$



若 R_A 烧短路，则：

$$U_{CN'} = U_{BN'} = U_{AB} = U_{AC} = 380V$$

➡ 超过灯泡的额定电压，
灯泡可能烧坏。

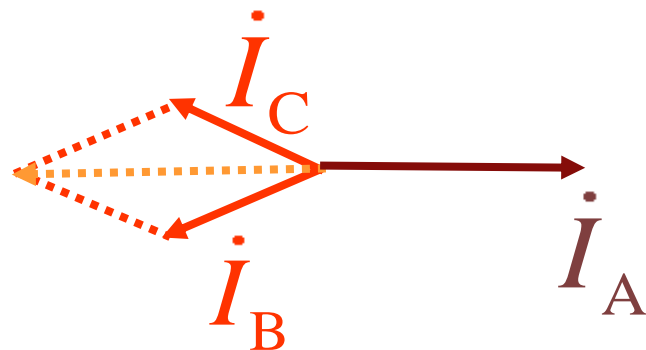


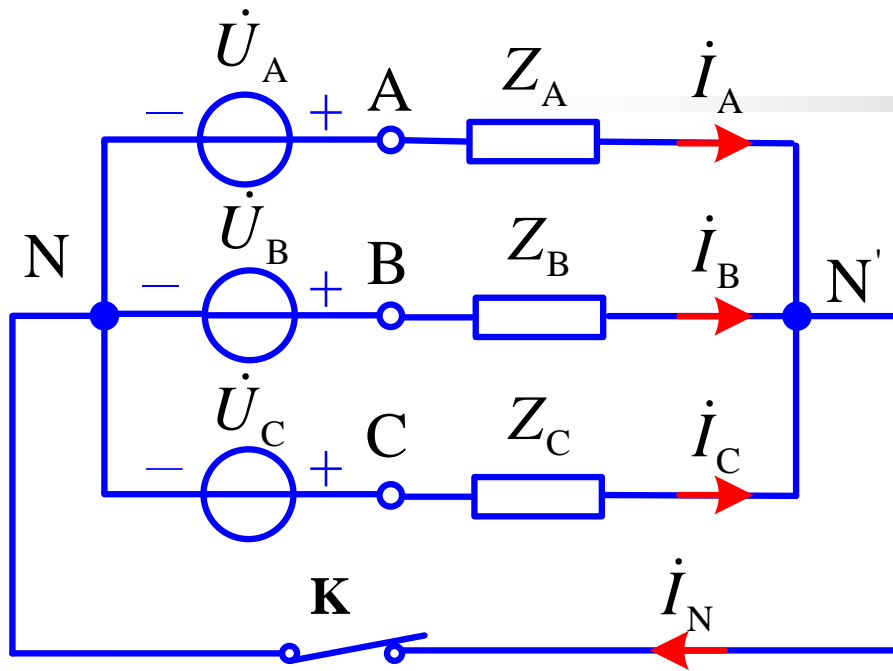
计算短路电流：

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_{BA}}{R} = \frac{380 \angle -150^\circ}{R} \text{ A} \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{CA}}{R} = \frac{380 \angle 150^\circ}{R} \text{ A}$$

$$\dot{I}_A = -(\dot{I}_B + \dot{I}_C) = \frac{3\dot{U}_A}{R}$$

短路电流 I_A 是正常时电流的3倍



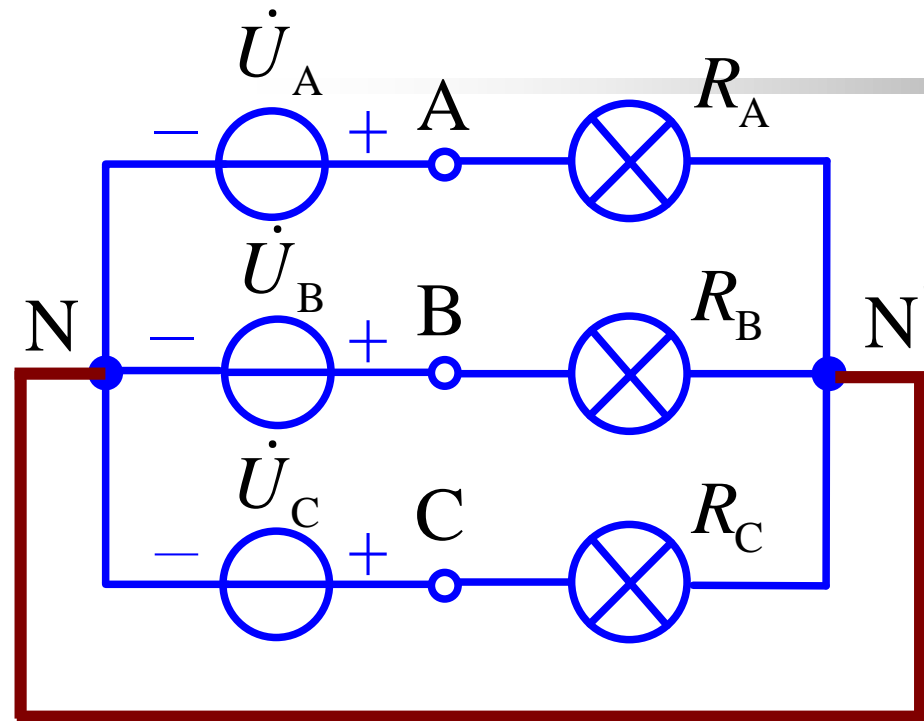


接中线（**K**闭合），且中线阻抗等于零的情况：

$$\dot{U}_{N'N} = 0$$

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

中线的作用：使每一相电流互相独立。



增加中线，将NN'短接。
使每一相电流互相独立。

结论

- (1) 负载不对称，电源中性点和负载中性点不等位，中线中有电流，各相电压、电流不再存在对称关系。
- (2) 为确保各相负载独立工作，避免严重问题发生，采用三相四线制连接方式，增加中线。**中线不装保险**，并且中线较粗。一是减少损耗，二是加强强度。
- (3) 要消除或减少中点的位移，尽量减少中线阻抗，然而从经济的观点来看，中线不可能做得很粗，应适当调整负载，使其接近对称情况。

三相四线制连接方式，下列处理方式错误的有：

- ☒ A 中线上加装保险；
- ☐ B 中线比较粗；
- ☒ C 中线上串联了大阻抗；
- ☒ D 中线越粗越好，三相阻抗可以随意接。

12.4 三相电路的功率

1. 对称三相电路功率的计算

对称三相电路的平均功率

$$P = 3U_P I_P \cos \varphi \text{ —— } u、i \text{ 初相角差}$$

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

对称三相电路的无功功率

$$Q = 3U_P I_P \sin \varphi$$

$$Q = \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi$$

对称三相电路的瞬时功率

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

对称三相负载的瞬时功率

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

则 $p_A = u_A i_A = 2UI \cos \omega t \cos(\omega t - \varphi)$
 $= UI [\cos \varphi + \cos(2\omega t - \varphi)]$

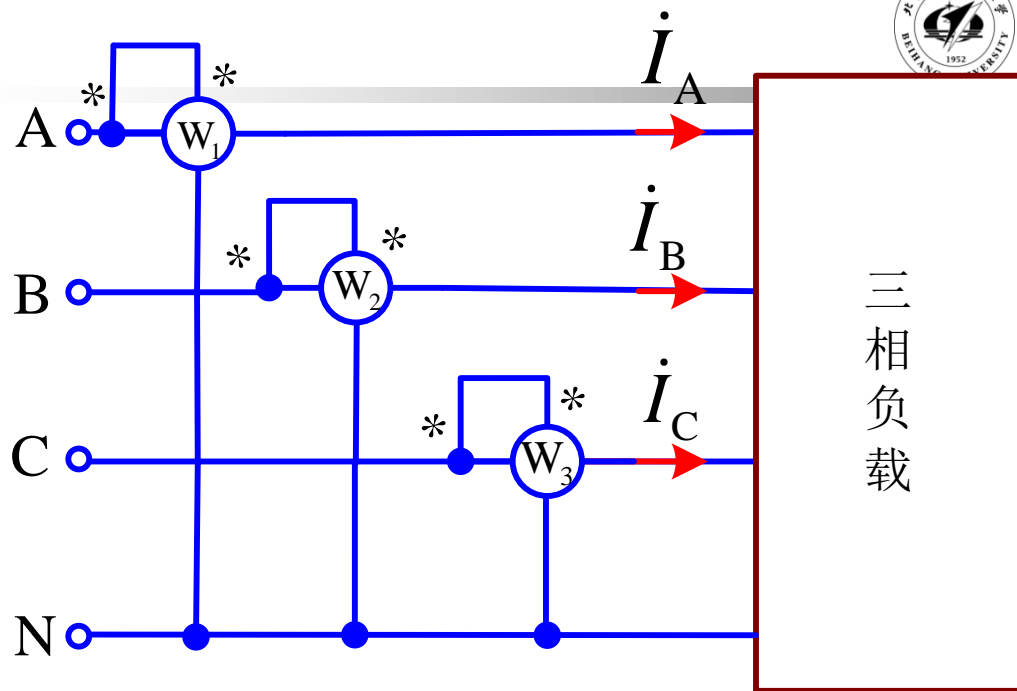
$$p_B = u_B i_B = UI \cos \varphi + UI \cos[(2\omega t - 240^\circ) - \varphi]$$

$$p_C = u_C i_C = UI \cos \varphi + UI \cos[(2\omega t + 240^\circ) - \varphi]$$

$$p = p_A + p_B + p_C = 3UI \cos \varphi$$

2. 三相功率的测量

(1) 三相四线制的功率测量——三表法



$$P = P_A + P_B + P_C$$

若对称三相电路，则需一块表，读数乘以 3。

$$P = 3P_A = 3P_B = 3P_C$$

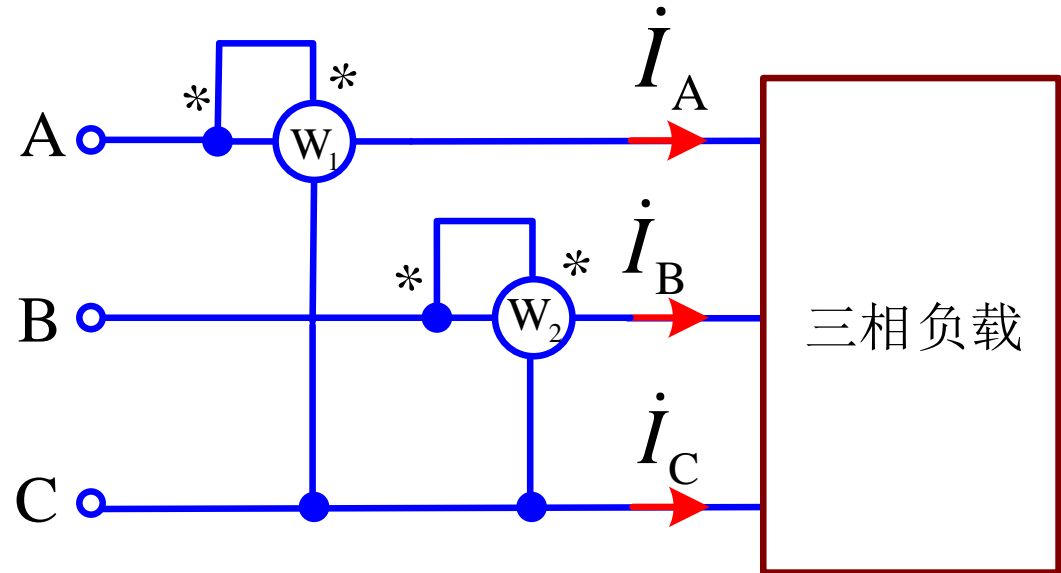
(2) 三相三线制的功率测量——二表法

对称或非对称均可

$$P = P_{W1} + P_{W2}$$

$$\textcircled{W_1} U_{AC} I_A \cos(\widehat{\dot{U}_{AC} \dot{I}_A})$$

$$\textcircled{W_2} U_{BC} I_B \cos(\widehat{\dot{U}_{BC} \dot{I}_B})$$



共有三种接法进行测量。

证明： 设负载是Y型联接

$$p = u_{AN} \dot{i}_A + u_{BN} \dot{i}_B + u_{CN} \dot{i}_C$$

$$\dot{i}_A + \dot{i}_B + \dot{i}_C = 0 \quad \dot{i}_C = -(\dot{i}_A + \dot{i}_B)$$

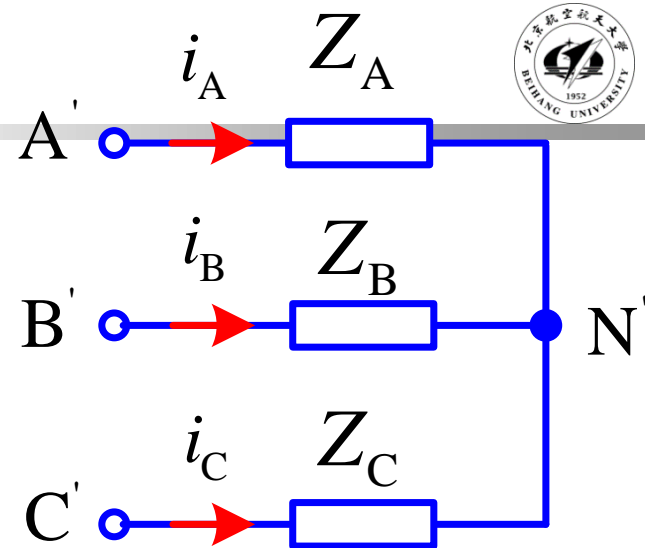
$$p = (u_{AN} - u_{CN}) \dot{i}_A + (u_{BN} - u_{CN}) \dot{i}_B$$

$$= u_{AC} \dot{i}_A + u_{BC} \dot{i}_B$$

$$P = U_{AC} I_A \cos \varphi_1 + U_{BC} I_B \cos \varphi_2 \quad \textcircled{W_1} + \textcircled{W_2}$$



相位差



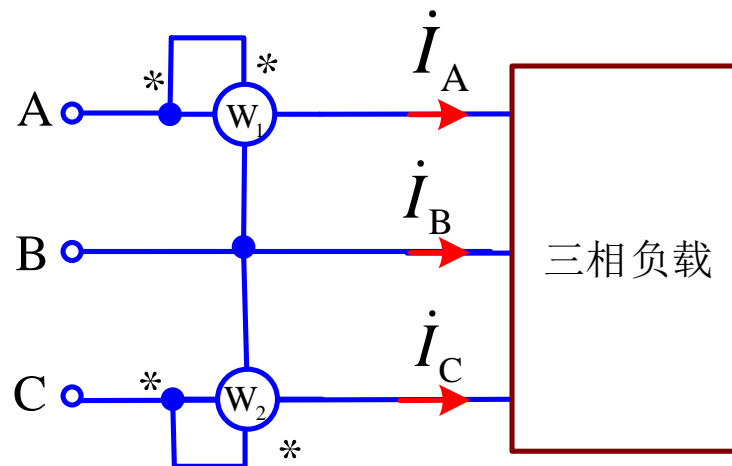
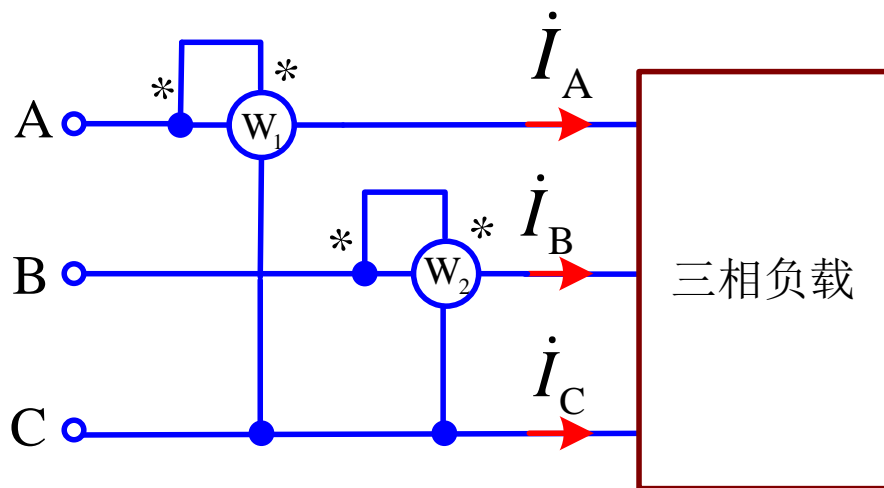
所以两个功率表的读数的代数和就是三相总功率。
由于 Δ 联接负载可以变为Y型联接，故结论仍成立。

注意

1. 二表法用于三相三线制条件，且不论负载对称与否。
2. 两块表读数的代数和为三相总功率，每块表单独的读数无意义。
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，但此时读数应记为负值。
4. 二表法测三相功率的接线方式有三种，注意功率表的同名端。
5. 负载对称情况下，有：
$$P_1 = U_l I_l \cos(\varphi - 30^\circ)$$
$$P_2 = U_l I_l \cos(\varphi + 30^\circ)$$

主观题

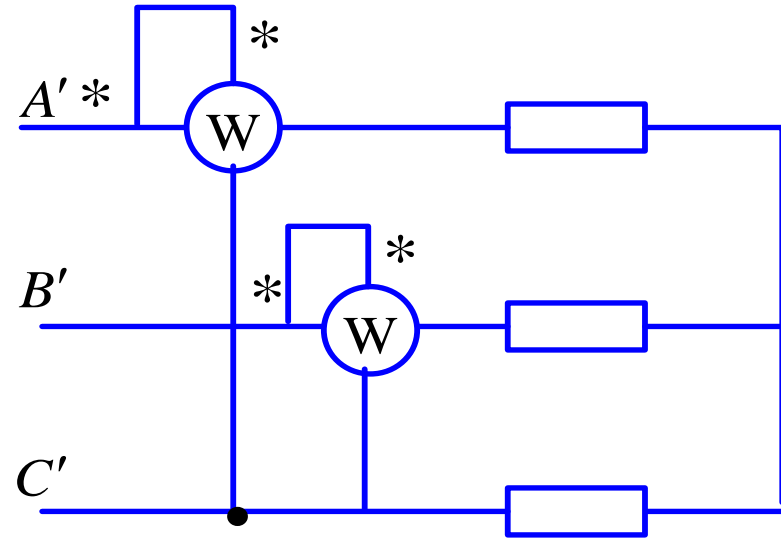
二表法测三相功率的接线方式有三种，这里给出其中的两种，请你给出第三种



正常使用主观题需2.0以上版本雨课堂

【书12-10题】 对称三相电路
负载吸收的功率 $P=2.4\text{KW}$ ，
功率因数 $\cos\varphi=0.4$ 。

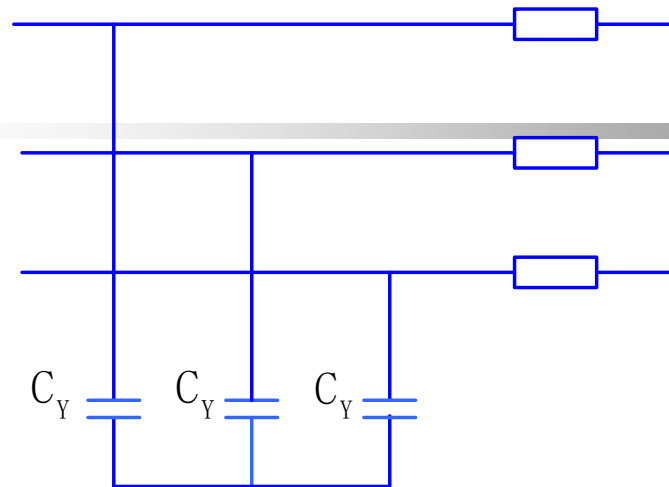
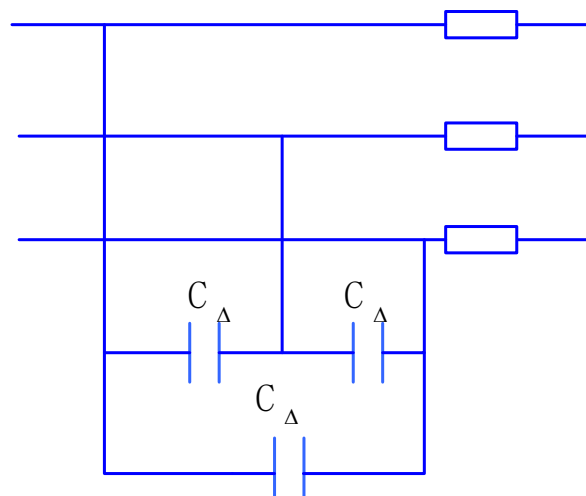
求：两个功率表的读数；若
使负载功率因数提高到0.8，
措施？再求功率表读数。



思路

提高功率因数的方法：  并联电容

电容负载三角形连接还是星形连接？



无功功率补偿效果要一致

负载三角形连接电容转换为星形连接后阻抗要等价

$$\frac{1}{\omega C_Y} = \frac{1}{3} \frac{1}{\omega C_{\Delta}} \quad \therefore C_{\Delta} = \frac{1}{3} C_Y$$

从经济性考虑，要采用三角形连接电容的方式

- 12-7 【不对称三相电路】
- 12-10 【三相电路功率，提高功率因数】
- 补充题

对称三相电路线电压 $U_l=230\text{V}$ ，负载阻抗 $Z=(12+j16)\Omega$

- 求：（1）星形连接负载时的线电流及吸收的总功率；
- （2）三角形连接负载时的线电流、相电流及吸收的总功率；
- （3）比较（1）和（2）的结果，得到什么结论？