**1.5.9** 在图 1.10 中，五个元器件代表电源或负载。电流和电压的参考方向如图中所示，今通过实验测量得知

$$I_1 = -4\ \text{A} \quad I_2 = 6\ \text{A} \quad I_3 = 10\ \text{A}$$

$$U_1 = 140\ \text{V} \quad U_2 = -90\ \text{V} \quad U_3 = 60\ \text{V}$$

$$U_4 = -80\ \text{V} \quad U_5 = 30\ \text{V}$$

（1）试标出各电流的实际方向和各电压的实际极性（可另画一图）；

（2）判断哪些元器件是电源，哪些是负载；

（3）计算各元器件的功率，电源发出的功率和负载取用的功率是否平衡？

解：（1）五个元器件中电流和电压的实际方向可根据参考方向和实验测量结果确定：实验测量结果为正值，说明实际方向与参考方向相同；实验测量结果为负值，说明实际方向与参考方向相反。题解图 1.04 标出了各电流的实际方向和各电压的实际极性。

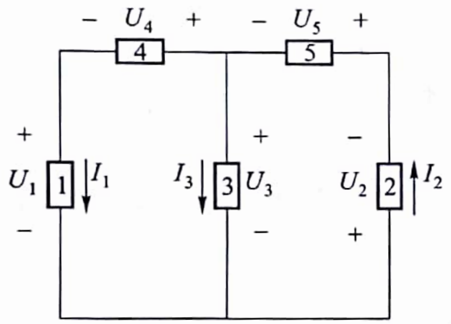
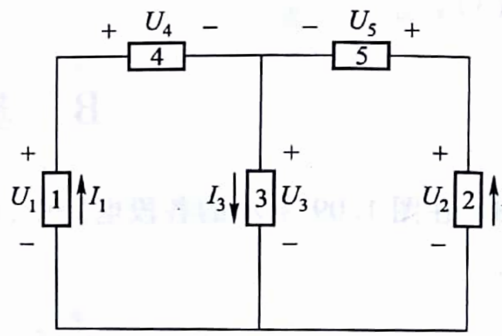


图 1.10　习题 1.5.9 的图



题解图 1.04　习题 1.5.9 的解

（2）电压与电流实际方向相同的元器件吸收电能（正电荷由高电位流向低电位失去能量），为负载；电压与电流实际方向相反的元器件释放电能（正电荷由低电位流向高电位获得能量），为电源。因此，根据题解图 1.04 可以得知元器件 1、2 为电源，3、4、5 为负载。

（3）因为各元器件电压、电流为关联参考方向，故吸收的功率分别为

$$P_1 = U_1 I_1 = [140 \times (-4)]\ \text{W} = -560\ \text{W}$$

$$P_2 = U_2 I_2 = [(-90) \times 6]\ \text{W} = -540\ \text{W}$$

$$P_3 = U_3 I_3 = 60 \times 10\ \text{W} = 600\ \text{W}$$

$$P_4 = U_4 I_1 = [(-80) \times (-4)]\ \text{W} = 320\ \text{W}$$

$$P_5 = U_5 I_2 = 30 \times 6\ \text{W} = 180\ \text{W}$$

电源发出的功率　$\sum P_{发} = P_1 + P_2 = (560 + 540)\ \text{W} = 1\ 100\ \text{W}$

负载吸收的功率　$\sum P_{吸} = P_3 + P_4 + P_5 = (600 + 320 + 180)\ \text{W} = 1\ 100\ \text{W}$

$$\sum P_{发} = \sum P_{吸}$$

二者相等，整个电路的功率平衡。

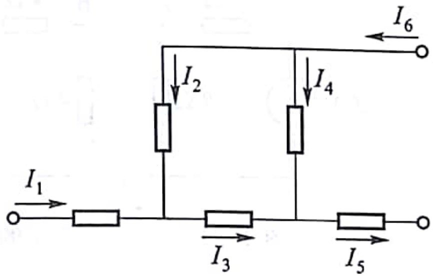



图 1.17　习题 1.6.3 的图

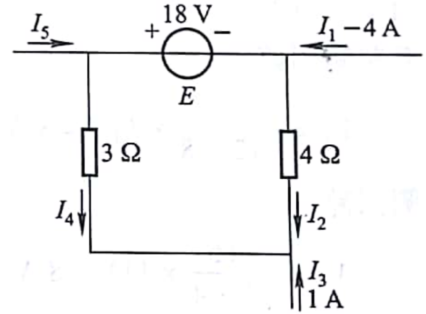



图 1.18　习题 1.6.4 的图

**1.6.4**　在图 1.18 所示的部分电路中，计算电流 $I_2$，$I_4$ 和 $I_5$。

**解**：将 $I_1$、$I_3$、$I_5$ 三条支路构成的电路看作是一个广义结点，由基尔霍夫电流定律可得

$$I_1+I_3+I_5=0$$

故

$$I_5=-(I_1+I_3)=-(-4+1)\ \text{A}=3\ \text{A}$$

**1.6.5**　计算图 1.19 所示电路中的电流 $I_1$，$I_2$，$I_3$，$I_4$ 和电压 $U$。

**解**：设电流 $I_1$、$I_2$、$I_3$、$I_4$ 流过的电阻上的电压分别为 $U_1$、$U_2$、$U_3$、$U_4$，方向与该电流方向相同。

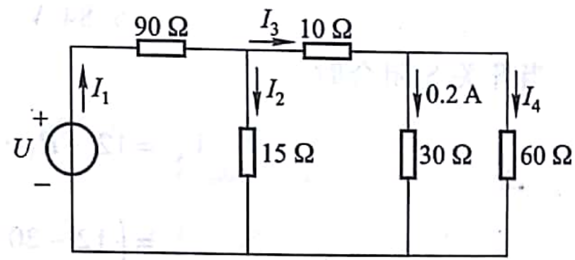



图 1.19　习题 1.6.5 的图

由图 1.19 可知　$U_4=0.2\times30\ \text{V}=6\ \text{V}$

则

$$I_4=\frac{U_4}{60}=\frac{6}{60}\ \text{A}=0.1\ \text{A}$$

$$I_3=I_4+0.2=(0.1+0.2)\text{A}=0.3\ \text{A}$$

$$U_3=10I_3=0.3\times10\ \text{V}=3\ \text{V}$$

$$U_2 = U_3 + U_4 = (3 + 6)\ V = 9\ V$$

$$I_2 = \frac{U_2}{15} = \frac{9}{15}\ A = 0.6\ A$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = (0.6 + 0.3)\ A = 0.9\ A$$

$$U_1 = 90I_1 = 0.9 \times 90\ V = 81\ V$$

$$U = U_1 + U_2 = (81 + 9)\ V = 90\ V$$

**1.7.7** 图 1.25 所示是某晶体管静态（直流）工作时的等效电路，图中 $I_C = 1.5\ \text{mA}$，$I_B = 0.04\ \text{mA}$。试求 CB 间和 BE 间的等效电阻 $R_{CB}$ 和 $R_{BE}$，并计算 C 点和 B 点的电位 $V_C$ 和 $V_B$①。

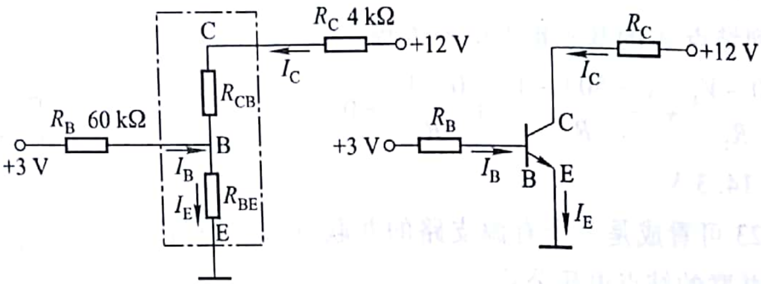



图 1.25　习题 1.7.7 的图

解：由基尔霍夫电流定律　$I_E = I_B + I_C = (0.04 + 1.5)\ \text{mA} = 1.54\ \text{mA}$

B 点电位 $V_B = 3 - I_B \cdot R_B = (3 - 0.04 \times 10^{-3} \times 60 \times 10^3)\ \text{V} = 0.6\ \text{V}$

C 点电位 $V_C = 12 - I_C \cdot R_C = (12 - 1.5 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^3)\ \text{V} = 6\ \text{V}$

BE 间等效电阻　$R_{BE} = \dfrac{V_B}{I_E} = \dfrac{0.6}{1.54 \times 10^{-3}}\ \Omega = 389.6\ \Omega \approx 390\ \Omega$

CB 间等效电阻　$R_{CB} = \dfrac{V_C - V_B}{I_C} = \dfrac{6 - 0.6}{1.5 \times 10^{-3}}\ \Omega = 3.6\ \text{k}\Omega$

**1.7.8**　在图 1.26 所示电路中，已知 $U_1 = 12$ V，$U_2 = -12$ V，$R_1 = 2$ kΩ，$R_2 = 4$ kΩ，$R_3 = 1$ kΩ，$R_4 = 4$ kΩ，$R_5 = 2$ kΩ。试求：(1) 各支路电流 $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$；(2) A 点和 B 点的电位 $V_A$ 和 $V_B$。

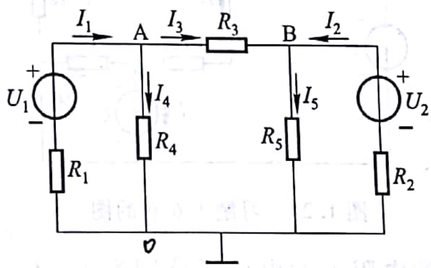



图 1.26　习题 1.7.8 的图

解：先列 A、B 两点的基尔霍夫电流方程

结点 A：　$I_1 - I_3 - I_4 = 0$

结点 B：　$I_2 + I_3 - I_5 = 0$

其中

$$I_1 = -\frac{V_A - U_1}{R_1} \qquad I_2 = -\frac{V_B - U_2}{R_2} \qquad I_3 = \frac{V_A - V_B}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{V_A}{R_4} \qquad I_5 = \frac{V_B}{R_5}$$

代入上述电流方程得

结点 A：
$$-\frac{V_A - U_1}{R_1} - \frac{V_A - V_B}{R_3} - \frac{V_A}{R_4} = 0$$

结点 B：
$$-\frac{V_B - U_2}{R_2} + \frac{V_A - V_B}{R_3} - \frac{V_B}{R_5} = 0$$

整理得

$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)V_A-\frac{1}{R_3}V_B=\frac{U_1}{R_1}$$

$$-\frac{1}{R_3}V_A+\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_5}\right)V_B=\frac{U_2}{R_2}$$

代入已知数据联立求解得 $V_A=3.64\ \text{V}\quad V_B=0.364\ \text{V}$

故

$$I_1=-\frac{3.64-12}{2\times10^3}\ \text{A}=4.18\ \text{mA}$$

$$I_2=-\frac{0.364+12}{4\times10^3}\ \text{A}=-3.09\ \text{mA}$$

$$I_3=\frac{3.64-0.364}{1\times10^3}\ \text{A}=3.276\ \text{mA}$$

$$I_4=\frac{3.64}{4\times10^3}\ \text{A}=0.91\ \text{mA}$$

$$I_5=\frac{0.364}{2\times10^3}\ \text{A}=0.182\ \text{mA}$$

此题分析求解过程实质上就是以结点电压为变量、以基尔霍夫电流定律为基础的多结点的结点电压分析法。

**2.3.6** 电路如图 2.27 所示，试求 $I, I_1, U_S$；并判断 20 V 的理想电压源和 5 A 的理想电流源是电源还是负载？

**解：** 由图 2.27 可以看出，与 $U_{S1}$ 并联的电阻 $R_2$ 和与 $I_S$ 串联的电阻 $R_3$ 对于电阻 $R_4$ 中的电流 $I$ 没有影响，因此在求解 $I$ 时可将原电路进行化简，如题解图 2.13(a)、(b)、(c)所示。

$$I=\frac{U_{S1}-U_{S2}}{R_1+R_4}=\frac{20-10}{2+8}\ \mathrm{A}=1\ \mathrm{A}$$

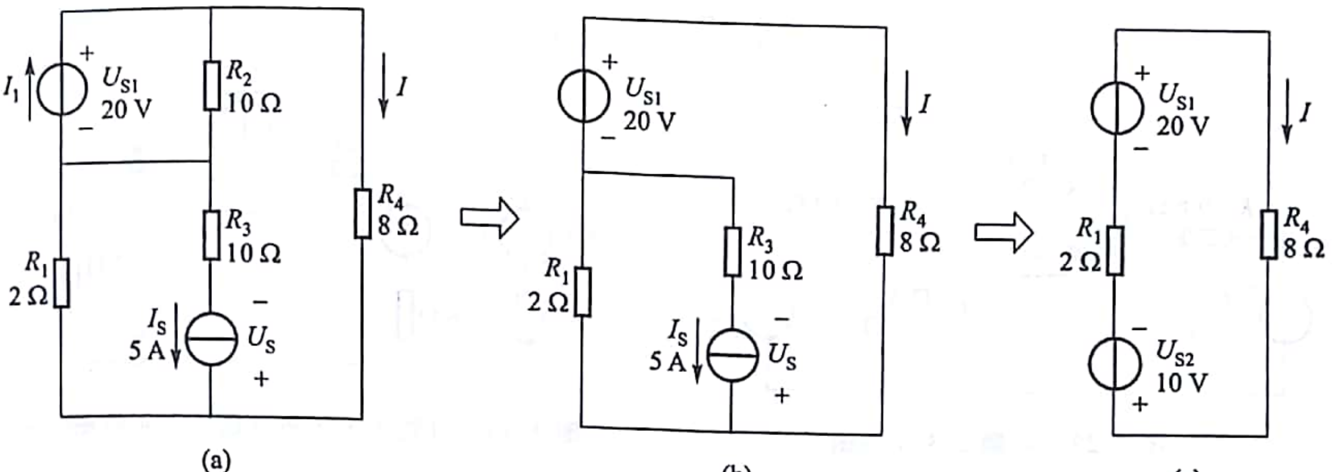
由基尔霍夫定律和题解图 2.13(a)

$$I_1=\frac{U_{S1}}{R_2}+I=\frac{20}{10}+1\ \mathrm{A}=3\ \mathrm{A}$$

$$\begin{aligned}U_S&=(I_S+I)R_1+I_SR_3\\&=[(5+1)\times 2+5\times 10]\ \mathrm{V}\end{aligned}$$

$$=(12+50)\ \mathrm{V}=62\ \mathrm{V}$$

此题中求 $I$ 也可直接运用戴维宁定理。




题解图 2.13　习题 2.3.6 的解

**2.3.7**　计算图 2.28 中的电流 $I_3$。

解：将图 2.28 电路中的 $I_S$ 和 $R_4$ 的并联电路等效变换为电压源 $U_S$ 与电阻 $R_4$ 的串联电路，如题解图 2.14 所示。

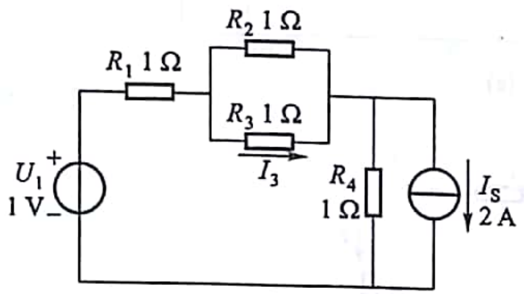
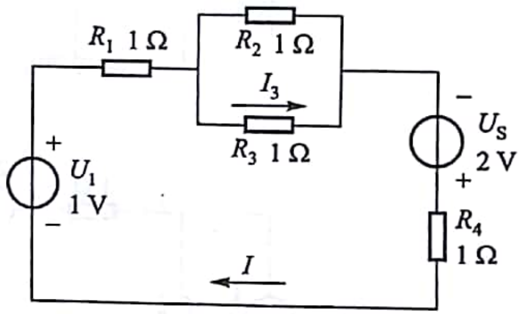



图 2.28　习题 2.3.7 的图




题解图 2.14　习题 2.3.7 的解

图中电流

$$I=\frac{U_1+U_S}{R_1+R_2/\!/R_3+R_4}=\frac{1+2}{1+\dfrac{1\times 1}{1+1}+1}\ \mathrm{A}=1.2\ \mathrm{A}$$

则

$$I_3=\frac{1}{2}I=\frac{1}{2}\times 1.2\ \mathrm{A}=0.6\ \mathrm{A}$$

**2.3.9** 试用电压源与电流源等效变换的方法计算图 2.30 中 2 Ω 电阻中的电流 $I$。

**解：** 图 2.30 电路经电压源与电流源之间的等效变换[如题解图 2.15(a)、(b)、(c)、(d)所示]可得

$$I=\frac{6}{4+2}\ \text{A}=1\ \text{A}$$

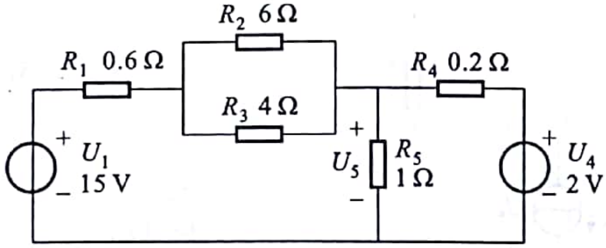



图 2.29　习题 2.3.8 的图

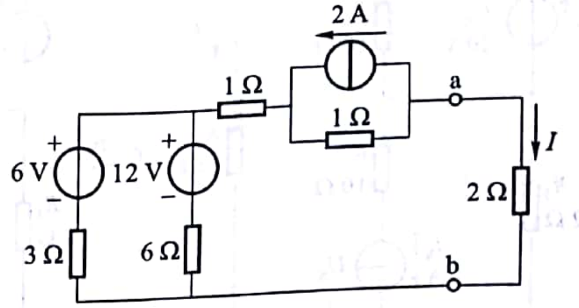
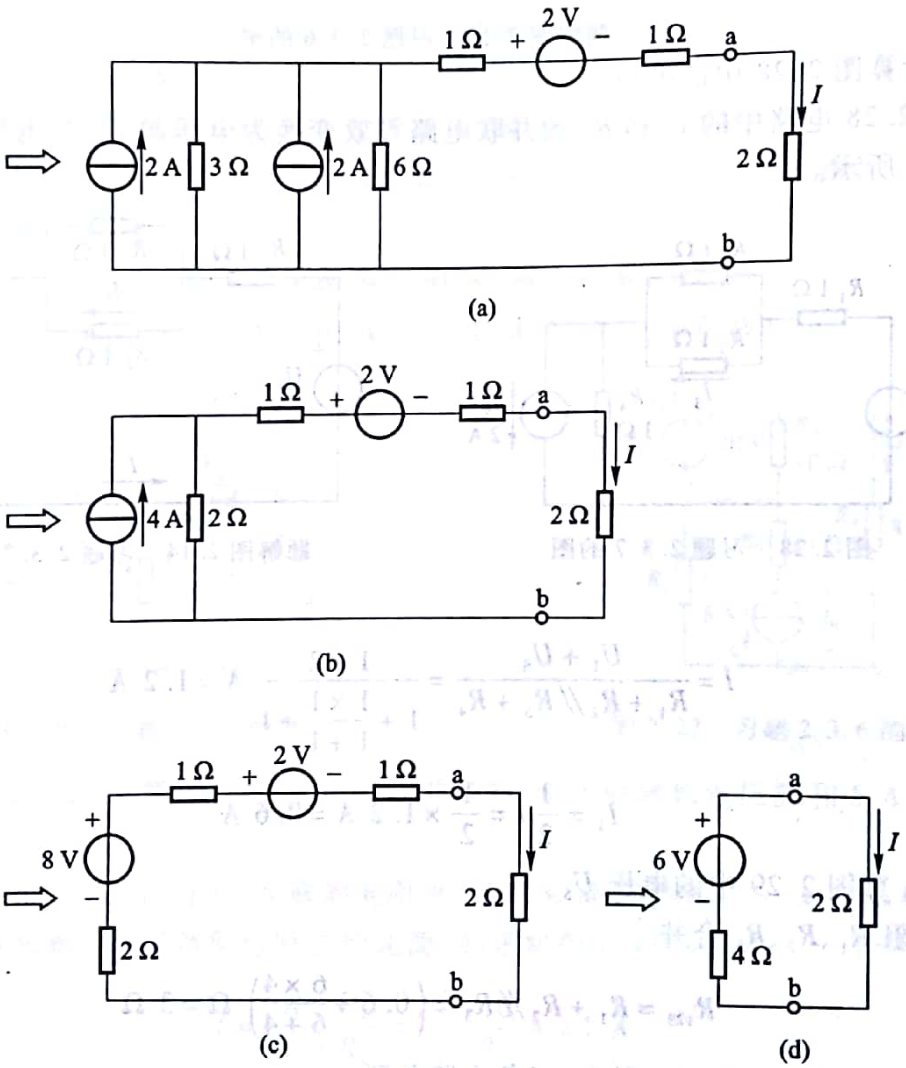



图 2.30　习题 2.3.9 和习题 2.7.4 的图




题解图 2.15　习题 2.3.9 的解

**2.6.3** 在图 2.35 中，(1) 当将开关 S 合在 a 点时，求电流 $I_1$，$I_2$ 和 $I_3$；(2) 当将开关 S 合在

b 点时，利用(1)的结果，用叠加定理计算电流 $I_1$，$I_2$ 和 $I_3$。

解：(1) 当将开关 S 合在 a 点时，由结点电压法可得

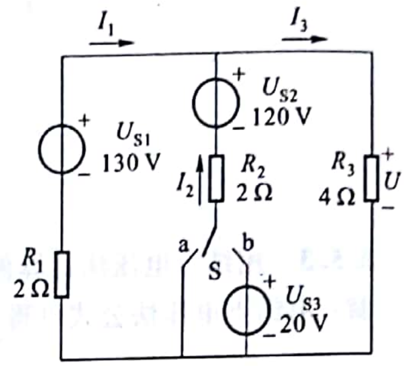



图 2.35　习题 2.6.3 的图

$$U=\frac{\frac{U_{S1}}{R_1}+\frac{U_{S2}}{R_2}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}=\frac{\frac{130}{2}+\frac{120}{2}}{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}}\ \text{V}=100\ \text{V}$$

则

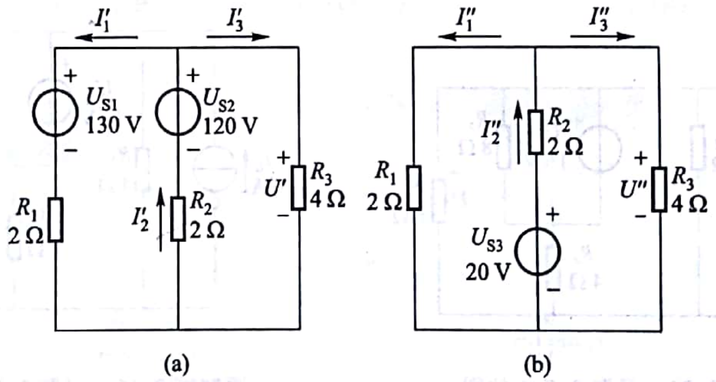
$$I_1=\frac{U_{S1}-U}{R_1}=\frac{130-100}{2}\ \text{A}=15\ \text{A}$$

$$I_2=\frac{U_{S2}-U}{R_2}=\frac{120-100}{2}\ \text{A}=10\ \text{A}$$

$$I_3=\frac{U}{R_3}=\frac{100}{4}\ \text{A}=25\ \text{A}$$

(2) 当将开关 S 合在 b 点时，由 $U_{S1}$、$U_{S2}$ 和 $U_{S3}$ 共同作用在各支路产生的电流 $I_1$、$I_2$、$I_3$ 等于由(1)中 $U_{S1}$ 和 $U_{S2}$ 作用产生的电流分量[如题解图 2.17(a)所示] $I_1'=15\ \text{A}$、$I_2'=10\ \text{A}$、$I_3'=25\ \text{A}$ 与由 $U_{S3}$ 单独作用产生的电流分量[如题解图 2.17(b)所示] $I_1''$、$I_2''$、$I_3''$ 的叠加。由题解图 2.17 可求出 $I_1''$、$I_2''$、$I_3''$，即

$$U''=\frac{\frac{U_{S3}}{R_2}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}=\frac{\frac{20}{2}}{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}}\ \text{V}=8\ \text{V}$$




题解图 2.17　习题 2.6.3 的解

则

$$I_1''=\frac{U''}{R_1}=\frac{8}{2}\ \text{A}=4\ \text{A}$$

$$I_2''=\frac{U_{S3}-U''}{R_2}=\frac{20-8}{2}\ \text{A}=6\ \text{A}$$

$$I_3''=\frac{U''}{R_3}=\frac{8}{4}\ \text{A}=2\ \text{A}$$

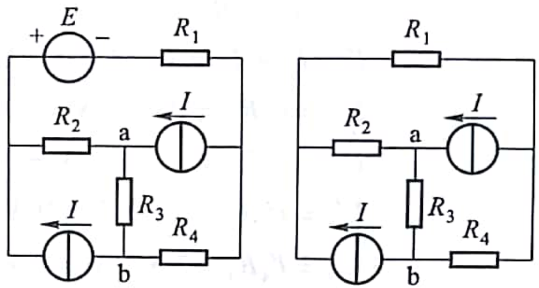
由叠加定理以及各电流的参考方向可得

$$I_1=I_1'-I_1''=(15-4)\ \text{A}=11\ \text{A}$$

$$I_2 = I'_2 + I''_2 = (10 + 6)\ \text{A} = 16\ \text{A}$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3 = (25 + 2)\ \text{A} = 27\ \text{A}$$

**2.6.4** 电路如图 2.36(a)所示,$E = 12$ V,$R_1 = R_2 = R_3 = R_4$,$U_{ab} = 10$ V。若将理想电压源除去后[图 2.36(b)],试问这时 $U_{ab}$ 等于多少?



(a) (b)

图 2.36 习题 2.6.4 的图

**解**:设只有两个电流源 $I$ 作用时 a、b 之间的电压(即 $R_3$ 上电压)为 $U'_{ab}$;仅电压源 $E$ 作用时 a、b 之间的电压($R_3$ 上电压)为 $U''_{ab}$,则由叠加定理得

$$U_{ab} = U'_{ab} + U''_{ab}$$

而由图 2.36(a)当 $E$ 单独作用,两个 $I$ 不作用($I$ 取零值,即该处断路)时的电路可知

$$U''_{ab} = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \cdot E = \frac{1}{4}E = 3\ \text{V}$$

故图 2.36(a)中当理想电压源 $E$ 被除去(该处短接)后[图 2.36(b)],a、b 之间电压

$$U'_{ab} = U_{ab} - U''_{ab} = (10 - 3)\ \text{V} = 7\ \text{V}$$

$$E = U_0 = 30\ \text{V}$$

$$R_0 = 4\ \Omega$$

故

$$I = \frac{E}{R_0 + R_2} = \frac{30}{4+1}\ \text{A} = 6\ \text{A}$$

**2.7.4** 应用戴维宁定理计算图 2.30 中 2 Ω 电阻中的电流 $I$。

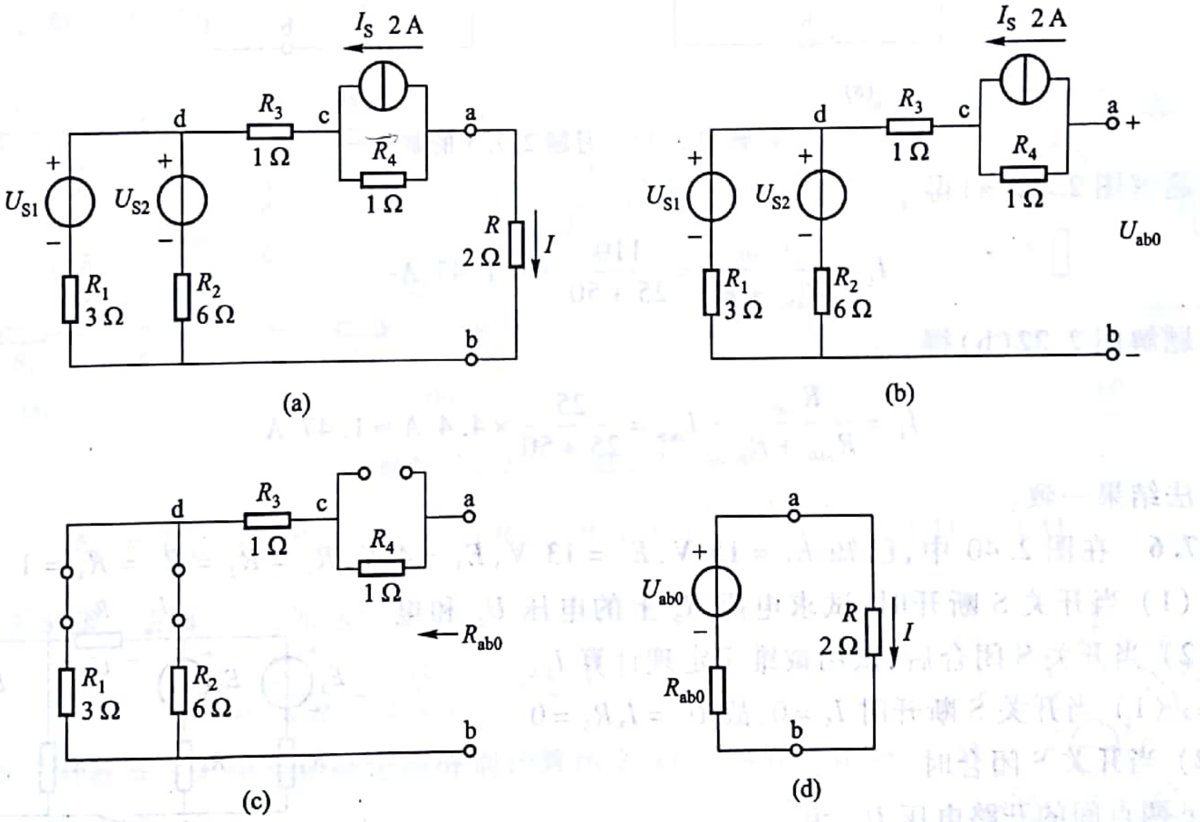
**解：**（1）求 a、b 间开路电压 $U_{\text{ab0}}$［题解图 2.21(b)］

$$U_{\text{ab0}} = U_{\text{ac0}} + U_{\text{cd0}} + U_{\text{db0}} = -I_S R_4 + 0 + \frac{\dfrac{U_{S1}}{R_1} + \dfrac{U_{S2}}{R_2}}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}}$$

$$= \left( -2 \times 1 + 0 + \frac{\dfrac{6}{3} + \dfrac{12}{6}}{\dfrac{1}{3} + \dfrac{1}{6}} \right) \text{V} = 6\ \text{V}$$

（2）求 a、b 间等效电阻 $R_{\text{ab0}}$［题解图 2.21(c)］

$$R_{\text{ab0}} = (R_1 /\!/ R_2) + R_3 + R_4 = \left( \frac{3 \times 6}{3+6} + 1 + 1 \right)\ \Omega = 4\ \Omega$$




题解图 2.21　习题 2.7.4 的解

（3）求电流 $I$

由题解图 2.21(d)所示戴维宁等效电路

$$I = \frac{U_{\text{ab0}}}{R_{\text{ab0}} + R} = \frac{6}{4+2}\ \text{A} = 1\ \text{A}$$

**2.7.10** 电路如图 2.44 所示，试计算电阻 $R_L$ 上的电流 $I_L$：(1) 用戴维宁定理；(2) 用诺顿定理。

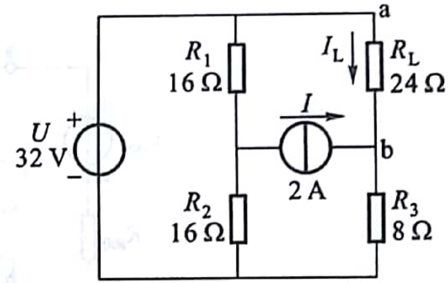



图 2.44　习题 2.7.10 的图

解：(1) 用戴维宁定理

① 求 a、b 间的开路电压 $U_{ab0}$

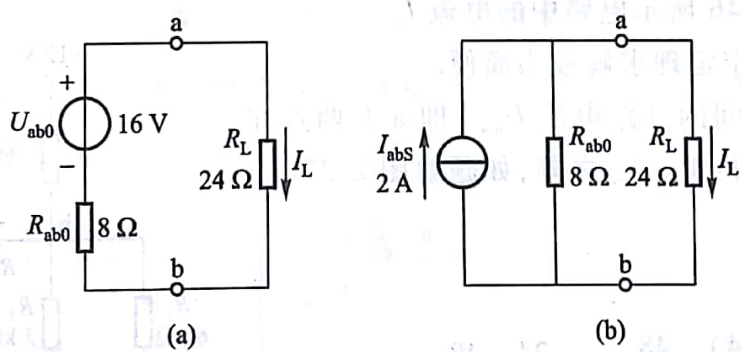
$$U_{ab0} = U - IR_3 = (32 - 2\times 8)\ \text{V} = 16\ \text{V}$$

② 求 a、b 间除源后的等效电阻 $R_{ab0}$

$$R_{ab0} = R_3 = 8\ \Omega$$

③ 由戴维宁等效电路[题解图 2.25(a)]求 $I_L$

$$I_L = \frac{U_{ab0}}{R_{ab0}+R_L} = \frac{16}{8+24}\ \text{A} = 0.5\ \text{A}$$




题解图 2.25　习题 2.7.10 的解

(2) 用诺顿定理

① 求 a、b 间的短路电流 $I_{\mathrm{abS}}$

$$I_{\mathrm{abS}}=\frac{U}{R_3}-I=\left(\frac{32}{8}-2\right)\ \mathrm{A}=2\ \mathrm{A}$$

② 求 a、b 间除源后的等效电阻 $R_{\mathrm{ab0}}$

同(1)中②

③ 由诺顿等效电路[题解图 2.25(b)]求 $I_{\mathrm{L}}$

$$I_{\mathrm{L}}=\frac{R_{\mathrm{ab0}}}{R_{\mathrm{ab0}}+R_{\mathrm{L}}}\cdot I_{\mathrm{abS}}=\left(\frac{8}{8+24}\times 2\right)\ \mathrm{A}=0.5\ \mathrm{A}$$

**2.7.11** 电路如图 2.45 所示，当 $R=4\ \Omega$ 时，$I=2$ A。求当 $R=9\ \Omega$ 时，$I$ 等于多少？

**解：**图 2.45 电路中 a、b 两点左边的部分为线性含源二端网络，可等效为戴维宁等效电路，如题解图 2.26(a)所示，其中

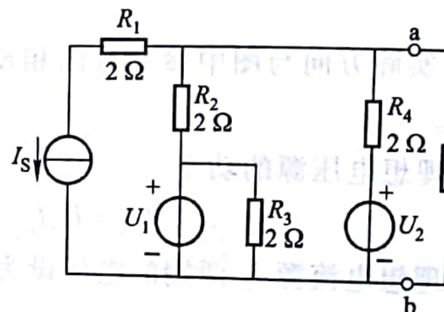



图 2.45　习题 2.7.11 的图

$$U_{\mathrm{ab0}}=I(R_{\mathrm{ab0}}+R)$$

而由题解图 2.26(b)可得

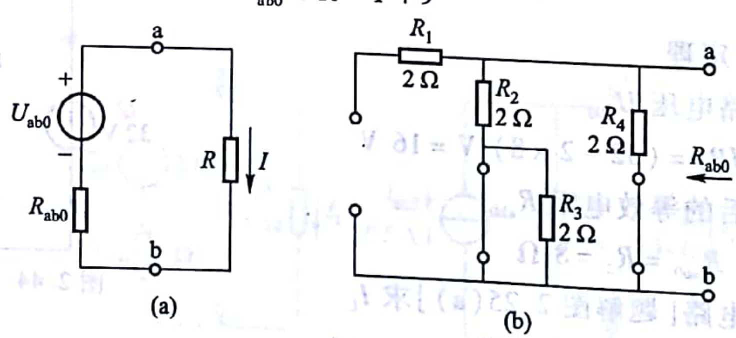
$$R_{\mathrm{ab0}}=R_2/\!/R_4=\frac{2\times 2}{2+2}\ \Omega=1\ \Omega$$

故由已知条件及上面表达式得

$$U_{\mathrm{ab0}}=I(R_{\mathrm{ab0}}+R)=2\times(1+4)\ \mathrm{V}=10\ \mathrm{V}$$

则当 $R=9\ \Omega$ 时

$$I=\frac{U_{\mathrm{ab0}}}{R_{\mathrm{ab0}}+R}=\frac{10}{1+9}\ \mathrm{A}=1\ \mathrm{A}$$




题解图 2.26　习题 2.7.11 的解

**2.7.12** 试求图 2.46 所示电路中

3.3.6 电路如图 3.10 所示，在开关 S 闭合前电路已处

于稳态，求开关闭合后的电压 $u_C$。

解：由换路定则

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = I_S \cdot R_1$$
$$= 9 \times 10^{-3} \times 6 \times 10^3 \text{ V}$$
$$= 54 \text{ V}$$

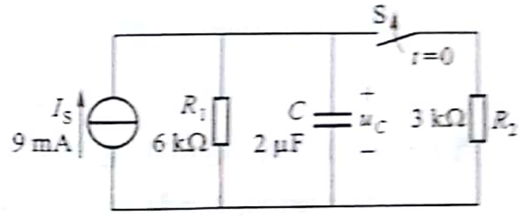



图 3.10　习题 3.3.6 的图

$$u_C(\infty) = I_S(R_1 /\!/ R_2)$$
$$= 9 \times 10^{-3} \times \frac{6 \times 3}{6+3} \times 10^3 \text{ V}$$
$$= 18 \text{ V}$$

$$\tau = (R_1 /\!/ R_2)C = \frac{6 \times 3}{6+3} \times 10^3 \times 2 \times 10^{-6} \text{ s} = 0.004 \text{ s} = 4 \text{ ms}$$

根据三要素法，$t \geqslant 0$ 时

$$u_C = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$
$$= (18 + 36e^{-250t}) \text{ V}$$

本题中 $t=0$ 时 S 闭合，换路前电容器 $C$ 有初始储能为非零状态，换路后电路中有电源激励为非零输入，因此 $u_C$ 的变化过程是两者共同作用下的全响应，因此可以在求得 $u_C(0_-)$ 和 $u_C(\infty)$ 后直接利用全响应表达式

$$\underbrace{u_C}_{\text{全响应}} = \underbrace{u_C(0_+)e^{-\frac{t}{\tau}}}_{\text{零输入响应}} + \underbrace{u_C(\infty)(1-e^{-\frac{t}{\tau}})}_{\text{零状态响应}}$$

求得最后结果。

**3.6.4** 在图 3.19 所示电路中，$U=15\ \text{V}, R_1=R_2=R_3=30\ \Omega, L=2\ \text{H}$。换路前电路已处于稳态，试求当将开关 S 从位置 1 合到位置 2 后（$t\geqslant 0$）的电流 $i_L, i_2, i_3$。

**解**：由换路定则可知

$$i_L(0_+)=i_L(0_-)=\frac{U}{R_2}=\frac{15}{30}\ \text{A}=0.5\ \text{A}$$

又

$$i_L(\infty)=0$$

$$\tau=\frac{L}{(R_1+R_2)/\!/R_3}=\frac{2}{\dfrac{(30+30)\times 30}{30+30+30}}=\frac{2}{20}\ \text{s}=0.1\ \text{s}$$

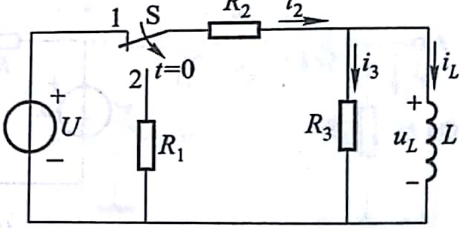


图 3.19　习题 3.6.4 的图

则当 $t \geqslant 0$ 时

$$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0_+) - i_L(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = 0.5e^{-10t} \text{ A}$$

$$u_L(t) = L\frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t} = 2 \times 0.5 \times (-10) \times e^{-10t} \text{ V} = -10e^{-10t} \text{ V}$$

$$i_3(t) = \frac{u_L(t)}{R_3} = \frac{-10e^{-10t}}{30} \text{ A} = -\frac{1}{3}e^{-10t} \text{ A} = -0.333e^{-10t} \text{ A}$$

$$i_2(t) = -\frac{u_L(t)}{R_1 + R_2} = -\frac{-10e^{-10t}}{30 + 30} \text{ A} = \frac{1}{6} e^{-10t} \text{ A} = 0.167e^{-10t} \text{ A}$$

3.6.6 电路如图 3.21 所示，试用三要素法求 $t \geqslant 0$ 时的 $i_1$，$i_2$ 及 $i_L$。换路前电路处于稳态。

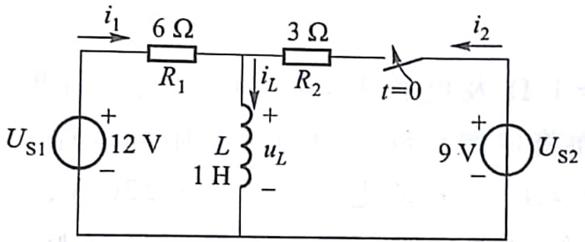



图 3.21　习题 3.6.6 的图

解：(1) 求初始值($t=0_+$)

由换路定则

$$i_L(0_+)=i_L(0_-)=\frac{U_{S1}}{R_1}=\frac{12}{6}\ \text{A}=2\ \text{A}$$

由基尔霍夫电流定律和电压定律

$$\begin{cases} i_1(0_+)+i_2(0_+)=i_L(0_+) \\ R_1i_1(0_+)-R_2i_2(0_+)=U_{S1}-U_{S2} \end{cases}$$

代入已知参数联立求解得

$$i_1(0_+)=i_2(0_+)=1\ \text{A}$$

(2) 求稳态值($t=\infty$)

稳态时 $L$ 相当于短路，故

$$i_1(\infty)=\frac{U_{S1}}{R_1}=\frac{12}{6}\ \text{A}=2\ \text{A}$$

$$i_2(\infty)=\frac{U_{S2}}{R_2}=\frac{9}{3}\ \text{A}=3\ \text{A}$$

$$i_L(\infty)=i_1(\infty)+i_2(\infty)=(2+3)\ \text{A}=5\ \text{A}$$

(3) 求电路暂态过程的时间常数

$$\tau=\frac{L}{R}=\frac{L}{R_1/\!/R_2}=\frac{1}{\frac{6\times3}{6+3}}\ \text{s}=\frac{1}{2}\ \text{s}$$

(4) 根据三要素法求 $i_L$、$i_1$、$i$

$$i_L(t)=i_L(\infty)+[i_L(0_+)-i_L(\infty)]\text{e}^{-\frac{t}{\tau}}=[5+(2-5)\text{e}^{-2t}]\ \text{A}=(5-3\text{e}^{-2t})\ \text{A}$$

$$i_1(t)=i_1(\infty)+[i_1(0_+)-i_1(\infty)]\text{e}^{-\frac{t}{\tau}}=[2+(1-2)\text{e}^{-2t}]\ \text{A}=(2-\text{e}^{-2t})\ \text{A}$$

$$i_2(t)=i_2(\infty)+[i_2(0_+)-i_2(\infty)]\text{e}^{-\frac{t}{\tau}}=[3+(1-3)\text{e}^{-2t}]\ \text{A}=(3-2\text{e}^{-2t})\ \text{A}$$

本题也可先求出 $i_L(t)$，然后确定 $u_L(t)$，即

$$u_L(t)=L\frac{\text{d}i_L(t)}{\text{d}t}$$

则

$$i_1(t)=\frac{U_{S1}-u_L(t)}{R_1}$$

$$i_2(t)=\frac{U_{S2}-u_L(t)}{R_2}$$

可求出同样的结果。

4.4.6 有一由 $R,L,C$ 元件串联的交流电路，已知 $R=10\ \Omega$，$L=\frac{1}{31.4}$ H，$C=\frac{10^6}{3\ 140}$ μF。在电容元件的两端并联一短路开关 S。（1）当电源电压为 220 V 的直流电压时，试分别计算在短路开关闭合和断开两种情况下电路中的电流 $I$ 及各元件上的电压 $U_R, U_L, U_C$。（2）当电源电压为正弦电压 $u=220\sqrt{2}\sin 314t$ V 时，试分别计算在上述两种情况下电流及各电压的有效值。

解：(1) 电源为 220 V 直流电压 $U_-$ 时[如题解图 4.17(a)所示]

当短路开关 S 闭合时

$$I=\frac{U_-}{R}=\frac{220}{10}\text{ A}=22\text{ A}$$

$$U_R=IR=22\times 10\text{ V}=220\text{ V}$$

$$U_L=0$$

$$U_C=0$$

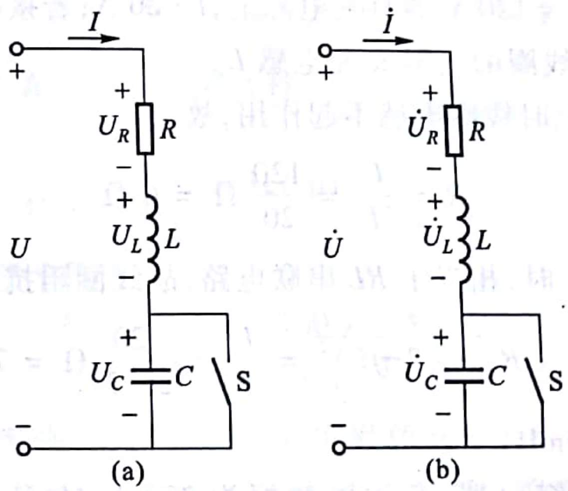
当短路开关 S 断开时

$$I=0$$

$$U_R=IR=0$$

$$U_L=0$$

$$U_C=U_-=220\text{ V}$$



题解图 4.17　习题 4.4.6 的解

(2) 电源为正弦电压 $u=220\sqrt{2}\sin 314t$ 时[如题解图 4.17(b)所示]

S 闭合时，电流 $I$ 及各电压的有效值为

**4.5.5** 在图 4.12 中，电流表 $A_1$ 和 $A_2$ 的读数分别为 $I_1=3\ A$，$I_2=4\ A$。(1) 设 $Z_1=R$，$Z_2=-jX_C$，则电流表 $A_0$ 的读数应为多少？(2) 设 $Z_1=R$，问 $Z_2$ 为何种参数才能使电流表 $A_0$ 的读数最大？此读数应为多少？(3) 设 $Z_1=jX_L$，问 $Z_2$ 为何种参数才能使电流表 $A_0$ 的读数最小？此读数应为多少？

**解**：根据基尔霍夫电流定律

$$\dot{I}=\dot{I}_1+\dot{I}_2$$

(1) 因 $Z_1=R$，$Z_2=-jX_C$，故 $\dot{I}_2$ 超前 $\dot{I}_1\ 90°$，则

$A_0$ 读数：
$$I=\sqrt{I_1^2+I_2^2}=\sqrt{3^2+4^2}\ A=5\ A$$

(2) 若 $Z_1=R$，则当 $Z_2$ 也是电阻时，$\dot{I}_1$ 与 $\dot{I}_2$ 同相，$\dot{I}$ 最大，即电流表 $A_0$ 读数最大，为

$A_0$ 读数：
$$I=I_1+I_2=(3+4)\ A=7\ A$$

(3) 若 $Z_1=jX_L$，则当 $Z_2=-jX_C$ 时，$\dot{I}_1$ 与 $\dot{I}_2$ 反相，$\dot{I}$ 最小，即电流表 $A_0$ 读数最小，为

$A_0$ 读数：
$$I=|I_1-I_2|=|3-4|\ A=1\ A$$

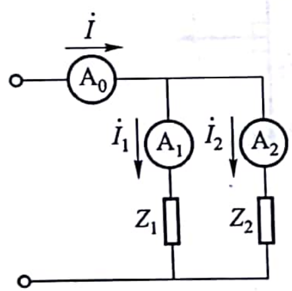



图 4.12　习题 4.5.5 的图

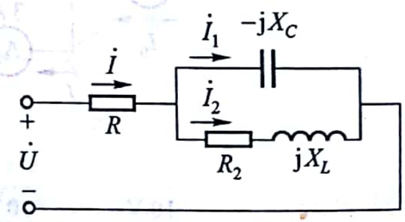


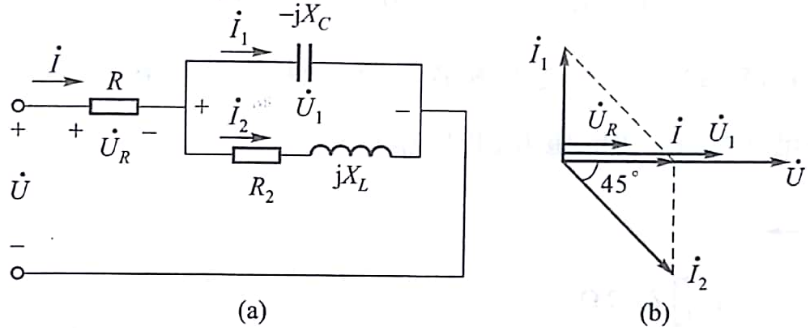

图 4.13　习题 4.5.6 的图

**4.5.6** 在图 4.13 中，$I_1=10\ A$，$I_2=10\sqrt{2}\ A$，$U=200\ V$，$R=5\ \Omega$，$R_2=X_L$，试求 $I$，$X_C$，$X_L$ 及 $R_2$。

**解**：设电容两端电压为 $\dot{U}_1$，其参考方向与 $\dot{I}_1$ 相同。取 $\dot{U}_1$ 作为参考相量，根据题中已给条件可画出题解图 4.21(a)、(b) 所示的电路和相量图。

由于 $R_2=X_L$，故 $\dot{I}_2$ 滞后 $\dot{U}_1\ 45°$。另由 $I_1$、$I_2$ 数据可知，电流 $I=\sqrt{I_2^2-I_1^2}=\sqrt{(10\sqrt{2})^2-10^2}\ A=$

10 A，且 $\dot{I}$ 与 $\dot{U}_1$ 同相，故 $\dot{U}_R$ 也与 $\dot{U}_1$ 同相。




题解图 4.21　习题 4.5.6 的解

由基尔霍夫电压定律，有 $\dot{U}=\dot{U}_R+\dot{U}_1$，故 $\dot{U}$、$\dot{U}_R$、$\dot{U}_1$ 皆同相，则 $U_1=U-U_R=U-IR=(200-10\times5)\ \text{V}=150\ \text{V}$。

因此

$$X_C=\frac{U_1}{I_1}=\frac{150}{10}\ \Omega=15\ \Omega$$

$$\sqrt{R_2^2+X_L^2}=\frac{U_1}{I_2}=\frac{150}{10\sqrt{2}}\ \Omega=7.5\sqrt{2}\ \Omega$$

又 $R_2=X_L$，则

$$R_2=X_L=7.5\ \Omega$$

本题求解的关键在于利用好已知条件画出相量图进行辅助分析。

**4.5.9** 在图 4.16 中，已知 $U=220\ \text{V}$，$R_1=10\ \Omega$，$X_1=10\sqrt{3}\ \Omega$，$R_2=20\ \Omega$，试求各个电流和平均功率。

解：以 $\dot{U}$ 为参考相量，即 $\dot{U}=U\angle 0°\ \text{V}=220\angle 0°\ \text{V}$

则

$$\dot{I}_1=\frac{\dot{U}}{R_1+\text{j}X_1}=\frac{220\angle 0°}{10+\text{j}10\sqrt{3}}\ \text{A}$$

$$=\frac{220\angle 0°}{20\angle 60°}\ \text{A}=11\angle -60°\ \text{A}$$

$$\dot{I}_2=\frac{\dot{U}}{R_2}=\frac{220\angle 0°}{20}\ \text{A}=11\angle 0°\ \text{A}$$

$$\dot{I}=\dot{I}_1+\dot{I}_2=(11\angle -60°+11\angle 0°)\ \text{A}=11\sqrt{3}\angle 30°\ \text{A}$$

$$P=R_1I_1^2+R_2I_2^2=(10\times 11^2+20\times 11^2)\ \text{W}=3\ 630\ \text{W}$$

$P$ 也可通过下式计算，即

$$P=UI\cos(\varphi_u-\varphi_i)$$

$$=220\times 11\sqrt{3}\times\cos(0°-30°)\ \text{W}$$

$$=3\ 630\ \text{W}$$

**4.5.14** 在图 4.20 所示的电路中，已知 $\dot{U}_C = 1\angle 0^\circ$ V，求 $\dot{U}$。

解：由图 4.20 电路可知

$$\dot{I}_R = \frac{\dot{U}_C}{2} = \frac{1\angle 0^\circ}{2}\ \text{A} = 0.5\angle 0^\circ\ \text{A} = 0.5\ \text{A}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{-\text{j}2} = \frac{1\angle 0^\circ}{2\angle -90^\circ}\ \text{A} = 0.5\angle 90^\circ\ \text{A} = \text{j}0.5\ \text{A}$$

则
$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_C = (0.5 + \text{j}0.5)\ \text{A}$$

$$\dot{U}_1 = (2+\text{j}2)\dot{I} = (2+\text{j}2)(0.5+\text{j}0.5)\ \text{V} = \text{j}2\ \text{V}$$

所以 $\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_C = (\text{j}2 + 1\angle 0^\circ)\ \text{V} = (1+\text{j}2)\ \text{V} = \sqrt{5}\angle 63.4^\circ\ \text{V}$

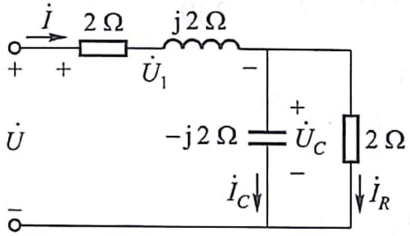



图 4.20 习题 4.5.14 的图

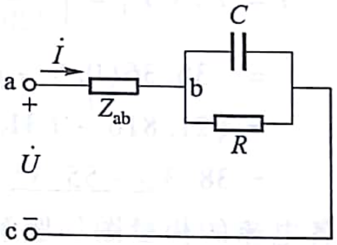



图 4.21 习题 4.5.15 的图

则 $$L=\frac{X_L}{\omega}=\frac{39.2}{314}\ \mathrm{H}=0.125\ \mathrm{H}$$

**4.8.3** 在图 4.26 中，$U=220$ V，$f=50$ Hz，$R_1=10\ \Omega$，$X_1=10\sqrt{3}\ \Omega$，$R_2=5\ \Omega$，$X_2=5\sqrt{3}\ \Omega$。(1) 求电流表的读数 $I$ 和电路功率因数 $\cos\varphi_1$；(2) 欲使电路的功率因数提高到 0.866，则需要并联多大电容？(3) 并联电容后电流表的读数为

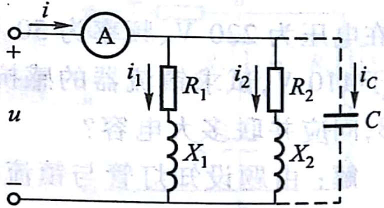



图 4.26 习题 4.8.3 的图

多少？

解：(1) 设 $\dot{U} = 220\angle 0^\circ$ V

因为

$$Z_1 = R_1 + jX_1 = (10 + j10\sqrt{3})\ \Omega = 20\angle 60^\circ\ \Omega$$

$$Z_2 = R_2 + jX_2 = (5 + j5\sqrt{3})\ \Omega = 10\angle 60^\circ\ \Omega$$

故

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{Z_1} = \frac{220\angle 0^\circ}{20\angle 60^\circ}\ \text{A} = 11\angle -60^\circ\ \text{A}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}}{Z_2} = \frac{220\angle 0^\circ}{10\angle 60^\circ}\ \text{A} = 22\angle -60^\circ\ \text{A}$$

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = (11\angle -60^\circ + 22\angle -60^\circ)\ \text{A} = 33\angle -60^\circ\ \text{A}$$

即 $\dot{I}$ 滞后 $\dot{U}$ $60^\circ$，$\cos\varphi = \cos 60^\circ = 0.5$

电流表读数 $I$ 为 33 A，电路的功率因数为 0.5。

(2) 设并联电容 $C$ 后，电路的功率因数角为 $\varphi'$，则由题意知

$$\cos\varphi' = 0.866,\qquad \varphi' = 30^\circ$$

故

$$C = \frac{P}{2\pi f U^2}(\tan\varphi - \tan\varphi') = \frac{UI\cos\varphi}{2\pi f U^2}(\tan\varphi - \tan\varphi')$$

$$= \frac{220 \times 33 \times 0.5}{2\pi \times 50 \times 220^2}(\tan 60^\circ - \tan 30^\circ)\ \text{F} = 275.7\ \mu\text{F}$$

(3) 并联电容 $C$ 前后电路中的有功功率未变，即

$$P = UI\cos\varphi = UI'\cos\varphi'$$

则并联 $C$ 后的线路电流

$$I' = \frac{UI\cos\varphi}{U\cos\varphi'} = \frac{I\cos\varphi}{\cos\varphi'} = \frac{33 \times 0.5}{0.866}\ \text{A} = 19.05\ \text{A}$$

即并联电容后电流表读数减小了，为 19.05 A。

4.8.6 某交流电源的额定容量为 10 kV·A、额定电压为 220 V、频率为 50 Hz，接有电感性负载，其功率为 8 kW，功率因数为 0.6。试问：

（1）负载电流是否超过电源的额定电流？

（2）欲将电路的功率因数提高到 0.95，需并联多大电容？

（3）功率因数提高后线路电流多大？

（4）并联电容后电源还能提供多少有功功率？

**解：** 电源额定电流 $I_N = \dfrac{S_N}{U_N} = \dfrac{10 \times 10^3}{220}\ \text{A} = 45.45\ \text{A}$

（1）负载额定电流 $I_{LN} = \dfrac{P_{LN}}{U_N \cos\varphi_{LN}} = \dfrac{8 \times 10^3}{220 \times 0.6}\ \text{A} = 61\ \text{A} < I_N$

未超过电源的额定电流。

（2）当 $\cos\varphi_{LN} = 0.6$，$\cos\varphi = 0.95$ 时，则 $\varphi_{LN} = 53.13°$，$\varphi = 18.19°$，需并联的电容 $C$ 为

$$C = \frac{P_{LN}}{\omega U^2}(\tan\varphi_{LN} - \tan\varphi)$$

$$= \frac{8 \times 10^3}{314 \times 220^2}(\tan 53.13^\circ - \tan 18.19^\circ)\ \text{F}$$

$$= 528.9\ \mu\text{F}$$

(3) 功率因数提高后的线路电流为

$$I = \frac{P_{\text{LN}}}{U\cos\varphi} = \frac{8 \times 10^3}{220 \times 0.95}\ \text{A} = 38.28\ \text{A}$$

(4) 并联电容后电路中的无功功率为

$$Q = U_{\text{N}} I \sin\varphi = 220 \times 38.28 \times \sin(\arccos 0.95)\ \text{var} = 2\ 629.6\ \text{var}$$

并联电容后电源可提供的有功功率为

$$P = \sqrt{S_{\text{N}}^2 - Q^2} = \sqrt{(10 \times 10^3)^2 - 2\ 629.6^2}\ \text{W} = 9\ 648\ \text{W}$$

电源除带原负载外还可提供的有功功率

$$\Delta P = P - P_{\text{LN}} = (9\ 648 - 8\ 000)\ \text{W} = 1\ 648\ \text{W} = 1.648\ \text{kW}$$