第十一章

1． 如图 11-1 所示对称三相电路中，已知电源线电压$\dot{U}_{AB}=300\angle 30^\circ$ V，△形负载阻抗$Z=18+\mathrm{j}24\ \Omega$，求负载的线电流$\dot{I}_A$

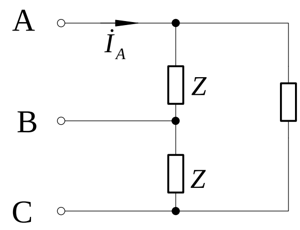


图 11-1

【解】

由题意可得 A 相电压为$\dot{U}_A=173.2\angle 0^\circ$ V

则$\dot{I}_A=\dfrac{\dot{U}_A}{Z/3}=\dfrac{173.2\angle 0^\circ}{6+j8}=\dfrac{173.2\angle 0^\circ}{10\angle 53.13^\circ}=17.32\angle -53.13^\circ$ A

2. 图 11-2 所示对称三相电路中，已知电源线电压$\dot{U}_{AB}=380\angle 30^\circ$ V，$Z_l=0.6+\mathrm{j}0.2\Omega$，$Z=9-\mathrm{j}12\ \Omega$，$X_L=4\Omega$，$R=2\Omega$。求（1）线电流$\dot{I}_\mathrm{A}$；（2）三角形负载 C 相的相电流$\dot{I}_{CA}$（3）三相电源提供的有功功率$P$。

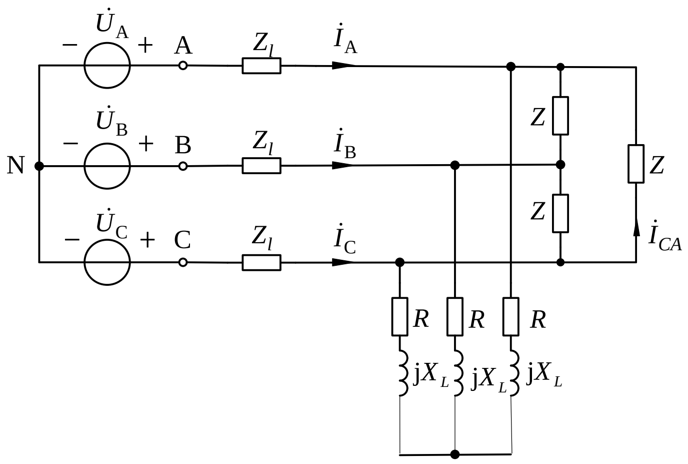
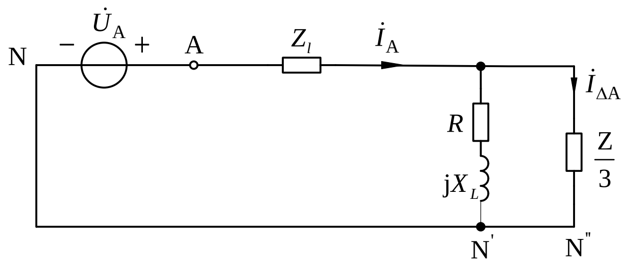


图 11-2

【解】

（1）已知电源线电压为 380V，令相电压$\dot{U}_\mathrm{A}=\dfrac{380}{\sqrt{3}}=220\angle 0^\circ$ V

单相等值电路：



$Z_{总}=Z_l+\left(R+jX_L\right)//\dfrac{Z}{3}=0.6+j0.2+\dfrac{\left(2+j4\right)\left(3-j4\right)}{2+j4+3-j4}=5+j1\ \Omega$

$\dot{I}_A=\dfrac{\dot{U}_A}{Z_{总}}=\dfrac{220\angle 0^\circ}{5+j1}=\dfrac{220\angle 0^\circ}{\sqrt{6}\angle 11.3^\circ}=89.8\angle -11.3^\circ\ \text{A}$

（2）

$\dot{I}_{\Delta A}=\dfrac{2+j4}{2+j4+3-j4}\times 89.8\angle -11.3^\circ=\dfrac{2+j4}{5}\times 89.8\angle -11.3^\circ=\dfrac{2\sqrt{5}}{5}\angle 63.4^\circ\times 89.8\angle -11.3^\circ=80.3\angle 52.1^\circ\text{A}$

$\dot{I}_{\Delta AB}=\dfrac{\angle 30^\circ}{\sqrt{3}}\dot{I}_{\Delta AB}=46.4\angle 82.1^\circ\text{A}$

$\dot{I}_{\Delta CA}=46.4\angle 158.9^\circ\text{A}$

（3）

$P=3U_AI_A\cos\theta=3\times 220\times 89.8\times\cos\left(-11.3^\circ\right)=58119\ \text{W}$

3. 对称三相电路如图 11-3 所示，电源的线电压为 380V，负载阻抗 $Z=12\sqrt{3}+j12\Omega$,线路阻抗 $Z_l=\sqrt{3}+j\Omega$，试求：(1) 流过 C 相负载的相电流 $\dot{I}_{C'A'}$；(2)并分别计算两个功率表的示数。

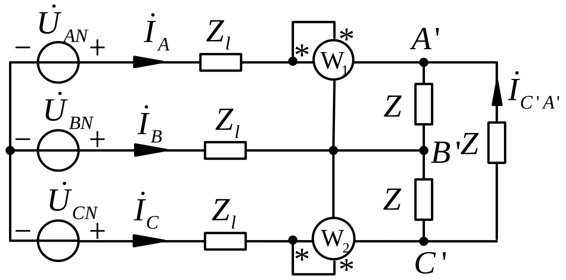
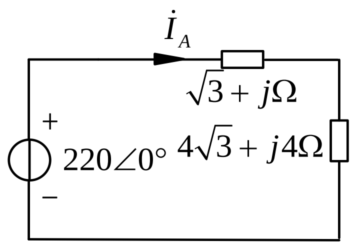


图 11-3

【解】

（1）单相等值电路，

以 A 相为基准相量，设 A 相电源 $\dot{U}_A=220\angle 0^\circ$



通过上面电路可求得 A 相线电流为

$$\dot{I}_A=\frac{220\angle 0°}{5\sqrt{3}+j5}=22\angle -30°$$

根据相线电流关系可以求得

$$\dot{I}_{A'B'}=\frac{\dot{I}_A\angle 30°}{\sqrt{3}}=\frac{22}{\sqrt{3}}\text{A}$$

$$\dot{I}_{C'A'}=\dot{I}_{A'B'}\angle 120°=\frac{22}{\sqrt{3}}\angle 120°\text{A}$$

（2）根据三相对称电路对称性质，可知

$$\dot{U}_{A'B'}=\sqrt{3}\dot{I}_A\cdot\left(4\sqrt{3}+j4\right)\cdot 1\angle 30°=22\sqrt{3}\cdot\left(4\sqrt{3}+j4\right)=304.8\angle 30°\text{V},$$

所以功率表 W_1 的示数为：$P_1=U_{A'B'}\cdot I_A\cos(\varphi_u-\varphi_i)=304.8\times 22\times\cos(60°)=3352.8\text{W}$

$$\dot{I}_C=\dot{I}_A\angle 120°=22\angle 90°$$

$$\dot{U}_{C'B'}=-\dot{U}_{B'C'}=304.8\angle 90°$$

功率表 W_2 的示数为：$P_2=U_{C'B'}I_C\cos(\varphi_u-\varphi_i)=304.8\times 22\times\cos(0°)=6705.6\text{W}$

4. 图 11-4 所示对称三相电路中，线电压 $\dot{U}_{AB}=380\angle 0^{\circ}\text{V}$，星形负载 $Z_Y=8+j6\Omega$，三角形负载 $Z_\Delta=24+j18\Omega$。求①电流 $\dot{I}_A$、$\dot{I}_{CA}$；②电源提供的有功功率 P 和无功功率 Q。

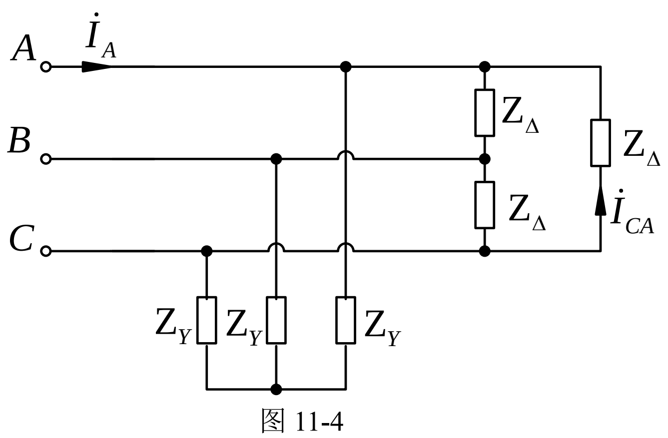
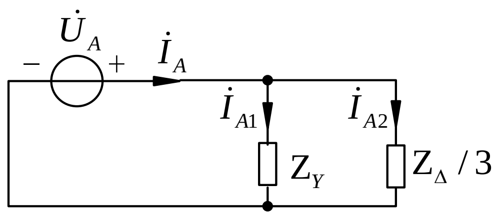


图 11-4

【解】

单相等值电路$\dot{U}_A = 220\angle -30^\circ$ V



$$\dot{I}_A = \frac{220\angle -30^\circ}{4+j3} = 44\angle -66.9^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{A2} = \frac{\dot{I}_A}{2} = 22\angle -66.9^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{AB} = 12.7\angle -36.9^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{CA} = 12.7\angle 83.1^\circ \text{ A}$$

$$P = 3U_A I_A \cos\varphi = 3\times 220\times 44\times \cos(-30^\circ + 66.9^\circ) = 23232\text{W}$$

$$Q = 3U_A I_A \sin\varphi = 3\times 220\times 44\times \sin(-30^\circ + 66.9^\circ) = 17424\text{var}$$

5. 对称三相正弦稳态电路如图 11-5 所示，已知负载侧线电压为$\dot{U}_{A'B'}$=380∠30° V，线路阻抗$Z_l = (1+\text{j})\ \Omega$，三角形联接负载阻抗$Z = (60+\text{j}60)\ \Omega$。求：（1）电源侧线电压$\dot{U}_{AB}$、线电流$\dot{I}_B$；（2）功率表的读数$P$。

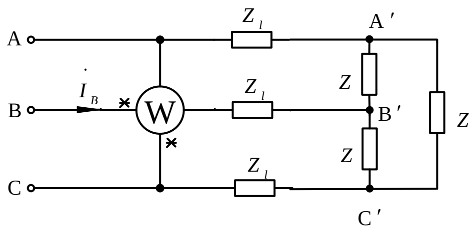
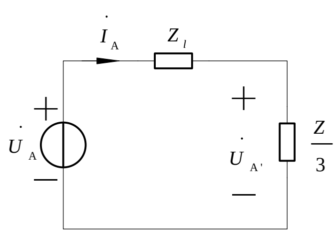


图 11-5

【解】

对称三相电路的单相等值电路为



因为$\dot{U}_{\mathrm{A'B'}}=380\angle 30^{\circ}\mathrm{V}$，所以$\dot{U}_{\mathrm{A'}}=220\angle 0^{\circ}\mathrm{V}$

则 $\dot{I}_{\mathrm{A}}=\dfrac{\dot{U}_{\mathrm{A'}}}{\dfrac{60+\mathrm{j}60}{3}}=\dfrac{220\angle 0^{\circ}}{20\sqrt{2}\angle 45^{\circ}}=\dfrac{11}{\sqrt{2}}\angle -45^{\circ}=7.78\angle -45^{\circ}\mathrm{A}$

由对称性可得 $\dot{I}_{\mathrm{B}}=\dot{I}_{\mathrm{A}}\cdot 1\angle -120^{\circ}=7.78\angle -165^{\circ}\mathrm{A}$

因为$\dot{U}_{\mathrm{A}}=\dot{I}_{\mathrm{A}}\cdot Z_{l}+\dot{U}_{\mathrm{A'}}=7.78\angle -45^{\circ}\times(1+\mathrm{j})+220\angle 0^{\circ}=11\angle 0^{\circ}+220\angle 0^{\circ}=231\angle 0^{\circ}\mathrm{V}$

由线电压与相电压的关系可知$\dot{U}_{\mathrm{AB}}=\sqrt{3}\angle 30^{\circ}\cdot 231\angle 0^{\circ}=231\sqrt{3}\angle 30^{\circ}=400\angle 30^{\circ}\mathrm{V}$

由对称性得$\dot{U}_{\mathrm{CA}}=\dot{U}_{\mathrm{AB}}\cdot 1\angle 120^{\circ}=400\angle 150^{\circ}\mathrm{V}$

功率表的读数 $P=U_{\mathrm{CA}}\cdot I_{\mathrm{B}}\cdot\cos\left(150^{\circ}+165^{\circ}\right)=400\times 7.78\times\cos 45^{\circ}=2200\mathrm{W}$

第十三章

1. 图 13-1 所示电路中，非线性电阻的特性方程为 $i = u^2 (u > 0)$，求电压 u。

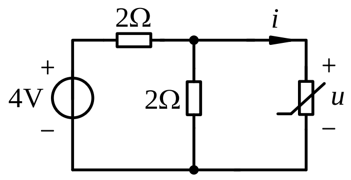


图 13-1

【解】

$$\begin{cases} u = 2 - i \\ i = u^2 \end{cases}$$

$$u^2 + u - 2 = 0$$

解之得：$\begin{cases} u = -2(\text{舍去}) \\ u = 1 \end{cases}$

2. 如图 13-2 所示电路，已知非线性电阻的特性方程为 $u = i^2 + 1 \quad (i > 0)$，求电路在工作点处的动态电阻 R_d。

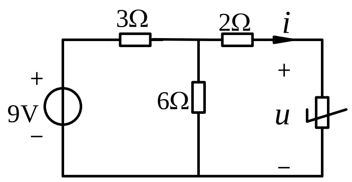
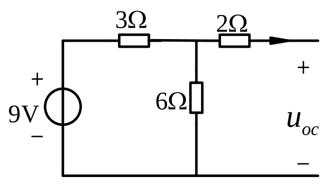


图 13-2

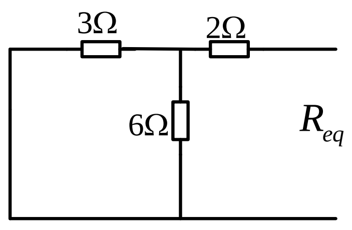
【解】

1）求开路电压



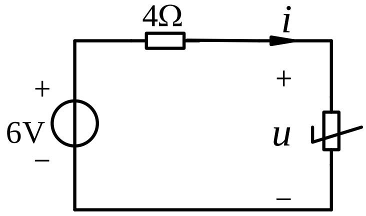
$$u_{oc} = \frac{6}{3+6} \times 9 = 6\text{V}$$

2）求等效电阻



$$R_{eq} = 3 // 6 + 2 = 4\Omega$$

3）画等效电路求解静态工作点



$i^2+1=6\text{-}4i \qquad i=-5\text{A}$ 或 $i=1\text{A}$

4）求动态电阻

$$R_d=\frac{du}{di}=2i\big|_{i=1}=2\Omega$$

3. 图 13-3 所示电路中，非线性电阻的伏安关系为$u=3i^2$（$i>0$），求：（1）非线性电阻左侧电路的戴维南等效电路；（2）求 u、i。

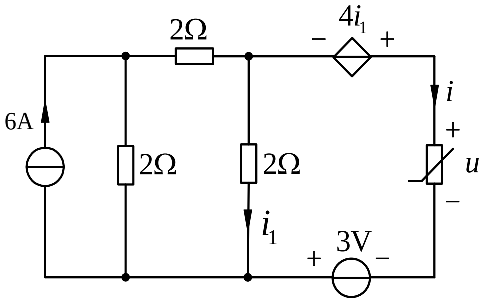
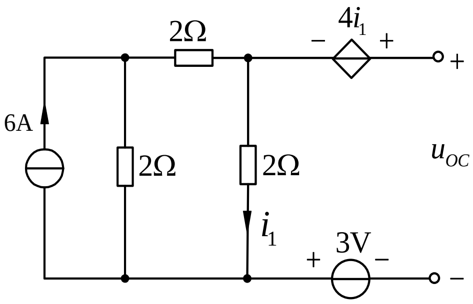


图 13-3

【解】

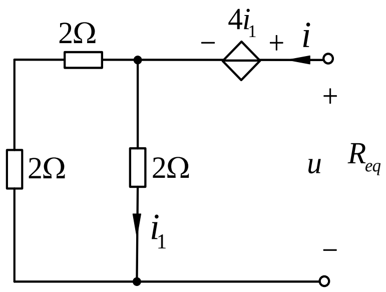
（1）求开路电压u_{OC}



$$i_1=\frac{2}{2+4}\times 6=2\text{A}$$

$$u_{OC}=4i_1+2i_1+3=15\text{V}$$

（2）除源 求 R_{eq}

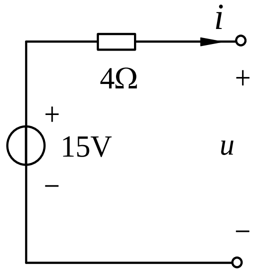


$$i = 1.5i_1$$

$$u = 4i_1 + 2i_1 = 6i_1$$

$$R_{eq} = \frac{u}{i} = \frac{6i_1}{1.5i_1} = 4\Omega$$

（3）戴维南等效电路



端口 VAR 为 $u = 15 - 4i$

则　$3i^2 = 15 - 4i$

解之得　$\begin{cases} i = \dfrac{5}{3}\text{A} \\ i = -3\text{A}(\text{舍}) \end{cases}$

所以 $\begin{cases} u = \dfrac{25}{3}\text{V} \\ i = \dfrac{5}{3}\text{A} \end{cases}$

4. 图 13-4 所示电路中，非线性电阻的 VAR 为 $u = i^2\left(i > 0\right)$，$i_s\left(t\right) = 0.02\sin t\,\text{A}$ 。用小信号分析法求 i 。

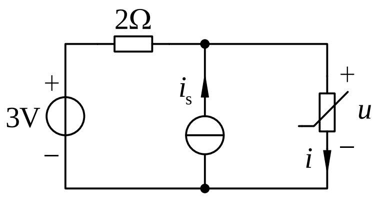
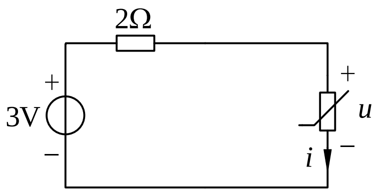


图 13-4

【解】

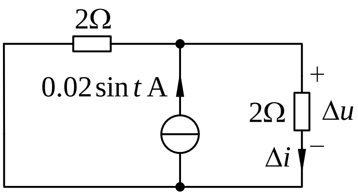
求直流工作点



列回路 KVL 方程：$3 = 2i + i^2$

解得 $i = 1\text{A}$ 或 -3A（舍）

$$R_\mathrm{d} = \left.\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}i}\right|_{i=1} = 2\,\Omega$$



$$\Delta i = \frac{1}{2} \times 0.02\sin t = 0.01\sin t\ \text{A}$$

$$i = i + \Delta i = 1 + 0.01\sin t\ \text{A}$$