第4章 三相电路

4.1 三相电路的组成
4.2 三相电路的分析
4.3 三相电路的功率计算

【引例】

大家都知道,我们家里、办公室的用电设备所使用的电源都是交流220V电源。但是，我们也许不知道电网是怎样送电的？实际的用电设备和电网是如何连接的？如何分析与计算？

学完本章内容就可以回答以上问题。

为了节省发电、送电的成本，目前世界各国主要电能的产生、传输、分配和应用多采用三相制供电。日常生活中使用的单相电源是取自三相中的一相。

4.1 三相电路的组成

三相电路：

由三相电源、三相负载组成。

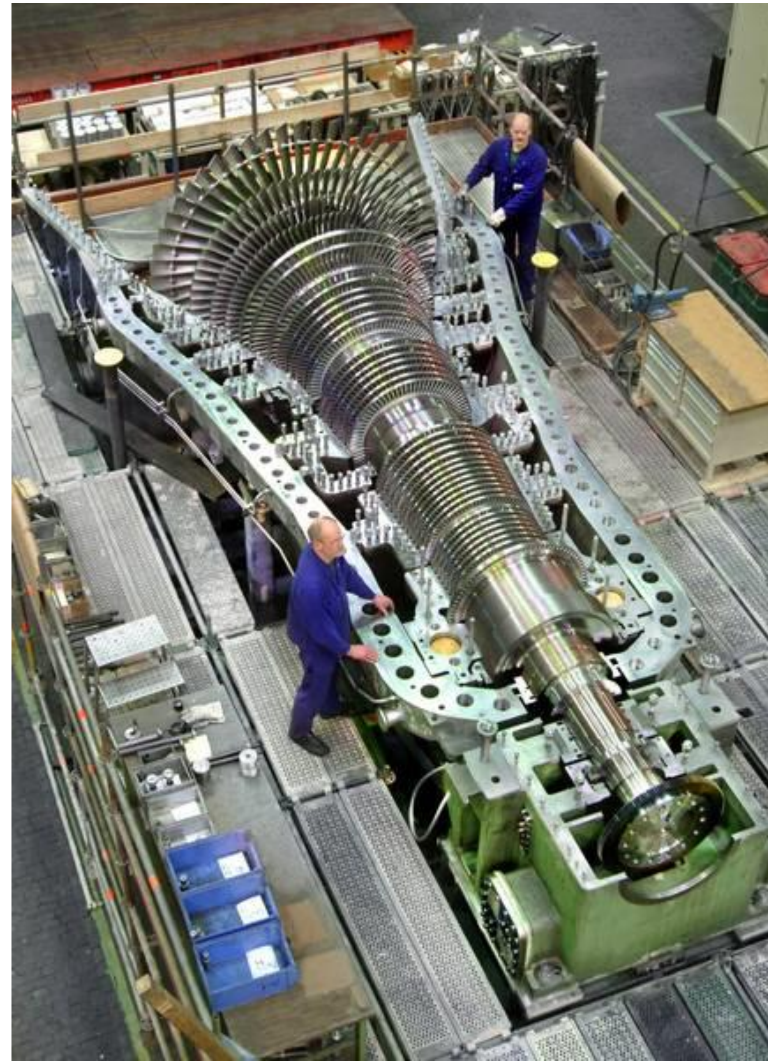
4.1.1 三相电源

三相电源的实际装置是三相同步发电机。三相同步发电机由原动机带动而旋转发出对称三相交流电。常用的原动机为汽轮机和水轮机等。

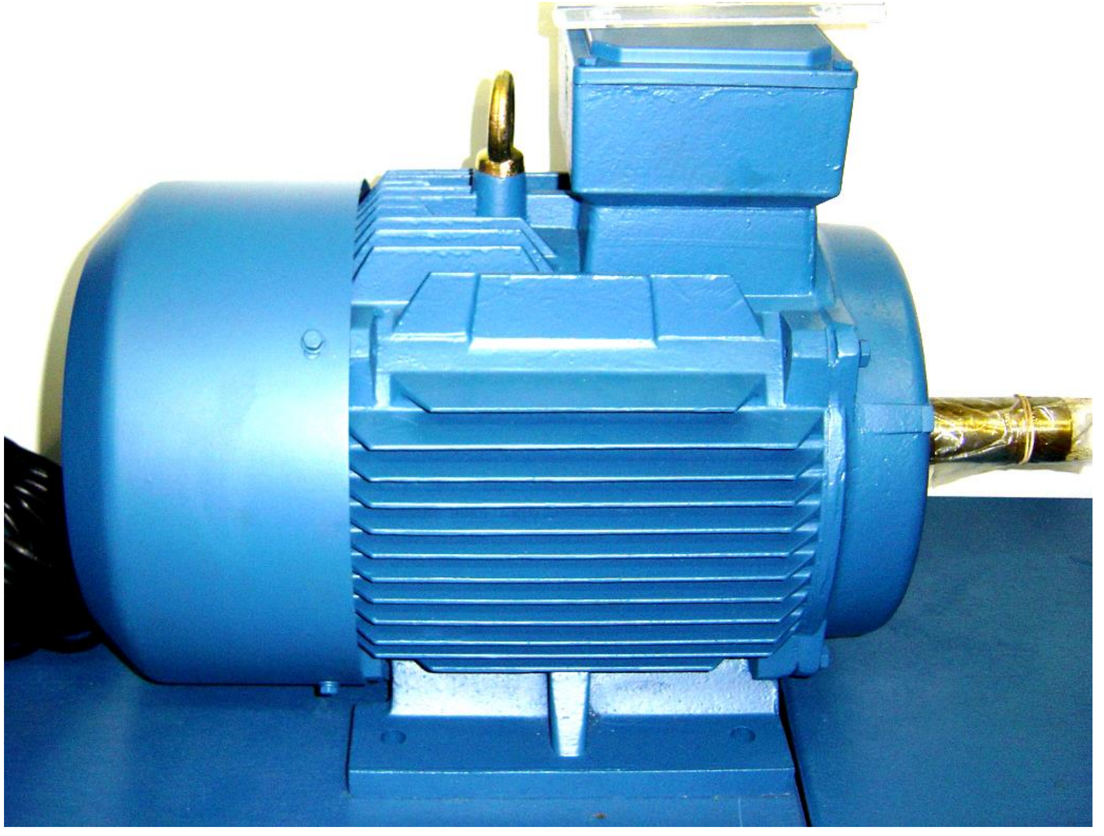
水力发电厂

水轮机转子

汽轮机



发电机组



发电机

4.1.1 三相电源

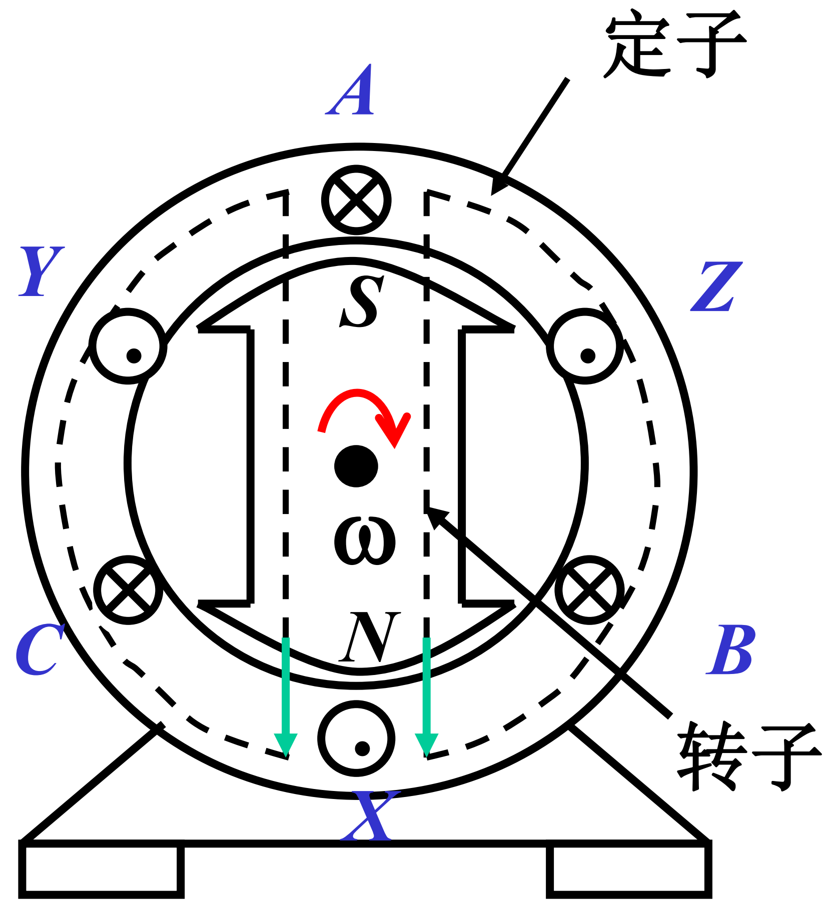
1.对称三相电压

定子中放三个绕组：

首端 $A \rightarrow X$，$B \rightarrow Y$，$C \rightarrow Z$ 末端

三个绕组空间位置各差120°。

转子装有磁极并以 ω 的速度旋转。三个定子绕组中便产生三个感应电压。



三相发电机

三相感应电压为

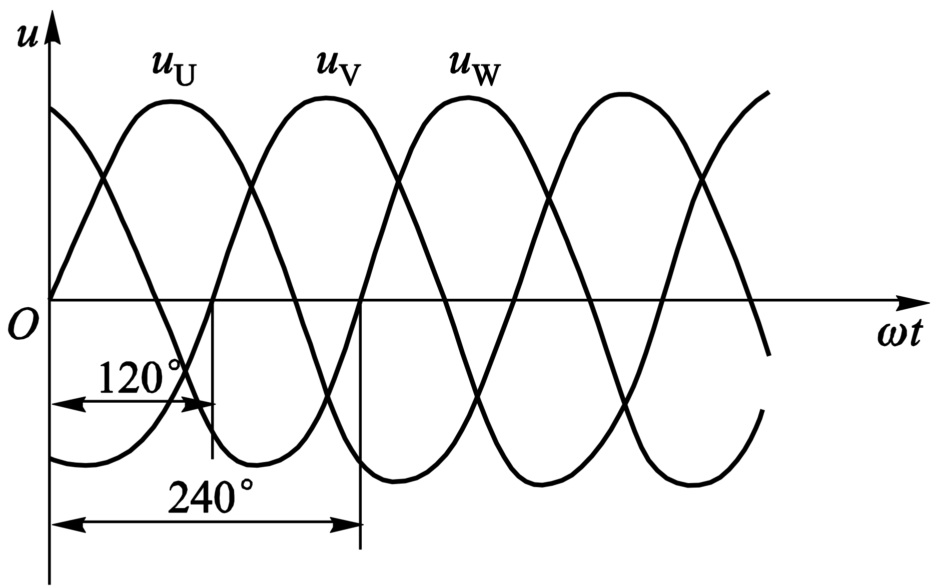
对称三相电压

$$u_{u} = \sqrt{2}U\sin\omega t$$

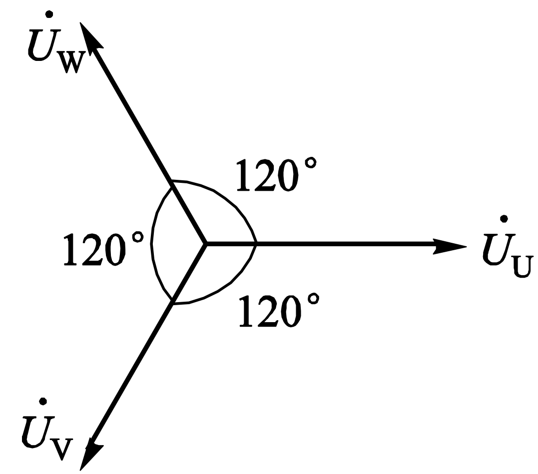
$$u_{v} = \sqrt{2}U\sin(\omega t - 120^{\circ})$$

$$u_{w} = \sqrt{2}U\sin(\omega t - 240^{\circ}) = \sqrt{2}U\sin(\omega t + 120^{\circ})$$

特点：**大小相等，频率相同，相位互差120°。**



(a) 波形图



(b) 相量图

对称三相电压有效值的相量式为

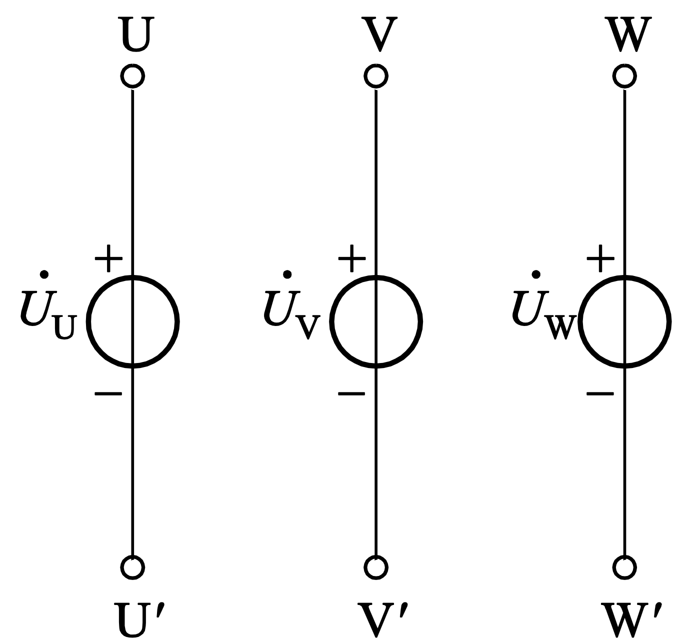
$$\begin{cases}\dot{U}_{\mathrm{u}}=U\angle 0^{\circ}\\ \dot{U}_{\mathrm{v}}=U\angle -120^{\circ}\\ \dot{U}_{\mathrm{w}}=U\angle 120^{\circ}\end{cases}$$

对称三相电压的瞬时值之和或相量之和均为零，即

$$u_{\mathrm{u}}+u_{\mathrm{v}}+u_{\mathrm{w}}=0$$

$$\dot{U}_{\mathrm{u}}+\dot{U}_{\mathrm{v}}+\dot{U}_{\mathrm{w}}=0$$

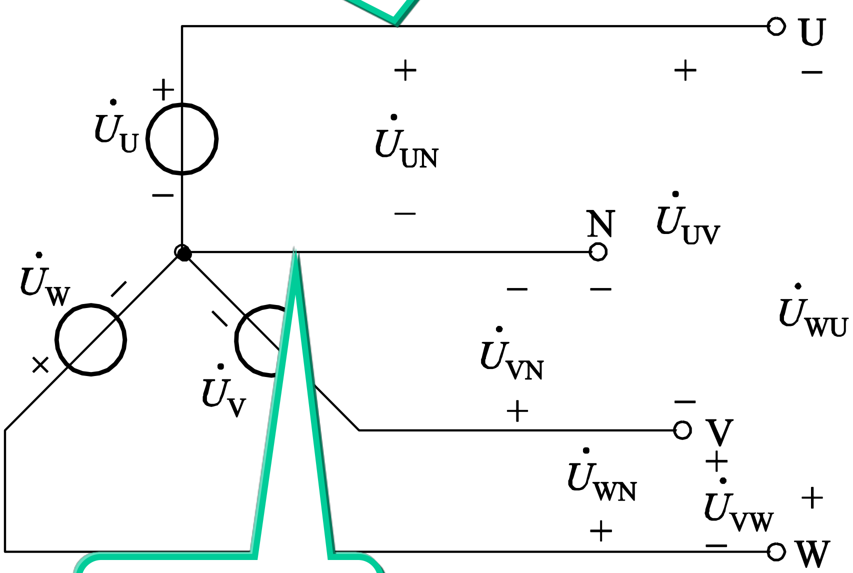
对称三相电源的电路模型



2. 三相电源的供电方式

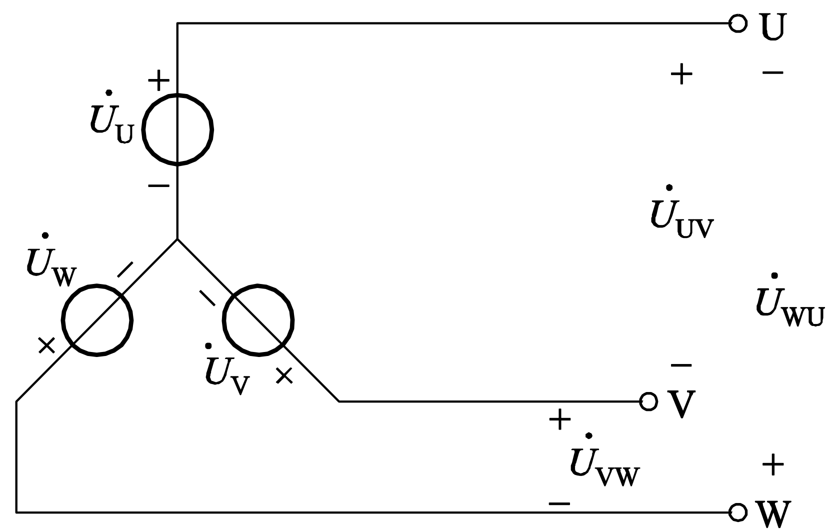
（1）三相四线制　　（2）三相三线制

相线（火线）u、v、w



中性线

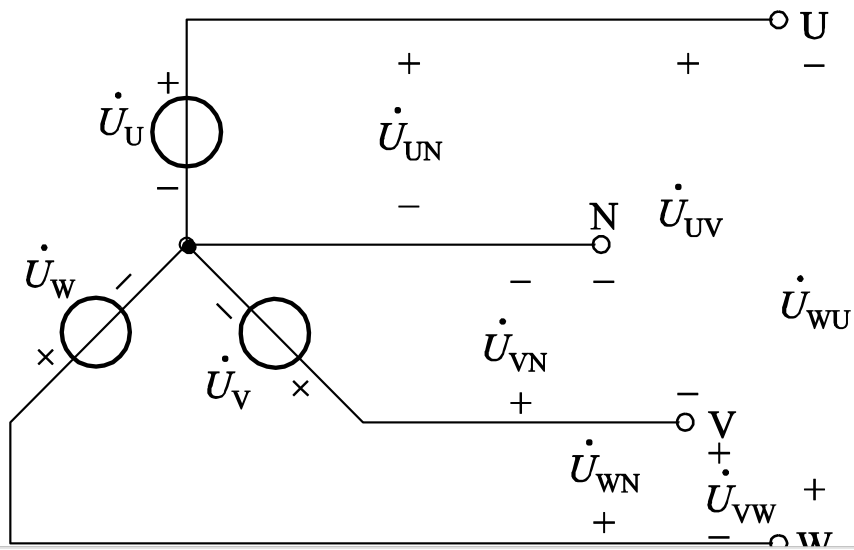
三相四线电源



(b) 星形连接的三相三线电源

3. 三相电源提供的相电压与线电压

（1）相电压：相线与中性线之间的电压，即



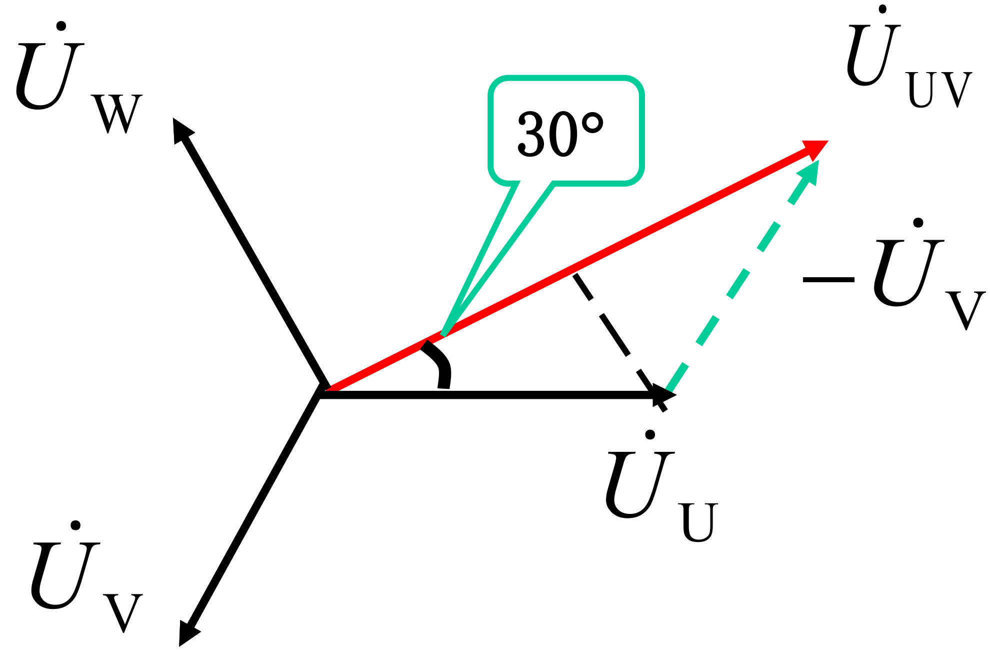
$\dot U_{UN}$ $\dot U_{VN}$ $\dot U_{WN}$ ⟹ $\dot U_U$ $\dot U_V$ $\dot U_W$

（2）线电压：两条相线之间的电压，即

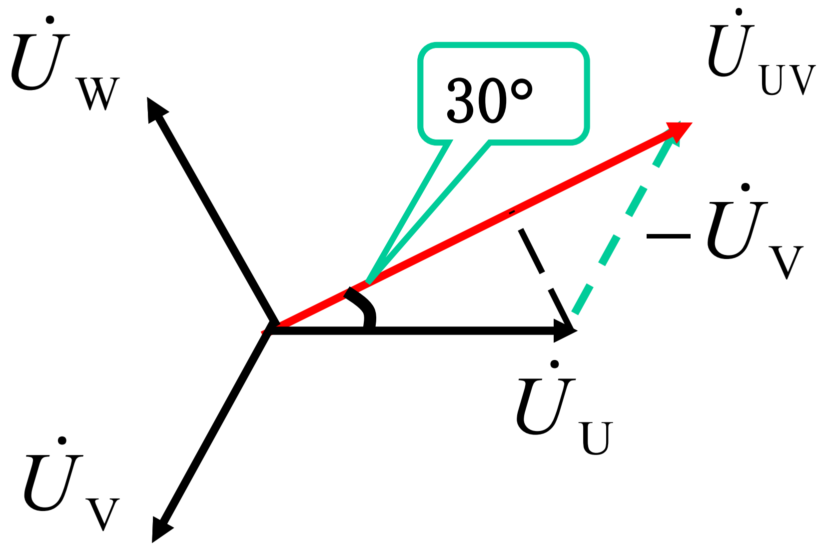
$$\begin{cases} \dot U_{UV} = \dot U_U - \dot U_V \\ \dot U_{VW} = \dot U_V - \dot U_W \\ \dot U_{WU} = \dot U_W - \dot U_U \end{cases}$$

4. 相电压与线电压之间的关系

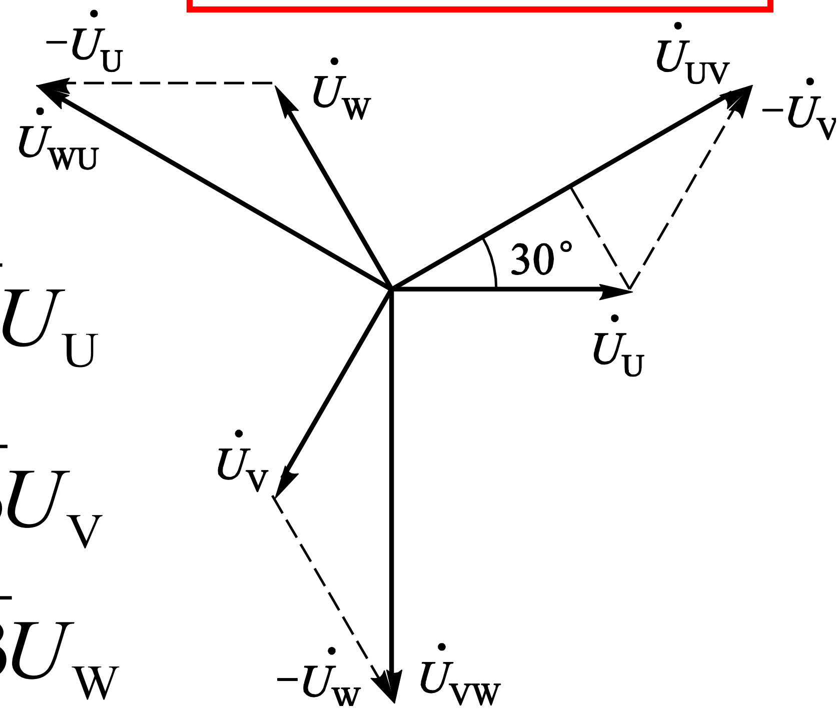
$$\dot{U}_{\mathrm{UV}} = \dot{U}_{\mathrm{U}} - \dot{U}_{\mathrm{V}}$$
$$= \dot{U}_{\mathrm{U}} + (-\dot{U}_{\mathrm{V}})$$



$$U_{\mathrm{UV}} = 2U_{\mathrm{U}} \cos 30^{\circ} = \sqrt{3} U_{\mathrm{U}}$$



$$\begin{cases}\dot{U}_{UV}=\dot{U}_{U}-\dot{U}_{V}\\ \dot{U}_{VW}=\dot{U}_{V}-\dot{U}_{W}\\ \dot{U}_{WU}=\dot{U}_{W}-\dot{U}_{U}\end{cases}$$



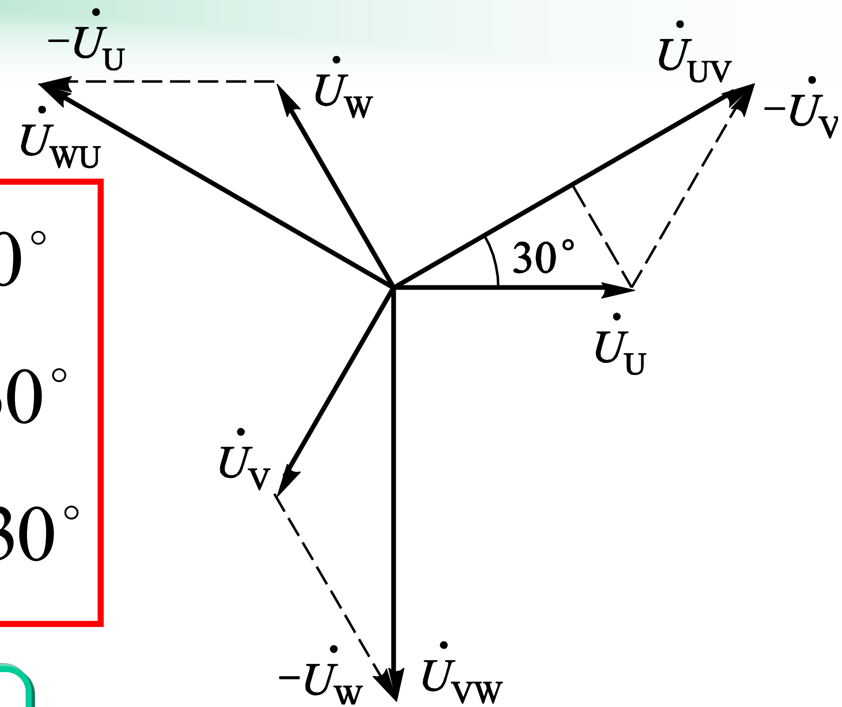
$$U_{UV}=2U_{U}\cos 30^{\circ}=\sqrt{3}U_{U}$$

$$U_{VW}=2U_{V}\cos 30^{\circ}=\sqrt{3}U_{V}$$

$$U_{WU}=2U_{W}\cos 30^{\circ}=\sqrt{3}U_{W}$$

相量式

$$\begin{cases} \dot{U}_{UV} = \dot{U}_U - \dot{U}_V = \sqrt{3}\dot{U}_U \angle 30^\circ \\ \dot{U}_{VW} = \dot{U}_V - \dot{U}_W = \sqrt{3}\dot{U}_V \angle 30^\circ \\ \dot{U}_{WU} = \dot{U}_W - \dot{U}_U = \sqrt{3}\dot{U}_W \angle 30^\circ \end{cases}$$



线电压 可写为 相电压

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

$$U_l = U_{UV} = U_{VW} = U_{WU}$$

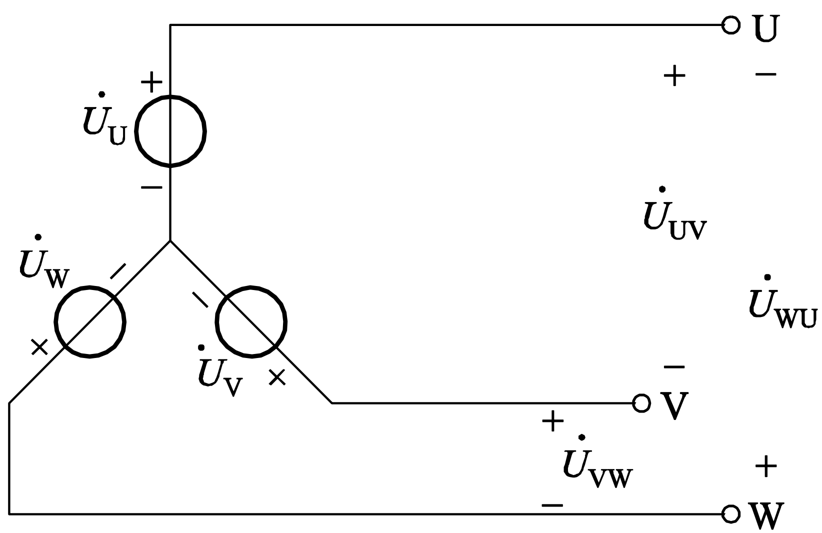
$$U_P = U_U = U_V = U_W$$

我国供电系统：

线电压为380V，

相电压为220V。

（2）三相三线制

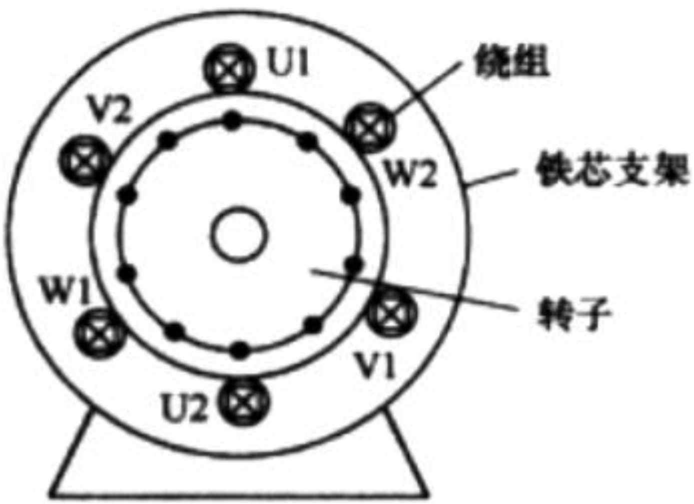


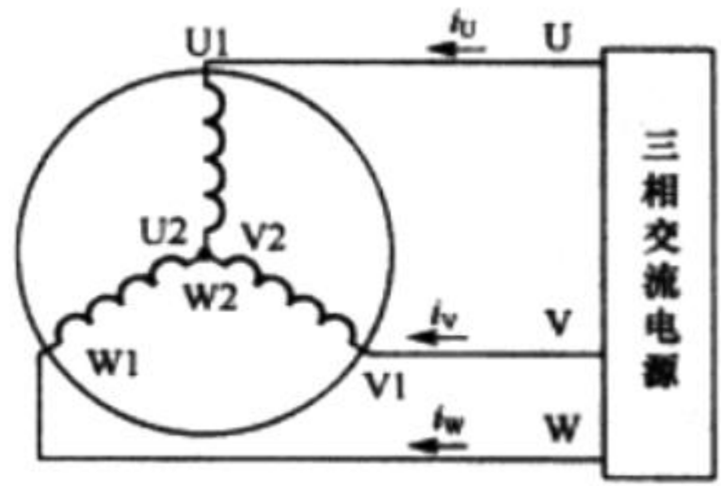
(b) 星形连接的三相三线电源

4.1.2 三相负载

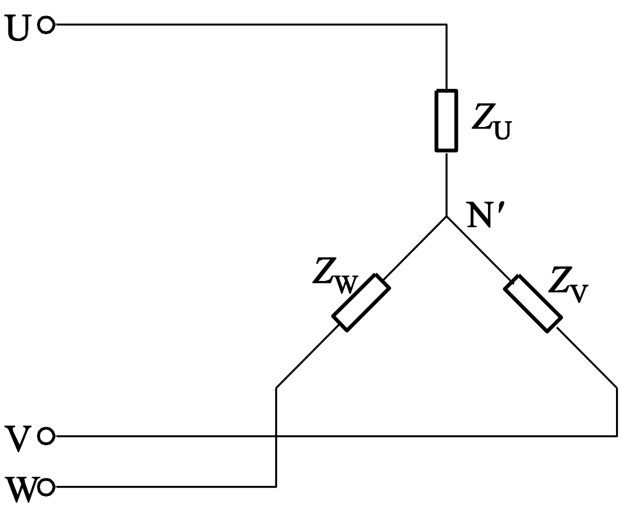
三相电路中的负载包括单相负载和三相负载。

三相负载：负载由三部分电路组成，每一部分称为负载的一个相，如三相异步电动机。

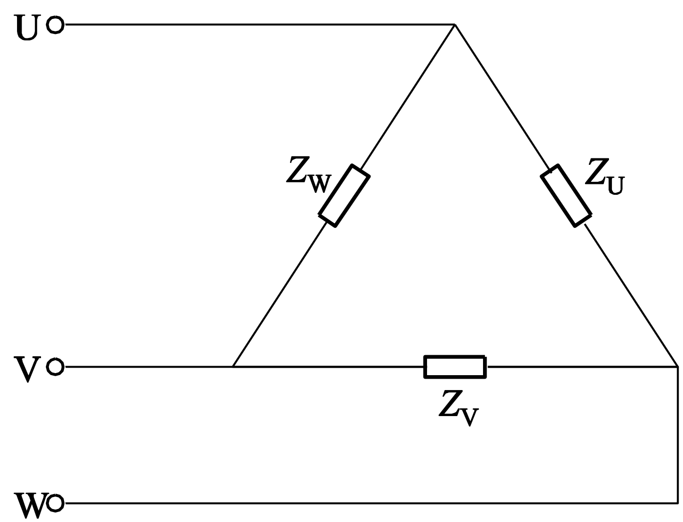




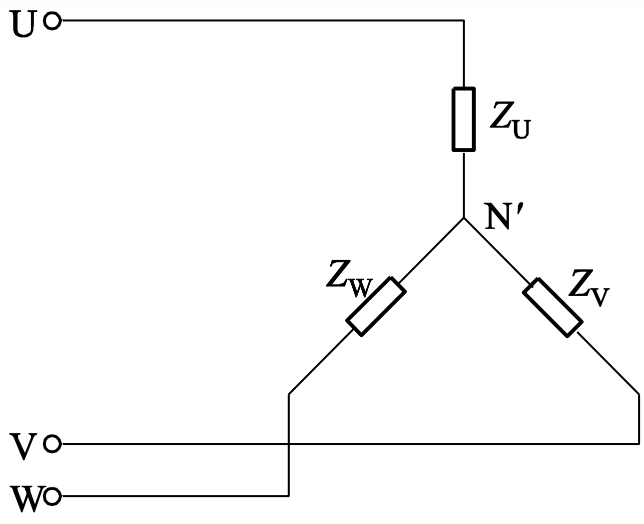
单相负载：照明灯具、家用电器等。为了保证三相电路的平衡，通常把若干单相负载均匀接到三相上。



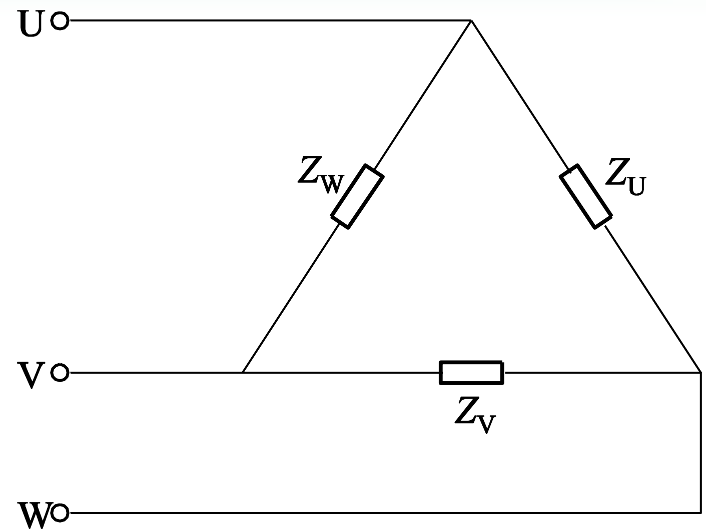
(a) 三相负载星形联结



(b) 三相负载三角形联结



(a) 三相负载星形联结

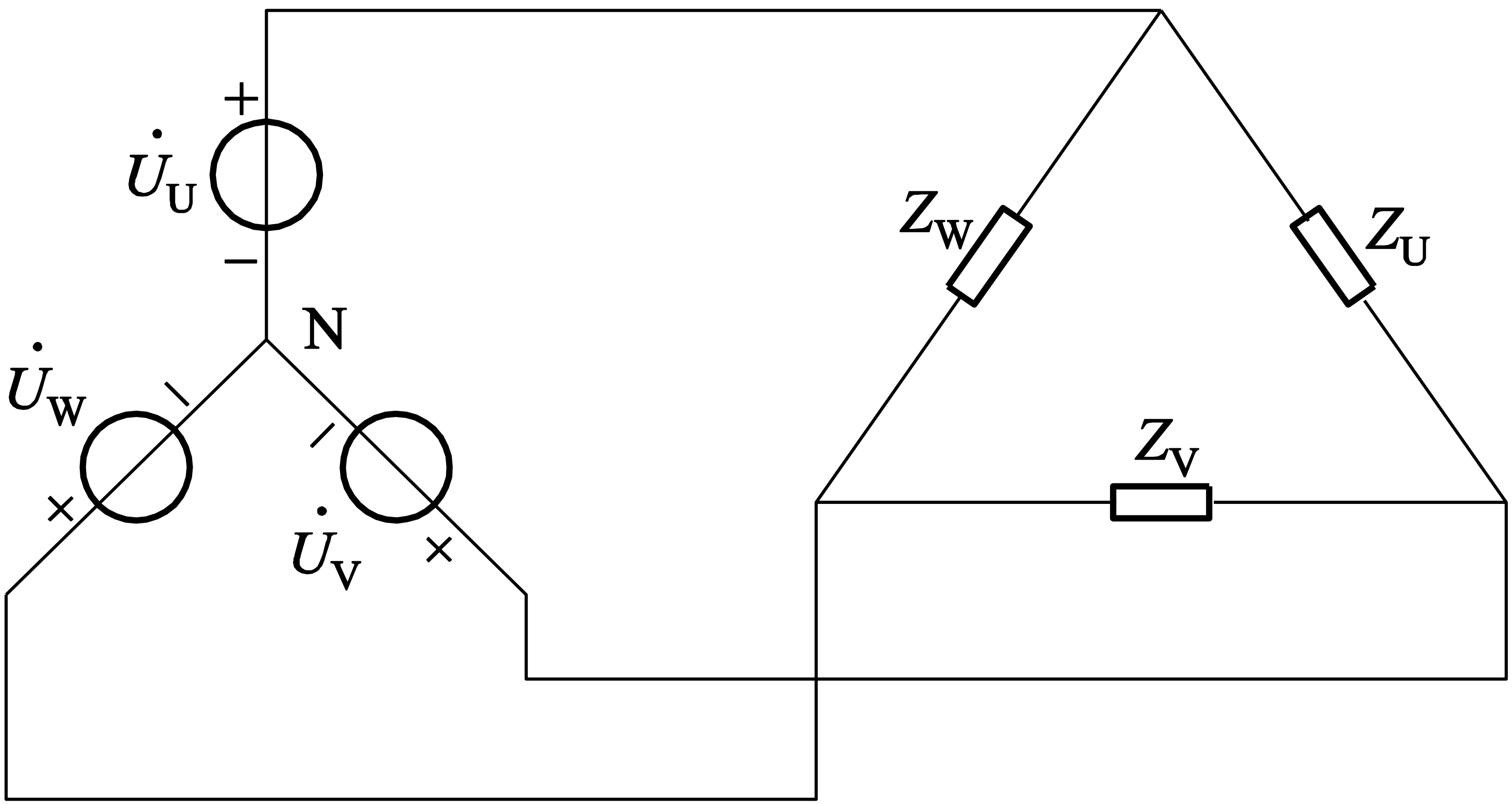


(b) 三相负载三角形联结

对称三相负载：$Z_U = Z_V = Z_W$

不对称三相负载：$Z_U \neq Z_V \neq Z_W$

三相电路



4.2 三相电路的分析

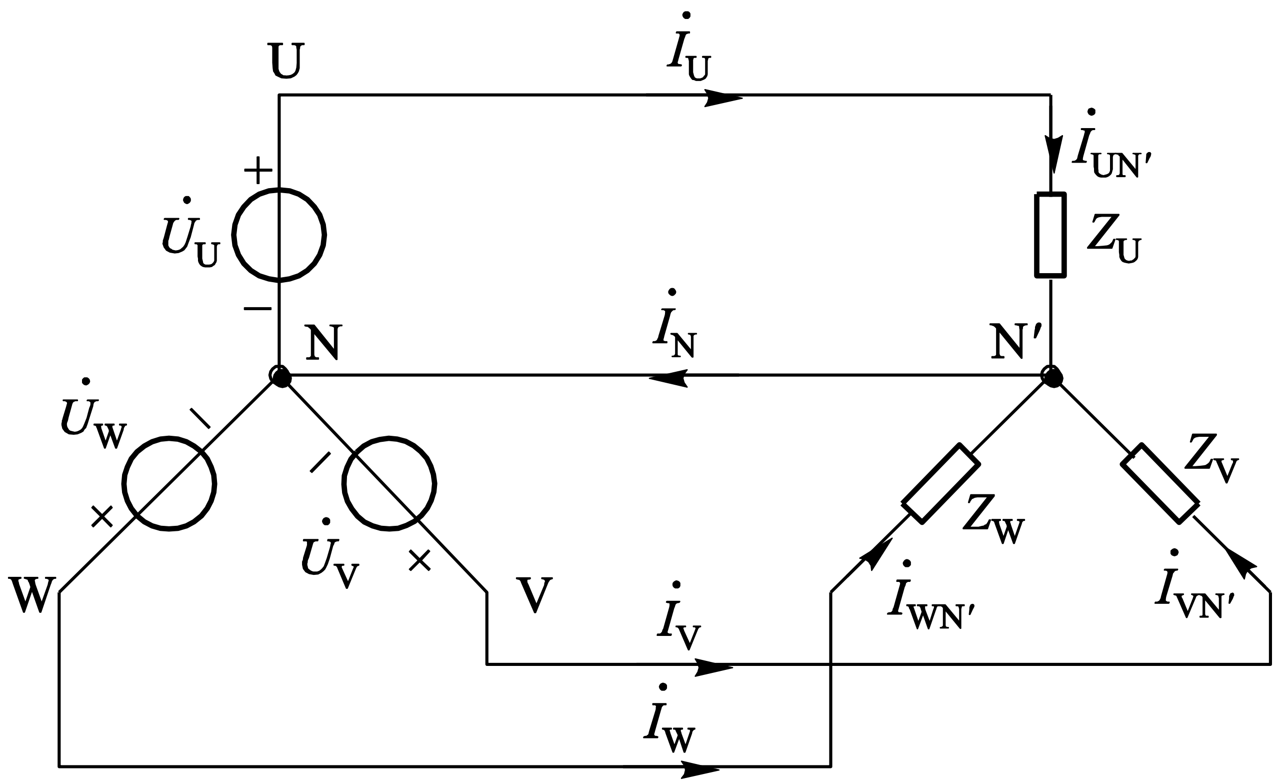
负载的相电压就等于电源的相电压

1.负载的 压

$$\dot{U}_{UN'} = \dot{U}_{U}$$

$$\dot{U}_{VN'} = \dot{U}_{V}$$

$$\dot{U}_{WN'} = \dot{U}_{W}$$



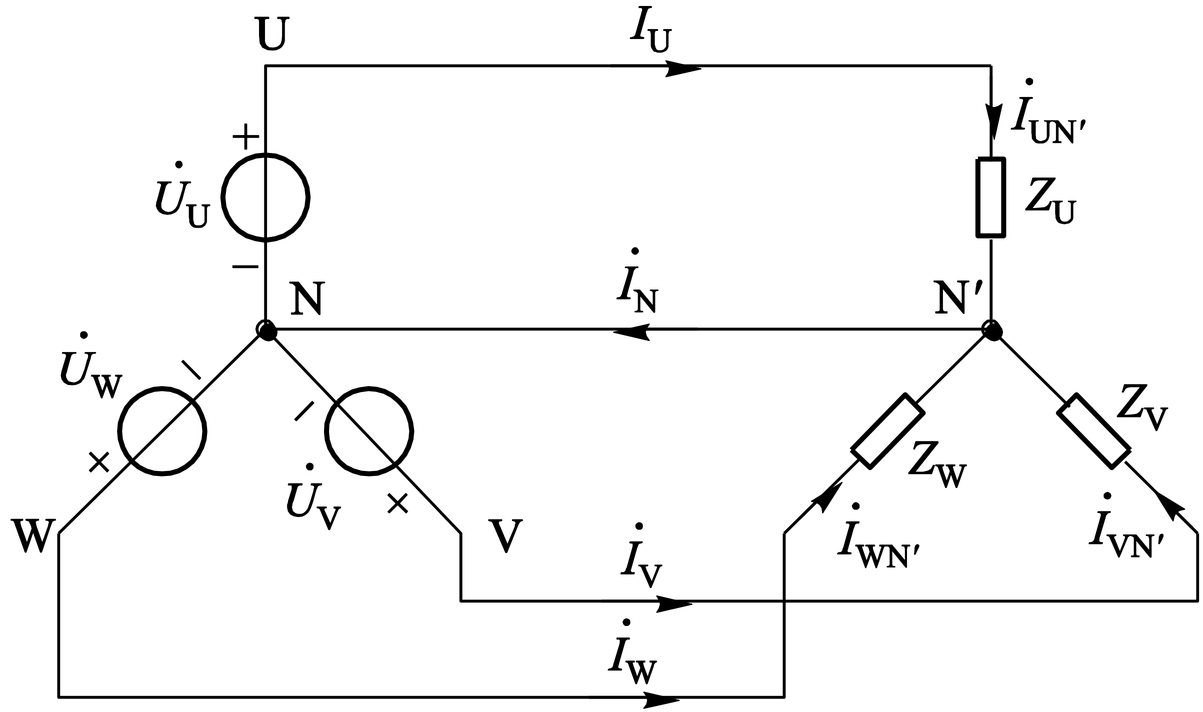
2.负载的相电流

负载的相电流就是流过每相负载的电流

$\dot{I}_{UN'}$

$\dot{I}_{VN'}$

$\dot{I}_{WN'}$



可用下式计算

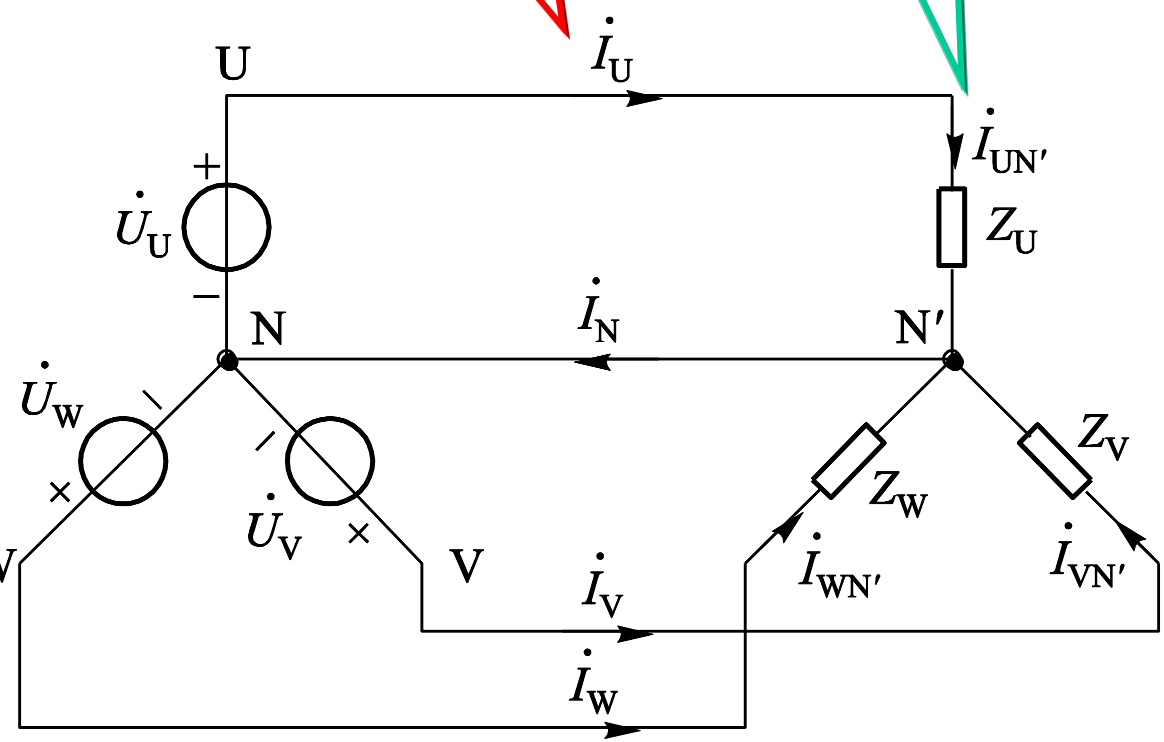
$$\dot{I}_{UN'} = \frac{\dot{U}_U}{Z_U} \qquad \dot{I}_{VN'} = \frac{\dot{U}_V}{Z_V} \qquad \dot{I}_{WN'} = \frac{\dot{U}_W}{Z_W}$$

3.线电流

线电流就是流过相线（火线）的电流

$\dot{I}_{\mathrm{U}}$、$\dot{I}_{\mathrm{V}}$、$\dot{I}_{\mathrm{W}}$

负载星形联结时，线电流等于相电流，即



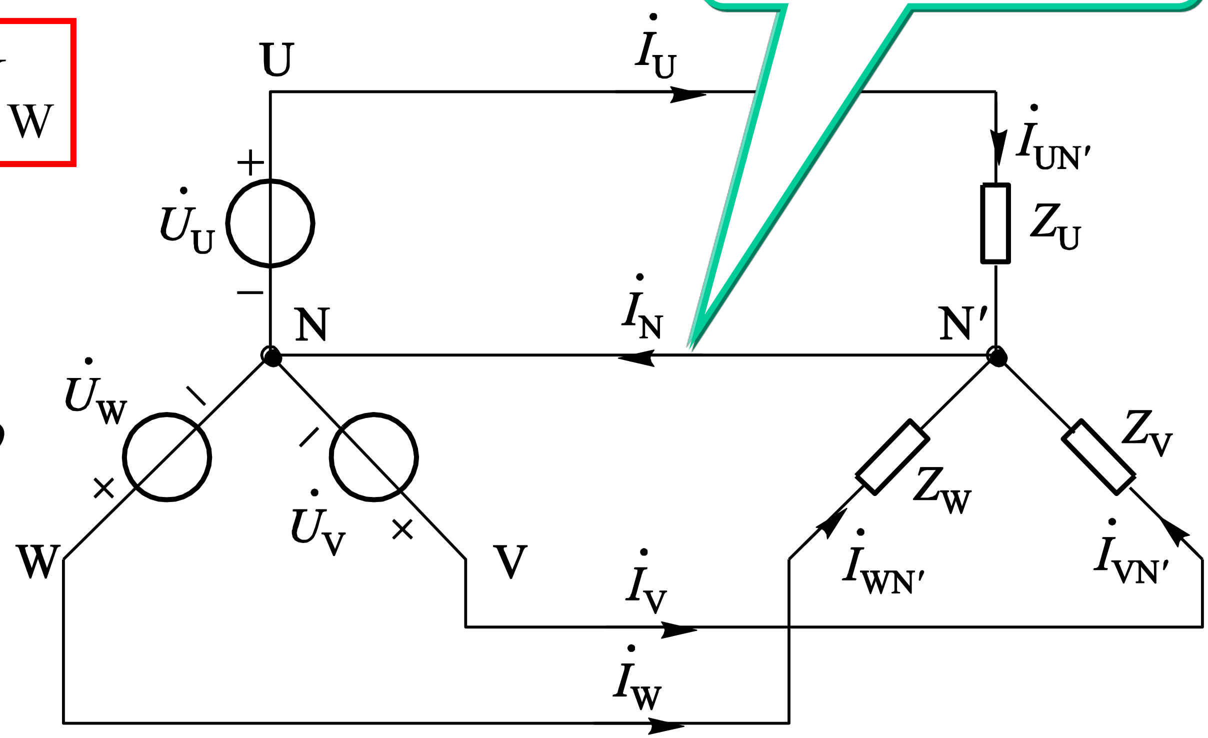
$$\boxed{\dot{I}_{\mathrm{U}}=\dot{I}_{\mathrm{UN'}},\dot{I}_{\mathrm{V}}=\dot{I}_{\mathrm{VN'}},\dot{I}_{\mathrm{W}}=\dot{I}_{\mathrm{WN'}}}$$

4. 中性线电流

中性线上流过的电流称为中性线电流，

中性线电流

$$\boxed{\dot{I}_{\mathrm{N}} = \dot{I}_{\mathrm{U}} + \dot{I}_{\mathrm{V}} + \dot{I}_{\mathrm{W}}}$$

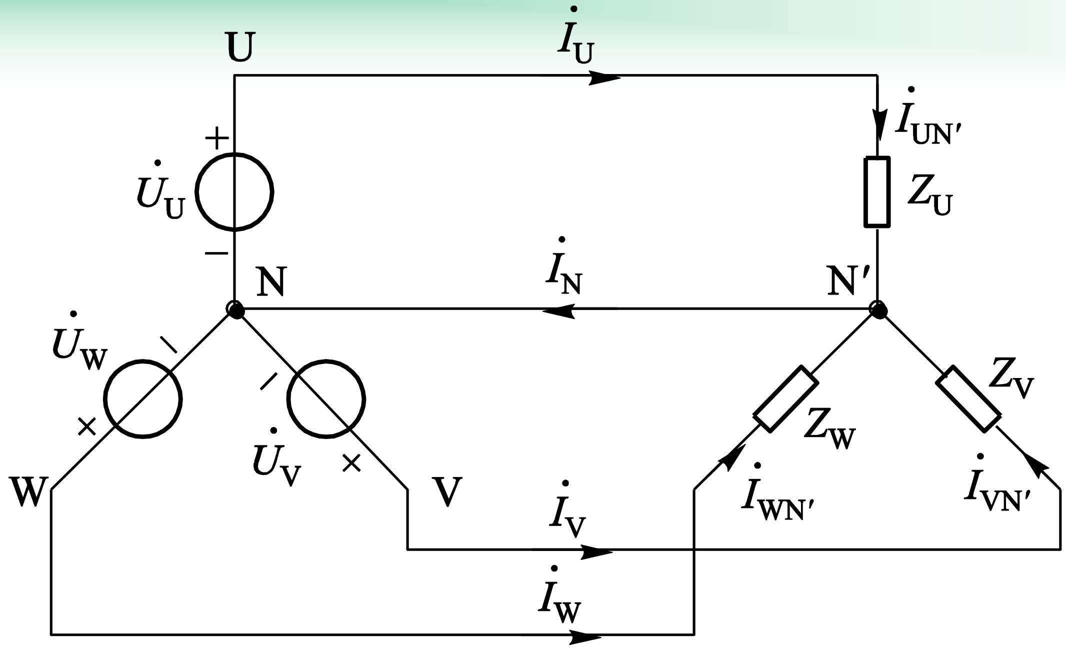


当负载对称时，

$$Z_U = Z_V = Z_W = |Z|\angle\varphi$$

$$\dot{U}_{\mathrm{U}} = U\angle 0^{\circ}$$

$$\dot{I}_{\mathrm{U}} = \frac{\dot{U}_{\mathrm{U}}}{Z_U} = \frac{U\angle 0^{\circ}}{|Z|\angle\varphi} = I\angle -\varphi$$



$$\dot{I}_U = \frac{\dot{U}_U}{Z_U} = \frac{U\angle 0^\circ}{|Z|\angle\varphi} = I\angle -\varphi$$

$$\dot{I}_V = \frac{\dot{U}_V}{Z_V} = \frac{U\angle -120^\circ}{|Z|\angle\varphi} = I\angle -\varphi - 120^\circ$$

$$\dot{I}_W = \frac{\dot{U}_W}{Z_W} = \frac{U\angle 120^\circ}{|Z|\angle\varphi} = I\angle -\varphi + 120^\circ$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_U + \dot{I}_V + \dot{I}_W = 0$$

当负载对称时，中性线电流为零。

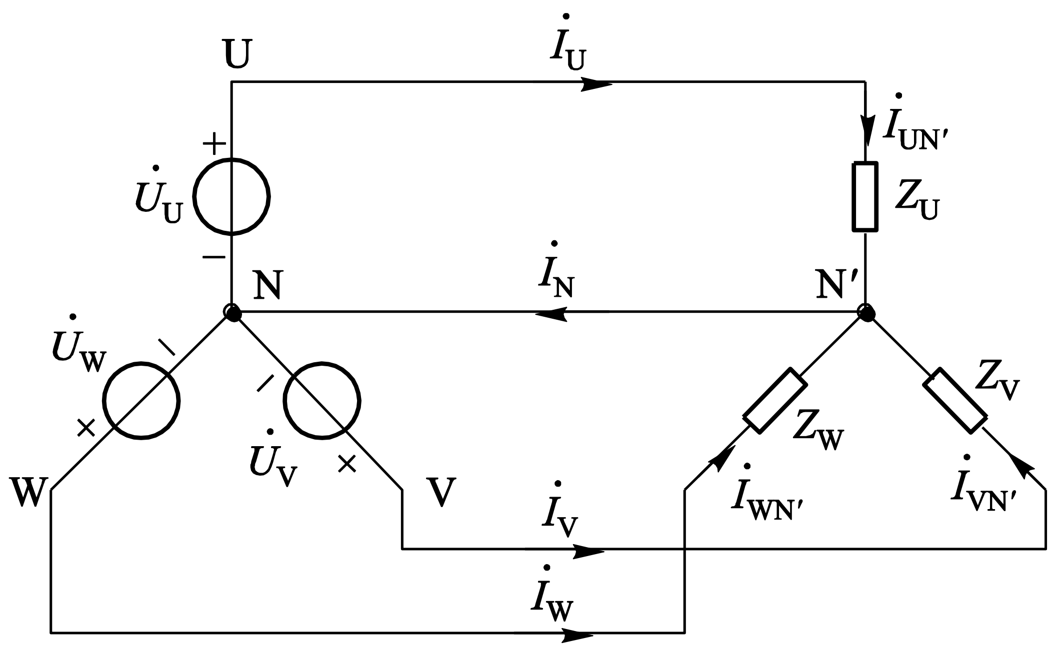
【例 4.2.1】在图所示的电路中，已知每相负载的阻抗为(60+j80)Ω，电源的线电压为380 V。求：

（1）负载的相电流 $\dot{I}_U$，$\dot{I}_V$，$\dot{I}_W$；

（2）中性线电流 $\dot{I}_N$；

（3）画出负载上电压、电流的相量图。

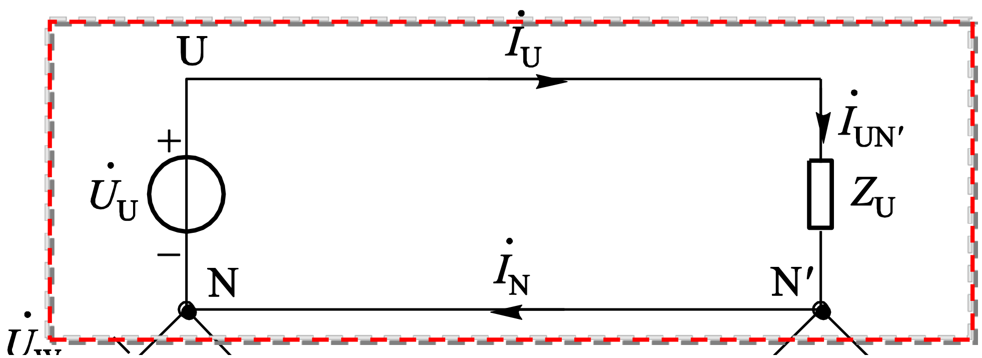
【解】



【例 4.2.1】 $Z=(60+\mathrm{j}80)\Omega$，$U_l=380\,\mathrm{V}$。求：

（1）负载的相电流 i_U，i_V，i_W；

【解】 因为三相负载对称，可化成单相电路计算



$$\dot{U}_\mathrm{U}=220\angle 0^\circ\,\mathrm{V}$$

$$\dot{I}_U=\frac{\dot{U}_\mathrm{U}}{Z}=\frac{220\angle 0^\circ}{60+\mathrm{j}80}$$

$$=\frac{220\angle 0^\circ}{100\angle 53.1}$$

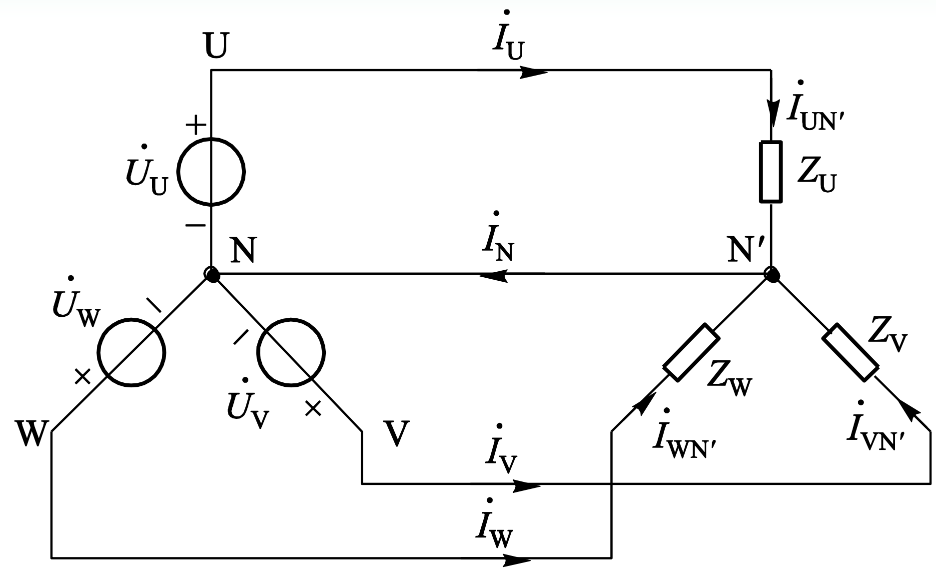
$$=2.2\angle -53.1^\circ\,\mathrm{A}$$

$$i_\mathrm{V}=2.2\sqrt{2}\sin(\omega t-173.1^\circ)\mathrm{A}$$

$$i_\mathrm{W}=2.2\sqrt{2}\sin(\omega t+66.9^\circ)\mathrm{A}$$

$$i_\mathrm{U}=2.2\sqrt{2}\sin(\omega t-53.1^\circ)\mathrm{A}$$

（2）中性线电流 i_N



由于负载对称，

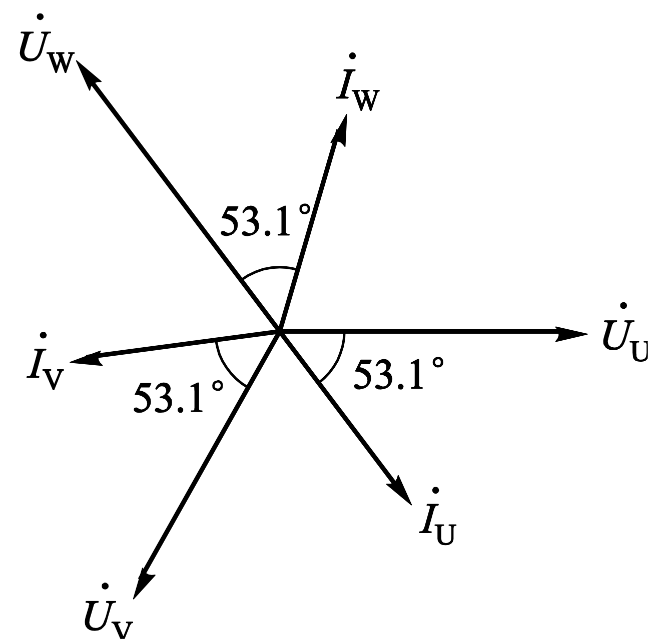
中性线电流为零，

即

$$\dot{I}_N = \dot{I}_U + \dot{I}_V + \dot{I}_W = 0$$

$$i_N = 0$$

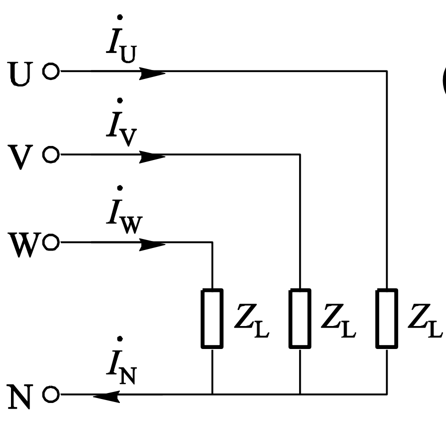
（3）相量图



【例4.2.2】某学校三层教学楼共有60盏日光灯，接在线电压为380V的三相四线制电源上。已知每盏日光灯消耗的功率为30W，额定电压为220V，功率因数为0.9。求：（1）画出这些日光灯三相四线制电源供电的接线电路；（2）60盏日光灯全亮时，计算每相负载的相电流和中性线电流$\dot{I}_U$、$\dot{I}_V$、$\dot{I}_W$和$\dot{I}_N$；（3）当U相亮20盏， V相亮10盏，W相全不亮时，再计算各相电流和中性线电流；（4）在（3）情况下，若中性线断开，U、V两相日光灯是否能正常工作？

【例4.2.2】三层教学楼共有60盏日光灯，线电压为380V，每盏日光灯消耗的功率为30W，额定电压为220V，功率因数为0.9。求：（1）画出接线电路图（2）60盏日光灯全亮时，计算每相负载的相电流和中性线电流$\dot{I}_U$、$\dot{I}_V$、$\dot{I}_W$；$\dot{I}_N$；

【解】（1）将60盏日光灯均匀分成三组，每组20盏，接到三相四线制电源上。



(a)

（2）$I_P = \dfrac{P}{U\cos\varphi}\times 20 = \dfrac{30}{220\times 0.9}\times 20 = \dfrac{600}{198} = 3\text{A}$

$$\dot{U}_U = 220\angle 0^\circ\text{V},\ \cos\varphi = 0.9,\ \varphi = 25.84^\circ$$

$$\dot{I}_U = 3\angle -25.84^\circ\text{A} \quad \dot{I}_W = 3\angle 94.16^\circ\text{A}$$

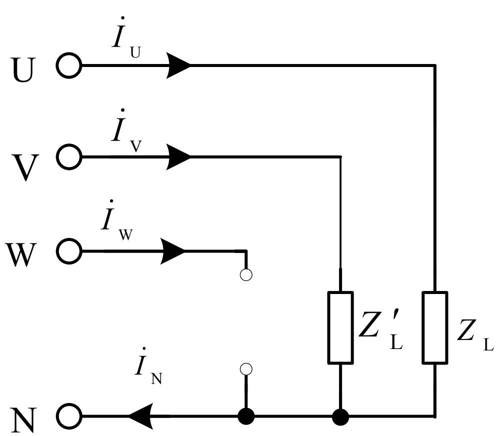
$$\dot{I}_V = 3\angle -145.84^\circ\text{A} \quad \boxed{\dot{I}_N = 0}$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_U + \dot{I}_V = 3\angle -25.84^\circ + 1.5\angle -145.84^\circ$$
$$= 2.7 - j1.3 - 1.24 - j0.84 = 1.46 - j2.14 = 2.59\angle -55.7^\circ \text{A}$$

若中性线断开，U、V两相日光灯是否能正常工作？

【解】（3）此时负载不对称了，如图所示。

因为有中性线，不对称负载各相正常工作。



$$\dot{I}_U = 3\angle -25.84^\circ \text{A}\text{，不变}$$

$$I_V = \frac{P}{U\cos\varphi}\times 10 = \frac{30}{220\times 0.9}\times 10 = 1.5\text{A}$$

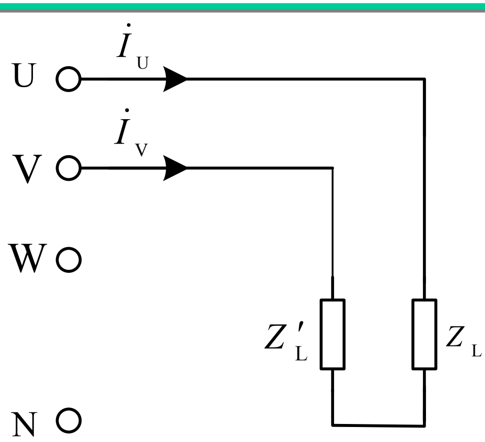
$$\dot{I}_V = 1.5\angle -25.84^\circ - 120^\circ = 1.5\angle -145.84^\circ \text{A}$$

$$\dot{I}_W = 0$$

$$\dot{U}_{\mathrm{U}}=\frac{Z_L}{Z_L+Z_L'}\dot{U}_{\mathrm{UV}}=\frac{73.3\angle 25.84^\circ\times 380\angle 30^\circ}{198+\mathrm{j}96.9}=\frac{27854\angle 55.84^\circ}{220.4\angle 26^\circ}=126.4\angle 29.8^\circ\,\mathrm{V}$$

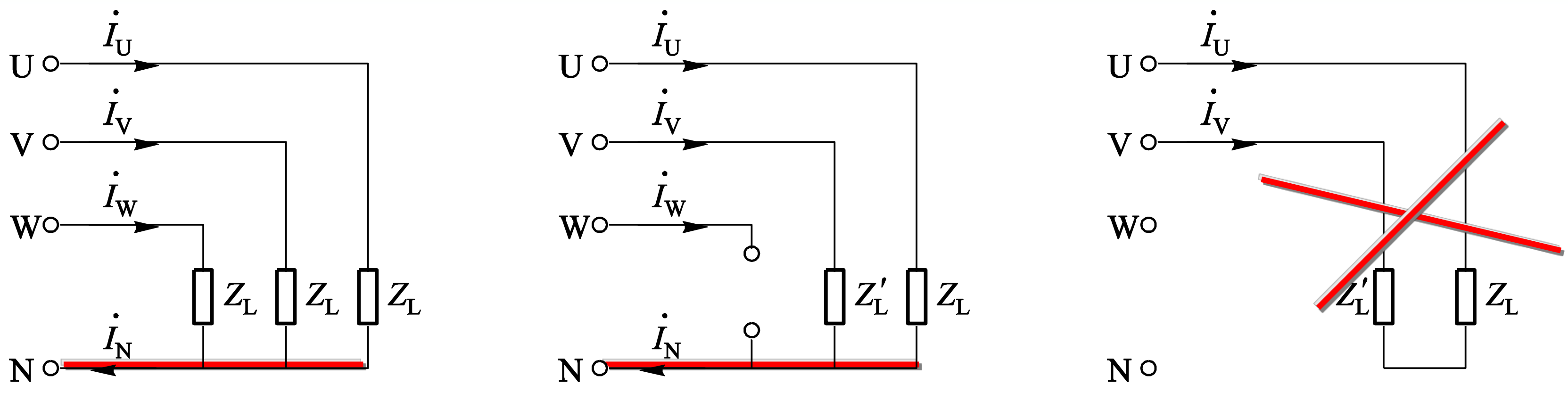
$$\dot{U}_{\mathrm{V}}=\frac{Z_L'}{Z_L+Z_L'}\dot{U}_{\mathrm{UV}}=\frac{146.7\angle 25.84^\circ\times 380\angle 30^\circ}{198+\mathrm{j}96.9}=\frac{55746\angle 55.84^\circ}{220.4\angle 26^\circ}=252.9\angle 29.8^\circ\,\mathrm{V}$$

可见，V相负载两端电压超过额定电压220V，则V相负载烧毁，U相负载两端电压低于额定电压220V，U相负载不能正常工作。



$$Z_{\mathrm{L}}=\frac{\dot{U}_{\mathrm{U}}}{\dot{I}_{\mathrm{U}}}=\frac{220\angle 0^\circ}{3\angle -25.84^\circ}=73.3\angle 25.84^\circ=(66+\mathrm{j}32.3)\Omega$$

$$Z_{\mathrm{L}}'=\frac{\dot{U}_{\mathrm{V}}}{\dot{I}_{\mathrm{V}}}=\frac{220\angle -120^\circ}{1.5\angle -145.84^\circ}=146.7\angle 25.84^\circ=(132+\mathrm{j}64.6)\Omega$$



(a) (b) (c)

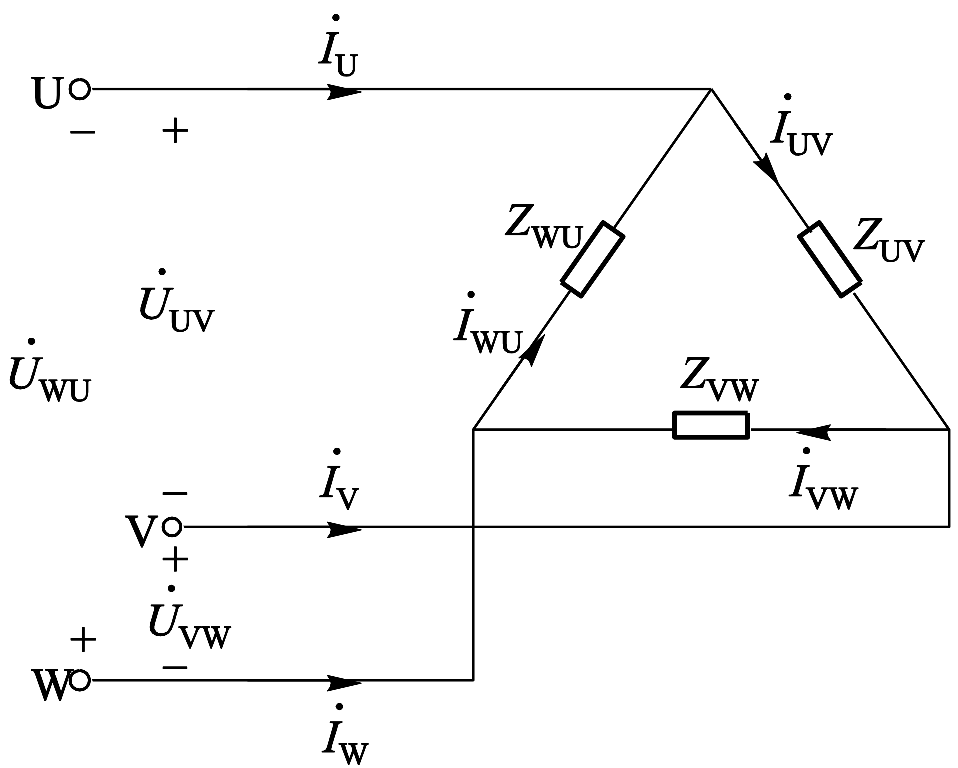
结论：单相负载作星形连接必须有中性线，即必须接到三相四线制电源上。中性线的作用是保证不对称负载的相电压对称。所以，为了保证负载的正常工作，中性线不允许断开，中性线不允许接开关和熔断器。

4.2.2 三相三线制电路的分析

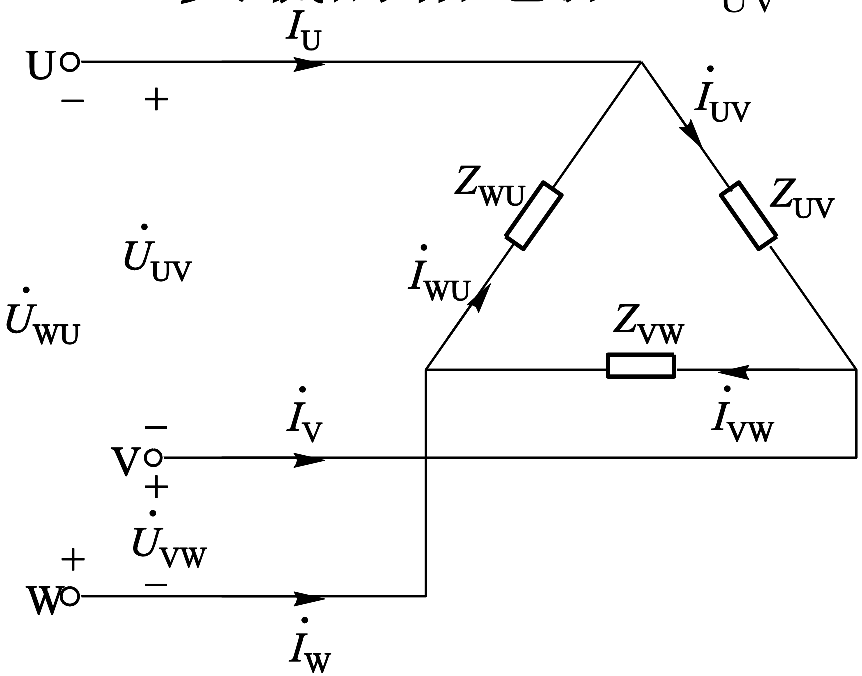
1.负载为三角形联接

（1）负载的相电压：等于电源的线电压，即

$\dot{U}_{UV}$、$\dot{U}_{VW}$、$\dot{U}_{WU}$



（2）负载的相电流：$\dot{I}_{UV}$、$\dot{I}_{VW}$、$\dot{I}_{WU}$



$$\dot{I}_{UV}=\frac{\dot{U}_{UV}}{Z_{UV}},\ \dot{I}_{VW}=\frac{\dot{U}_{VW}}{Z_{VW}},$$

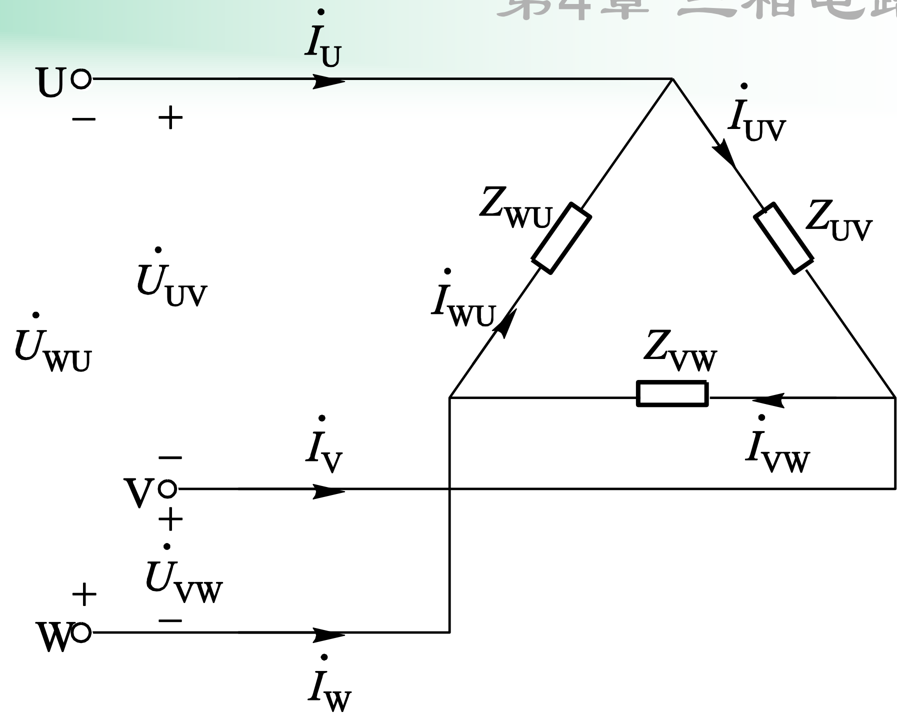
$$\dot{I}_{WU}=\frac{\dot{U}_{WU}}{Z_{WU}}$$

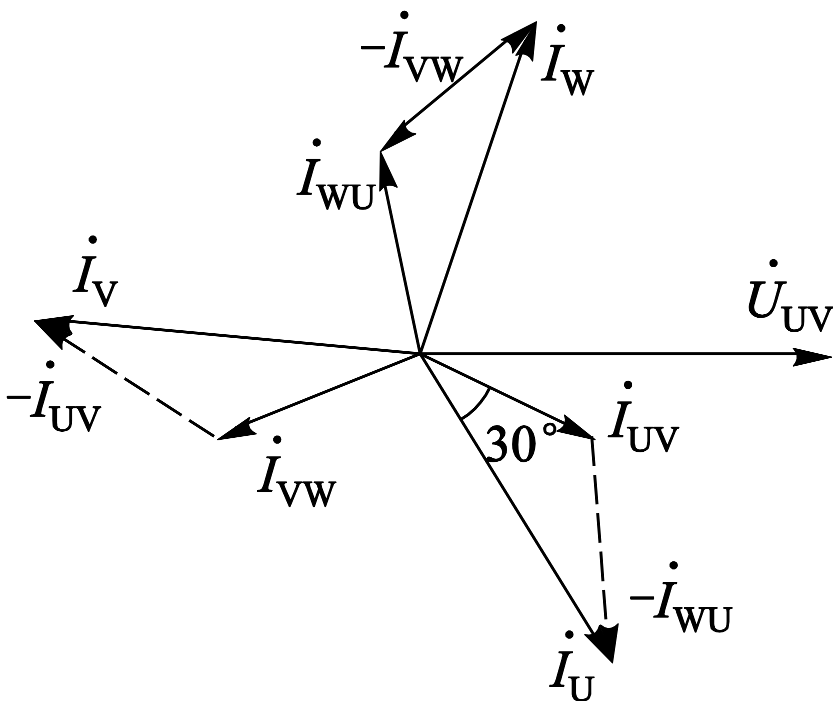
（3）线电流：负载为三角形接法时，线电流和相电流不相等，即

$$\boxed{\begin{cases}\dot{I}_U=\dot{I}_{UV}-\dot{I}_{WU}\\ \dot{I}_V=\dot{I}_{VW}-\dot{I}_{UV}\\ \dot{I}_W=\dot{I}_{WU}-\dot{I}_{VW}\end{cases}}$$

$$\begin{cases} \dot{I}_U = \dot{I}_{UV} - \dot{I}_{WU} \\ \dot{I}_V = \dot{I}_{VW} - \dot{I}_{UV} \\ \dot{I}_W = \dot{I}_{WU} - \dot{I}_{VW} \end{cases}$$

当$Z_{UV} = Z_{VW} = Z_{WU}$时，





$$I_l = \sqrt{3} I_P$$

$$\boxed{\begin{cases} \dot{I}_U = \sqrt{3}\dot{I}_{UV}\angle -30^\circ \\ \dot{I}_V = \sqrt{3}\dot{I}_{VW}\angle -30^\circ \\ \dot{I}_W = \sqrt{3}\dot{I}_{WU}\angle -30^\circ \end{cases}}$$

【例 4.2.3】在图示的三相三线制电路中，已知每相负载的阻抗为 $(30+\mathrm{j}40)\Omega$，电源线电压为220V。

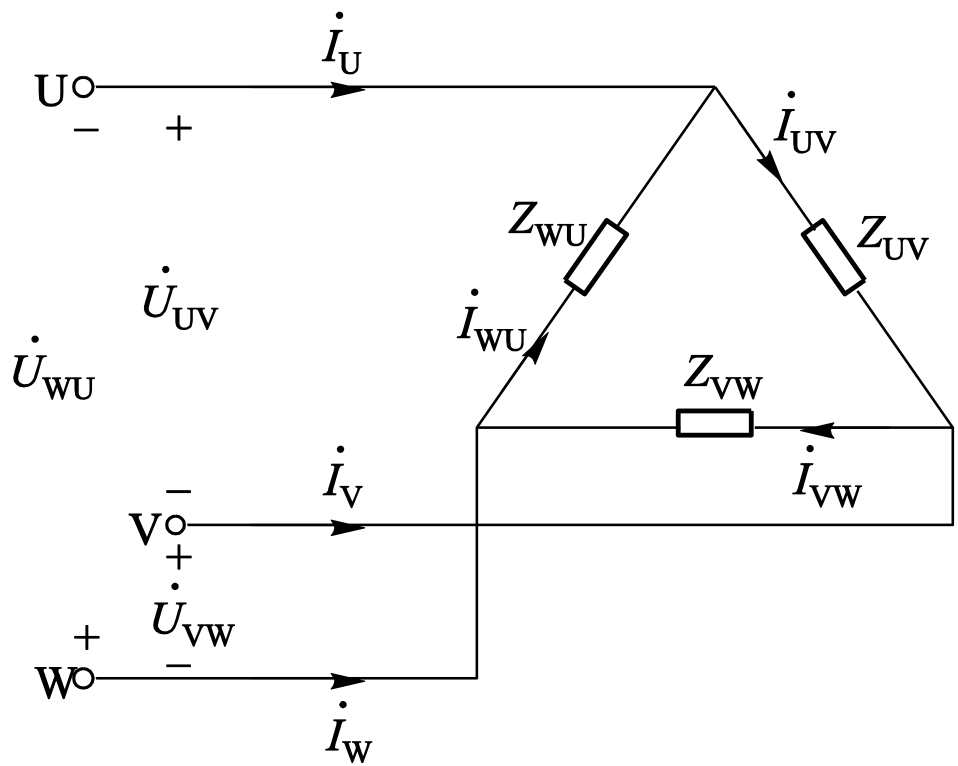
求：（1）负载的相电流 $\dot{I}_{\mathrm{UV}}$、$\dot{I}_{\mathrm{VW}}$、$\dot{I}_{\mathrm{WU}}$；

（2）线电流 $\dot{I}_{\mathrm{U}}$、$\dot{I}_{\mathrm{V}}$、$\dot{I}_{\mathrm{W}}$；

（3）若负载 Z_{WU} 相断开，再求上两项内容。

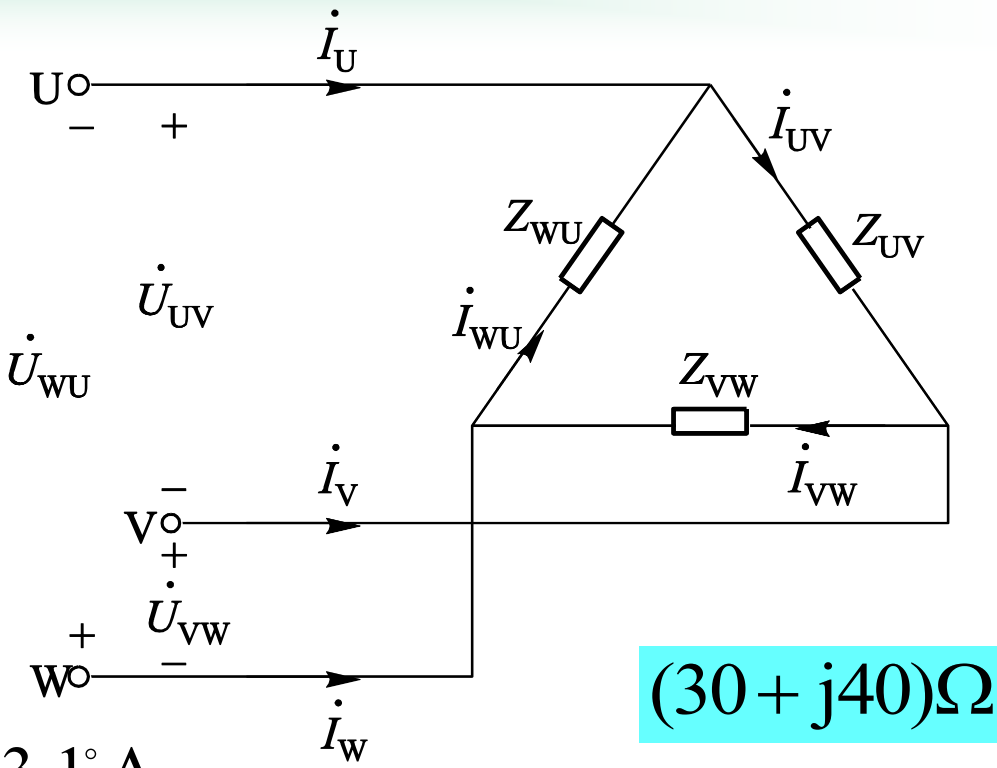
【解】

（1）由于负载对称，只算出一相电流即可。



【解】

（1）由于负载对称，只算出一相电流即可。



$$\dot{I}_{UV}=\frac{\dot{U}_{UV}}{Z_{UV}}=\frac{220\angle 0^\circ}{30+j40}$$

$$=\frac{220\angle 0^\circ}{50\angle 53.1}=4.4\angle -53.1^\circ \text{A}$$

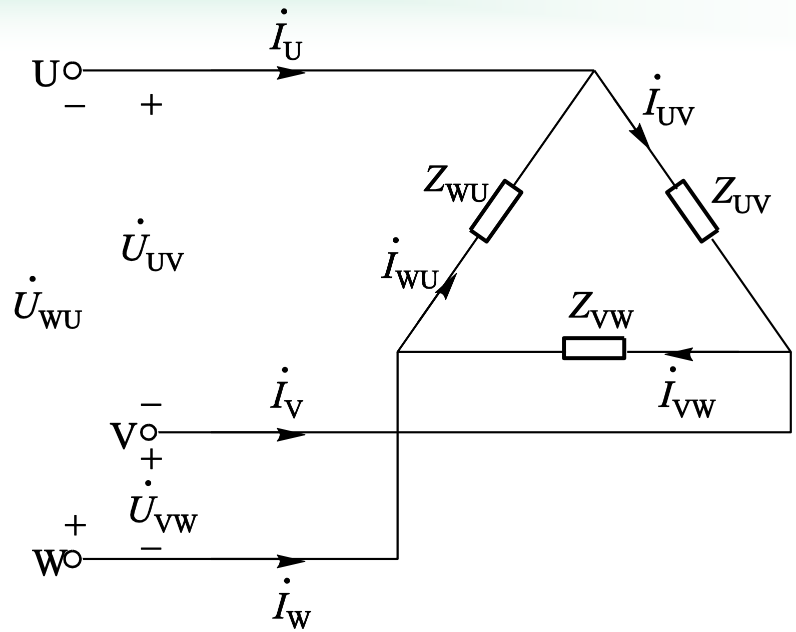
$$\dot{I}_{VW}=4.4\angle -53.1^\circ-120^\circ=4.4\angle -173.1^\circ \text{A}$$

$$\dot{I}_{WU}=4.4\angle -53.1^\circ+120^\circ=4.4\angle 66.9^\circ \text{A}$$

$$\dot{I}_{UV} = 4.4\angle -53.1^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{VW} = 4.4\angle -173.1^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{WU} = 4.4\angle +66.9^\circ \text{ A}$$



（2）线电流

$$\dot{I}_U = \sqrt{3}\dot{I}_{UV}\angle -30^\circ = 4.4\sqrt{3}\angle -30^\circ - 53.1^\circ = 7.6\angle -83.1^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_V = 7.6\angle -83.1^\circ - 120^\circ = 7.6\angle -203.1^\circ = 7.6\angle 156.9^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_W = 7.6\angle -83.1^\circ + 120^\circ = 7.6\angle 36.9^\circ \text{ A}$$

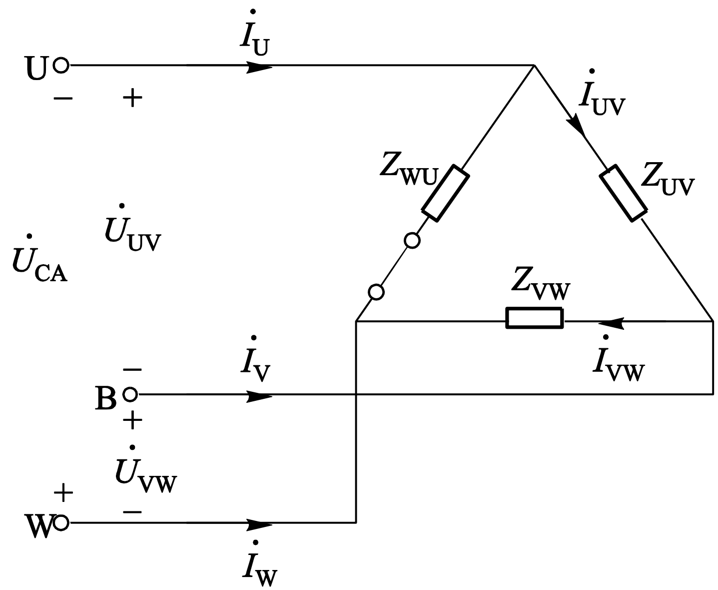
（3）若负载Z_{WU}相断开，再求上两项内容。

相电流和线电流

$\dot{I}_{UV}=4.4\angle-53.1^{\circ}\text{A}$ 不变

$\dot{I}_{VW}=4.4\angle-173.1^{\circ}\text{A}$ 不变

$\dot{I}_{WU}=0$



$\dot{I}_U=\dot{I}_{UV}=4.4\angle-53.1^{\circ}\text{A}$

$\dot{I}_W=-\dot{I}_{VW}=-4.4\angle-173.1^{\circ}\text{A}$

$\dot{I}_V=7.6\angle156.9^{\circ}\text{A}$ 不变

$\dot{I}_{UV}=4.4\angle-53.1^{\circ}\text{A}$

$\dot{I}_{VW}=4.4\angle-173.1^{\circ}\text{A}$

$\dot{I}_{WU}=4.4\angle+66.9^{\circ}\text{A}$

$\dot{I}_U=7.6\angle-83.1^{\circ}\text{A}$

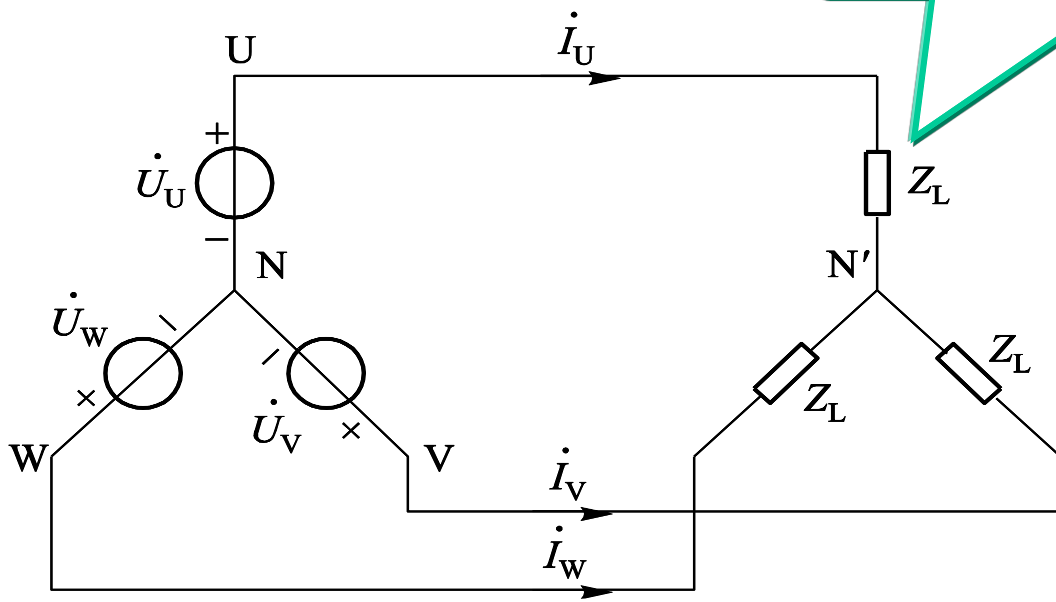
$\dot{I}_V=7.6\angle156.9^{\circ}\text{A}$

$\dot{I}_W=7.6\angle36.9^{\circ}\text{A}$

可见，其他两相正常工作。

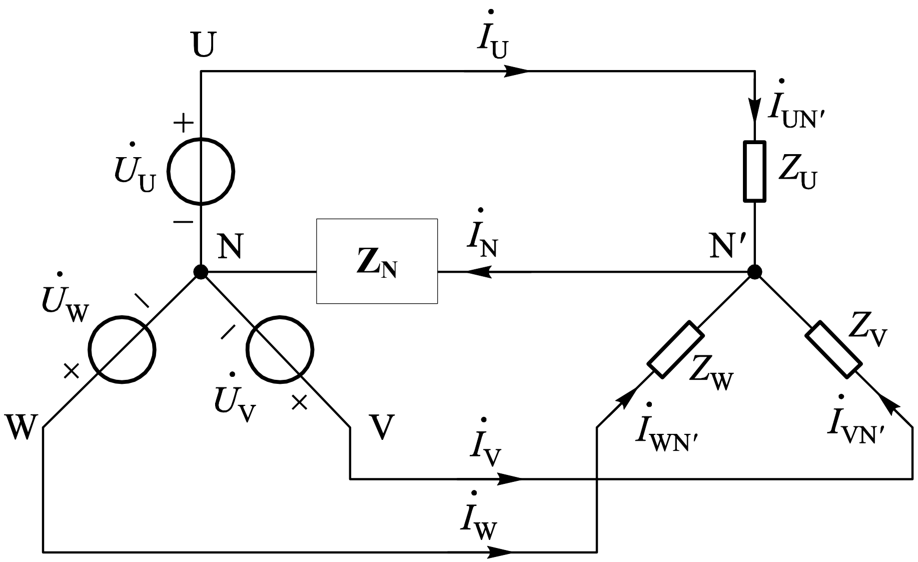
2.负载为星形联接

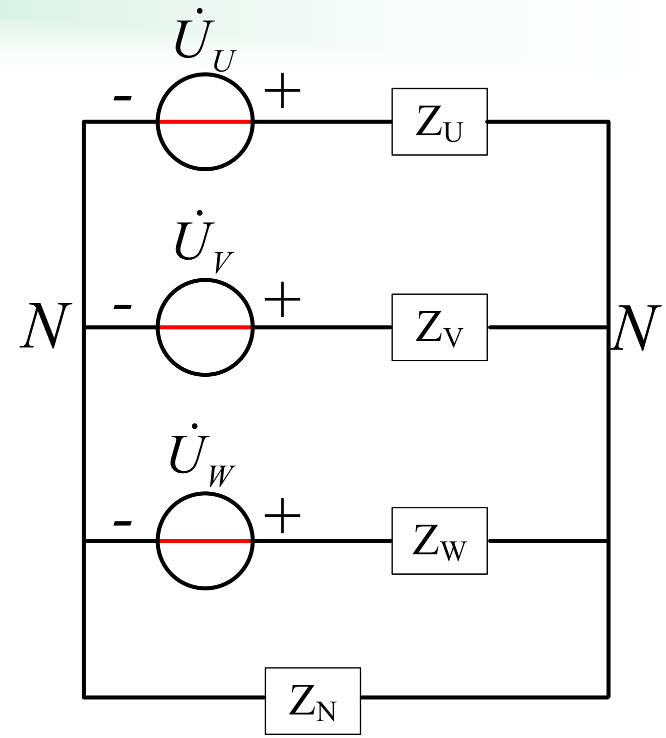
一定是三相负载



由于三相负载对称（三相异步电动机），负载的相电压、相电流对称。计算时化成单相电路，求一相电流，其他两相的相电流由对应关系求出。

单相负载星接时，由于很难保证三相负载对称，所以只能用三相四线制电源供电





$$\dot{U}_{N'N}=\frac{\dfrac{\dot{U}_U}{Z_U}+\dfrac{\dot{U}_V}{Z_V}+\dfrac{\dot{U}_W}{Z_W}}{\dfrac{1}{Z_U}+\dfrac{1}{Z_V}+\dfrac{1}{Z_W}+\dfrac{1}{Z_N}}$$

4.3 三相电路的功率计算

三相电路中需要计算的功率为有功功率、无功功率和视在功率。

1.有功功率

有功功率等于每相负载的有功功率之和，即

$$P = P_U + P_{\mathrm{V}} + P_{\mathrm{W}} = U_{\mathrm{U}} I_{\mathrm{U}} \cos\varphi_{\mathrm{U}} + U_{\mathrm{V}} I_{\mathrm{V}} \cos\varphi_{\mathrm{V}} + U_{\mathrm{W}} I_{\mathrm{W}} \cos\varphi_{\mathrm{W}}$$

当三相负载对称时，有功功率为

$$P = 3 I_{\mathrm{U}}^2 R_{\mathrm{U}} = 3 U_{\mathrm{P}} I_{\mathrm{P}} \cos\varphi$$

负载相电压　　负载相电流

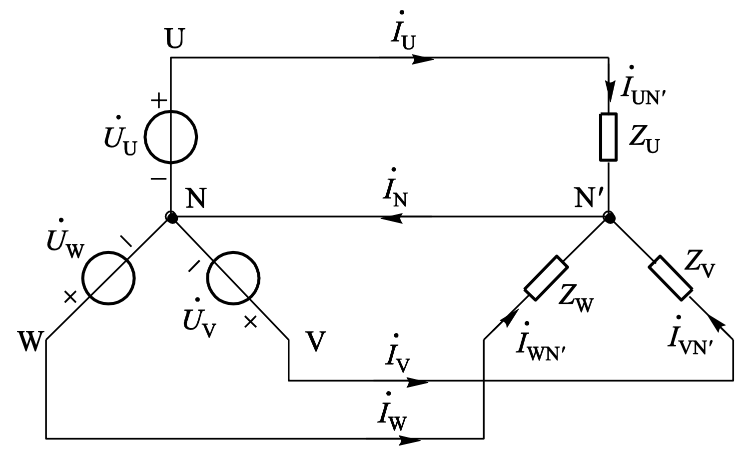
1.有功功率

当三相负载对称时，有功功率 $\boxed{P = 3I_U^2 R_U = 3U_P I_P \cos\varphi}$

若负载为星形连接，有

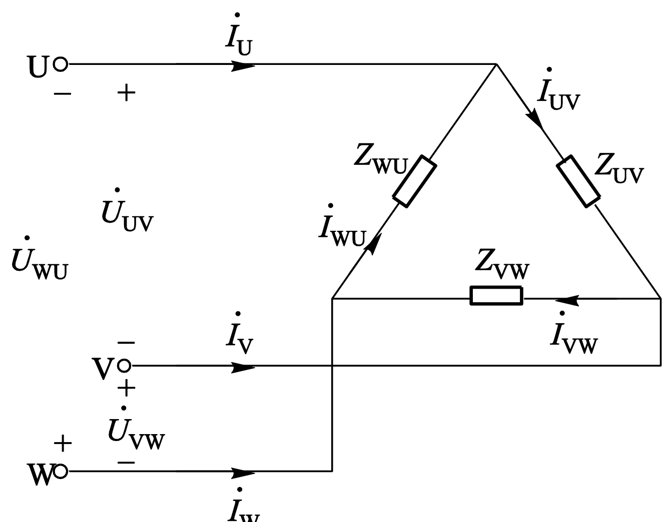
$$U_P = \frac{U_l}{\sqrt{3}}, \qquad I_P = I_l$$

$$\boxed{P = 3 \times \frac{U_l}{\sqrt{3}} I_l \cos\varphi = \sqrt{3} U_l I_l \cos\varphi}$$



若负载为三角形连接，有

$$U_P = U_l \qquad I_P = \frac{I_l}{\sqrt{3}}$$



有功功率的计算公式是一样的！

2.无功功率

无功功率等于每相负载的无功功率之和，即

$$Q = Q_U + Q_V + Q_W = U_U I_U \sin\varphi_U + U_V I_V \sin\varphi_V + U_W I_W \sin\varphi_W$$

当三相负载对称时，无论是星形还是三角形联结

$$\boxed{Q = \sqrt{3} U_l I_l \sin\varphi = 3 U_P I_P \sin\varphi}$$

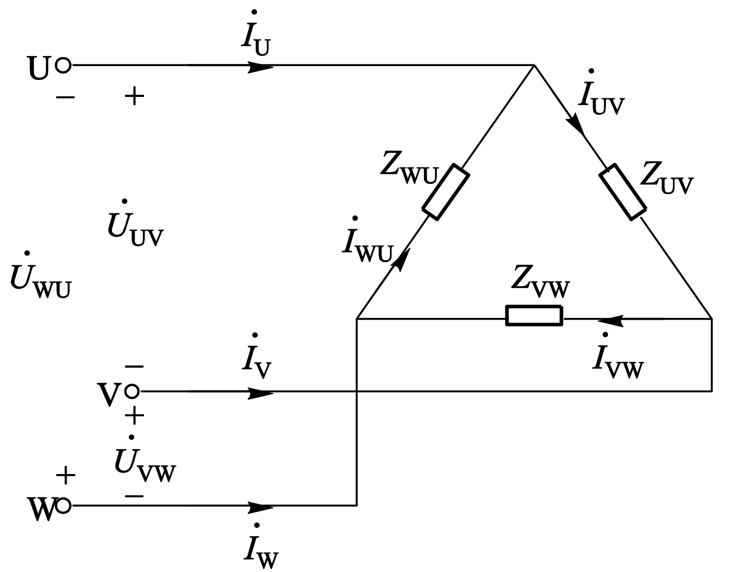
3.视在功率

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

若三相负载对称，视在功率为

$$\boxed{S = \sqrt{3} U_l I_l = 3 U_P I_P}$$

【例 4.3.1】在图示的三相三线制电路中，已知每相负载的阻抗为 $(30+j40)\Omega$，电源线电压为220V。求：负载对称和不对称时，三相电路的有功功率、无功功率和视在功率。



【解】当负载对称时：

$$\dot{I}_{UV}=4.4\angle-53.1^\circ\ \mathrm{A}$$

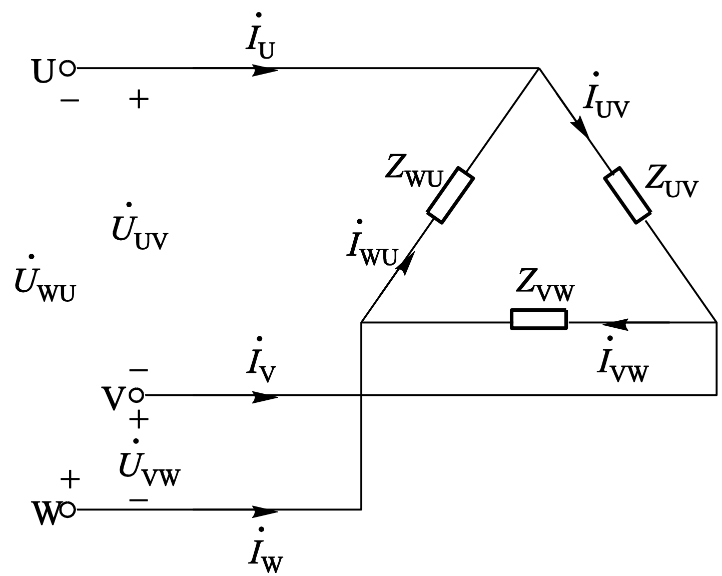
$$\dot{I}_{VW}=4.4\angle-173.1^\circ\ \mathrm{A}$$

$$\dot{I}_{WU}=4.4\angle+66.9^\circ\ \mathrm{A}$$

$$\dot{I}_{U}=7.6\angle-83.1^\circ\ \mathrm{A}$$

$$\dot{I}_{V}=7.6\angle156.9^\circ\ \mathrm{A}$$

$$\dot{I}_{W}=7.6\angle36.9^\circ\ \mathrm{A}$$



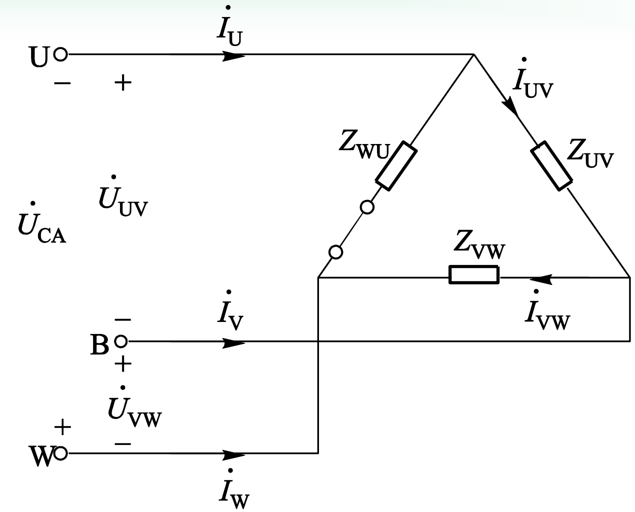
三相有功功率、无功功率、视在功率为

$$P=3U_PI_P\cos\varphi=3\times220\times4.4\times\cos53.1^\circ=1743.6\mathrm{W}$$

$$Q=\sqrt{3}U_lI_l\sin\varphi=\sqrt{3}\times220\times7.62\times\sin53.1^\circ=2321.9\ \mathrm{var}$$

$$S=\sqrt{3}U_lI_l=\sqrt{3}\times220\times7.62=2903.5\mathrm{VA}$$

【解】当负载不对称时



$$\dot{I}_{UV} = 4.4\angle -53.1^\circ \text{A}$$

$$\dot{I}_{VW} = 4.4\angle -173.1^\circ \text{A}$$

$$\dot{I}_{WU} = 0$$

$$P = P_U + P_V = U_U I_U \cos\varphi_U + U_V I_V \cos\varphi_V$$

$$= 220\times 4.4\times\cos 53.1^\circ + 220\times 4.4\times\cos 53.1^\circ = 1162.4\text{W}$$

$$Q = Q_U + Q_V = U_U I_U \sin\varphi_U + U_V I_V \sin\varphi_V$$

$$= 220\times 4.4\times\sin 53.1^\circ + 220\times 4.4\times\sin 53.1^\circ = 1548.2\,\text{var}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1162.4^2 + 1548.2^2} = 1936\,\text{VA}$$

第 4 章

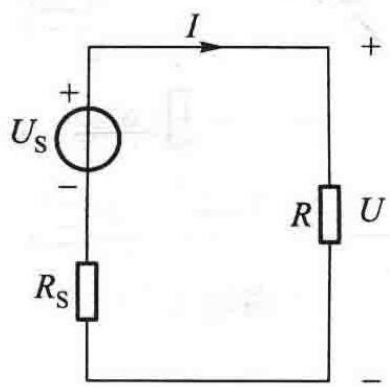
结 束

1.4　一直流电源的电路模型如图题 1.4 所示，电源的额定电压 $U_N = 220$ V，额定功率 $P_N = 10$ kW，内阻 $R_S = 0.6\Omega$，负载电阻 $R = 10\ \Omega$。试求：

(1) 电源的额定电流以及电源电压 U_S；

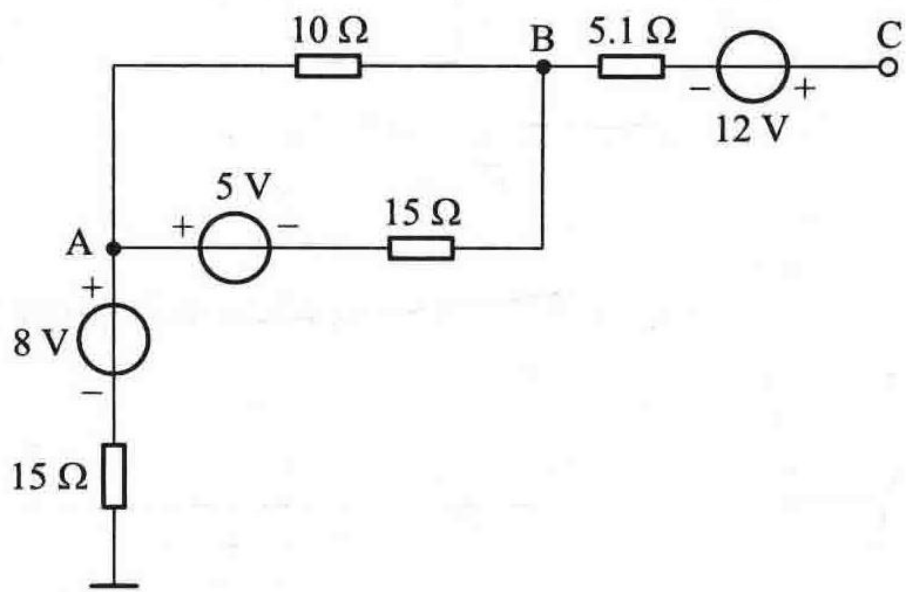
(2) 电源带 1 个负载时，电源的输出电流、端电压及输出功率；

(3) 电源带 5 个这样的负载时，电源的输出电流、端电压及功率。

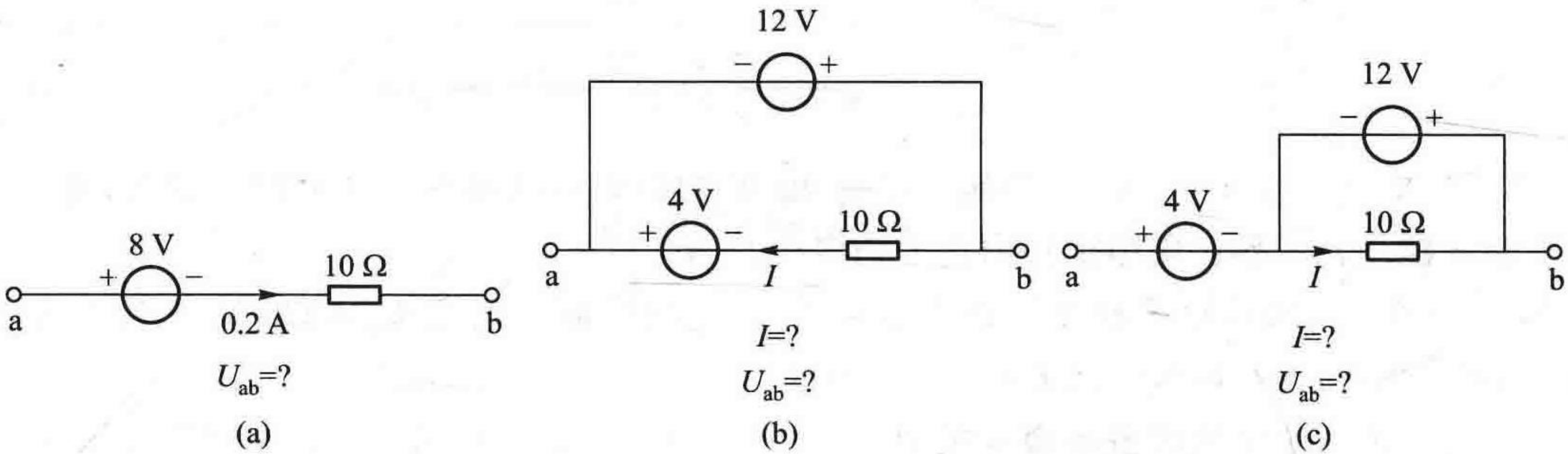


图题 1.4

1.7 电路如图题 1.7 所示，试计算 A、B、C 各点的电位。

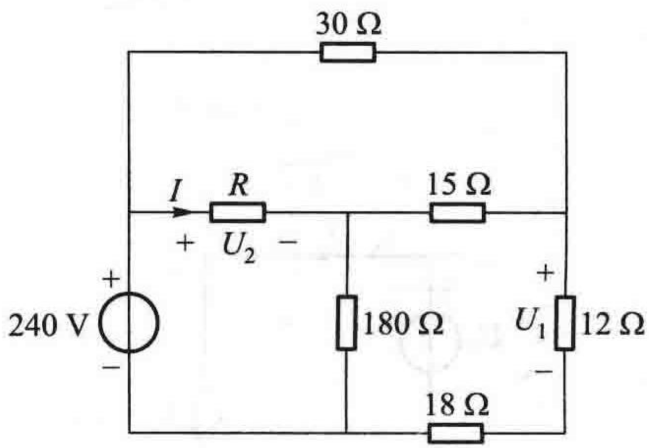


1.8　请根据基尔霍夫定律求出图题 1.8(a)、(b)、(c)所示电路中未知的电压和电流。



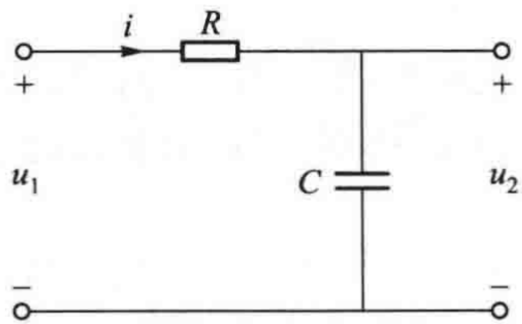
图题 1.8

1.10　电路如图题 1.10 所示，欲使 U_1 等于 60 V，R 应选用多大的电阻？并计算 R 两端的电压 U_2 以及流过 R 的电流 I。



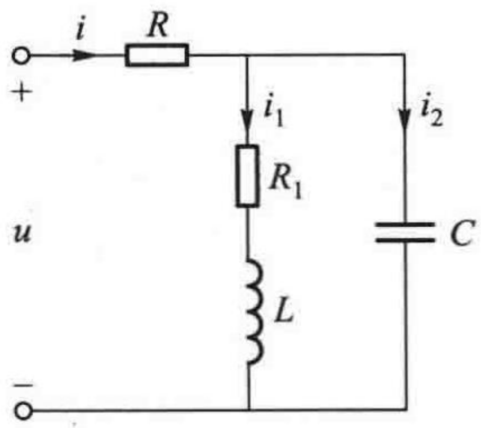
图题 1.10

3.8　RC 移相电路如图题 3.8 所示。已知输入信号 u_1 的频率为 1 000 Hz，$C=1\ \mu F$，u_2 在相位上滞后 u_1 60°。求电阻 R。



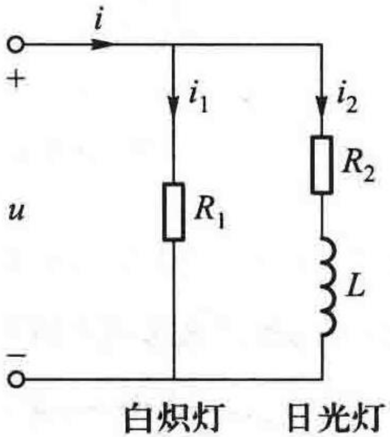
图题 3.8

3.10　在图题 3.10 所示电路中，已知 $I_1=10\sqrt{2}$ A，$I_2=10$ A，$U=220$ V，$R=10\ \Omega$，$R_1=\omega L$。求 I、X_C、X_L 和 R_1。



图题 3.10

3.14 电路如图题 3.14 所示。已知交流电源电压 $u=220\sqrt{2}\sin 314t$ V，白炽灯和日光灯的功率均为 40 W，日光灯的功率因数 $\cos\varphi_L=0.5$。求：(1) 电路的功率因数 $\cos\varphi$；(2) 电源发出的无功功率。



图题 3.14