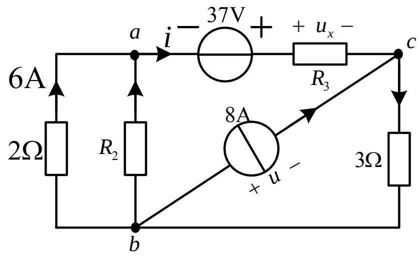
第一章部分习题及解答

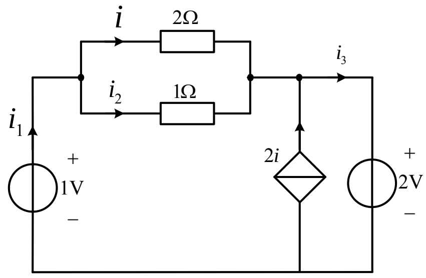
1-20 电路如图题 1-15 所示,试求电流源电压u和电压源电流i;u_x, i_x。



解：在图中标上节点号，以c为参考点，则

$$u_a = (-2\times 6)\text{V} = -12\text{V}$$
$$u_b = (3\times 15)\text{V} = 45\text{V}$$
$$u_x = u_a - u_b + 37\text{V} = -20\text{V}$$
$$i = (15-8)\text{A} = 7\text{A}$$
$$i_x = (7-6)\text{A} = 1\text{A}$$
$$u_x = -u_b = -45\text{V}$$

1-23 在图题所示电路中,试求受控源提供的电流以及每一元件吸收的功率,



解：在图中标出各支路电流，可得

$$i = \frac{(1-2)\text{V}}{2\Omega} = -0.5\text{A},\ i_2 = \frac{(1-2)\text{V}}{1\Omega} = -1\text{A}$$

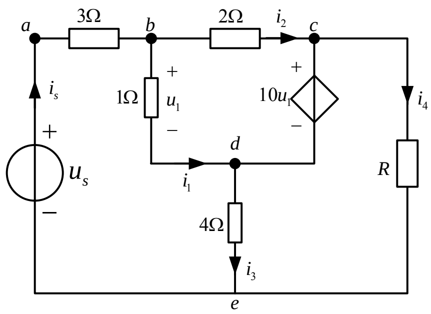
受控源提供电流$= 2i = -1\text{A}$

$$p_{2\Omega} = i^2\times 2 = 0.5\text{W} \quad p_{1\Omega} = i_2^2\times 1 = 1\text{W}$$
$$p_{1\text{V}} = -i_1\times 1 = -(i+i_2)\times 1 = 1.5\text{W}\ (\text{吸收})$$
$$p_{2\text{V}} = -i_3\times 2 = -(-i-i_2-2i)\times 2 = -5\text{W}\ (\text{提供5W})$$
$$p_{\text{受控源}} = -2i\times 2 = 2\text{W}\ (\text{吸收})$$

吸收的总功率$= (0.5+1+1.5+2) = 5\text{W}$

1-24 电路如图题所示，$u_s = -19.5\text{V}, u_1 = 1\text{V}$，试求 R

解 标出节点编号和电流方向。



$$i_1=\frac{u_1}{1}=1\text{A},u_{bc}=u_1-10u_1=-9\text{V}$$

$$i_2=\frac{u_{bc}}{2}=-4.5\text{A},i_s=i_1+i_2=-3.5\text{A}$$

$$u_{ab}=i_s\times 3=-10.5\text{V}$$

$$u_{ce}=u_{cb}+u_{ba}+u_s=(9+10.5-19.5)=0\text{V}$$

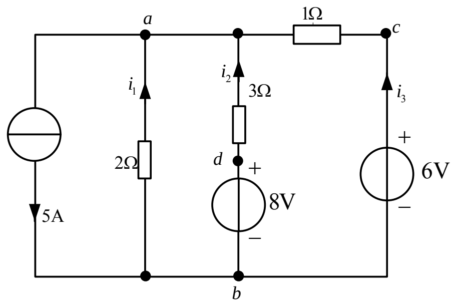
为确定 R，需计算i_4，

$$u_{ce}=u_{cd}+u_{de}=0 \quad\Rightarrow\quad u_{de}=-u_{cd}=-10u_1=-10\text{V}$$

故 $$i_3=\frac{u_{dc}}{4}=-2.5\text{A},i_4=i_s-i_3=(-3.5+2.5)\text{A}=-1\text{A}$$

由此判定 $R=0\Omega$

1-33 试用支路电流法求解图题所示电路中的支路电流i_1,i_2,i_3。



解 求解三个未知量需要三个独立方程。由 KCL 可得其中之一，即

$$i_1+i_2+i_3=5$$

对不含电流源的两个网孔，列写 KVL 方程，得

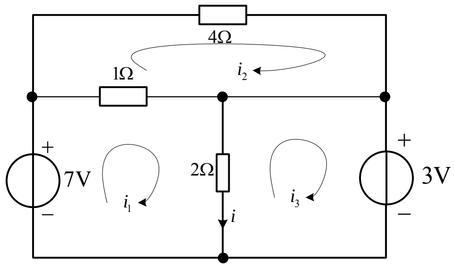
网孔$badb$ $\quad 2i_1-3i_2+8=0$

网孔$bdacb$ $\quad -8+3i_2-i_3+6=0$

$$\text{整理得：}\begin{cases}i_1+i_2+i_3=5\\-2i_1+3i_2=8\\3i_2-i_3=2\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}i_1=-1\text{A}\\i_2=2\text{A}\\i_3=4\text{A}\end{cases}$$

第二章部分习题及解答

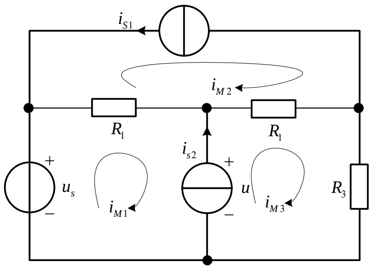
2-1　试用网孔电流法求图题所示电路中的电流 i 和电压 u_{ab}。



解　　设网孔电流为 i_1, i_2, i_3，列网孔方程

$$\begin{cases} 3i_1 - i_2 - 2i_3 = 7 \\ -i_1 + 8i_2 - 3i_3 = 9 \\ -2i_1 - 3i_2 + 5i_3 = -12 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_1 = 2\text{A} \\ i_2 = 1\text{A} \\ i_3 = -1\text{A} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i = i_1 - i_3 = 3\text{A} \\ u_{ab} = 3(i_2 - i_3) - 9 = -3\text{V} \end{cases}$$

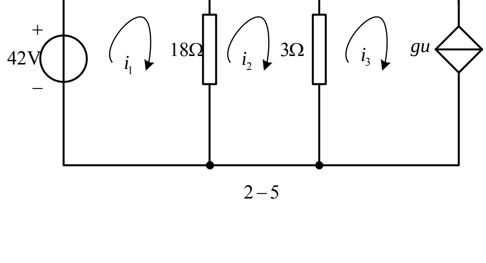
2-2　电路中若 $R_1 = 1\Omega, R_2 = 3\Omega, R_3 = 4\Omega, i_{s1} = 0, i_{s2} = 8\text{A}, u_s = 24\text{V}$，试求各网孔电流。



解　　设网孔电流为 i_{M1}, i_{M2}, i_{M3}，列网孔方程

$$\begin{cases} R_1 i_{M1} - R_1 i_{M2} - R_1 i_{M3} = u_S - u \\ (R_1 + R_2) i_{M2} - R_1 i_{M1} - R_2 i_{M3} = u' \\ (R_2 + R_3) i_{M3} - R_2 i_{M3} = u \\ i_{M2} = -i_{S1} = 0 \\ i_{M3} - i_{M1} = i_{S2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_{M1} = 24 - u \\ (3+4) i_{M3} = u \\ i_{M3} - i_{M1} = 8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_{M3} = 4\text{A} \\ i_{M1} = -4\text{A} \end{cases}$$

2-5　　电路如图题所示，其中 $g = 0.1S$，用网孔分析法求流过 8Ω 电阻的电流。



2－5

解　　设网孔电流为i_1, i_2, i_3,则$i_3=-gu_A=-0.1u_A$,所以只要列出两个网孔方程

$$27i_1-18i_2=42$$
$$-18i_1+21i_2-3(-0.1u_A)=20$$

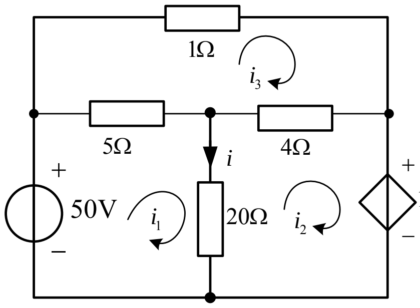
因$u_A=9i_1$,代入上式整理得

$$-15.3i_1+21i_2=20$$

解得

$$i_1=4.26\text{A}$$
$$u_{\text{A}}=(9\times4.26)\text{V}=38.34\text{V}$$
$$i_3=-0.1u_{\text{A}}=-3.83\text{A}$$

2-8 含 CCVS 电路如图题 2-6 所示，试求受控源功率。



2－6

解　　标出网孔电流及方向，

$$\begin{cases}25i_1-20i_2-5i_3=50\\-20i_1+24i_2-4i_3=-15i\\-5i_1-4i_2+10i_3=0\end{cases}$$

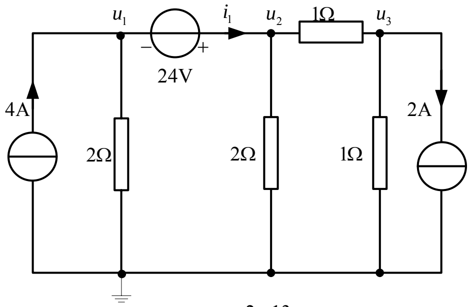
又受控源控制量i与网孔电流的关系为　$i=i_1-i_2$

代入并整理得：$\begin{cases}25i_1-20i_2-5i_3=50\\-5i_1+9i_2-4i_3=0\\-5i_1-4i_2+10i_3=0\end{cases}$　解得　$\begin{cases}i_1=29.6\text{A}\\i_2=28\text{A}\end{cases}$

受控源电压　　$15i=15(i_1-i_2)=24\text{V}$

受控源功率　　$24\text{V}\times28\text{A}=672\text{W}$

2-13 电路如图题所示,试用节点分析求i_1,i_2

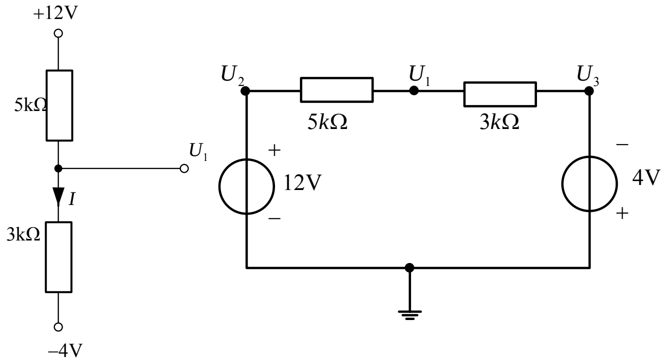


2−13

解　设节点电压为u_1,u_2,u_3。由于u_1,u_2之间是 24V 电压源，所以有$u_2=u_1+24$，并增设 24V 电压源支路电流i_1为变量，可列出方程

$$\begin{cases}\frac{1}{2}u_1=4-i_1\\(\frac{1}{2}+1)(u_1+24)-u_3=i_1\\(\frac{1}{1}+\frac{1}{1})u_3-\frac{1}{1}(u_1+24)=-2\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}u_1=8-2i_1\\3u_1+72-2u_3=2i_1\\2u_3-u_1=22\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}u_3=4\text{V}\\u_1=-14\text{V}\\i_1=11\text{A}\end{cases}$$

2-14　　直流电路如图题 2-12 所示。试求U_1,I

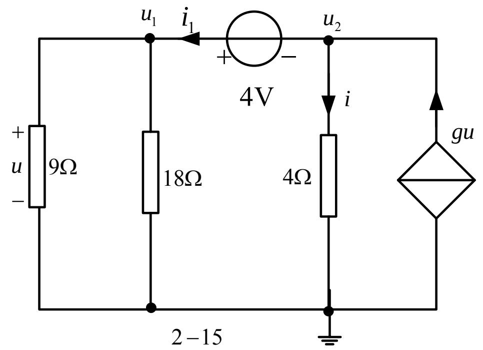


解　　由图题解 2-14 可知，该电路有 3 个独立节点，计有 3 个节点电压U_1,U_2,U_3，但

$$U_2=12\text{V}\quad U_3=-4\text{V}$$

故得 $(\frac{1}{5000}+\frac{1}{3000})U_1-\frac{1}{5000}\times12-\frac{1}{3000}\times(-4)=0\quad\Rightarrow\begin{cases}U_1=2\text{V}\\I=2\text{mA}\end{cases}$

2-18　　电路如图题 2-15 所示，其中 $g=\frac{1}{3}S$。试求电压 u 和电流 i。



2－15

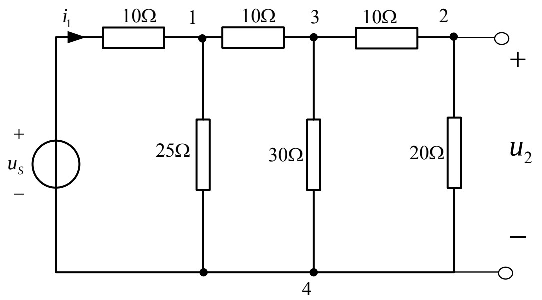
解：标出节点编号和流过 4V 电压源的电流 i_1，$u_1=u, u_2=u-4$，列出节点方程

$$\begin{cases}(\frac{1}{9}+\frac{1}{18})u=i_1\\ \frac{1}{4}\times(u-4)=\frac{1}{3}u-i_1\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}u=6i_1\\ u=12i_1-12\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}i_1=2\text{A}\\ u=12\text{V}\end{cases}$$

由 $i+i_1=gu=4$，得　　　　$i=2\text{A}$

第三章部分习题及解答

3-2 电路如图题 3-2 所示，（1）若 $u_2=10\text{V}$，求 i_1, u_S；（2）若 $u_S=10\text{V}$，求 u_2。



解（1）应从输出端向输入端计算，标出节点编号，应用分压、分流关系可得

$$i_{24}=\frac{u_2}{20}=0.5\text{A}$$

$$u_{32}=(10\times0.5)\text{V}=5\text{V},\quad u_{34}=(10+5)\text{V}=15\text{V}$$

$$i_{34}=\frac{15}{30}\text{A}=0.5\text{A},\qquad i_{13}=(0.5+0.5)\text{A}=1\text{A}$$

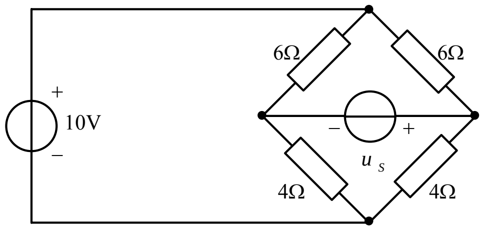
$$u_{13}=(10\times1)\text{V}=10\text{V},\qquad u_{14}=(10+15)\text{V}=25\text{V}$$

$$i_{14}=\frac{25}{25}\text{A}=1\text{A},\qquad i_1=(1+1)\text{A}=2\text{A}$$

（2）应用线性电路的比例性

$$\frac{10}{45}=\frac{u_2}{10},\qquad \Rightarrow u_2=\frac{100}{45}\text{V}=2.2\text{V}$$

3-7 电路如图题 3-7 所示，欲使$u_{ab}=0, u_s$应为多少？

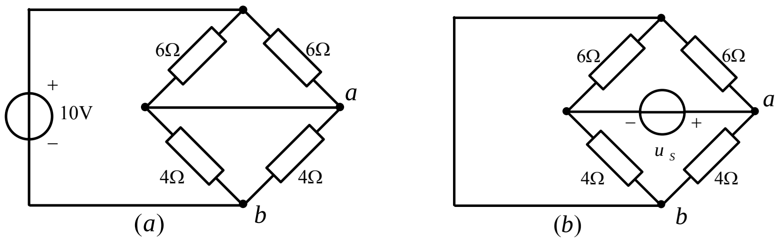


解　　应用叠加原理，改画成图题解 3-7。由图（a），应用分压公式，

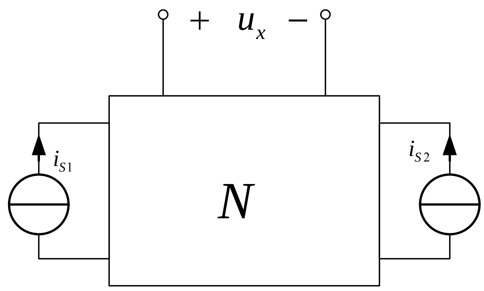
$$u_{ab}^{'}=(\frac{2}{3+2}\times 10)\mathrm{V}=4\mathrm{V}$$

为使$u_{ab}=u_{ab}^{'}+u_{ab}^{''}=0$，应使$u_{ab}^{''}=-4\mathrm{V}$。应用分压公式

$$u_{ab}^{''}=\frac{2.4}{2.4+2.4}(-u_S)=-4 \quad \Rightarrow u_S=8\mathrm{V}$$



3-10　　（1）图题 3-10 所示线性网络 N 只含电阻。若$i_{S1}=8\mathrm{A}, i_{S2}=12\mathrm{A},$ 则$u_x=80\mathrm{V}$；若$i_{S1}=-8\mathrm{A}, i_{S2}=4\mathrm{A},$ 则$u_x=0$。求：当$i_{S1}=i_{S2}=20\mathrm{A}$时，$u_x$是多少？（2）若所示网络 N 含有一个电源，当$i_{S1}=i_{S2}=0$时，$u_x=-40\mathrm{V}$；所有（1）中的数据仍有效。求：当$i_{S1}=i_{S2}=20\mathrm{A}$时，$u_x$是多少？



解　　（1）设$i_{S1}=1\mathrm{A}$能产生u_x为a，而$i_{S2}=1\mathrm{A}$能产生u_x为b，则根据叠加定理列出方程，

$$\begin{cases}9a+12b=80\\-8a+4b=0\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}a=2.5\\b=5\end{cases} \Rightarrow u_x=(20\times 5+20\times 2.5)\mathrm{V}=150\mathrm{V}$$

（2）当 N 内含电源 $i_S=1\mathrm{A}$ 能产生 u_x 为 c，则根据叠加定理列出方程，

$$\begin{cases}8a+12b+i_Sc=80\\-8a+4b+i_Sc=0\\i_Sc=-40\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}8a+12b=120\\-8a+4b=40\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}a=0\\b=10\end{cases}\Rightarrow u_x=(20\times0+20\times10-40)\mathrm{V}=160\mathrm{V}$$

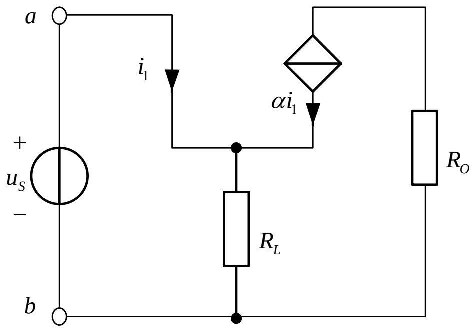
第四章部分习题及解答

4-3 试求图题 4-3 所示电路的 VCR。

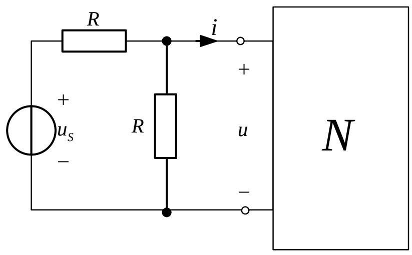
解 施加电压源 u_S 于 a,b 两端，则 KVL 和 KCL，可得

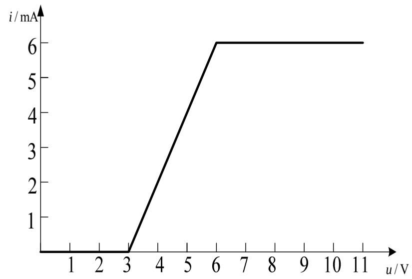
$$u_S=(i_1+\alpha i_1)R_{\mathrm{L}}=(1+\alpha)R_{\mathrm{L}}i_1$$

即本电路的 VCR 为：$u=(1+\alpha)R_{\mathrm{L}}i$



4-6 电路如图题 $4-6(a)$ 所示，$u_S=12\mathrm{V},R=2\mathrm{k\Omega}$，网络 N 的 VCR 如图题 $4-6(b)$ 所示，求 u,i，并求流过两线性电阻的电流。



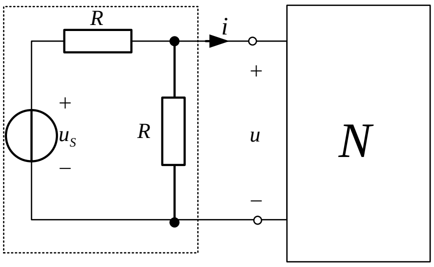


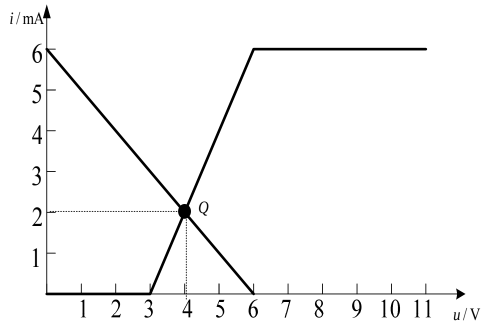
解 求解虚线框内电路的 VCR，可列出节点方程：$(\frac{1}{R}+\frac{1}{R})u=\frac{u_S}{R}-i$

得 $$u=\frac{u_S}{2}-\frac{R}{2}i=6-1000i$$

可在右边图中作出其特性曲线，与 N 的特性曲线相交于 Q 点，解得：$\begin{cases}u=4\mathrm{V}\\i=2\mathrm{mA}\end{cases}$

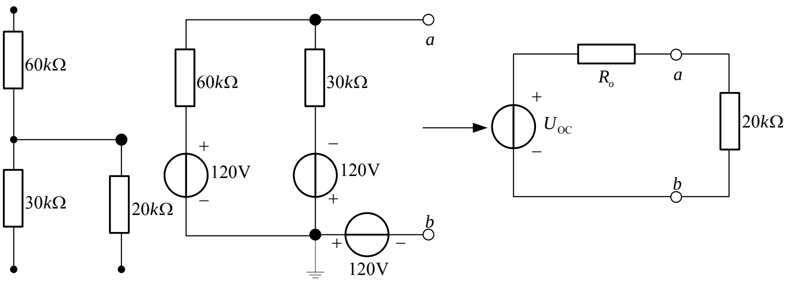
以 4V 电压源置换 N，可得 $$\begin{cases}i_1=\dfrac{12-4}{2000}\mathrm{A}=4\mathrm{mA}\\i_2=\dfrac{4}{2000}\mathrm{A}=2\mathrm{mA}\end{cases}$$





4-16　　用戴维南定理求图题 4-11 所示电路中流过 $20k\Omega$ 电阻的电流及 a 点电压 U_a。

解　　将 $20k\Omega$ 电阻断开，a,b 间戴维南等效电路如图题解 4-16 所示。



$$R_a = 60k // 30k = 20k\Omega$$

$$U_{OC} = (\frac{120+120}{60+30} \times 30 - 120 + 100)\text{V} = 60\text{V}$$

将 $20k\Omega$ 电阻接到等效电源上，得

$$i_{ab} = \frac{60}{20+20}\text{mA} = 1.5\text{mA}$$

$$U_a = (20 \times 10^3 \times 1.5 \times 10^{-3} - 100)\text{V} = -70\text{V}$$

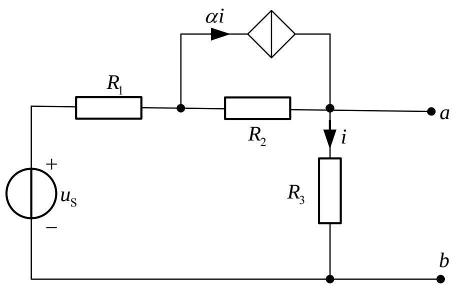
4-21　　在用电压表测量电路的电压时，由于电压表要从被测电路分取电流，对被测电路有影响，故测得的数值不是实际的电压值。如果用两个不同内险的电压表进行测量，则从两次测得的数据及电压表的内阻就可知道被测电压的实际值。设对某电路用内阻为 $10^5\Omega$ 的电压表测量，测得的电压为 45V；若用内阻为 $5\times10^5\Omega$ 的电压表测量，测得电压为 30V。问实际的电压应为多少？

解　　将被测电路作为一含源二端网络，其开路电压 U_{OC}，等效电阻 R_O，则有

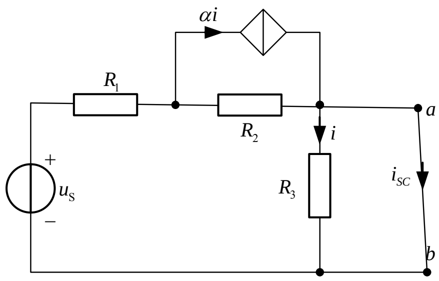
$$\begin{cases} \dfrac{u_{OC}}{R_o + 10^5} \times 10^5 = 45 \\ \dfrac{u_{OC}}{R_o + 5\times10^4} \times 5\times10^4 = 30 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 45R_o = 10^5 u_{OC} - 45\times10^5 \\ 30R_o = 5\times10^4 u_{OC} - 15\times10^5 \end{cases} \Rightarrow u_{OC} = (180-90)\text{V} = 90\text{V}$$ 4-

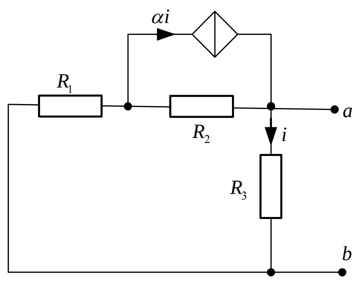
28　　求图题 4-20 所示电路的诺顿等效电路。已知：$R_1 = 15\Omega, R_2 = 5\Omega, R_3 = 10\Omega,$

$u_S = 10\text{V}, i_S = 1\text{A}$。



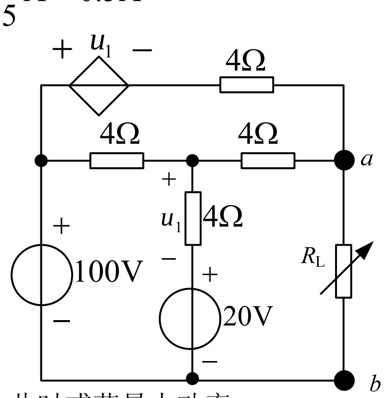
解　　对图题 4-20 所示电路，画出求短路电流 i_{SC} 和等效内阻的电路，如下图所示





对左图，因 ab 间短路，故 $i = 0, \alpha i = 0$，$i_{SC} = \dfrac{10}{15+5}\text{A} = 0.5\text{A}$

对右图，由外加电源法，$R_{ab} = \dfrac{10}{6-\alpha}\Omega$



4-30　　电路如图题 4-22 所示。

（1）　求 R 获得最大功率时的数值；

（2）　求在此情况下，R 获得的功率；

（3）　求 100V 电压源对电路提供的功率；

（4）　求受控源的功率；

（5）　R 所得功率占电路内电源产生功率的百分比。

解　　（1）断开 R，求戴维南等效电路，得 $R_{ab} = 3\Omega$，此时或获最大功率。

（2）求开路电压，$u_{\text{OC}} = 120\text{V}$，$P_R = 1200\text{W}$；

（3）$P_{100\text{V}} = -3000\text{W}$，提供功率；

（4）$P_{受} = -800\text{W}$，提供功率；

（5）$P_{20\text{V}} = 200\text{W}$，$\eta = \dfrac{1200}{3000+800} = 31.58\%$

第五章部分习题及解答

5-1 （1）1μF 电容的端电压为$100\cos1000t(\text{V})$，试求$i(t)$。u 与 i 的波形是否相同？最大值、最小值是否发生在同一时刻？

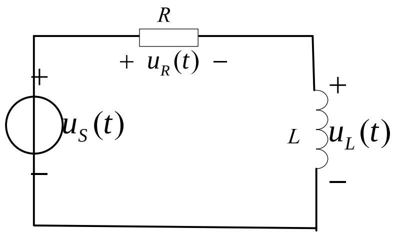
（2）10μF 电容的电流为$10e^{-100t}$mA，若$u(0)=-10\text{V}$，试求$u(t), t>0$

解 （1）$i_C = C\dfrac{du_C}{dt} = 10^{-6}\times100[-\sin1000t]\times1000\text{A} = -0.1\sin1000t(\text{A})$，u 与 i 的波形相同，均为正弦波，但最大值、最小值并不同时发生。

（2）$u_C = \dfrac{1}{C}\int_0^t i_C dt + u_C(0) = [10^5\int_0^t 10^{-2}e^{-100t}dt + (-10)]\text{V} = -10e^{-100t}(\text{V})$

5-7 在图题 5-6 所示电路中$R=1k\Omega, L=100\text{mH}$，若$u_R(t)=\begin{cases}15(1-e^{10^4 t})\text{V} & t>0\\ 0 & t>0\end{cases}$，t 单位为秒。（1）求$u_L(t)$，并绘波形图；

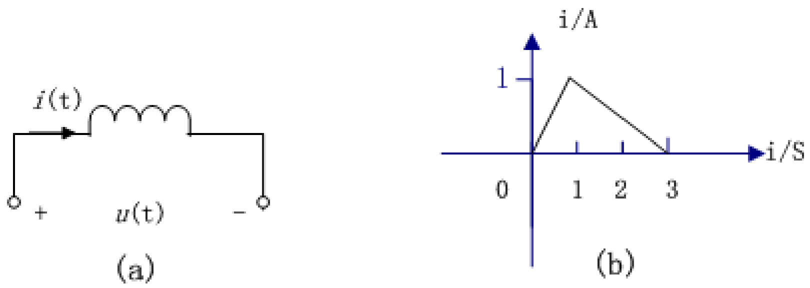
（2）求电源电压$u_S(t)$



解 （1）$i_L(t)=\dfrac{u_R}{R}=15(1-e^{-10^4 t})\text{mA}$，$u_L(t)=L\dfrac{di}{dt}=15e^{-10^4 t}\text{V}$

（2）$u_S(t)=u_R+u_L=(15-15e^{-10^4 t}+15e^{-10^4 t})=15\text{V}$

5-9 如题图(a)所示所为电感元件，已知电感量 L=2H，电感电流 i(t)的波形如题图(b)所示，求电感元件的电压 u(t)，并画出它的波形。



题 1-19 图

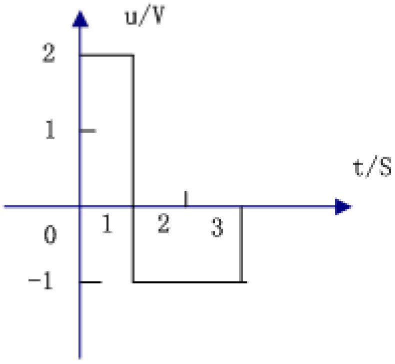
解:写出电流 i(t)的数学表达式为

$$i(t)=\begin{cases} t & 0\leqslant t\leqslant 1\text{s} \\ 1.5-0.5t & 1\text{s}\leqslant t\leqslant 3\text{s} \\ 0 & \text{其余} \end{cases}$$

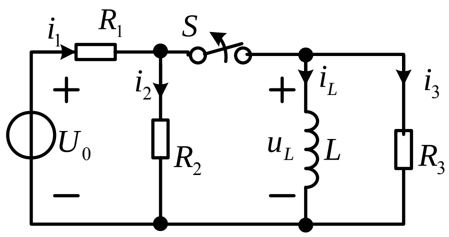
电流电压参考方向关联,由电感元件 VCR 的微分形式,得

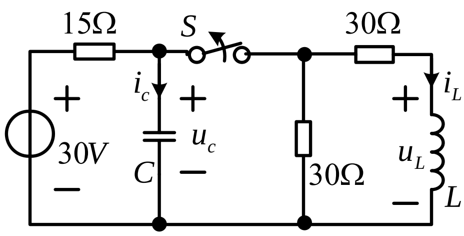
$$u(t)=L\,\mathrm{d}i(t)/\mathrm{d}t=\begin{cases}2 & 0\leqslant t<1\mathrm{s}\\ -1 & 1\mathrm{s}\leqslant t<3\mathrm{s}\\ 0 & \text{其余}\end{cases}$$

波形如图所示:

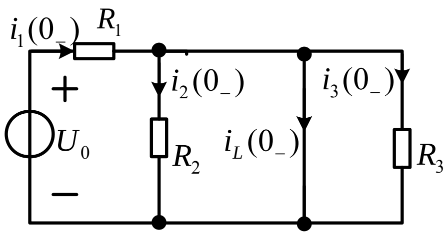


5-11 如题图所示电路，换路前处于稳定状态，试求换路后电路中各元件的电压、电流初始值。已知：$U_0=5\,V$，$R_1=5\,\Omega$，$R_2=R_3=10\,\Omega$，$L=2\,H$。





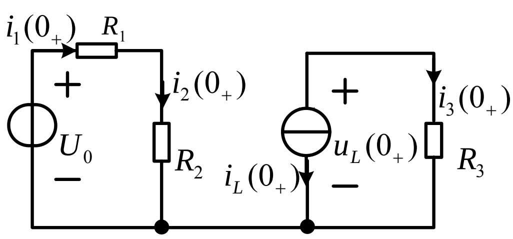
解：（1）画$t=0_$时的等效电路如图，求状态变量的初始值$i_L(0_)$。



由欧姆定律有 $i_L(0\_)=\dfrac{U_0}{R_1}=1A$

根据换路定律 $i_L(0_+)=i_L(0\_)=\dfrac{U_0}{R_1}=1A$

（2）画$t=0_+$时的等效电路如图，求各变量的初始值。



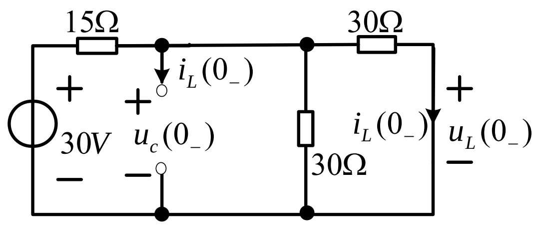
由欧姆定律有　$i_1(0_+)=i_2(0_+)=\dfrac{U_0}{R_1+R_2}=\dfrac{1}{3}\ A$

采用关联方向有　$u_{R1}(0_+)=i_1(0_+)R_1=\dfrac{1}{3}\times 5=\dfrac{5}{3}\ V$

$$u_{R2}(0_+)=i_2(0_+)R_2=\frac{1}{3}\times 10=\frac{10}{3}\ V$$

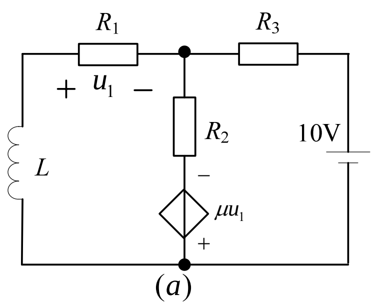
根据 KCL　$i_3(0_+)=-i_L(0_+)=-1\ A$

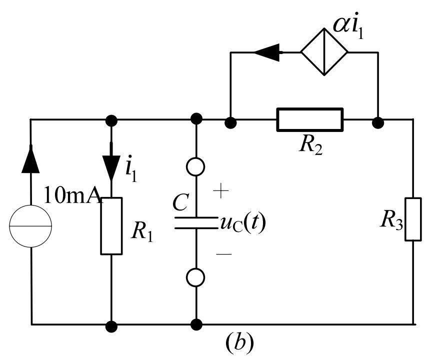
则　$u_L(0_+)=u_{R3}(0_+)=i_3(0_+)R_3=-1\times 10=-10\ V$



第六章部分习题及解答

6-2 对图 6-2 两电路，重复上题的要求。即（1）把各电路除动态元件民个的部分化简为戴维南或诺顿等效电路；（2）利用化简后的电路列出图中所注明输出量 u 或 i 的微分方程。





解　　（1）对 6-2（a）电路，求开路电压u_{OC}和短路电流i_{SC}。

$$u_{OC}=(\frac{10}{300+200}\times 200)\text{V}=4\text{V},\quad i_{SC}=\frac{0.2}{11-3\mu},\quad R_{ab}=\frac{u_{OC}}{i_{SC}}=(220-60\mu)\Omega$$

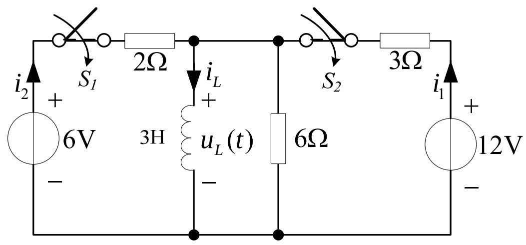
微分方程为　$$\frac{di}{dt}+(1.1-0.3\mu)\times 10^5 i=-2\times 10^3$$

（2）对 6-2（a）电路，求开路电压u_{OC}和短路电流i_{SC}。

$$u_{OC}=\frac{1}{1.2-0.4\alpha}\text{，}\ i_{SC}=10\text{mA}\text{，}\ R_{ab}=\frac{u_{OC}}{i_{SC}}=\frac{250}{3-\alpha}\Omega$$

微分方程为 $$\frac{du_C}{dt}+(12-4\alpha)\times10^3u_C=10^4$$

6-6 电路如图题 6-6 所示。（1）$t=0$时S_1闭合（S_2不闭合），求$i,t\geqslant0$；（2）$t=0$时S_2闭合（S_1不闭合），求$i,t\geqslant0$；



解 （1）S_1闭合（S_2不闭合），断开电感，得戴维南等效电路，其中$u_{OC}=\frac{6}{6+2}\times6=4.5\text{V}$，$R_o=2\Omega//6\Omega=1.5\Omega$，$\tau=\frac{L}{R}=2\text{s}$

$$i_L(t)=\frac{4.5}{1.5}(1-e^{-0.5t})\text{A}=3(1-e^{-0.5t})\text{A}\ ,t\geqslant0$$

（2）S_2闭合（S_1不闭合），断开电感，得戴维南等效电路，其中$u_{OC}=\frac{6}{6+2}\times12=8\text{V}$，$R_o=2\Omega//6\Omega=1.5\Omega$，$\tau=\frac{L}{R}=1.5\text{s}$

$$i_L(t)=\frac{8}{2}(1-e^{-\frac{1}{1.5}t})\text{A}=4(1-e^{-\frac{1}{1.5}t})\text{A}\ ,t\geqslant0$$

$$u_L(t)=\frac{di_L(t)}{dt}=8e^{-\frac{1}{1.5}t}\text{V}\ ,t\geqslant0$$

$$i=\frac{u_L(t)}{6}=\frac{4}{3}e^{-\frac{1}{1.5}t}\text{A}\ ,t\geqslant0$$

6-8 电路如图题所示，电压源于$t=0$时开始作用于电路，试求$i_1(t),t\geqslant0,r=2\Omega$

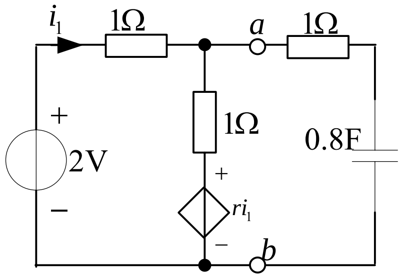
解 从 ab 处断开1Ω和 0.8F 串联支路，求开路电压$u_{OC}=1.5\text{V}$，短路电流$i_{SC}=6\text{A}$ $R_{ab}=0.25\Omega$，$\tau=(1+R_{ab})C=1\text{s}$

$$u_C(t)=1.5(1-e^{-t})\text{V}\ ,t\geqslant0$$

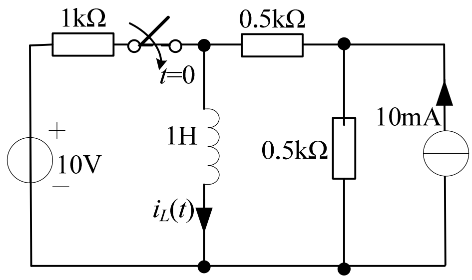
$i_C(t)=C\dfrac{du_C(t)}{dt}=1.2e^{-t}\text{A}$,$t\geqslant 0$

$u_{ab}(t)=1\Omega\times i_C(t)+u_C(t)=(1.5-0.3e^{-t})\text{V}$,$t\geqslant 0$

$i_1(t)=\left(0.5+0.3e^{-t}\right)\text{A}$,$t\geqslant 0$



6-38　　求解图题 6-25 所示电路中，流过$1\text{k}\Omega$电阻的电流，$i(t),t\geqslant 0$



解　　（1）求 $t\geqslant 0$ 时的等效电阻 R_o，$R_o=1k\Omega//(0.5k\Omega+0.5k\Omega)=500\Omega$，

$\tau=\dfrac{L}{R}=\dfrac{1}{500}\text{s}$

（2）求稳态值$i(\infty)$，画出等效电路，$i(\infty)=10\text{mA}$，

（3）求初始值$i(0_+)$，分别画出$t=0_-$和$t=0_+$电路图，$i_L(0_-)=5\text{mA}=i_L(0_+)$，由节点分析可求得，$i(0_+)=5\text{mA}$

（4）代入三要素公式：$i(t)=i(\infty)+[i(0_+)-i(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}=(10-5e^{-500t})\text{mA},t\geqslant 0$

第七章部分习题及解答

7-4　　已知 RLC 电路中 $R=2\Omega,L=2\text{H}$，试求下列三种情况下响应的形式：

$(1)C=\dfrac{1}{2}\text{F};(2)C=1\text{F};(3)C=2\text{F};$

解　　RLC 串联电路方程为：$LC\frac{du_C}{dt^2}+RC\frac{du_C}{dt}+u_C=u_S$

特征方程为：　　$LC\lambda^2+RC\lambda+1=0$，$\lambda_{1,2}=-\frac{R}{2L}\pm\sqrt{(\frac{R}{2L})^2-\frac{1}{LC}}$

（1）　当$C=\frac{1}{2}\text{F}$时，$R=2\Omega<2\sqrt{\frac{L}{C}}=4\Omega$，电路为欠阻尼响应，$\lambda_{1,2}=-\frac{1}{2}\pm j\frac{\sqrt{3}}{2}$

$$u_C=e^{-\frac{1}{2}t}[K_1\cos\frac{\sqrt{3}}{2}t+K_2\sin\frac{\sqrt{3}}{2}t]$$

（2）　当$C=1\text{F}$时，$R=2\sqrt{2}\Omega<2\sqrt{\frac{L}{C}}=4\Omega$，电路仍为欠阻尼响应，$\lambda_{1,2}=-\frac{1}{2}\pm j\frac{1}{2}$

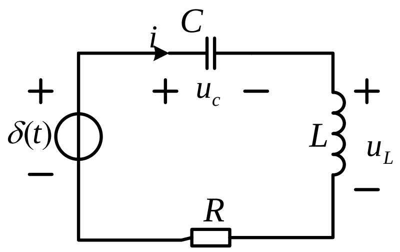
$$u_C=e^{-\frac{1}{2}t}[K_1\cos\frac{1}{2}t+K_2\sin\frac{1}{2}t]$$

（3）　当$C=2\text{F}$时，$R=4\Omega=2\sqrt{\frac{L}{C}}=4\Omega$，电路为临界阻尼响应，$\lambda_{1,2}=-\frac{1}{2}$

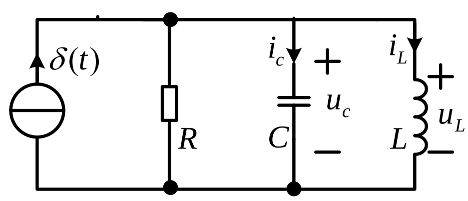
$$u_C=e^{-\frac{1}{2}t}[K_1+K_2t]$$

三种情况下的常数K_1,K_2由初始条件确定。

7-7　单位冲激信号分别作用于如题 7-7（a）图所示、题 7-7（b）图所示RLC串、并联电路，设储能元件的初始状态为零，在$t=0$时换路瞬间，电容电压和电感电流是否都发生跃变？为什么？



(a)



(b)

题 7-7 图

解：(1)题 7-7（a）图示 RLC 串联电路中，$t<0$时，由于$\delta(t)=0$，$u_c(0_-)=0$，$i_L(0_-)=0$。

在冲激作用瞬间，电容、电感可分别视为短路和开路，此时冲激电压全部加到电感的两端，于是电感中的电流为

$$i_L(0_+)=\frac{1}{L}\int_{0_-}^{0_+}\delta(t)dt=\frac{1}{L}$$

则

$$i_c(0_+)=i_L(0_-)=\frac{1}{L}$$

由于该电流为有限值，所以电容的电压不会发生跃变，$u_c(0_+)=u_c(0_-)=0$。

（2）类似上述分析，题 9-8（b）图所示的 RLC 并联电路中，在冲激作用的瞬间，电容、电感分别视为短路和开路，冲激电流全部流过电容，故电容电压为

$$u_c(0_+)=\frac{1}{C}\int_{0_-}^{0_+}\delta(t)dt=\frac{1}{C}$$

由于它是有限值，所以电感的电流不会发生跃变，$i_L(0_+)=i_L(0\_)=0$。

综上所述，冲激电压作用于 RLC 串联电路时，仅在换路瞬间电感的电流才会发生跃变，而电容的电压不会发生跃变；冲激电流作用于 RLC 并联电路，仅在换路瞬间电容的电压发生跃变，而电感电流不发生跃变。

7-8　如题 7-8 图所示电路，已知$U_0=100V$，$U_S=200V$，$R_1=30\Omega$，$R_2=10\Omega$，$L=0.1H$，$C=1000\mu F$，换路前电路处稳态，求换路后$t\geq 0$时支路电流i_1。

解：（1）先求初始值。

换路前$t=0_$时有

$$u_c(0\_)=-100\ V，i_1(0\_)=i_L(0\_)=\frac{U_S}{R_1+R_2}=5\ A$$

根据换路定律

$$u_c(0_+)=-100\ V，i_1(0_+)=i_L(0_+)=5\ A$$

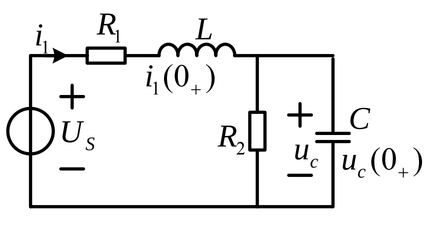
$t=0_+$时有

$$u_L(0_+)=U_S-R_1i_1(0_+)-u_c(0_+)=150\ V$$

则

$$\frac{di_1(0_+)}{dt}=\frac{u_L(0_+)}{L}=1500\ A/S$$

（2）换路后$t\geq 0$时的等效电路如下图。



列关于电路的微分方程，由大回路利用 KVL 有

$$R_1 i_1 + L\frac{di_1}{dt} + u_c = U_S$$

利用电容的 VCR，并对方程两边同时求导得

$$R_1\frac{di_1}{dt} + L\frac{d^2 i_1}{dt^2} + \frac{i_c}{C} = 0$$

故

$$i_c = -LC\frac{d^2 i_1}{dt^2} - R_1 C\frac{di_1}{dt} \qquad ①$$

由左回路列方程

$$R_1 i_1 + L\frac{di_1}{dt} + R_2(i_1 - i_c) = U_S \qquad ②$$

联立①和②，可得到

$$R_1 i_1 + L\frac{di_1}{dt} + R_2 i_1 + R_2 LC\frac{d^2 i_1}{dt^2} + R_2 R_1 C\frac{di_1}{dt} = U_S$$

代入已知参数将方程变化为

$$\frac{d^2 i_1}{dt^2} + 400\frac{di_1}{dt} + 4\times10^4 i_1 = 2\times10^5$$

方程的齐次解 $i_{1h} = (A_1 + A_2 t)e^{-200t}$，而特解为 $i_{1p} = 5$

即

$$i_1 = (A_1 + A_2 t)e^{-200t} + 5$$

由初始条件 $i_1(0_+) = 5\ \ A$，$\dfrac{di_1(0_+)}{dt} = 1500\ \ A/S$ 求解方程。

$$i_1(0_+) = A_1 + 5 = 5$$

$$\frac{di_1(0_+)}{dt} = A_2 = 1500$$

所以， $A_1 = 5$， $A_2 = 1500$。

则所求响应是

$$i_1 = 5 + 1500te^{-200t}\ A \quad t \geq 0$$

第八章部分习题及解答

8-3 （1）求对应于下列正弦量的振幅相量：$(a)4\cos 2t + 3\sin 2t;\quad (b)-6\sin(5t - 75^\circ)$

（2）求下列振幅相量对应的正弦量：$(a)6 - j8;\quad (b)-8+6j;\quad (c)-j10$

解 （1）

$$(a)4\cos 2t + 3\sin 2t = 5[\frac{4}{5}\cos 2t + \frac{4}{5}\sin 2t] = 5\cos(2t - 37^\circ);\quad \dot{A} = 5\angle -37^\circ$$

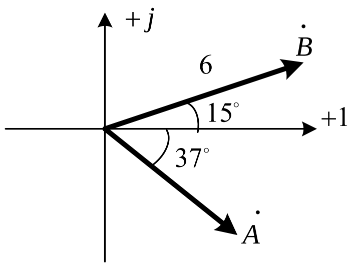
$$(b)-6\sin(5t - 75^\circ) = 6\cos(5t - 75^\circ + 90^\circ) = 6\cos(5t + 15^\circ);\quad \dot{B} = 6\angle 15^\circ$$

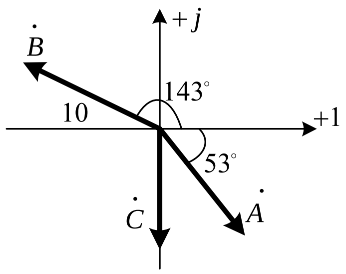
（1）

$$(a)6 - j8 = \sqrt{6^2 + 8^2}\angle \arctan\frac{-8}{6} = 10\angle 53^\circ \qquad \rightarrow 10\cos(\omega t - 53^\circ);$$

$$(b)-8+6j = 10\angle \arctan\frac{6}{-8} = 10\angle 180^\circ - 37^\circ = 10\angle 143^\circ \quad \rightarrow 10\cos(\omega t + 143^\circ);$$

$$(c)-j10 = 10\angle 90^\circ \rightarrow 10\cos(\omega t - 53^\circ); \qquad \rightarrow 10\cos(\omega t - 90^\circ);$$





8-11 已知图题 8-2 所示无源网络两端的电压 $u(t)$ 和电流 $i(t)$ 各如下式所示。试求每种情况下的阻抗及导纳。

(1) $u(t)=200\cos 314t(\text{V}),\quad i(t)=10\cos 314t(\text{A});$

(2) $u(t)=10\cos(10t+45^\circ)(\text{V}),\quad i(t)=2\cos(10t+35^\circ)(\text{A});$

(3) $u(t)=100\cos(2t+30^\circ)(\text{V}),\quad i(t)=5\cos(2t-60^\circ)(\text{A});$

(4) $u(t)=40\cos(100t+17^\circ)(\text{V}),\quad i(t)=8\cos(100t)(\text{A});$

(5) $u(t)=100\cos(\pi t-15^\circ)(\text{V}),\quad i(t)=\sin(\pi t+45^\circ)(\text{A});$

(6) $u(t)=[-5\cos 2t+12\sin 2t](\text{V}),\quad i(t)=1.3\cos(2t+40^\circ)(\text{A});$

(7) $u(t)=\text{Re}[je^{j2t}](\text{V}),\quad i(t)=\text{Re}[(1+j)je^{j(2t+30^\circ)}](\text{mA});$

解

(1) $Z=\dfrac{200\angle 0^\circ}{10\angle 0^\circ}=20\angle 0^\circ=20\Omega;\quad Y=\dfrac{1}{Z}=\dfrac{1}{20\angle 0^\circ}=0.05\text{S};$

(2) $Z=\dfrac{10\angle 45^\circ}{2\angle 35^\circ}=5\angle 10^\circ=(4.92+j0.87)\Omega;\quad Y=\dfrac{1}{Z}=\dfrac{1}{20\angle 0^\circ}=0.05\text{S};$

(3) $Z=\dfrac{100\angle 30^\circ}{5\angle -60^\circ}=20\angle 90^\circ=j20\Omega;\quad Y=\dfrac{1}{Z}=-j0.05\text{S};$

(4) $Z=\dfrac{40\angle 17^\circ}{8\angle 0^\circ}=5\angle 17^\circ=(4.78+j1.46)\Omega;\quad Y=\dfrac{1}{Z}=(0.1913-j0.058)\text{S};$

(5) $Z=\dfrac{100\angle -15^\circ}{1\angle 45^\circ-90^\circ}=100\angle 30^\circ=(86.6+j50)\Omega;\quad Y=\dfrac{1}{Z}=(0.0086-j0.005)\text{S};$

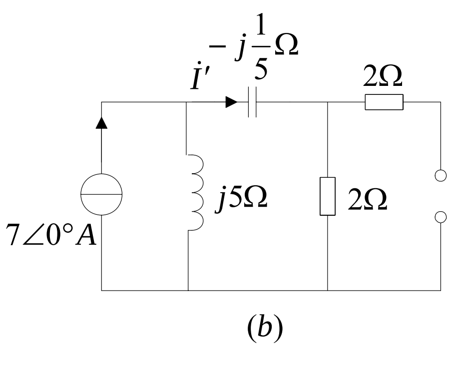
(6) $Z=10\angle -152.62^\circ\Omega;\quad Y=\dfrac{1}{Z}=0.1\angle 152.62^\circ\text{S};$

(7) $Z=707\angle 15^\circ\Omega;\quad Y=\dfrac{1}{Z}=1.41\angle -15^\circ\text{S};$

8-15.解：（1）电流源$i_S(t)$单独作用时，设电容电流为$i'(t)$。

$$\therefore Z_{L_1}=j\omega_1 L=j5\times 1=j5\Omega$$

$$Z_{C_1}=\frac{1}{j\omega_1 C}=-j\frac{1}{5\times 1}=-j\frac{1}{5}\Omega$$



(b)

画出相量模型电路如图 b 所示
由分流公式

$$\dot{I}'=\frac{j5}{1-j\frac{1}{5}+j5}\times 7\angle 0^\circ=7.1\angle 11.8^\circ A$$

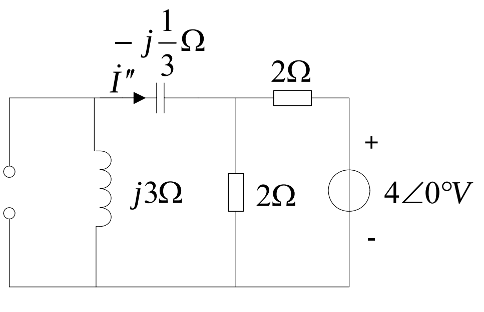
$$\therefore i'(t)=7.1\sqrt{2}\sin(5t+11.8^\circ)A$$

（2）电压源$u_S(t)$单独作用时，设电容电流为$i''(t)$

$$\therefore Z_{L_2} = j\omega_2 L = j3\times 1 = j3\Omega$$

$$Z_{C_2} = \frac{1}{j\omega_2 C} = -j\frac{1}{3\times 1} = -j\frac{1}{3}\Omega$$

相应的相量模型电路如图 c 所示，由网孔法：



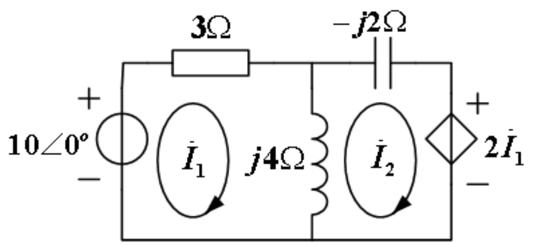
(c)

$$\left.\begin{aligned}(j3 - j\frac{1}{3} + 2)\dot{I}'' + 2\dot{I}_0 = 0\\ 2\dot{I}'' + (2+2)\dot{I}_0 = 4\angle 0°\end{aligned}\right\} \Rightarrow \dot{I}'' = 0.7\angle 110.5° A$$

$$\therefore i''(t) = 0.7\sqrt{2}\sin(3t + 110.5°)A$$

（3） $i(t) = i'(t) + i''(t) = 7.1\sqrt{2}\sin(5t + 11.8°) + 0.7\sqrt{2}\sin(3t + 110.5°)A$

8-16. 解：电路的相量模型如图所示：



由网孔法，

$$\begin{bmatrix} 3+j4 & -j4 \\ -j4 & j4-j2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ -2\dot{I}_1 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} 3+j4 & -j4 \\ 2-j4 & j2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \end{bmatrix}$$

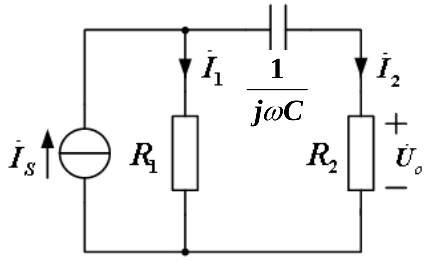
$$\therefore \quad \dot{I}_1 = \frac{\begin{bmatrix} 10 & -j4 \\ 0 & j2 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 3+j4 & -j4 \\ 2-j4 & j2 \end{bmatrix}} = \frac{j20}{8+j14} = \frac{20\angle 90^o}{16.12\angle 60.3^o} = 1.24\angle 29.7^o$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\begin{bmatrix} 3+j4 & 10 \\ 2-j4 & 0 \end{bmatrix}}{8+j14} = \frac{-20+j40}{8+j14} = \frac{44.72\angle 116.6^o}{16.12\angle 60.3^o} = 2.77\angle 56.3^o$$

$\therefore$ 正弦稳态响应： $i_1(t) = \sqrt{2}[1.24\sin(10^3 t + 29.7^o)]$

$$i_2(t) = \sqrt{2}[2.77\sin(10^3 t + 56.3^o)]$$

8-20. 解：由题，频域下的等效电路如下：



$$\dot{I}_2=\frac{R_1}{R_1+R_2+\frac{1}{j\omega C}}\dot{I}_S$$

① 当$\omega=1rad/s$时，$\dot{I}_S=1\angle 0^o mA$，

$$\dot{U}_{o1}=R_2\dot{I}_2=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2+\frac{1}{jC}}\dot{I}_S=90\angle 83.16^o$$

$u_{o1}(t)=\sqrt{2}[90\sin(t+83.16^o)]$

② 当$\omega=10rad/s$时，

$$\dot{U}_{o2}=R_2\dot{I}_2=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2+\frac{1}{j10C}}\dot{I}_S=576\angle 39.8^o$$

$u_{o2}(t)=\sqrt{2}[576\sin(10t+89.8^o)]$

③ 当$\omega=1000rad/s$时，

$$\dot{U}_{o3}=R_2\dot{I}_2=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2+\frac{1}{j1000C}}\dot{I}_S=750\angle 0^o$$

$u_{o3}(t)=\sqrt{2}[750\sin 1000t]$

由叠加定理，总输出电压

$$\begin{aligned}u_o(t)&=u_{o1}(t)+u_{o2}(t)+u_{o3}(t)\\&=\sqrt{2}[90\sin(t+83.16^o)+576\sin(10t+89.8^o)+750\sin 1000t]\end{aligned}$$

8-28. 解：

（1）$\varphi=\frac{3\pi}{4}-(-\frac{\pi}{2})=\frac{5\pi}{4}>\pi \quad \Rightarrow \varphi=2\pi-\frac{5\pi}{4}=\frac{3\pi}{4}$

（2） $i_2(t)=10\sin(100\pi t-15^o+90^o)=10\sin(100\pi t+75^o)$

$\varphi=30^o-75^o=-45^o$

（3） $\omega_1\neq\omega_2$，不能比较相位差

（4） $i_2(t)=3\sin(100\pi t+60^o-180^o)=3\sin(100\pi t-120^o)$

$\varphi=-30^o-(-120^o)=90^o$

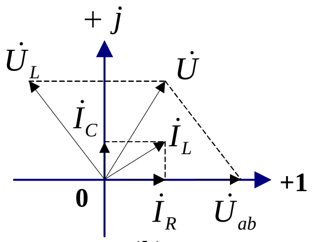
8-31.解： $U_{AB}=\sqrt{(30I)^2+(40I)^2}=50I$

$\Rightarrow I=1A$， $U_R=30V$， $U_L=40V$

$U_{AC}=78=\sqrt{30^2+(40+U_{BC})^2}$

$\Rightarrow U_{BC}=\sqrt{78^2-30^2}-40=32V$

8-35.解：选$\dot{U}_{ab}$为参考相量，画出本题电路中各支路电流电压相量图如图 b 所示。



(b)

$\dot{I}_C=j4A$， $\dot{U}_{ab}=\frac{1}{j\omega C}\dot{I}_C=(-j6)\times j4=24\angle 0°V$

$\dot{I}_R=\frac{\dot{U}_{ab}}{R}=\frac{24\angle 0°}{8}=3\angle 0°A$

$\therefore I_L=\sqrt{I_R^2+I_C^2}=\sqrt{3^2+4^2}=5A$

$\varphi_L=\arctan(\frac{I_C}{I_R})=\arctan(\frac{4}{3})=53.1°$

即： $\dot{I}_L=I_L\angle\varphi_L=5\angle 53.1°A$,电流表指示值为$5A$

$\dot{U}_L=j\omega L\,\dot{I}_L=j5\times 5\angle 53.1°=25\angle 143.1°V$， 电压表指示值为 25V。