8-1 已知对称星形联结三相电源的 A 相电压为$u_{\mathrm{AN}} = 311\cos(\omega t - 30^{\circ})$ V，试写出各线电压瞬时表达式，并作出各相电压和线电压的相量图。

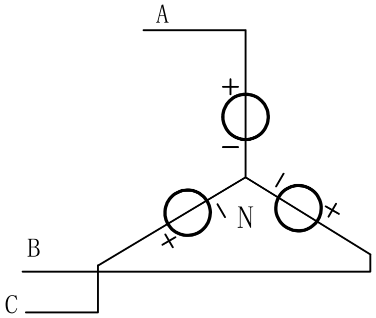
解 设星形联结电源电路如图题 8.1 (a)所示，对称星形联结的三相电源线电压有效值是相电压有效值的$\sqrt{3}$倍，相位上超前其前序相电压$30°$。即

$$u_{\mathrm{AB}} = 311\sqrt{3}\cos(\omega t - 30^{\circ} + 30^{\circ})\mathrm{V} = 538.67\cos(\omega t)\mathrm{V}$$

$$u_{\mathrm{BC}} = 538.67\cos(\omega t - 120^{\circ})\mathrm{V}$$

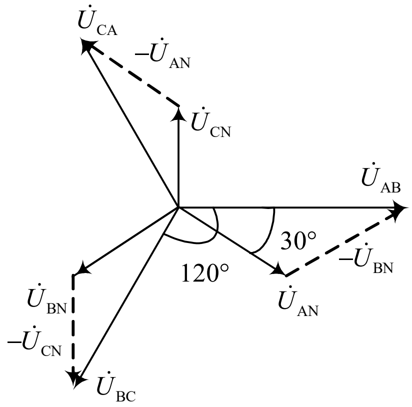
$$u_{\mathrm{CA}} = 538.67\cos(\omega t - 240^{\circ})\mathrm{V}$$

各相电压和线电压的相量图可表达如图(b)所示。



(a)

题 8.1 (a) 图

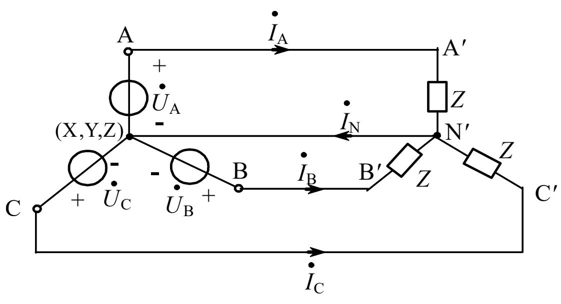


(b)

题 8.1 (b) 图

8-2 对称三相 Y 联接电路如题 8-2 图所示，已知相电压$\dot{U}_{\mathrm{C}} = 277\angle 45°$ V，相序是 ABC。

求三个线电压$\dot{U}_{\mathrm{AB}}, \dot{U}_{\mathrm{BC}}, \dot{U}_{\mathrm{CA}}$，并画出相电压和线电压的相量图。



题 8-2 图

解 由已知 $\dot{U}_{\mathrm{C}} = 277\angle 45°$ V，知 $\dot{U}_{\mathrm{CA}} = 277\sqrt{3}\angle(45° + 30°) = 479.8\angle 75°$ V

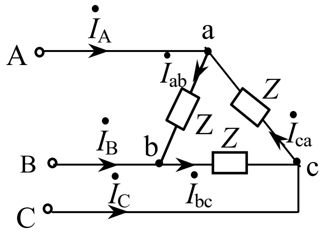
利用对称性，得

$\dot{U}_{\mathrm{BC}} = 479.8\angle(75° + 120°) = 479.8\angle(-165°)\mathrm{V}$

$\dot{U}_{\mathrm{AB}} = 479.8\angle(75° - 120°) = 479.8\angle(-45°)\mathrm{V}$

相电压和线电压的相量图略

8-3 对称三相电路如题 8-3 图所示，已知线电压电压为$\dot{U}_{\mathrm{AB}} = 380\angle 0°\ \mathrm{V}$，相序是 ABC，三角形联接负载阻抗$Z = 12\angle 30°\ \Omega$。求：(1)相电流和线电流；(2)三相负载吸收的功率。



题 8-3 图

解 (1) 利用Δ形联接负载阻抗的特点直接求相电流

$$\dot{I}_{\mathrm{ab}} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z} = 31.67\angle(-30°)\ \mathrm{A}$$

利用对称性，得

$$\dot{I}_{\mathrm{bc}} = 31.67\angle(-30° - 120°) = 31.67\angle(-150°)\ \mathrm{A}$$

$$\dot{I}_{\mathrm{ca}} = 31.67\angle(-30° + 120°) = 31.67\angle 90°\ \mathrm{A}$$

(2) 由Δ形联接线电流和相电流的关系求线电流

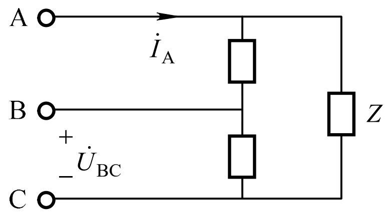
$$\dot{I}_{A} = \sqrt{3}\dot{I}_{\mathrm{ab}}\angle(-30°) = 31.67\sqrt{3}\angle(-60°)\ \mathrm{A}=54.85\angle(-60°)\ \mathrm{A}$$

$$\dot{I}_{B} = 54.85\angle(-180°)\ \mathrm{A}，\quad \dot{I}_{C} = 54.85\angle 60°\ \mathrm{A}$$

(3)三相负载吸收的功率为

$$P = 3U_{P}I_{P}\cos\phi = 3\times 380\times 31.67\cos 30°=31.27\ \mathrm{kW}$$

8.4 图示对称三相电路中，已知$\dot{I}_{\mathrm{A}} = 5\sqrt{3}\angle 30^{\circ}\,\mathrm{A}$，$Z = (30 + \mathrm{j}40)\Omega$，求电压$\dot{U}_{\mathrm{BC}}$。



题 8.4 图

解法一：已知$\dot{I}_{\mathrm{A}} = 5\sqrt{3}\angle 30^{\circ}\,\mathrm{A}$，并且是对称三相电路，则

$$\dot{I}_{\mathrm{AB}} = \frac{5\sqrt{3}}{\sqrt{3}}\angle 30^{\circ} + 30^{\circ}\,\mathrm{A} = 5\angle 60^{\circ}\,\mathrm{A}。$$

所以 $\dot{U}_{\mathrm{AB}} = \dot{I}_{\mathrm{AB}}\times Z = 5\angle 60^{\circ}\,\mathrm{A}\times(30+\mathrm{j}40)\Omega = 250\angle 113.13^{\circ}\,\mathrm{V}$，

则　　$\dot{U}_{BC}=250\angle(11313^{\circ}-120^{\circ})\text{V}=250\angle-6.87^{\circ}\text{V}$

解法二：

已知 $\dot{I}_A=5\sqrt{3}\angle30^{\circ}\text{A}$，并且是对称三相电路，此时

$\dot{I}_B=\dot{I}_A\angle-120^{\circ}=5\sqrt{3}\angle-90^{\circ}\text{A}$，则有 $\dot{I}_{BC}=\dfrac{5\sqrt{3}}{\sqrt{3}}\angle-90^{\circ}+30^{\circ}\text{A}=5\angle-60^{\circ}\text{A}$

$$\dot{U}_{BC}=\dot{I}_{BC}\times Z=5\angle-60^{\circ}\text{A}\times(30+\text{j}40)\Omega=250\angle-6.87^{\circ}\text{V}$$

8.5 对称星形联结的三相负载与对称星形联结的三相电源相接。已知该负载线电流 $\dot{I}_A=5\angle10^{\circ}\text{A}$，线电压 $\dot{U}_{AB}=380\angle75^{\circ}\text{V}$，试求此负载每相复阻抗。

解　已知线电压 $\dot{U}_{AB}=380\angle75^{\circ}\text{V}$，则相电压 $\dot{U}_A=\dfrac{380}{\sqrt{3}}\angle75^{\circ}\text{-}30^{\circ}\text{V}=220\angle45^{\circ}\text{V}$

每相复阻抗　$Z=\dfrac{\dot{U}_A}{\dot{I}_A}=\dfrac{220\angle45^{\circ}\text{V}}{5\angle10^{\circ}\text{A}}=44\angle35^{\circ}\Omega$　或者　$Z=36.04+\text{j}25.24\Omega$

8.6 星形联结的负载与线电压为 380V 的对称三相电源相接，各相负载的电阻分别为 10Ω、12Ω、15Ω，无中线，试求各相电压。

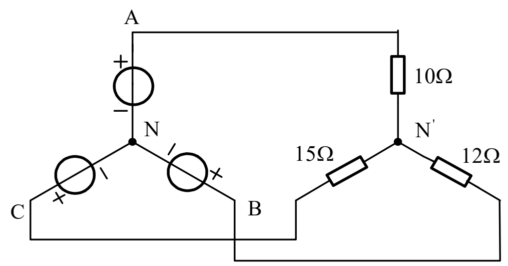


图 8.6 题

解　设电源为星形联结，中性点为 N，电路如上图所示，

由于负载为非对称情况，故不能取单相计算，须按一般正弦电流电路进行分析。

则　　$\dot{U}_A=220\angle0^{\circ}\text{V}$，$\dot{U}_B=220\angle-120^{\circ}\text{V}$，$\dot{U}_C=220\angle120^{\circ}\text{V}$

对节点 N' 列节点电压方程：

$$\left(\frac{1}{10\Omega}+\frac{1}{12\Omega}+\frac{1}{15\Omega}\right)\times\dot{U}_{N'N}=\frac{\dot{U}_A}{10\Omega}+\frac{\dot{U}_B}{12\Omega}+\frac{\dot{U}_C}{15\Omega}$$

解得　　$\dot{U}_{N'N}=(22-\text{j}12.7)\text{V}$

应用 KVL 得

$$\dot{U}_{AN'}=\dot{U}_A-\dot{U}_{N'N}=220\angle0^{\circ}\text{V}-(22-\text{j}12.7)\text{V}=198.4\angle3.67^{\circ}\text{V},U_{AN'}=198.4\text{V}<220\text{V}$$

$$\dot{U}_{BN'}=\dot{U}_B-\dot{U}_{N'N}=220\angle-120^{\circ}\text{V}-(22-\text{j}12.7)\text{V}=221.46\angle-126.58^{\circ}\text{V},U_{BN'}=221.46\text{V}>220\text{V}$$

$$\dot{U}_{CN'} = \dot{U}_C - \dot{U}_{N'N} = 220\angle 120^\circ \text{V} - (22 - \text{j}12.7)\text{V} = 242.33\angle 123^\circ \text{V}, U_{CN'} = 242.33\text{V} > 220\text{V}$$

8.7 已知星形联结负载的各相阻抗为$(10+\text{j}15)\Omega$，所加三相对称线电压为 380V。试求此负载的功率因数和吸收的平均功率。

解 由$Z=(10+\text{j}15)\Omega = 18.03\angle 56.31^\circ\Omega$，得负载功率因数为

$$\lambda = \cos 56.13^\circ \approx 0.555$$

对于星形联结负载，负载线电流与相电流相等，即$I_l = I_p = \dfrac{U_p}{|Z|} = \dfrac{U_l}{\sqrt{3}\cdot|Z|} = 12.17\text{A}$。

所以，负载吸收平均功率

$$P=\sqrt{3}U_l I_l \cos\varphi = \sqrt{3}\times 380\text{V}\times 12.17\text{A}\times 0.555 = 4445.44\text{W}$$

8.8 某负载各相阻抗$Z=(6+\text{j}8)\Omega$，所加三相对称线电压是 380V，分别计算负载接成星形和三角形时所吸收的平均功率。

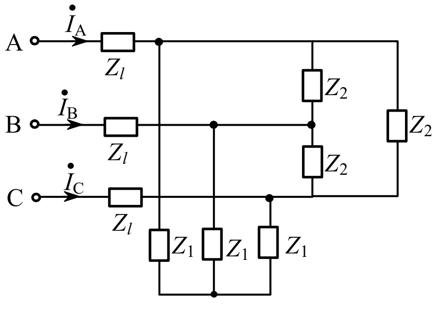
解 星形接法时，已知$U_l = 380\text{V}$，$I_l = I_p = \dfrac{U_p}{|Z|} = \dfrac{U_l}{\sqrt{3}|Z|} = \dfrac{380\text{V}}{\sqrt{3}|Z|} = 21.94\text{A}$

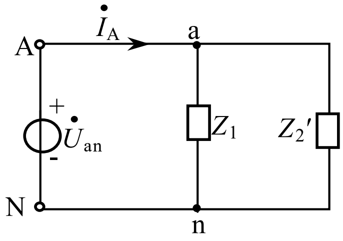
$$P=\sqrt{3}U_l I_l \cos\theta = \sqrt{3}\times 380\text{V}\times 21.94\text{A}\times 0.6 = 8664.02\text{W}$$

三角形接法时，负载每相承受电压为 380V，是星形接法时的$\sqrt{3}$倍。根据功率与电压的平方成正比关系可知，三角形联结时负载的平均功率是星形联结的 3 倍。即

$$P = 3\times 8664.02\text{W} = 25992.06\text{W}$$

8-9 如题 8-9 图所示对称三相电路中，已知阻抗$Z_1=(96-\text{j}28)\Omega$，负载端的相电压有效值为 220V；阻抗$Z_2=(144+\text{j}42)\Omega$，线路阻抗$Z_l=\text{j}1.5\Omega$，求 (1) 线电流$\dot{I}_A$，$\dot{I}_B$和$\dot{I}_C$；(2) 电源端的线电压。





题 8-9 图

解 将三角型(△)负载转化为星型(Y)负载，并采用归为一相计算，如图(b)所示。

其中 $Z_1 = 96 - j28 = 100\angle -16.26°\ \Omega$

$$Z_2' = \frac{1}{3}Z_2 = 48 + j14 = 50\angle 16.26°\ \Omega$$

$$Z_{\text{AN}} = \frac{Z_1 \times Z_2'}{Z_1 + Z_2'} = \frac{100\times 50}{144 - j14} = 34.56\angle 5.55° = 34.4 + j3.34\Omega$$

$$\dot{I}_{\text{A}} = \frac{220\angle 0°}{34.56\angle 5.55°} = 6.37\angle -5.55°\text{A}$$

利用对称性

$\dot{I}_{\text{B}} = 6.37\angle -125.55°\text{A}$， $\dot{I}_{\text{C}} = 6.37\angle 114.5°\text{A}$

电源端的相电压为：$\dot{U}_{\text{AN}} = Z_l \dot{I}_A + 220\angle 0° = 221.2\angle 2.58°\text{V}$

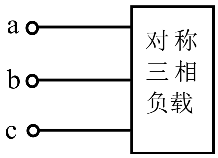
电源端的线电压为：$\dot{U}_{\text{AB}} = 221.2\sqrt{3}\angle 2.58° + 30° = 383.1\angle 32.58°\text{V}$

8-10 如题 8-10 图所示电路为对称三相电感性负载与线电压为 380 V 的供电系统相联，其中，有功功率为 2.4 kW，功率因数为 0.6。求

(1) 线电流；

(2) 若负载为星形联接，求相阻抗 Z_{Y}；

(3) 若负载为三角形联接，则相阻抗 Z_Δ应为多少？



题 8-10 图

解 (1) 求线电流

由 $P = \sqrt{3}U_l I_l \cos\phi$，得 $I_l = \dfrac{P}{\sqrt{3}U_l\cos\phi}$，代入数据，有

$$I_l = \frac{2.4\times 10^3}{\sqrt{3}\times 380\times 0.6} = 6.077\text{A}$$

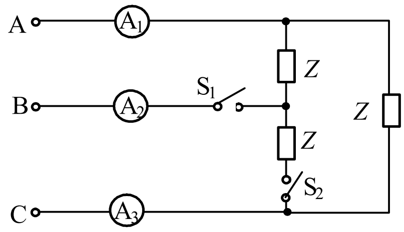
(2) 若负载为星形联接，$U_P = \dfrac{380}{\sqrt{3}} = 220\text{ V}, I_P = I_l = 6.077\text{A}$

所以，相阻抗为 $$Z_Y = \frac{U_P}{I_P}\angle\phi = 36.1\angle 53.1°\Omega$$

(3) 若负载为三角形联接，$I_P = \dfrac{1}{\sqrt{3}}I_l = 3.51\text{A}, U_P = U_l = 380\text{ V}$

所以，相阻抗为 $$Z_\Delta = \frac{U_P}{I_P}\angle\phi = 108.6\angle 53.1°\Omega$$

8-11 如题 8-11 所示电路中，当 S_1、S_2 都闭合时，各电流表的读数均为 5A，电压 U_{BC} = 220 V。试问在下列两种情况下，各电流表的读数应为若干？ (1) S_1 闭合，S_2 断开；(2) S_1 断开，S_2 闭合。



题 8-11 图

解 此题利用开关的动作使对称三相电路变为非对称三相电路。

(1) S_1 闭合，S_2 断开。此时，A_2 表内的电流 I_2 仍然是线电流，而 A_1 表内的电流 I_1 和 A_3 表内的电流 I_3 变为了负载内部的相电流，因此得到 $I_2 = 5\text{A}$，$I_1 = I_3 = \dfrac{5}{\sqrt{3}} = 2.89\text{A}$。

(2) S_1 断开，S_2 闭合。此时，相当于线电压 380V 加在 Z 和 2Z 相并联的电路上，Z 和 2Z 的相角一样，因此流过 Z 的电流与流过 2Z 的电流同相位，所以 A_1 表内的电流 I_1 和 A_3 表内的电流 I_3 一样，因此得到 $I_2 = 0\text{A}$，$I_1 = I_3 = \dfrac{5}{\sqrt{3}}\text{A} + \dfrac{5}{2\sqrt{3}}\text{A} = 4.33\text{A}$。