课程编号：ELC05009　　　　北京理工大学 2013－2014 学年 第一学期

2012 级《电路分析基础 A》期末试题 A 卷及答案

班级________　学号____________　姓名________　成绩________

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九
得分									

一、 本题包含 2 个小题（每小题 6 分，共 12 分）

1．求图 1.1 所示电路中的电流 *I*。

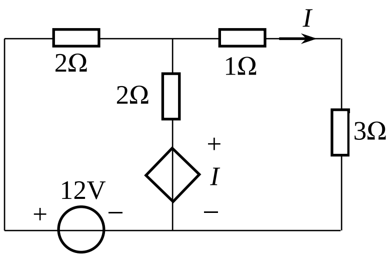


图 1.1

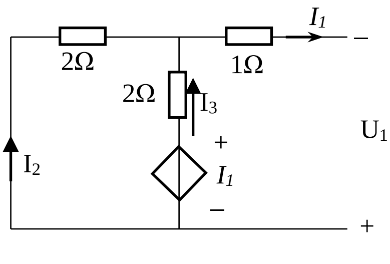


图 1.1.1

解法一：取 I_1、I_2 分别为左右网孔的网孔电流，均为顺时针方向。列网孔方程

对于左边网孔：$4I_1 - 2I_2 = 12 - I$

对于右边网孔：$-2I_1 + 6I_2 = I$

增加辅助方程：$I_2 = I$

$\begin{cases} 4I_1 - 2I_2 = 12 - I_2 \\ -2I_1 + 6I_2 = I_2 \end{cases}$，$\begin{cases} 4I_1 - I_2 = 12 \\ -2I_1 + 5I_2 = 0 \end{cases}$，$\begin{cases} 4I_1 - I_2 = 12 \\ I_1 = 2.5I_2 \end{cases}$，$9I_2 = 12$

$$I_2 = I = \frac{4}{3} = 1.33A$$

解法二：设 R1 支路的电流为 I_1，方向从左至右；R3 支路电流为 I_2，方向为从下往上

对于外围回路据 KVL 有　$12 = I_1R_1 + IR_2 + 3I$　①

对于右边回路据 KVL 有　$I = I_2R_3 + IR_2 + 3I$　②

对于上面节点据 KCL 有　$I = I_1 + I_2$　③

联立式①②③

解得 $I_1 = \dfrac{10}{3}A$，$I_2 = -\dfrac{6}{3}A$，$I = \dfrac{4}{3} = 1.33A$

解法三：用戴维南定理见图 1.1.1

从 a、b 端断开，$U_{abo} = 6V$

$$U_1 = -I_1 + 2I_3 = -I_1 + 2(I_1 - I_2) = -I_1 - U_1$$

$$R_o = \frac{U_1}{I_1} = 0.5\Omega$$

$$I = \frac{6V}{0.5\Omega + 4\Omega} = \frac{4}{3} = 1.33A$$

2. 电路如图 1.2 所示，求 R_L 为何值时，R_L 可获得最大功率，并求此最大功率。

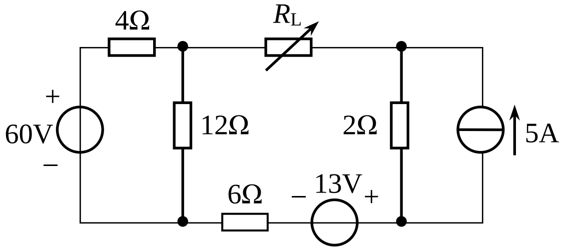


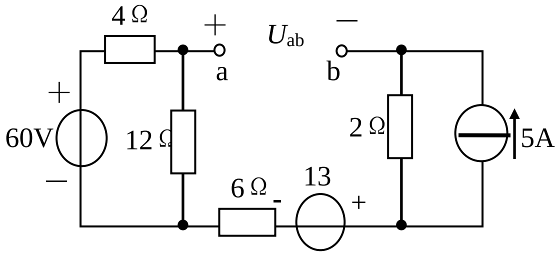
图 1.2

解： R_L 开路处理后的电路如图所示。

$$u_{ab}=\frac{60}{4+12}\times12-13-2\times5=22V$$

$$R_o=4//12+6+2=11\Omega$$

当 $R_L=R_o=11\Omega$ 时可获得最大功率，



且为 $P_{\max}=\frac{u_{ab}^2}{4R_o}=\frac{22^2}{4\times11}=11W$

二、 本题包含 2 个小题（每小题 6 分，共 12 分）

1．图 2.1 所示电路中 $t=0$ 时开关打开，打开前电路处于稳态，求 $i_L(t)$，$t\geq0$。

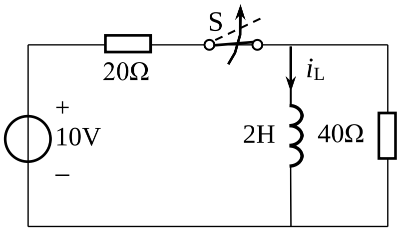


图 2.1

解：开关打开前电路处于稳态，则电感看成短路，即

$$i_L(0+)=i_L(0_-)=\frac{10}{20}=0.5A,$$

$i_L(\infty)=0$ 时

$$\tau=\frac{L}{R}=\frac{2}{40}=\frac{1}{20}\text{s}$$

$$i_L(t)=i_L(0_+)e^{-\frac{t}{\tau}}=0.5e^{-20t}\text{A}\qquad(t\geq0)$$

三、本题包含 2 个小题（每小题 6 分，共 12 分）

1．在图 3.1 所示正弦稳态电路中：（1）若各交流电流表的示数分别为 Ⓐ1 :5A, Ⓐ2：20A，Ⓐ3：25A，求电流表 Ⓐ 的示数；（2）若 Ⓐ1 的示数保持 5A 不变，而将电源 u_S 的频率提高一倍，再求电流表 Ⓐ 的示数。

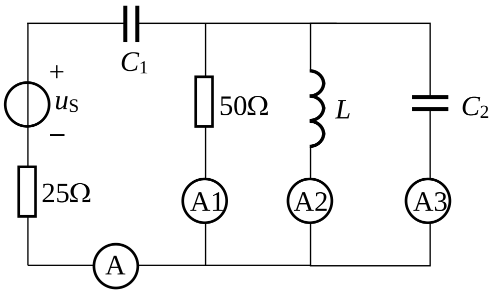


图 3.1

解：（1）$I=\sqrt{I_1^2+(I_c-I_L)^2}=\sqrt{5^2+(25-20)^2}=5\sqrt{2}=7.07A$

Ⓐ 的示数为 7.07A

（2）$\dot{U}=50\dot{I}_1=50\times5\angle0^\circ=250\angle0^\circ V$ 保持不变

若 U_s 频率提高一倍，则 $I_L=10A, I_c=50A$

$$I=\sqrt{I_1^2+(I_c-I_L)^2}=\sqrt{5^2+(50-10)^2}=\sqrt{1625}=40.3A$$

Ⓐ 的示数为 40.3A

2. 无源二端网络 N_0（见图 3.2）端口电压和电流分别为：

$u=141\sin(\omega t-90°)+84.6\sin2\omega t+56.4\sin(3\omega t+90°)$ V，

$i=10+5.64\sin(\omega t-30°)+3\sin(3\omega t+60°)$ A 。**试求：**

（1）电压有效值 U、电流有效值 I；

（2）二端网络 N_0 的平均功率 P。

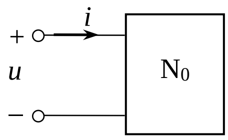


图 3.2

解：

$$U=\sqrt{\frac{141^2+84.6^2+56.4^2}{2}}=122.92V,$$

$$I=\sqrt{10^2+\frac{5.64^2+3^2}{2}}=10.97A$$

$$P=0+\frac{141\times5.64}{2}\cos(-60°)+\frac{56.4\times3}{2}\cos(30°)=272.1W$$

四、本题包含 2 个小题（每小题 6 分，共 12 分）

1. 由理想运算放大器构成的电路如图 4.1 所示，已知正弦电源 $u_{S1}(t)$ = 4cos6t mV，直流电源 U_{S2} = 6 mV, R_1 = 10 kΩ，R_2 = 20 kΩ，R_3 = 16 kΩ，R_4 = 8 kΩ，试求 $u_o(t)$。

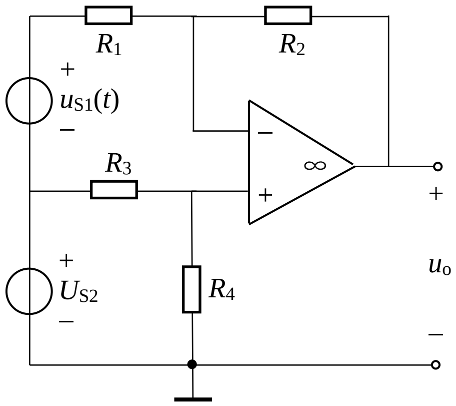


图 4.1

解法一：$u_1 = U_{s2} + u_{s1} = 6 + 4\cos 6\text{t mV}$　　$u_2 = U_{s2} = 6\,\text{mV}$

$u_- = u_+$

$$-\frac{1}{R_1}u_1 + (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})u_- - \frac{1}{R_2}u_o = 0 \qquad (1)$$

$$-\frac{1}{R_3}u_2 + (\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4})u_+ = 0 \qquad (2)$$

由（2）得 $u_+ = \dfrac{\frac{1}{R_3}u_2}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \dfrac{R_4}{R_3 + R_4}u_2$　代入（1）

$$u_o = -\frac{R_2}{R_1}u_1 + (\frac{R_2}{R_1} + 1)\frac{R_4}{R_3 + R_4}u_2$$
$$= -2\times(u_{s1} + U_{s2}) + 3\times\frac{8}{16+8}U_{s2} = -U_{s2} - 2u_{s1} = -6 - 8\cos 6t\text{mV}$$

解法二：基于运放虚断的概念，$i_+ = i_- = 0$，因为流过 R_1 和 R_2 的电流相等，流过 R_3 和 R_4 的电流相等。

R_3 和 R_4 串联后与 u_{s2} 并联，所以 $U_+ = \dfrac{u_{s2}}{R_3 + R_4}\times R_4 = \dfrac{6\times 10^{-3}}{16+8}\times 8 = 2mV$

基于运放虚短的概念，$u_+ = u_-$

流过 R_1 和 R_2 的电流相等，$\dfrac{u_{s1} + u_{s2} - u_-}{R_1} = \dfrac{u_- - u_0}{R_2}$

将 R_1、R_2、u_{s1}、u_{s2} 和 u_- 代入上式，得 $u_0 = -8\cos 6t - 6mV$

2. 正弦稳态电路如图 4.2 所示，已知：$u_S = 18\sqrt{2}\cos 314t$ V，$R_0 = 200\,\Omega$，负载 $R_L = 10\Omega$。求：（1）负载 R_L 折合到一次侧的等效电阻 R_i；（2）$i_1(t)$和 $i_2(t)$；（3）$u_1(t)$和 $u_2(t)$；（4）负载 R 消耗的平均功率 P。

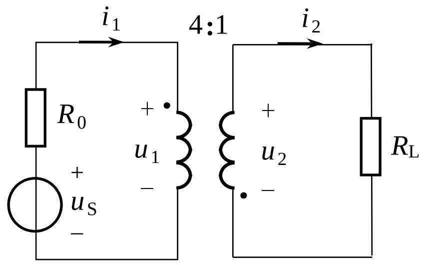


图 4.2

解： 1:n=4:1 ，n=0. 25=1/4

(1) $R_i = \frac{1}{n^2}R = 4^2 \times 10 = 160\Omega$

(2) $i_1 = \frac{u_S}{R_o + R_i} = \frac{18\sqrt{2}\cos 314\text{t}}{200+160} = 0.05\sqrt{2}\cos 314\text{t}\ A$

$$u_{1(t)} = R_i i_1 = 8\sqrt{2}\cos 314tV$$

(3) $u_2 = -\frac{1}{4}u_1 = -2\sqrt{2}\cos 314tV$

$i_2 = -4i_1 = -0.2\sqrt{2}\cos 314tA$

(3) 负载得到的平均功率 $P = R_L I_2^2 = 10 \times 0.2^2 = 0.4W$

五、 本题包含 2 个小题（每小题 6 分，共 12 分）

1．正弦稳态电路如图 5.1 所示，已知：$i_S(t) = 4\sqrt{2}\cos 10^4 t$ A，$R_1 = 60\,\Omega$，$R = 40\,\Omega$，$L = 1$mH，电路处于谐振状态。试求：（1）电容 C；（2）电容电压 $u_C(t)$；（3）RLC 并联电路的品质因数 Q 和通频带 BW。

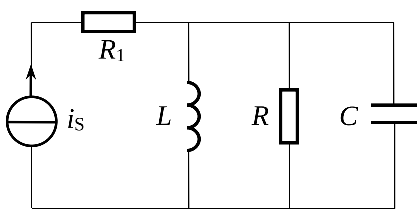


图 5.1

解：(1) $\omega_0 = 10^4$

$\because \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$

$$\therefore C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = \frac{1}{10^8 \times 1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-5} F$$

（2） $u_c(t) = Ri_s = 160\sqrt{2}\cos 10^4 t$

（3）$Q = \dfrac{\omega_0 C}{G} = \dfrac{10^4 \times 1 \times 10^{-5}}{\frac{1}{40}} = 4$

$$BW = \frac{\omega_0}{Q} = \frac{10^4}{4} = 2500 rad/s$$

2．电路如图 5.2 所示，$R_1 = 6\Omega$，$R_2 = 2\Omega$，负载电阻 $R_L = 8\Omega$。已知当 $U_S = 0$ 时，$U = 16V$；当 $U_S = 60V$ 时，$U = 40V$。求当 $U_S = 30V$ 时，负载电阻 R_L 上的电压 U。

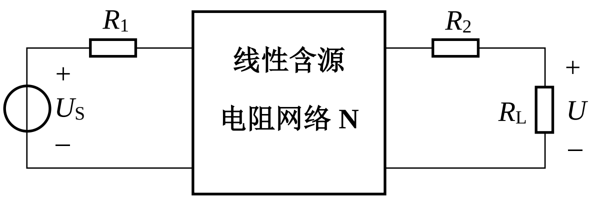


图 5.2

解：（1）N 中电源作用，**$U_S = 0$ 时**，$U^{'} = 16V$

（2）$U_S = 60V$ 电源单独作用，N 中电源除源，不作用时，$U^{''} = U - U^{'} = 40 - 16 = 24V$

（3）$U_S = 30V$ 电源单独作用，N 中电源除源，不作用时，$U^{'''} = \dfrac{1}{2}U^{''} = 12V$

（4）$U_S = 30V$ 电源和 N 中电源共同作用时，$U = U^{'} + U^{'''} = 16 + 12 = 28V$

六、（10 分）电路如图 6 所示。（1）求电流 i；（2）计算受控源的功率，并判断是提供功率还是吸收功率。

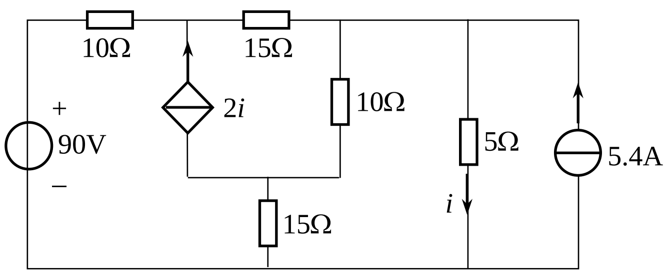
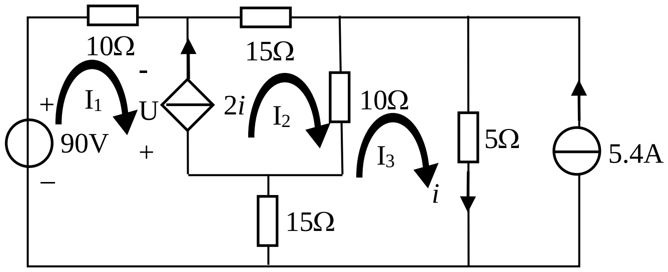


图 6

解法一：网孔法 设受控源的电压为 U，如图所示，选择 I_1、I_2、I_3 网孔电流方向如图，均为顺时针方向，列网孔方程如下：

$(10+15)i_1-15i_3=90+U$(1分)
$(20+5)i_2-10I_3=-U$(1分)
$-15i_1-10i_2+30i_3+5\times5.4=0$(1分)
$i=I_3+5.4$(1分)
$2i=i_2-i_1$(1分)



解方程组，得

$i_1=-3.4A$
$i_2=6.6A$
$i_3=-0.4A$
$i=i_3+5.4=5A$(2分)

$u=-(20+5)i_2+10I_3=-169V$(1分)
$P=2i\times u=2\times5\times(-169)=-1690W$(1分)
提供功率 （1 分）

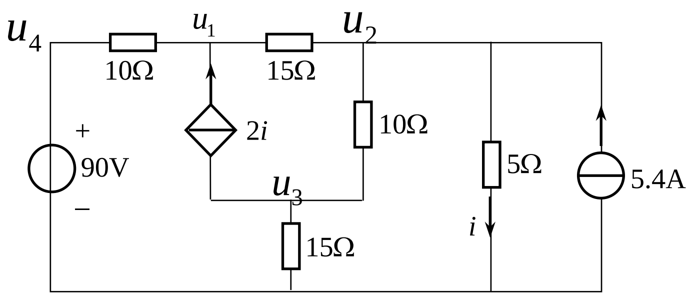


图 6

解法二：节点法
$u_4=90V$
列节点电压方程（每个 1 分, 共 4 分）

$$-\frac{90}{10}+(\frac{1}{10}+\frac{1}{15})u_1-\frac{1}{15}u_2=2i$$

$$-\frac{1}{15}u_1+(\frac{1}{5}+\frac{1}{10}+\frac{1}{15})u_2-\frac{1}{10}u_3=5.4$$

$$-\frac{1}{10}u_2+(\frac{1}{10}+\frac{1}{15})u_3=-2i$$

$u_2=5i$

解得
$i=5A$(2分)
$u_1=124V$
$u_2=25V$
$u_3=-45V$(1分)

$P=(u_3-u_1)\times2i=(-45-124)\times2\times5=-1690W$(2分)

提供功率 （1 分）

七、（10 分）电路如图 7 所示。当 $t = 0$ 时将开关 S 闭合，开关闭合前电路已处于稳态。试求：（1）$t \geqslant 0$ 时的 $u_C(t)$；（2）$t > 0$ 时的 $u(t)$。

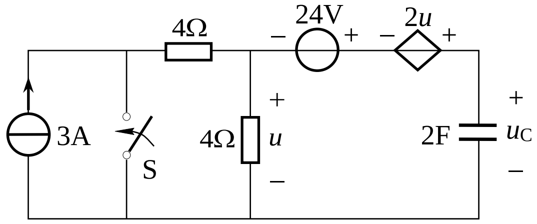


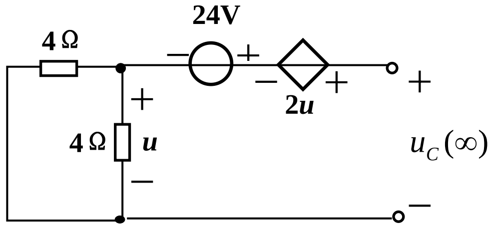
图 7

解：(1)S 闭合前，电容开路 $u(0_-) = 3 \times 4 = 12V$

$\therefore u_C(0_-) = 2 \times 12 + 24 + 12 = 60V$

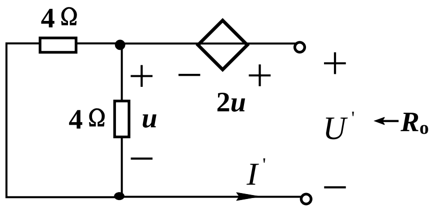
$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 60V$

S 闭合后，3A 电流源被短路，电路如图所示，电容等效为开路，其电压为



$u_C(\infty) = 24V$

为求 R_o，去掉 24V 独立电压源，保留受控源，外加电压源 U，如图所示。则



$U = 2u + u$

$u = (4 // 4)I'$

$R_o = \dfrac{U}{I'} = 6\Omega$

$\therefore \tau = R_o C = 6 \times 2 = 12s$

$$u_C(t) = u_{c(\infty)} + \left[u_{c(0+)} - u_{c(\infty)}\right]e^{-t/\tau} = 24 + (60 - 24)e^{-t/12} = 24 + 36e^{-t/12}\text{V} \qquad t \geq 0$$

（2）$u_C = 3u + 24$

$u(t) = \dfrac{1}{3}u_{c(t)} - 8 = 12e^{-t/12}\text{V} \qquad t > 0$

八、（10 分）二阶电路如图 8 所示，已知 $L = 1$ H，$C = 1/64$ F，开关 S 在位置 1 时电路已处于稳态。$t = 0$ 时，将开关 S 由位置 1 打到位置 2，$u_C(0) = 0$。

（1）求 $t \geqslant 0$ 后电路的特征根，说明响应为哪种情况（欠阻尼、过阻尼、临界阻尼）；

（2）求 $u_C(t)$和 $i(t)$，$t\geqslant 0$。

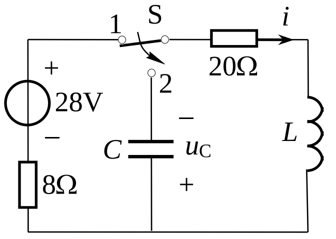


图 8

解：$i = C\dfrac{du_c}{dt}$

$$i_L(0) = \frac{28}{20+8} = 1A$$

$$L\frac{di}{dt} + Ri + u_c = 0$$

$$s_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} = -\frac{20}{2\times 1} \pm \sqrt{\left(\frac{20}{2\times 1}\right)^2 - \frac{1}{1\times\frac{1}{64}}} = -10 \pm \sqrt{10^2 - 64}$$

$$s_1 = -4$$

$$s_2 = -16$$

因特征根为不相等的负实数，所以应为过阻尼。

$$u_c(t) = K_1 e^{s_1 t} + K_2 e^{s_2 t} = K_1 e^{-4t} + K_2 e^{-16t}$$

$$u_c(0) = K_1 + K_2 = 0 \qquad （1）$$

$$\left.\frac{du_c}{dt}\right|_{t=0} = \frac{i_L(0)}{C} = 64$$

$$\left.\frac{du_c}{dt}\right|_{t=0} = s_1 K_1 + s_2 K_2 = 1$$

联立上式，可得

$$K_1 = \frac{16}{3}，\ K_2 = -\frac{16}{3}$$

$$u_c(t) = \frac{16}{3}e^{-4t} - \frac{16}{3}e^{-16t}V \qquad \boldsymbol{t\geqslant 0}$$

$$i_L(t) = C\frac{du_c}{dt} = \frac{1}{64}\times\left(\frac{16}{3}\times(-4)e^{-4t} - \frac{16}{3}\times(-16)e^{-16t}\right) = \left(-\frac{1}{3}e^{-4t} + \frac{4}{3}e^{-16t}\right)A \quad \boldsymbol{t\geqslant 0}$$

九、（本题 10 分）正弦稳态电路如图 9 所示，已知 $u_{S1} = 4\cos 2t$ V，$u_{S2} = 48\cos 2t$ V，$L_1 = 1$H，$L_2 = 2$H，$M = 1$H，$C = 0.125$F，$L = 1$H，$R_1 = 2\Omega$，$R_2 = 4\Omega$，$R_3 = 12\Omega$。**试求：电流 $i_1(t)$和 $i_2(t)$。**

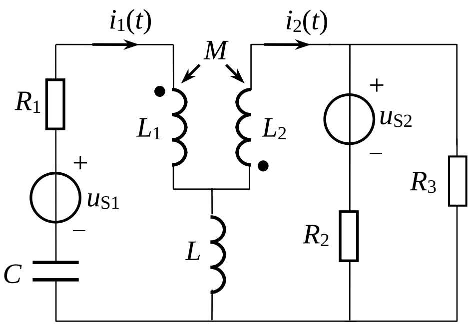
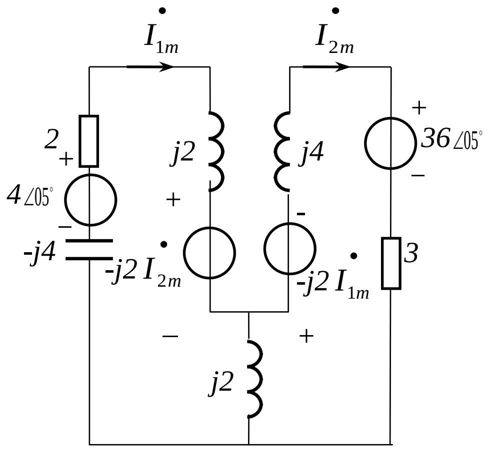


图 9



解法一：

$$u_{ab0} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} u_{s2} = \frac{12}{4+12} \times 48\cos 2t = 36\cos 2t\ V$$

$$R_{ab0} = R_2 // R_3 = 4//12 = 3\,\Omega$$

画等效图：

$$(2 + j2 + j2 - j4)\dot{I}_{1m} - j2\dot{I}_{2m} = 4 - j2\dot{I}_{2m} \qquad ①$$

$$-j2\dot{I}_{1m} + (3 + j6)\dot{I}_{2m} = -36 + j2\dot{I}_{1m} \qquad ②$$

$$\dot{I}_{1m} = 2\angle 0^\circ A$$

$$\dot{I}_{2m} = \frac{-36}{3 + j6} = \frac{12\angle 180^\circ}{\sqrt{5}\angle 63.4^\circ} = \frac{12}{\sqrt{5}}\angle 116.6^\circ = 5.37\angle 116.6^\circ A$$

$$i_{1(t)} = 2\cos 2t\ A$$

$$i_{2(t)} = 5.37\cos(2t + 116.6^\circ)A$$

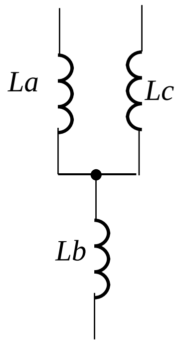
解法二：

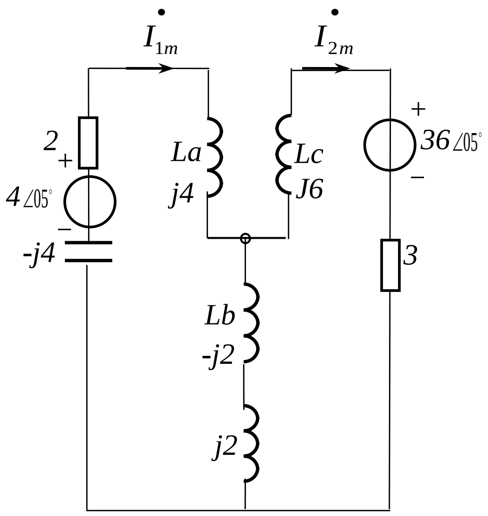
$L_a = L_1 + M = 1+1 = 2H$

$L_b = -M = -1H$

$L_c = L_2 + M = 2+1 = 3H$

则原电路化为等效电路如图所示。





$2\dot{I}_{1m} = 4$ ①

$(3+j6)\dot{I}_{2m} = -36$ ②

$\dot{I}_{1m} = 2\angle 0^\circ A$

$\dot{I}_{2m} = 5.37\angle 116.6^\circ A$

$i_{1(t)} = 2\cos 2t\ A$

$i_{2(t)} = 5.37\cos(2t + 116.6^\circ)A$