2008研究生入学试题A卷解答

一、　填空题（每小题6分，共90分）

1. 图1-1所示电路中的电压$U=$______。

【解】$U=(5-3)\times 3+4=10\text{V}$

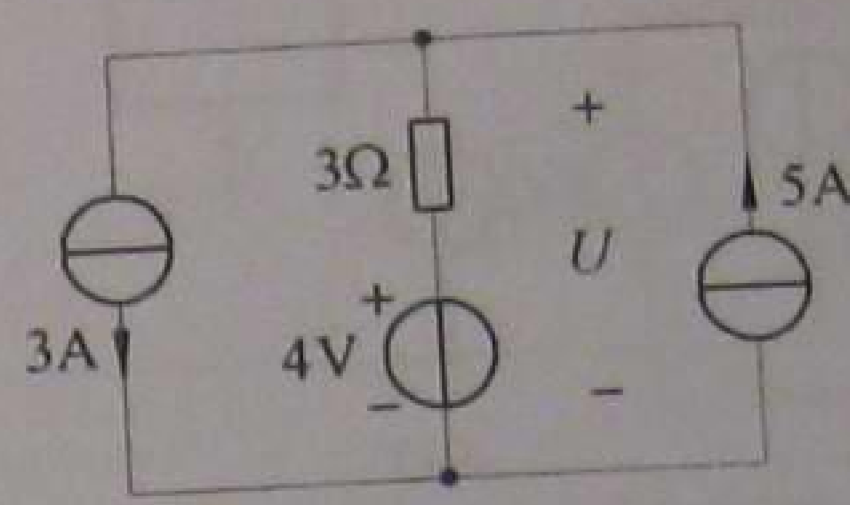


图1-1

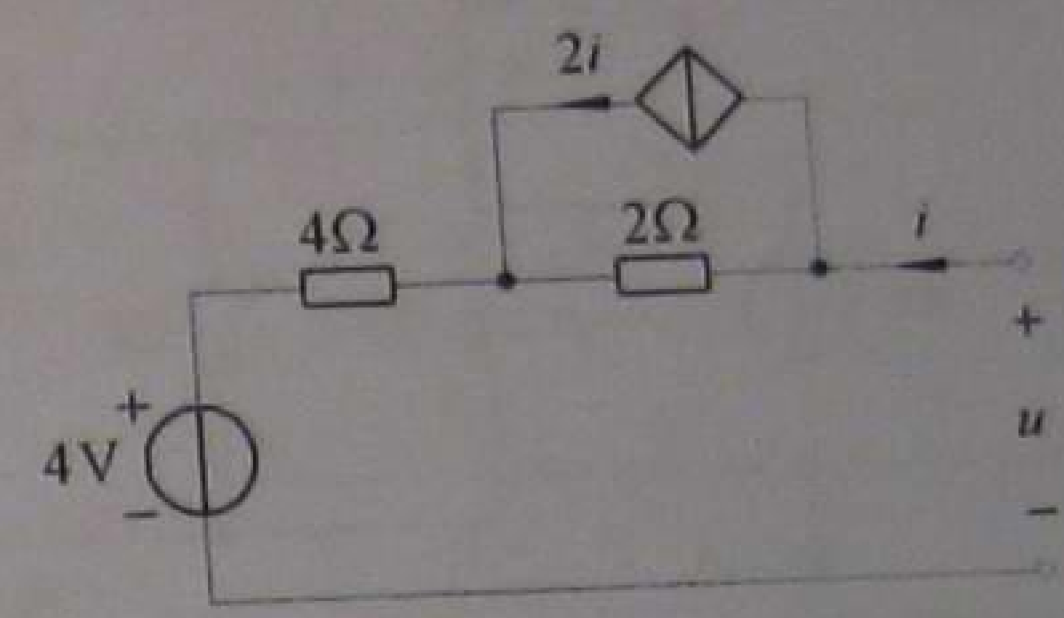


图1-2

2. 图1-2所示电路的端口伏安关系$u=$______。

【解】$u=(i-2i)\times 2+4i+4=4+2i$

3. 图1-3所示电路中的N为线性含源电阻网络，当$U_s=0\text{V}$时，$I=2\text{A}$；当$U_s=4\text{V}$时，$I=8\text{A}$；则$U_s=2\text{V}$时，$I=$______。

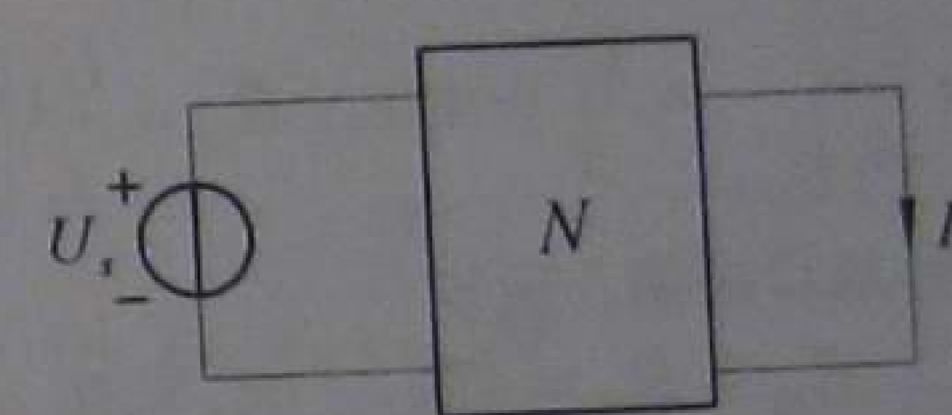


图1-3

【解】由叠加定理和齐性定理得

$$I=k_0+k_1U_s$$

代入已知数据得

$$\begin{cases}2=k_0\\8=k_0+4k_1\end{cases}$$

解之得

$$k_0=2,k_1=1.5$$

所以

$$I=2+1.5U_s$$

则$U_s=2\text{V}$时，$I=2+1.5\times 2=5\text{A}$。

4. 图1-4所示电路中的N_0为线性电阻网络，当$R_L=0$时，$I=5\text{A}$；现调节R_L使其获得最大功率，已知最大功率为100W，则$R_L=$______。

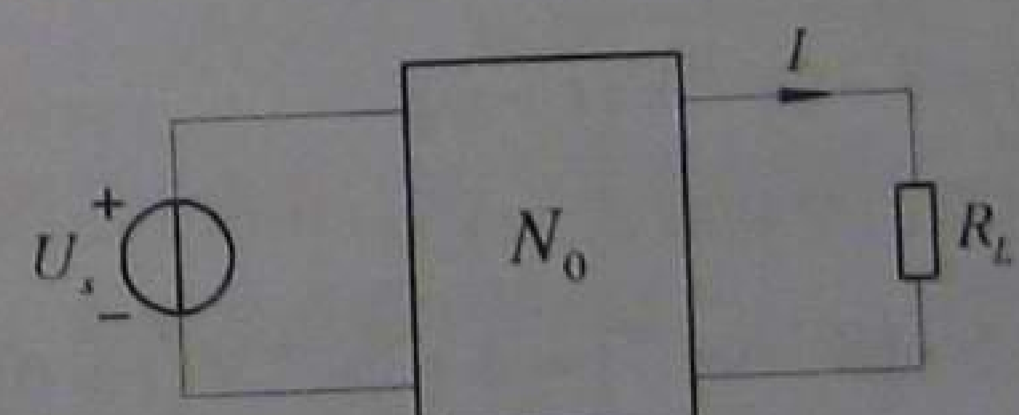
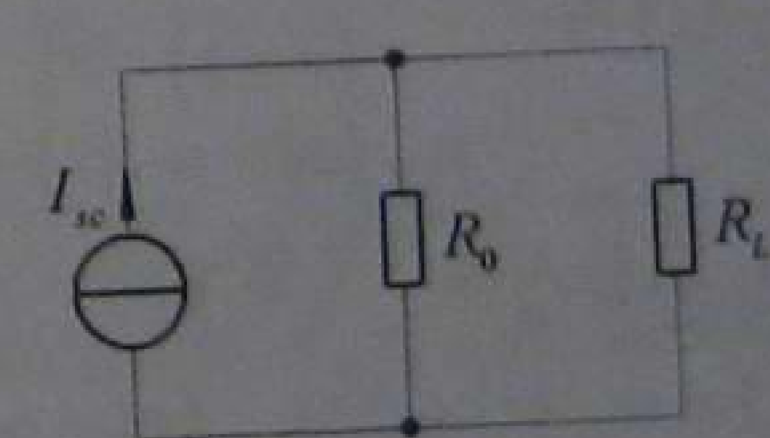


图1-4



（a）

【解】将R_L作为外接电路，其余部分用其诺顿等效电路代替，如图（a）所示。因为$R_L=0$时，$I=5\text{A}$，所以$I_{sc}=5\text{A}$，R_L获得最大功率时，$R_L=R_0$，所以

$$P=\left(\frac{1}{2}I_{sc}\right)^2\times R_L=100,\quad R_L=\frac{4\times 100}{I_{sc}^2}=\frac{400}{25}=16\Omega$$

5. 图1-5所示电路中的电压$u_o=$______。

【解】所用电量的参考方向如图（a）所示。由运放的虚短特性得

$$i_1=\frac{12-8}{2}=2\text{A}$$

由运放的虚断特性得

$$i_2=i_1=2\text{A}$$

所以

$$u_o = -3i_2 + 8 = -3\times 2 + 8 = 2\text{V}$$

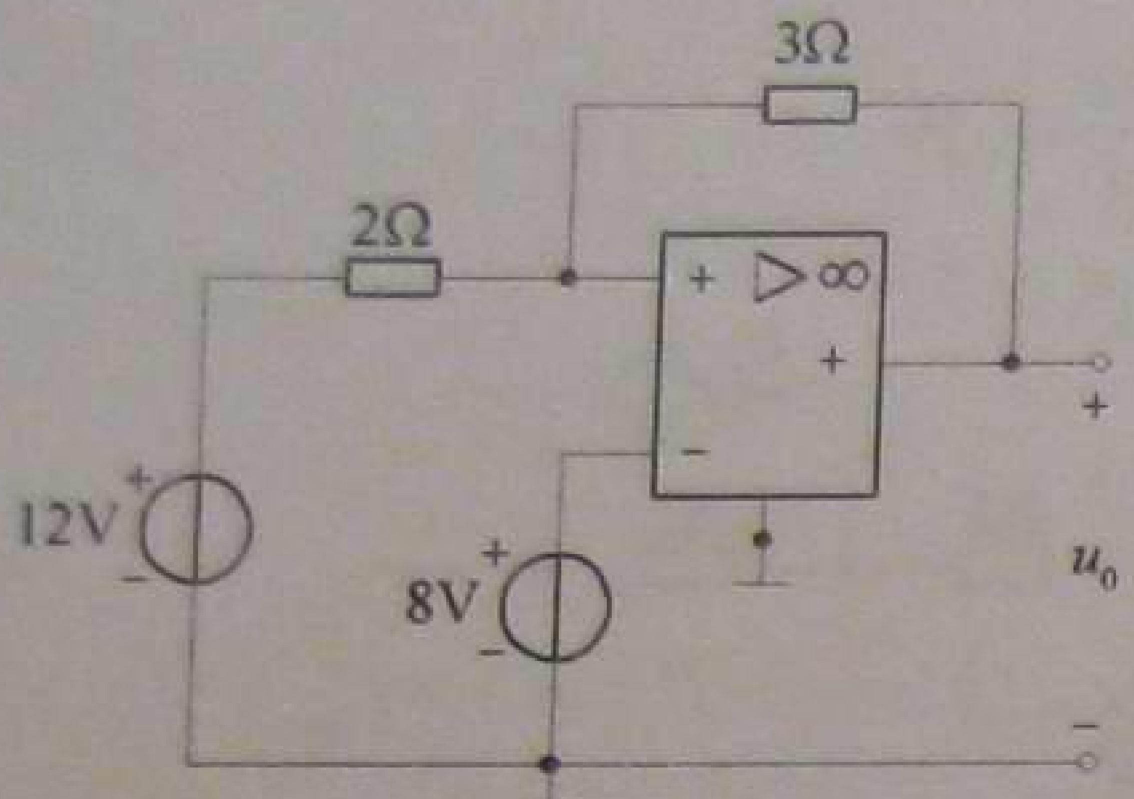
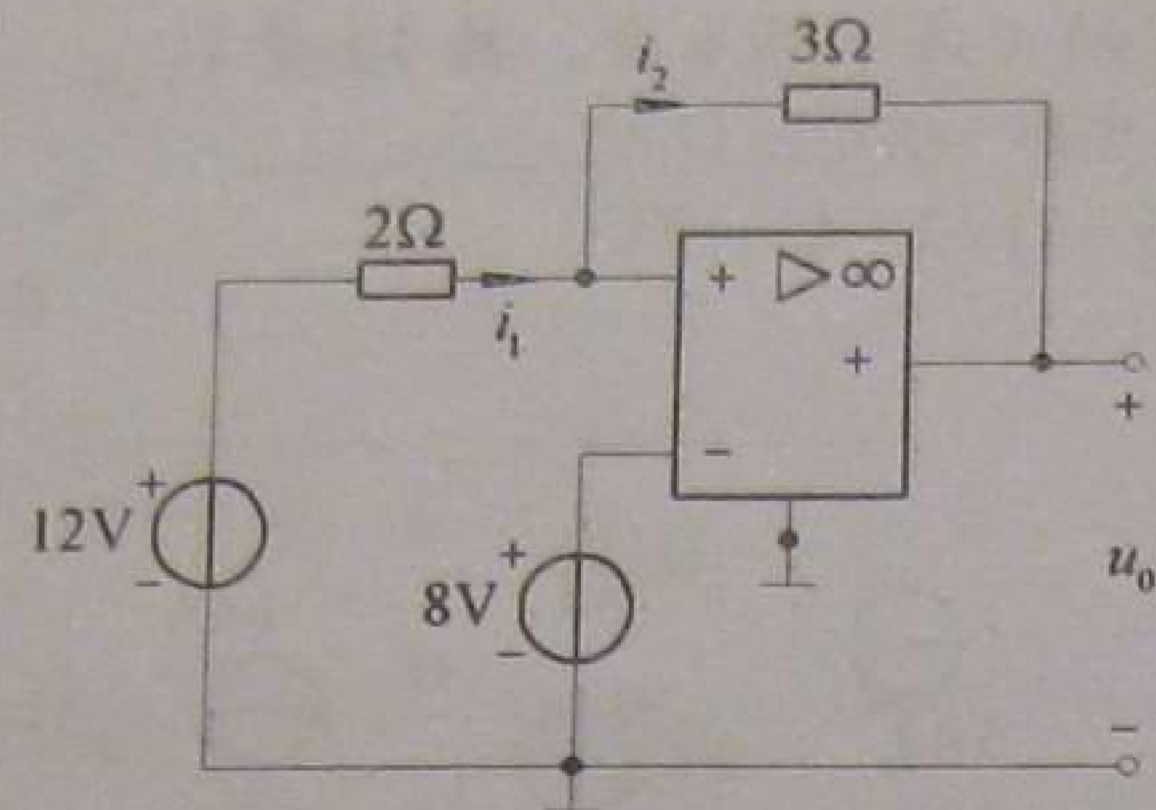


图 1-5



(a)

6. 图 1-6 所示电路中的 N 为不含独立电源的对称双口网络。当 $R_L=\infty$ 时，$U_2=9\text{V}$，$I_1=3\text{A}$。则双口网络 N 的开路电阻参数矩阵 $\mathbf{R}=\begin{bmatrix} & \end{bmatrix}$。

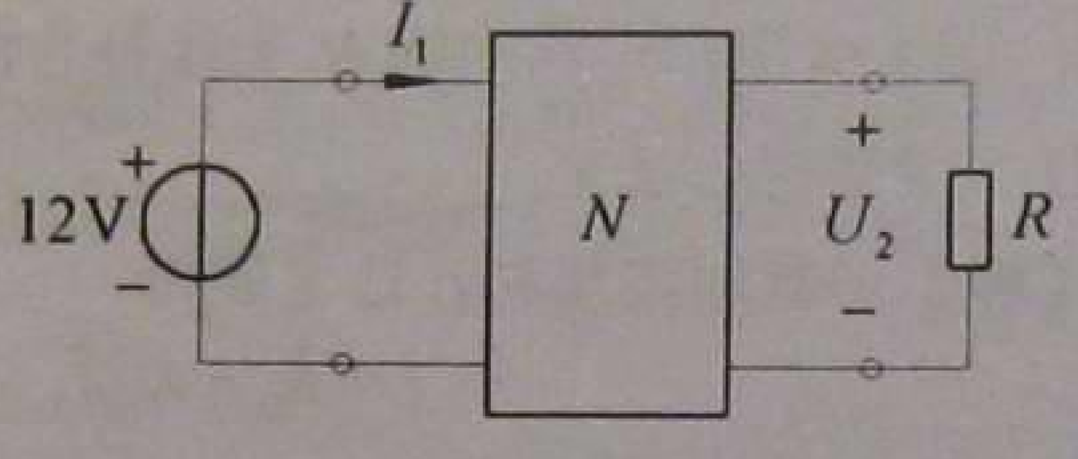


图 1-6

【解】因为 $R_L=\infty$ 时，$I_2=0$，$I_1=3\text{A}$，$U_1=12\text{V}$，$U_2=9\text{V}$，所以

$$R_{11}=\left.\frac{U_1}{I_1}\right|_{I_2=0}=\frac{12}{3}=4\Omega，\quad R_{21}=\left.\frac{U_2}{I_1}\right|_{I_2=0}=\frac{9}{3}=3\Omega$$

因为 N 为对称双口网络，所以

$$R_{22}=R_{11}=4\Omega，\quad R_{12}=R_{21}=3\Omega$$

7. 某一阶电路的全响应 $u_C(t)=8-2e^{-5t}\text{V}(t>0)$，若初始状态不变，而输入减小为原来的一半，则全响应 $u_C'(t)=$ ________________。

【解】因为 $u_C(t)=8-2e^{-5t}\text{V}(t>0)$，所以

$$u_C(0_+)=u_C(t)\big|_{t=0_+}=\left(8-2e^{-5t}\right)_{t=0_+}=6\text{V}$$

该电路的零输入响应 $u_{Cx}(t)$ 为

$$u_{Cx}(t)=6e^{-5t}\text{V}(t>0)$$

电路的零状态响应 $u_{Cf}(t)$ 为

$$u_{Cf}(t)=u_C(t)-u_{Cx}(t)=8-8e^{-5t}\text{V}(t>0)$$

因此，初始状态不变，而输入减小为原来的一半时，电路的全响应 $u_C'(t)$ 为

$$u_C'(t)=u_{Cx}(t)+0.5u_{Cf}(t)=6e^{-5t}+0.5\times\left(8-8e^{-5t}\right)=4+2e^{-5t}\text{V}(t>0)$$

8. 图 1-8 所示正弦稳态电路中，$\dot{I}_s=10\angle 10^\circ\text{A}$，$R=10\Omega$，电流表的示数为 6A，则功率表的示数为 ________。

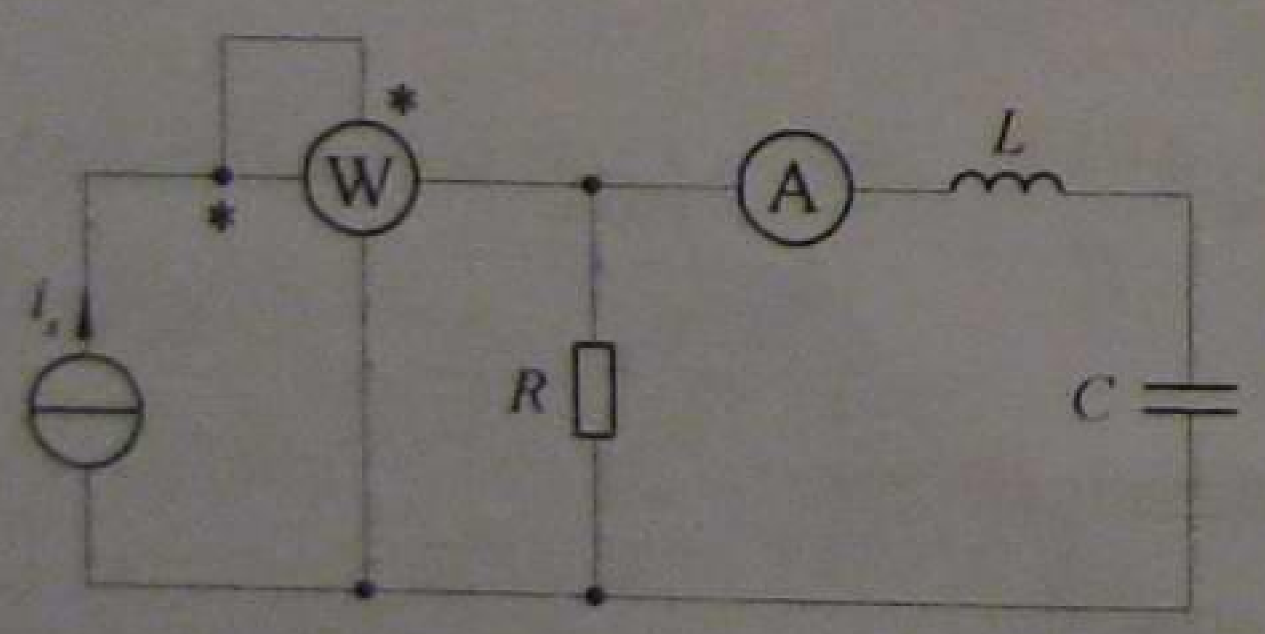
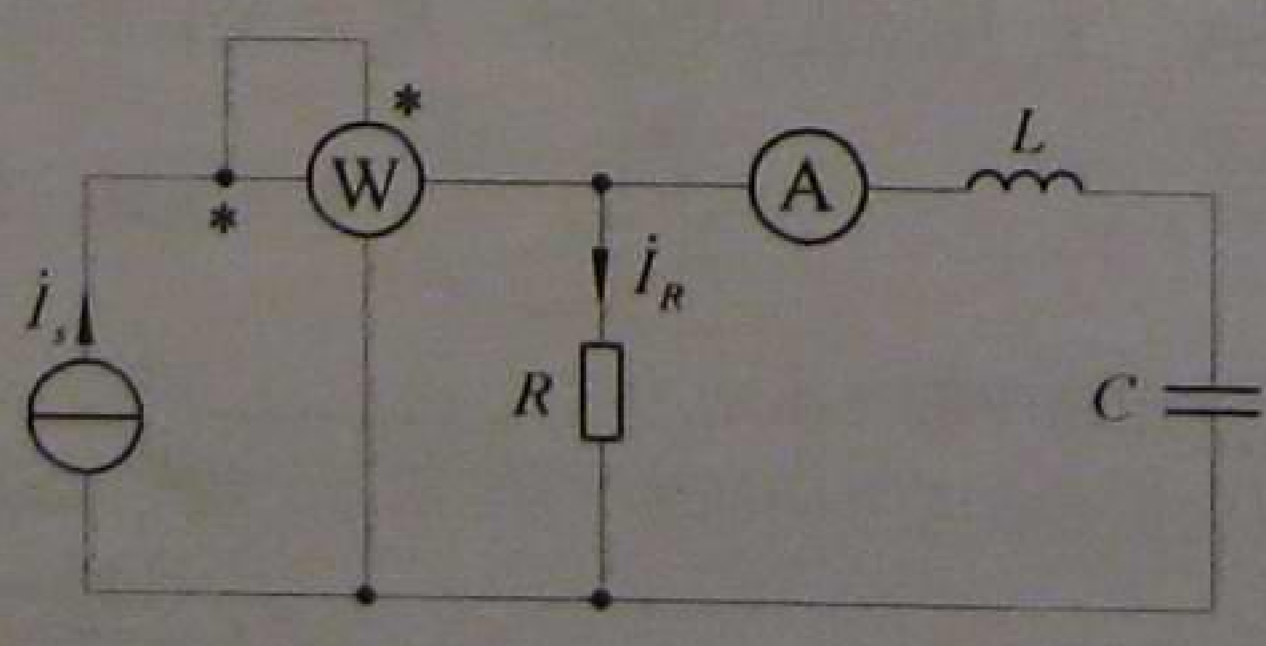


图 1-8



(a)

【解】所用电量的参考方向如图（a）所示。

$$I_R=\sqrt{10^2-6^2}=8\text{A}，\quad P=I_R^2\times 10=8^2\times 10=640\text{W}$$

9. 图 1-9 所示电路中的电流 $\dot{I}_L=$ ____________。

【解】电路发生并联谐振，所以

$$\dot{I}_L=\frac{100\angle 0^\circ}{j10}=-j10=10\angle-90^\circ\ \text{A}$$

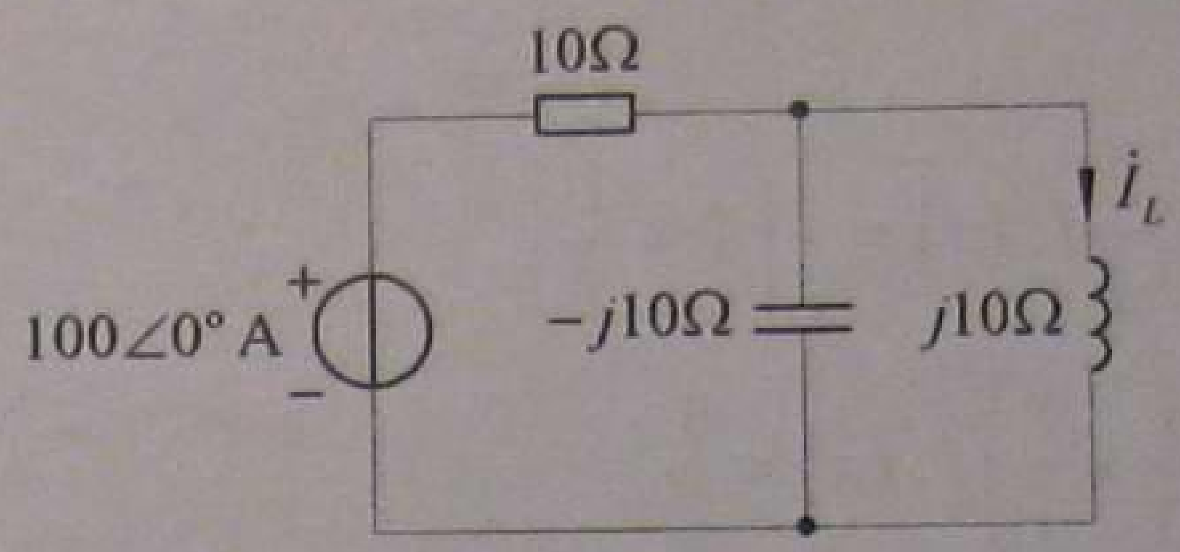


图 1-9

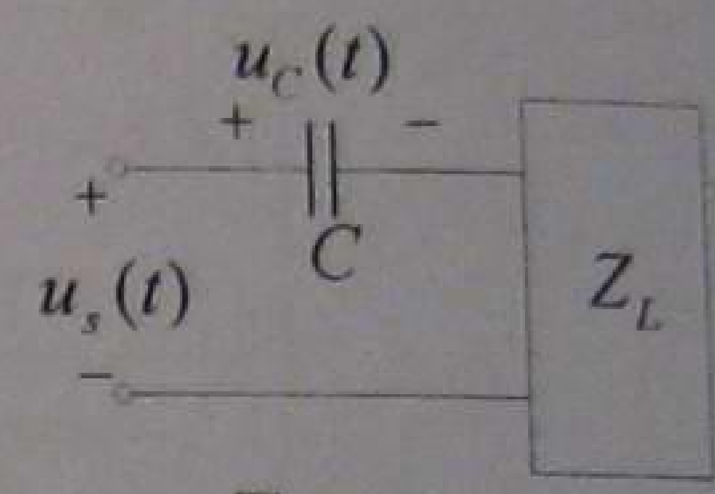


图 1-10

10. 图 1-10 所示正弦稳态电路中，$Z_C=-j10\Omega$，$u_s(t)=220\sqrt{2}\sin(\omega t+45^\circ)\text{V}$，$u_C(t)=110\sqrt{2}\sin(\omega t-135^\circ)\text{V}$，则负载阻抗 $Z_L=$ ____________。

【解】$\dot{I}_C=\dfrac{\dot{U}_C}{Z_C}=\dfrac{110\angle-135^\circ}{-j10}=11\angle-45^\circ\ \text{A}$

$$Z_{in}=\frac{\dot{U}_s}{\dot{I}_C}=\frac{220\angle 45^\circ}{11\angle-45^\circ}=20\angle 90^\circ=j20\Omega$$

$$Z_L=Z_{in}-Z_C=j20-(-j10)=j30\Omega$$

11. 图 1-11 所示对称三相电路中，已知 $\dot{U}_{AB}=380\angle 0^\circ\ \text{V}$，$\dot{I}_A=2\angle-30^\circ\ \text{A}$，此时三相负载吸收的有功功率 $P=$ ____________。

【解】因为 $\dot{U}_{AB}=380\angle 0^\circ\ \text{V}$，所以

$\dot{U}_A=220\angle-30^\circ\ \text{V}$

$$P=3U_PI_P\cos\theta=3\times220\times2\times\cos\left(-30^\circ+30^\circ\right)=1320\text{W}$$

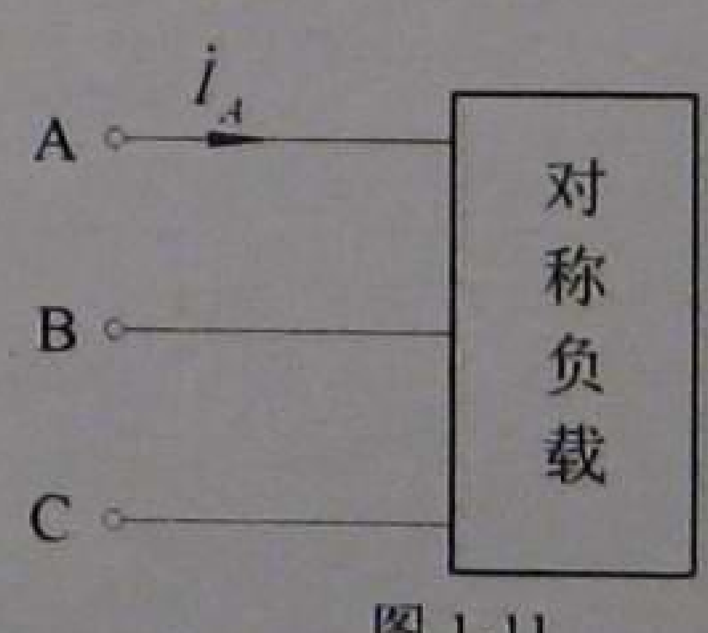


图 1-11

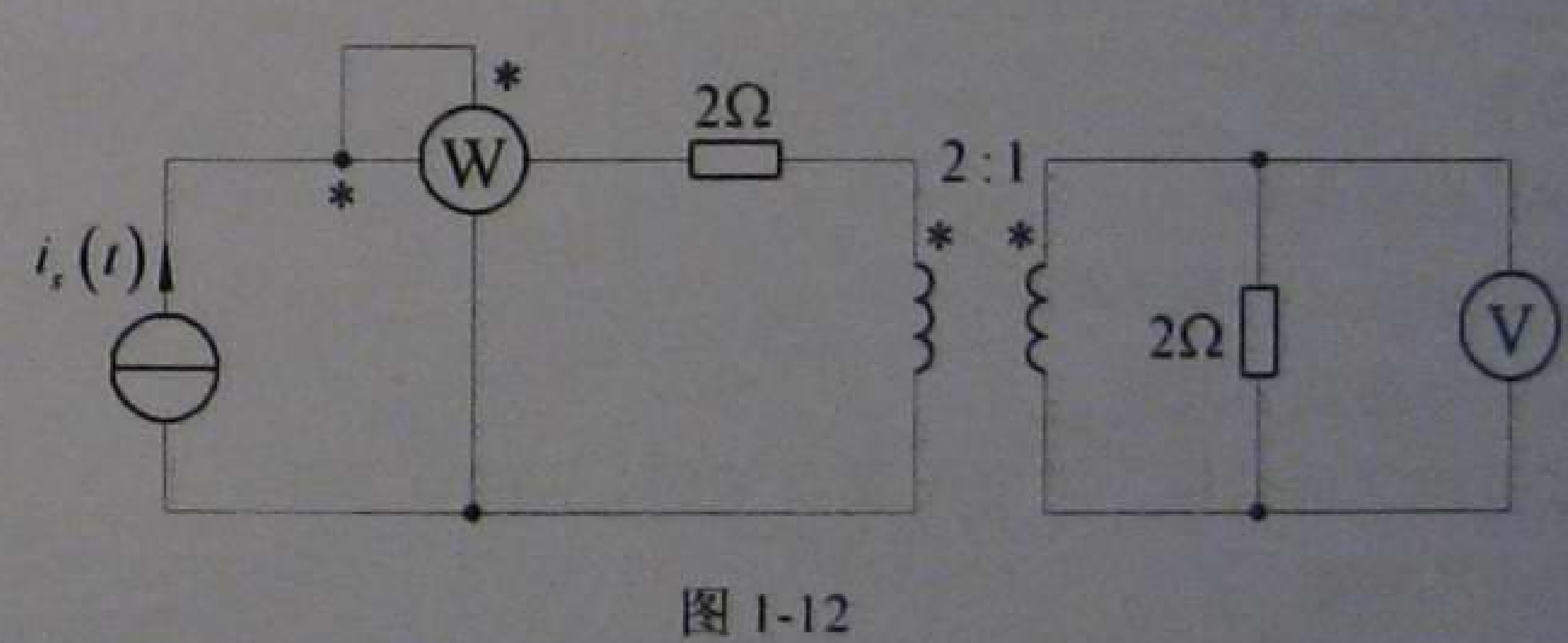


图 1-12

12. 图 1-12 所示稳态电路中，$i_s(t)=2+3\sqrt{2}\cos t+\sqrt{6}\sin 2t\text{A}$。则功率表的示数为 ____________；电压表的示数为____________。

【解】$I_s=\sqrt{2^2+3^2+\left(\sqrt{3}\right)^2}=4\text{A}$

$$P=I_s^2\times\left(2+2^2\times2\right)=4^2\times\left(2+2^2\times2\right)=160\text{W}$$

$$u_1(t)=i_s(t)\times\left(2^2\times2\right)=16+24\sqrt{2}\cos t+8\sqrt{6}\sin 2t\text{V}$$

$$u_2(t)=\frac{1}{2}u_1(t)=8+12\sqrt{2}\cos t+4\sqrt{6}\sin 2t\text{V}$$

$$U_2=\sqrt{8^2+12^2+\left(4\sqrt{3}\right)^2}=\sqrt{256}=16\text{V}$$

13. 图 1-13 所示电路中的状态方程为

$$\begin{bmatrix} \dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} \\ \dfrac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_C \\ i_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_s(t) \\ i_s(t) \end{bmatrix}$$

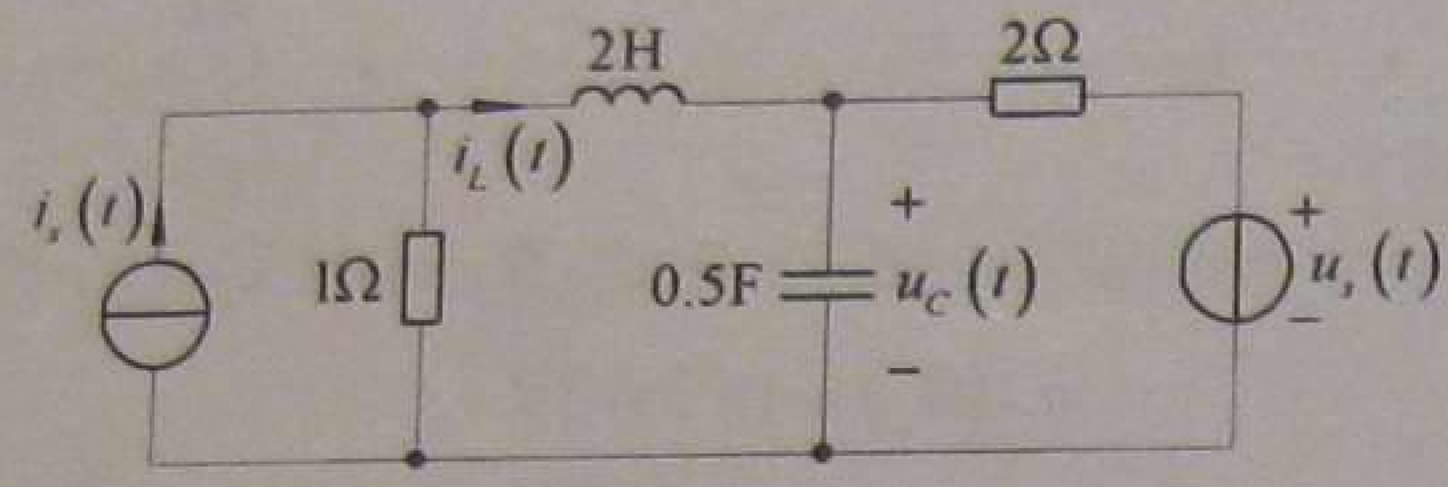


图 1-13

【解】
$$0.5\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = i_L - \frac{u_C - u_s}{2} \quad \Rightarrow \quad \frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = -u_C + 2i_L + u_s$$
$$2\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t} = (i_s - i_L)\times 1 - u_C \quad \Rightarrow \quad \frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t} = -0.5u_C - 0.5i_L + 0.5i_s$$

所以

$$\begin{bmatrix} \dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} \\ \dfrac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ -0.5 & -0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_C \\ i_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_s(t) \\ i_s(t) \end{bmatrix}$$

14. 图 1-14 所示电路的电压转移函数 $\dfrac{U_0(s)}{U_s(s)} =$ ____________________，并画出零极点图。

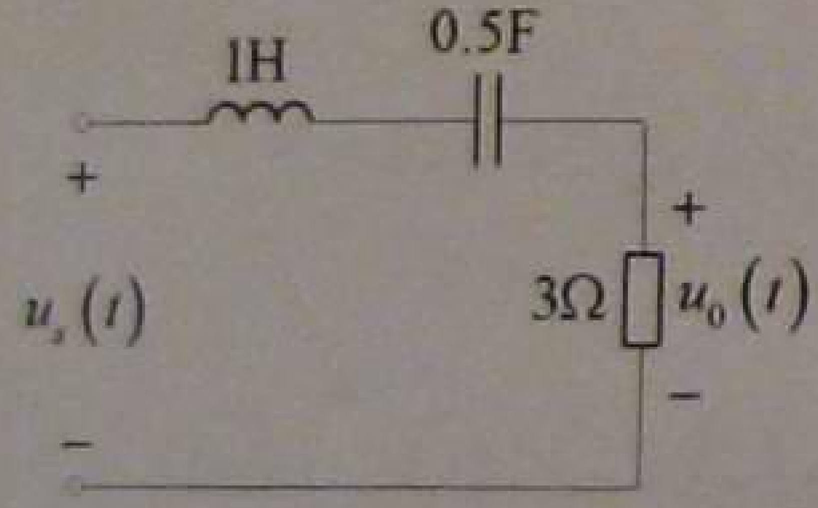
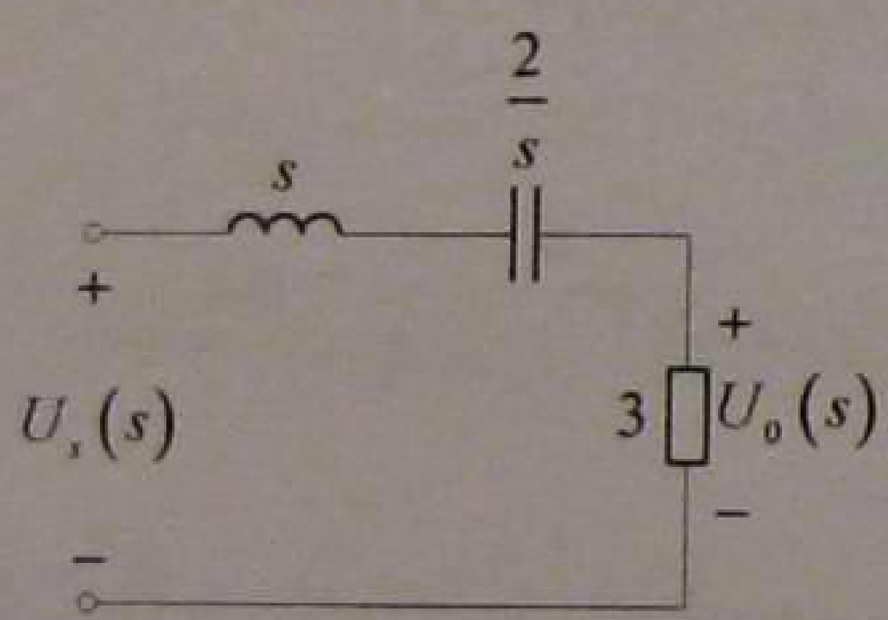
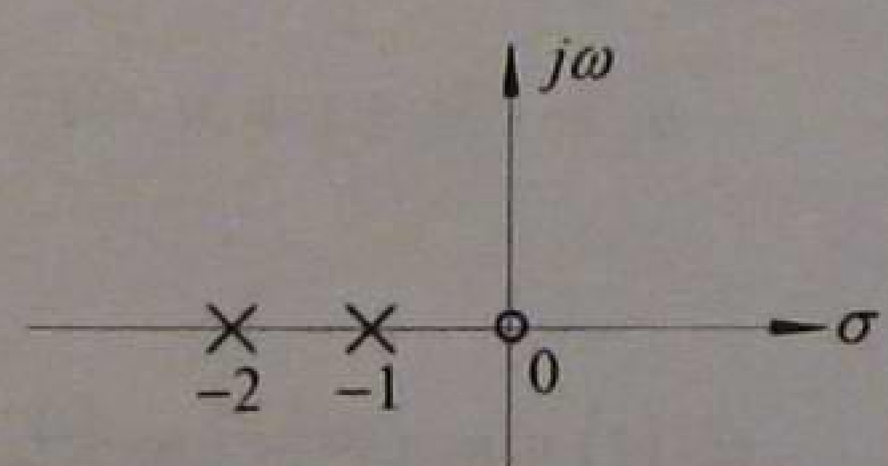


图 1-14



图（a）



图（b）

【解】运算电路如图（a）所示。

$$\frac{U_0(s)}{U_s(s)} = \frac{3}{s + \dfrac{2}{s} + 3} = \frac{3s}{s^2 + 3s + 2} = \frac{3s}{(s+2)(s+1)}$$

15. 图 1-15 示电路中理想二极管中的电流 $I =$ __________。

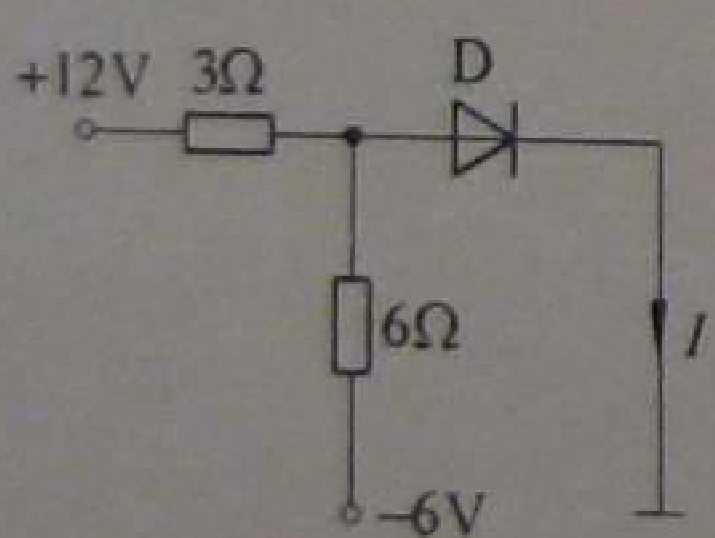
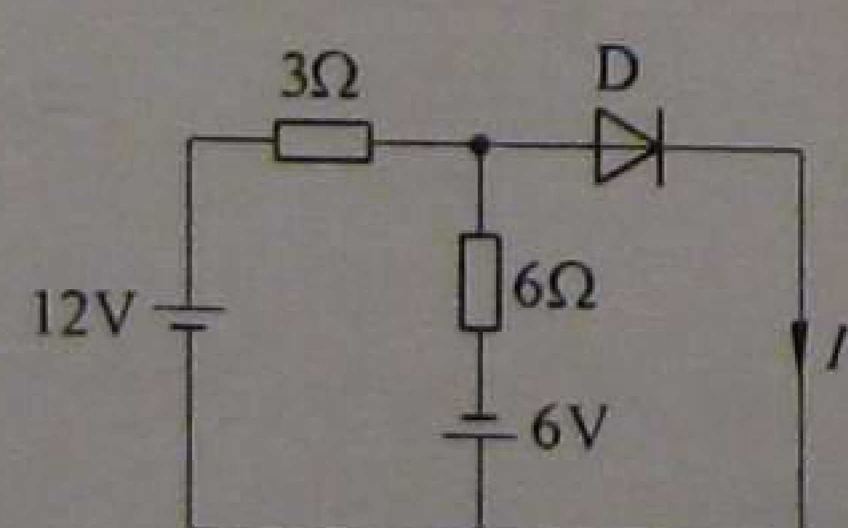
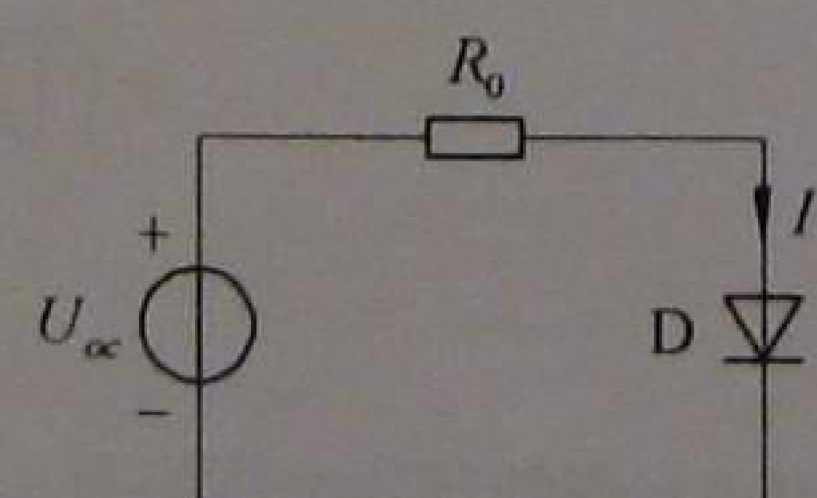


图 1-15



（b）



（c）

【解】 将原电路改画成图 (a)。在图 (a) 中，将理想二极管 D 抽出，剩余部分的含源网络用其戴维南等效电路代替，如图 (b) 所示。其中

$$U_{oc} = \frac{12+6}{3+6}\times 6 - 6 = 6\text{V}, \quad R_0 = 6 // 3 = 2\Omega$$

因为 $U_{oc}=6\text{V}>0$，所以，二极管处于导通状态，相当于短路。因此

$$I=\frac{U_{oc}}{R_0}=\frac{6}{2}=3\text{A}$$

二、（15 分）图 2 所示电路中，$u_s(t)=6\varepsilon(-t)+2\varepsilon(t)\text{V}$。求 $t\geq 0$ 时的电容电压 $u_C(t)$。

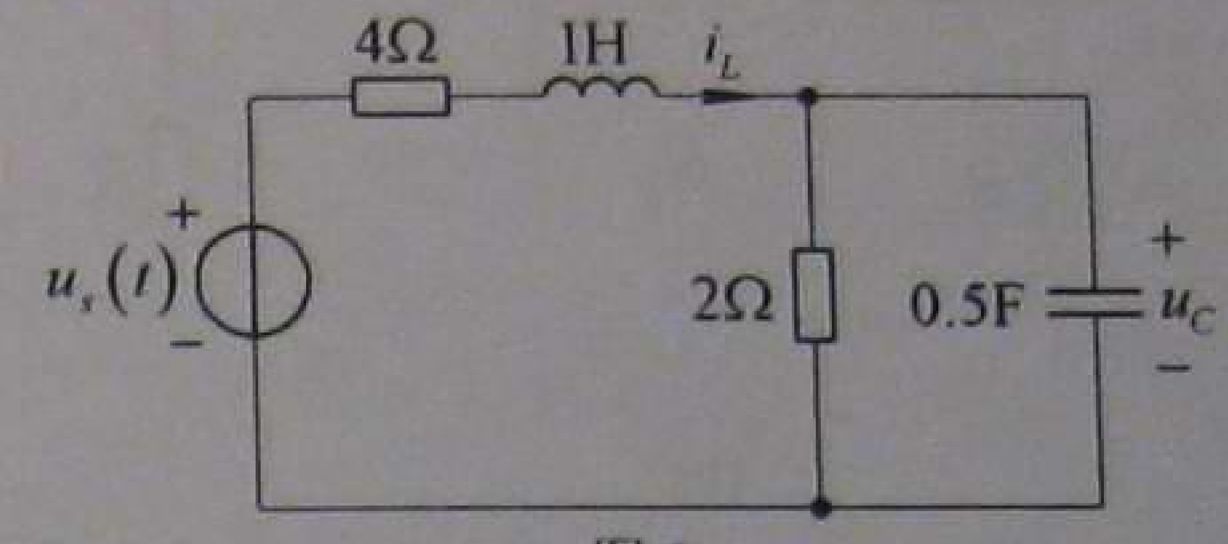
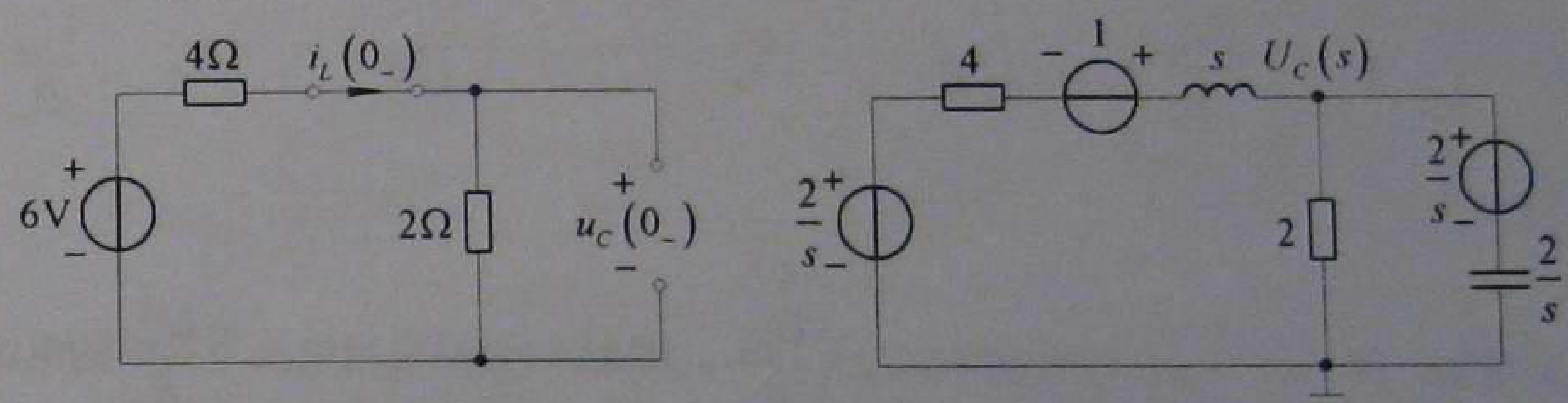


图 2

【解】(1) 求 $u_C(0_-)$ 和 $i_L(0_-)$。$t\leq 0_-$ 时电路处于直流稳态，0_- 时刻电路如图（a）所示。



（a）　　　　　　　　　　（b）

$$i_L(0_-)=\frac{6}{4+6}=1\text{A},\quad u_C(0_-)=2i_L(0_-)=2\times1=2\text{V}$$

运算电路如图（b）所示。节点电压方程为

$$\left(\frac{1}{s+4}+\frac{1}{2}+\frac{s}{2}\right)U_C(s)=\frac{2/s+1}{s+4}+\frac{2/s}{2/s}$$

所以

$$U_C(s)=\frac{2s^2+10s+4}{s(s+2)(s+3)}=\frac{2/3}{s}+\frac{4}{s+2}-\frac{8/3}{s+3}$$

取拉氏反变换，得

$$u_C(t)=\left(\frac{2}{3}+4e^{-2t}-\frac{8}{3}e^{-3t}\right)\text{V}\quad(t\geq 0)$$

三、（15 分）图 3 所示电路中，N_s 为线性含源电阻性网络。当端口 ab 短接时，电阻 R 支路中电流 $I=I_{s1}$。当端口 ab 开路时，电阻 R 支路中电流 $I=I_{s2}$。当端口 ab 间接电阻 R_f 时，R_f 获得最大功率。求端口 ab 间接电阻 R_f 时，流过 R 支路的电流 I。

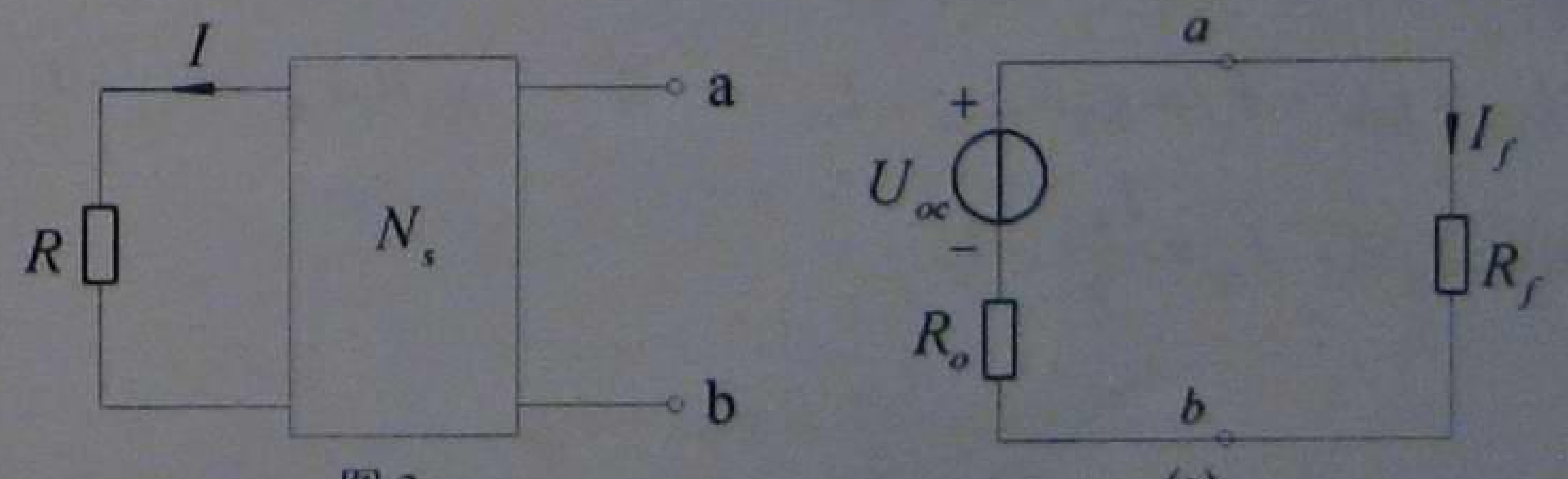
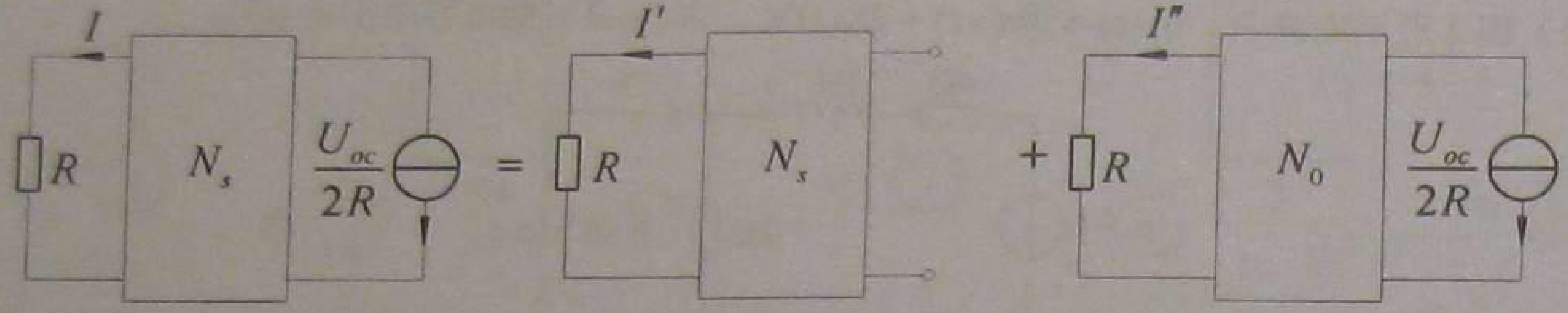


图 3　　　　　　　　　　（a）

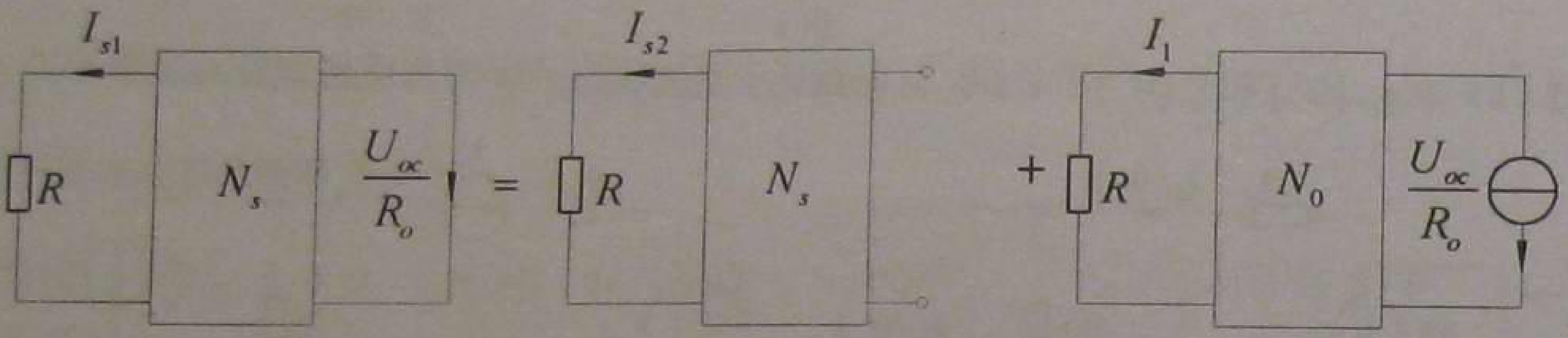
【解】 将原电路中的二端网络用其戴维南等效电路代替，并接上电阻 R_f，如图(a)所示。设流过 R_f 的电流为 I_f，因 $R_f=R_o$ 时 R_f 获得最大功率，所以

$$I_f=\frac{U_{oc}}{2R_o}$$

〖方法 1〗根据替代定理，将 R_f 支路用电流为 $\dfrac{U_{oc}}{2R_o}$ 的电流源替代，应用叠加定理可得图(b)所示的电路。且有 $I = I' + I''$。



(b)



(c)

由图（a）可知，图（a）中 ab 口的短路电流为 $\dfrac{U_{oc}}{R_o}$。将 ab 口短路线用电流为 $\dfrac{U_{oc}}{R_o}$ 的电流源替代，应用叠加定理可得图（c）所示的电路。且有 $I_1 = I_{s1} - I_{s2}$。比较图(b)和图(c)，可得

$$I' = I_{s2}, \quad I'' = \frac{1}{2}I_1 = \frac{1}{2}(I_{s1} - I_{s2}) \qquad \text{[齐次性原理]}$$

所以

$$I = I' + I'' = I_{s2} + \frac{1}{2}(I_{s1} - I_{s2}) = \frac{I_{s1} + I_{s2}}{2}$$

〖方法 2〗根据替代定理，将 R_f 支路用电压为 U 的电压源替代，应用叠加定理和齐次性定理得

$$I = g_1 U + I_{sc}$$
$$I_f = g_2 U + I_{fsc}$$

由于第 2 个方程表征了图（a）中的戴维南等效电路，所以，$g_2 = -\dfrac{1}{R_0}$，$I_{fsc} = \dfrac{U_{oc}}{R_0} = -g_2 U_{oc}$。

当端口 ab 短接时，$I = I_{s1}$。此时，$U = 0$，所以 $I_{sc} = I_{s1}$。

当端口 ab 间接电阻 R_f 时，R_f 获得最大功率。由图（a）知，$R_f = R_0 = -\dfrac{1}{g_2}$。

当端口 ab 开路时，$I = I_{s2}$。此时 $I_f = 0$，则

$$I_{s2} = g_1 U + I_{s1} = g_2 R_f I_{fsc} + I_{s1} \qquad \text{即} \qquad g_2 R_f I_{fsc} = I_{s2} - I_{s1}$$

当端口 ab 间接电阻 R_f 时，$I_f = \dfrac{I_{fsc}}{2}$，则

$$\frac{I_{fsc}}{2} = g_2 U + I_{fsc}$$

$$U = \frac{R_0 I_{fsc}}{2}$$

所以

$$I = g_1 U + I_{s1} = \frac{1}{2} g_1 R_0 I_{fsc} + I_{s1} = \frac{1}{2}(I_{s2} - I_{s1}) + I_{s1} = \frac{1}{2}(I_{s1} + I_{s2})$$

四、（15 分）图 4 所示电路在开关 S 动作前已达稳态，开关 S 在 $t = 0$ 时打开。求 $t \ge 0$ 时的电压 $u_C(t)$。

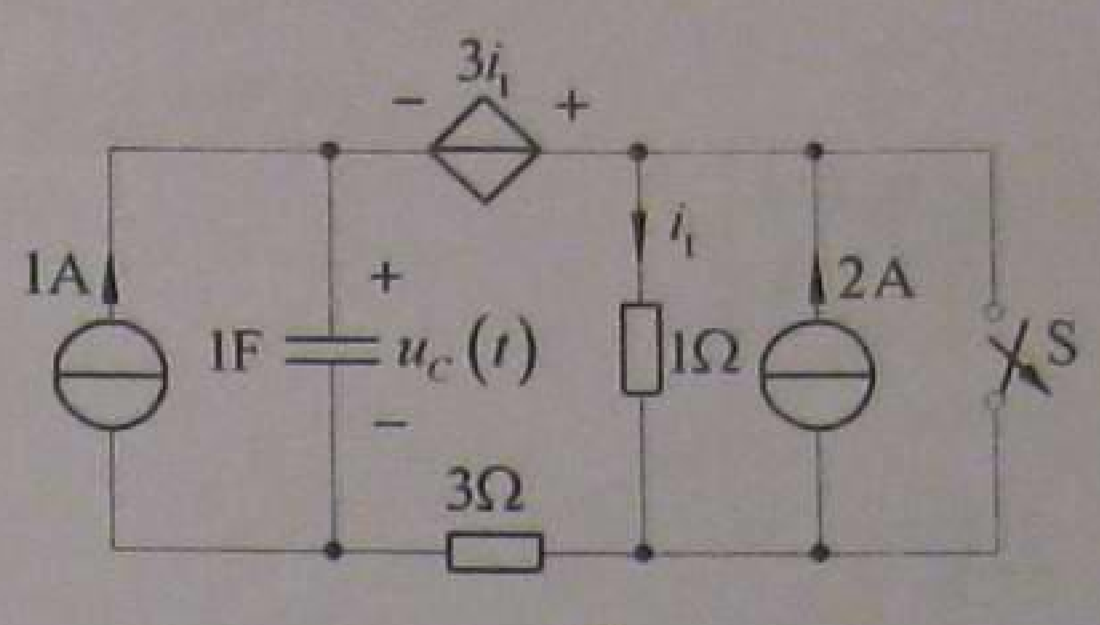
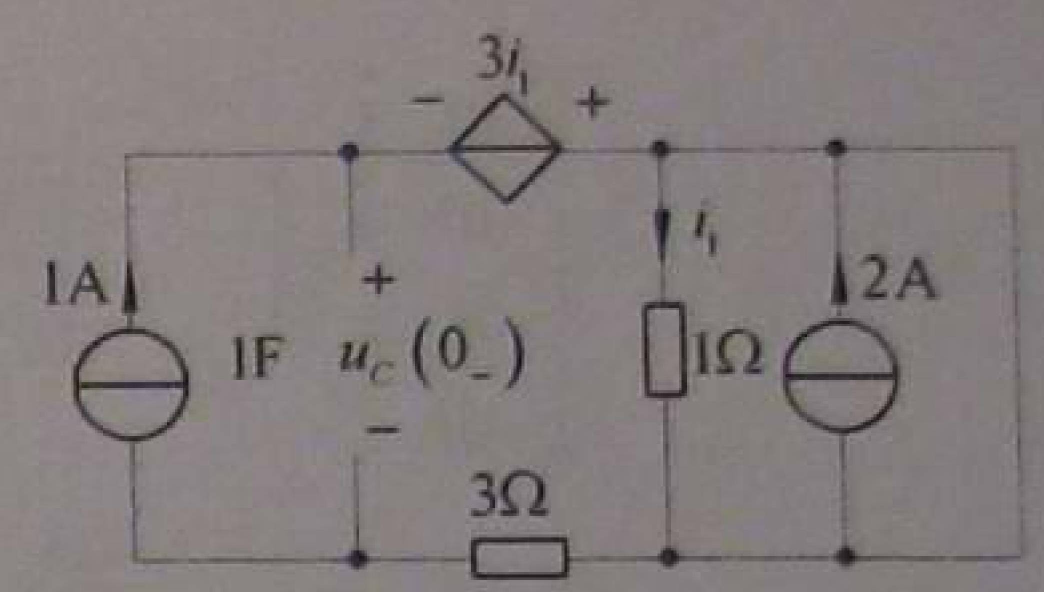


图 4



（a）

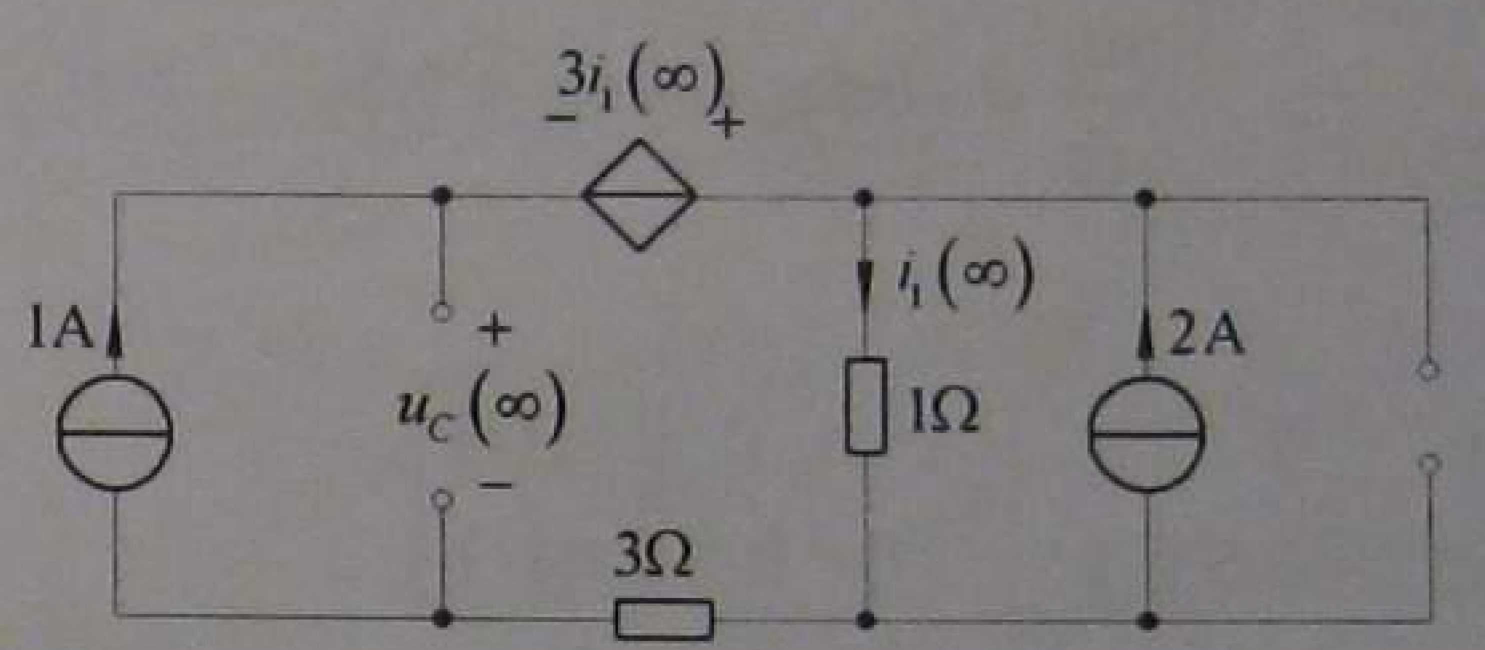
【解】（1）求$u_C(0_+)$。$t=0_-$的电路如图（a）所示。因$i_1=0$，所以$3i_1=0$，即受控压源短路，则

$$u_C(0_-)=1\times3=3\text{V}$$

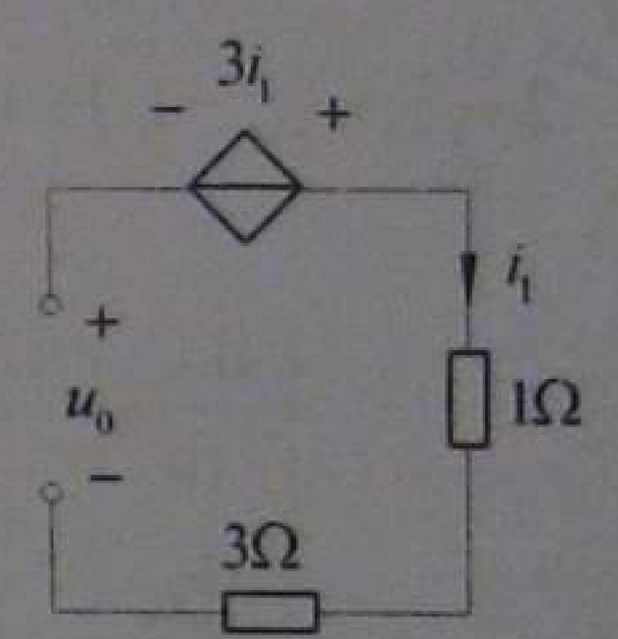
所以

$$u_C(0_+)=u_C(0_-)=3\text{V}$$

（2）求$u_C(\infty)$。$t=\infty$电路如图（b）所示。



（b）



（c）

$$i_1(\infty)=2+1=3\text{A}$$

$$u_C(\infty)=-3i_1(\infty)+i_1(\infty)+3\times1=-2i_1(\infty)+3=-3\text{V}$$

（3）求τ。求R_0电路如图（c）所示。

$$u_0=-3i_1+i_1+3i_1=i_1 \quad\Rightarrow\quad R_0=\frac{u_0}{i_1}=\frac{i_1}{i_1}=1\Omega \quad\Rightarrow\quad \tau=R_0C=1\times1=1\text{s}$$

所以

$$u_C(t)=u_C(\infty)+\left[u_C(0_+)-u_C(\infty)\right]e^{-\frac{t}{\tau}}=-3+(3+3)e^{-t}=\left(-3+6e^{-t}\right)\ \text{V}\quad t\ge0$$

五、（15 分）图 5 所示稳态电路中，$u_s(t)=120\sqrt{2}\sin10t\text{V}$，$M=1\text{H}$，$L_1=2\text{H}$，$L_2=3\text{H}$，$C_1=0.01\text{F},C_2=0.01\text{F},C_3=0.005\text{F}$，$R_1=10\Omega$，$R_2=30\Omega$。求电容$C_1$提供的无功功率$Q_{C_1}$和电阻$R_2$消耗的平均功率$P_{R_2}$。

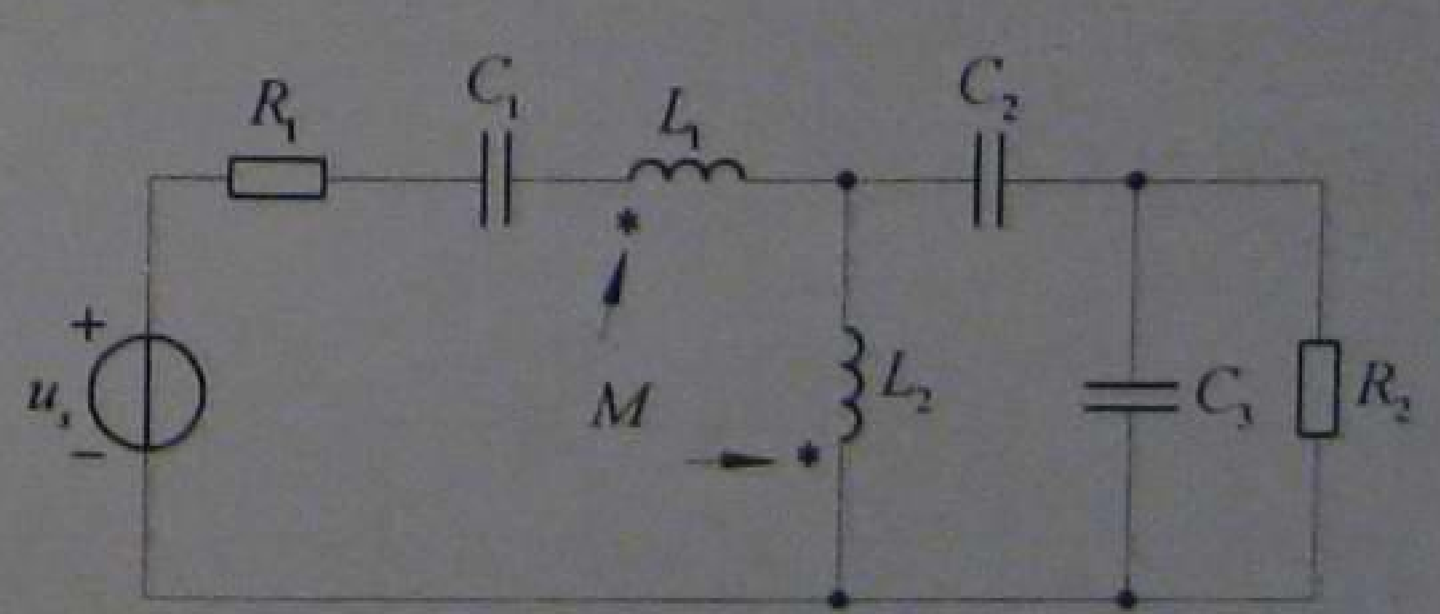


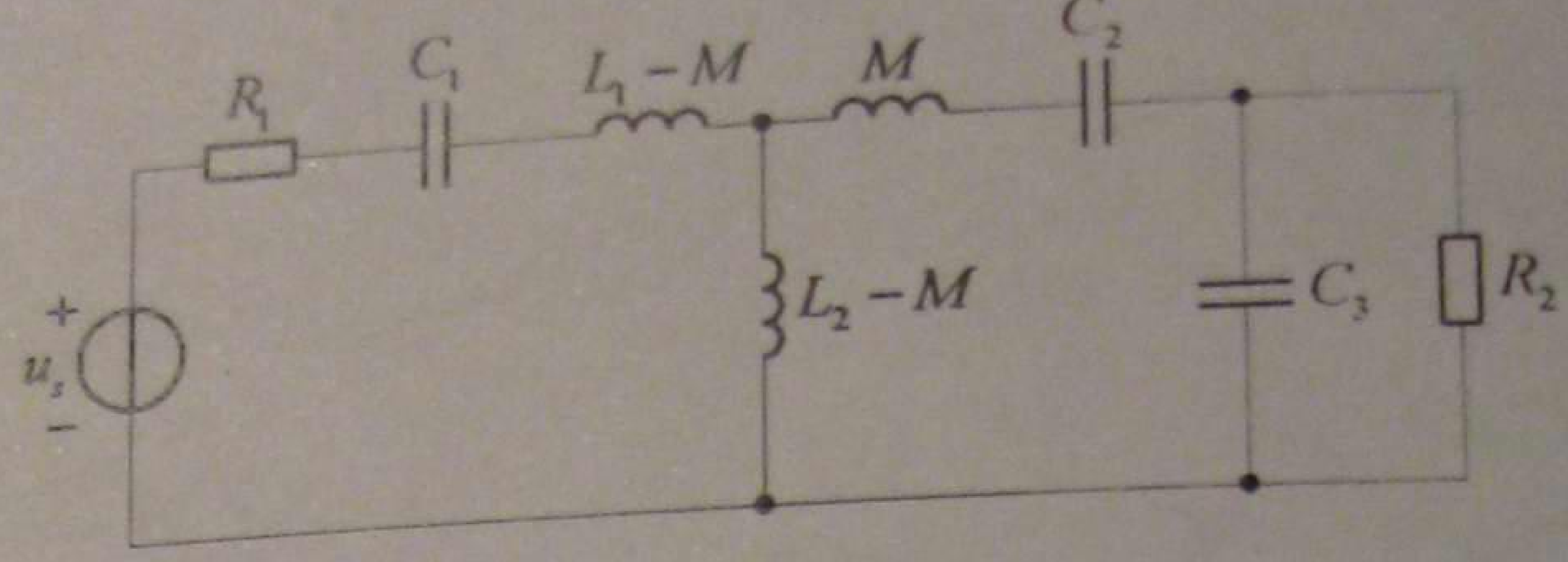
图 5

【解】消去互感的等效电路如图（a）所示。

$$X_1=\omega(L_1-M)=10\times(2-1)=10\Omega,\quad X_2=\omega(L_2-M)=10\times(3-1)=20\Omega$$

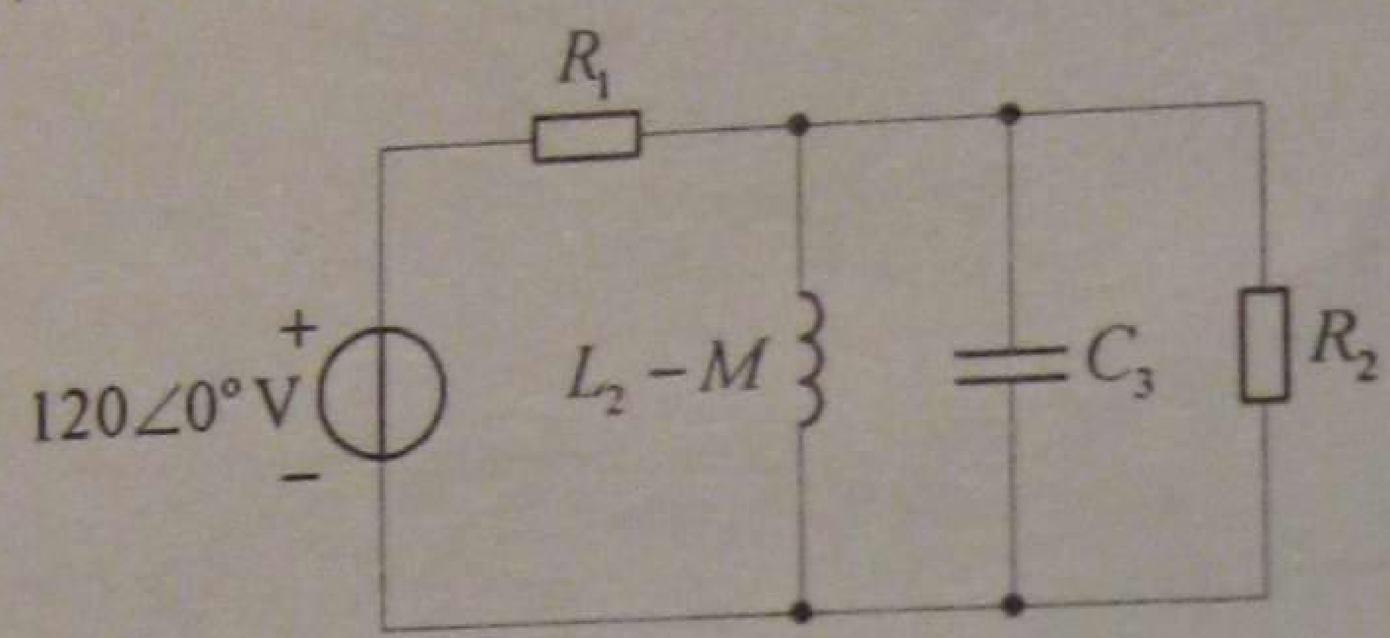
$$X_M=\omega M=10\times1=10\Omega,\quad X_{C_1}=-\frac{1}{\omega C_1}=-\frac{1}{10\times0.01}=-10\Omega$$

$$X_{C_2}=-\frac{1}{\omega C_2}=-\frac{1}{10\times0.01}=-10\Omega,\quad X_{C_3}=-\frac{1}{\omega C_3}=-\frac{1}{10\times0.005}=-20\Omega$$

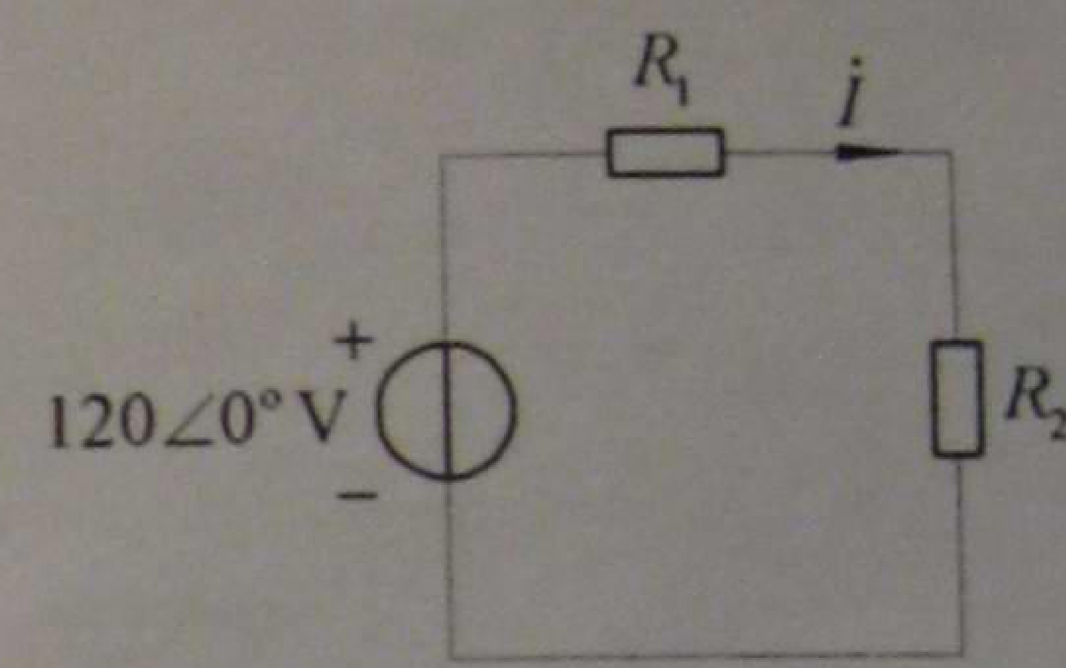


（a）

因为 $X_1+X_{C_1}=0$，$X_M+X_{C_2}=0$，所以 C_1 与 L_1-M、M 与 C_2 分别发生串联谐振，相当于短路，则图（a）等效为图（b）。



（b）



（c）

因为 $|X_2|=|X_{C_3}|$，所以，L_2-M 与 C_3 发生并联谐振，相当于开路，图（b）进一步等效为图（c）。则

$$\dot{I}=\frac{120\angle 0^\circ}{R_1+R_2}=\frac{120\angle 0^\circ}{10+30}=3\angle 0^\circ\,\mathrm{A}$$

电容 C_1 提供的无功功率为

$$Q_{C_1}=\left|X_{C_1}\right|I^2=10\times 3^2=90\,\mathrm{var}$$

电阻 R_2 吸收的平均功率 P_{R_2} 为

$$P_{R_2}=R_2I^2=30\times 3^2=270\,\mathrm{W}$$

2008 年电路考试知识点

填空题

KCL、KVL、电阻和电源 VAR
叠加定理和齐性定理
理想运放、理想变压器
双口参数（对称）
线性动态电路叠加定理
电流三角形、功率
谐振
对称三相电路功率
网络函数、零极点图

端口伏安关系
等效电源定理和最大功率传递定理
节点电压方程（无伴、受控源）
理想二极管
单位阶跃响应
输入阻抗
非正弦电路
状态方程
冲激响应

计算题

复频域分析（单极点）
（重极点）
电路定理综合应用（叠加定理\奇性定理、戴维南定理、替代定理）
一阶电路三要素法
耦合电感（去耦分析）、谐振
耦合电感（VAR）、谐振