x

课程编号：H0051202

北京理工大学 2016 - 2017 学年 第 二 学期

2016 级 电路分析基础B 课程试卷 B 卷 答案及评分标准

开课学院： 信息与电子学院　　　任课教师：＿＿＿＿＿＿

试卷用途：☐期中　☑期末　☐补考

考试形式：☐开卷　☐半开卷　☑闭卷

考试日期： 2017 年 6 月 21 日　　所需时间： 120 分钟

考试允许带： 文具、计算器 入场

班级：＿＿＿＿＿＿　学号：＿＿＿＿＿＿　姓名：＿＿＿＿＿＿

考生承诺："我确认本次考试是完全通过自己的努力完成的。"

考生签名：＿＿＿＿＿＿

题序	一	二	三	四	五	六	七	八	九	总分
满分	12	12	16	10	10	10	10	10	10	100

注意：1. 试卷正面答题，背面草稿；2. 试卷不允许拆开；3. 分析计算题要写过程。

一、（本题共 12 分，包含 2 个小题）

1. (6 分) 如图 1.1 所示，求开路电压 U_{AB}。

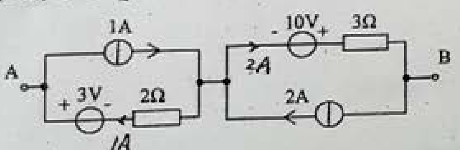


图 1.1

$U_{AB} = 3 - 1\times2 - 10 + 2\times3$ （3分）

$= 1 - 4$

$= -3V$ （3分）

2.（6 分）电路如图 1.2 所示，求电流 I。

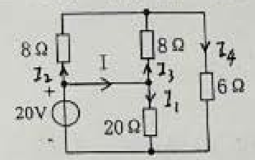


图 1.2

解：$I_1 = \frac{20}{20} = 1A$ （1分）

$I_4 = \frac{20V}{8\Omega//8\Omega + 6\Omega} = \frac{20}{10} = 2A$ （2分）

$I_2 = I_3 = \frac{1}{2} I_4 = 1A$ （1分）

$I = I_1 + I_3 = 1 + 1 = 2A$ （2分）

二、（本题共 12 分，包含 2 个小题）

1. （ 6 分）电感元件如图 2.1 所示，设 $i_L(0)=3A$，2V 的电压源在 t=0 时作用于电感两端，历时 4S，（1）求电感在时刻 2S 时的电流 $i_L(2S)$；（2）求电感在时刻 2S 时的储能 $w_L(2S)$。

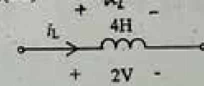


图 2.1

解：$u_L(t) = 2V$　　$t>0$

$i(t) = i_L(0) + \frac{1}{L}\int_0^t u_L(t)dt$

$i(2s) = i_L(0) + \frac{1}{4}\int_0^2 2dt = 3 + \frac{1}{2}\times 2$

$= 4V$ （3分）

$W_L(2s) = \frac{1}{2} L i^2(2s)$

$= \frac{1}{2}\times 4\times 4^2 = 32J$ （3分）

2.（6 分）图 2.2 为正弦稳态电路，ω=1rad/s，试用两个串联元件表示其对应的等效时域电路。

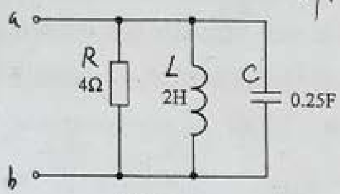
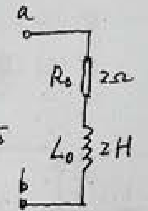
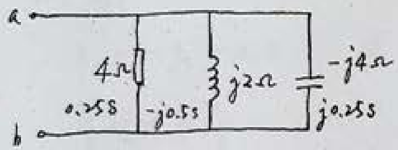


图2.2

解：$-j\frac{1}{\omega C} = -j\frac{1}{1\times0.25} = -j4\Omega$

$j\omega C = j1\times0.25 = j0.25S$





导纳 $Y = 0.25 + j0.25 - j0.5$

$= 0.25 - j0.25\ S$

$= 0.25\sqrt{2}\angle -45^\circ\ S$

$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{0.25\sqrt{2}\angle -45^\circ} = 2\sqrt{2}\angle 45^\circ\ \Omega$

$= 2 + j2 = R_0 + j\omega L_0$ （2分）

$R_0 = 2\Omega$

$L_2 = 2H$ （2分）

等效时域电路如上图 （2分）

三、（本题共 16 分，包含 2 个小题）

1. （8 分）t≥0 的电路如图 3.1 所示，（1）求电路的特征根（固有频率），判断阻尼形式；（2）写出 t≥0 时 $u_c(t)$ 的表达式。

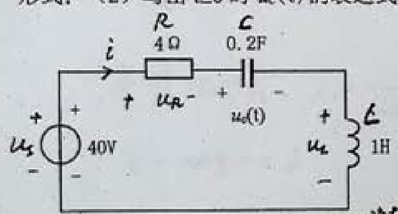


图 3.1

解：$u_R = Ri \quad i = C\frac{du_c}{dt} \quad u_L = L\frac{di}{dt}$

$u_L + u_R + u_c = u_s$

$LC\frac{d^2u_c}{dt^2} + RC\frac{du_c}{dt} + u_c = u_s$

特征方程 $LCs^2 + RCs + 1 = 0$

$0.2s^2 + 0.8s + 1 = 0$ 即 $s^2 + 4s + 5 = 0$ （2分）

$s_{1,2} = \frac{-4\pm\sqrt{16-20}}{2} = -2\pm j$ （2分）

为欠阻尼情况 （2分）

(2) $u_c(t) = e^{-2t}(k_1\cos t + k_2\sin t) + 40V$ （2分）

2. （8 分）电路如图 3.2 所示，求 ab 端口的戴维南等效电路和诺顿等效电路。

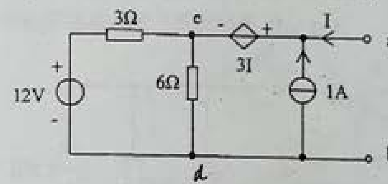
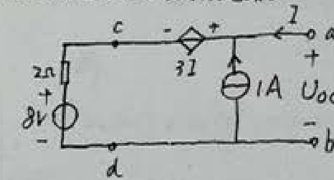


图 3.2



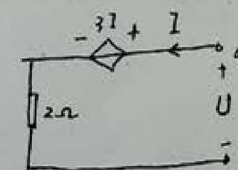
解：若从 c、d 端断开

$U_{cdo} = \frac{6}{3+6}\times12 = 8V$

$3\Omega // 6\Omega = 2\Omega$

当 a、b 端开路时，$I = 0$，受控源 $3I = 0$

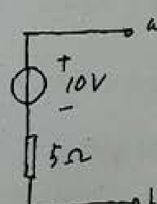
$U_{oc} = 1\times2 + 8 = 10V$ （2分）



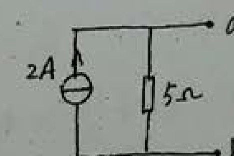
将独立源除源后

$U = 3I + 2I = 5I$

$R_0 = \frac{U}{I} = 5\Omega$ （2分）



（2分）



（2分）

四、（10 分）电路如图 4 所示，电源电压 $u(t)=100\cos(200t)$V，网络 N 为电感性负载，其平均功率为 120W，功率因数为 0.6。为使电路的功率因数提高到 0.8（电感性），（1）应在 N 两端并联多大的电容？（4分）（2）求并联电容前，电源供应的电流 $i(t)$ 的有效值；（3分）（3）求并联电容后，电源供应的电流 $i(t)$ 的有效值。（3分）

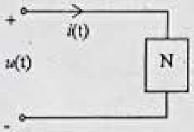
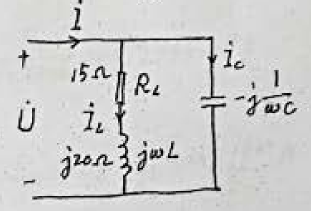


图 4

解法1. $\omega = 200\ \text{rad/s}$

$\dot{U}_m = 100\angle 0^\circ\ V$

$\dot{U} = 50\sqrt{2}\angle 0^\circ\ V$ （1分）



$\lambda_L = \cos\varphi_L = 0.6,\quad \varphi_L = 53.13^\circ$

并联电容前

$$I = I_L = \frac{P}{U\cos\varphi_L} = \frac{120}{50\sqrt{2}\times 0.6} = 2.83A = 2\sqrt{2}A \quad (3分)$$

$$Q_L = P\tan\varphi_L = 120\tan 53.13^\circ = 160\ \text{var}$$

并联电容后 $I = \dfrac{P}{U\cos\varphi} = \dfrac{120}{50\sqrt{2}\times 0.8} = 2.12A = \dfrac{3}{2}\sqrt{2}A$ （3分）

$\lambda = \cos\varphi = 0.8 \qquad \varphi = 36.87^\circ$

$$Q = P\tan\varphi = 120\tan 36.87^\circ = 90\ \text{var}$$

电容C的无功功率 $Q_C = Q - Q_L = 90 - 160 = -70\ \text{var}$

因 $Q_C = \dfrac{-U^2}{\frac{1}{\omega C}} = -\omega C U^2$

故 $C = \dfrac{-Q_C}{\omega U^2} = \dfrac{70}{200\times(50\sqrt{2})^2} = 7.00\times 10^{-5}F = 70.0\mu F$

（3分）

五、（10 分）电路如图 5 所示，开关在 t=0 时由"a"端投向"b"端，开关动作前电路已处于稳态，用三要素法求 $i(t)$，$t>0$。

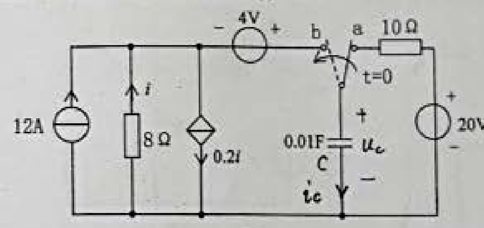


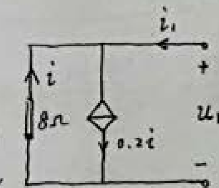
图 5

解.

$u_c(0_+) = u_c(0_-) = 20V$ （1分）

$i(0_+) = \dfrac{4 - u_c(0_+)}{8\Omega} = \dfrac{-16}{8} = -2A$ （2分）

$t\to\infty$ 时，



$12 + i(\infty) = 0.2\times i(\infty)$

$i(\infty) = -\dfrac{12}{0.8} = -15A$ （2分）

$u_c(\infty) = -8i(\infty) + 4 = 124V$

求 R_0

$i_1 = 0.2i - i = -0.8i$

$u_1 = -8i$

$R_0 = \dfrac{u_1}{i_1} = \dfrac{[illegible]}{-0.8i} = 10\Omega$ （2分）

$\tau = R_0 C = 10\times 0.01 = 0.1s$ （1分）

$i(t) = i(\infty) + [i(0_+) - i(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$ （1分）

$= -15 + (-2+15)e^{-\frac{t}{0.1}}$

$= -15 + 13e^{-10t}\ A \qquad t>0$ （1分）

$u_c(t) = 124 - 104e^{-10t}\ V. \qquad i_c(t) = C\dfrac{du_c}{dt} = 10.4e^{-10t}A$

$\dot{I}_L = 2.828\angle -53.13^\circ A \qquad \dot{I} = 2.121\angle -36.87^\circ A$

$\dot{I}_c = j\omega C\dot{U} = j200\times 7\times 10^{-5}\times 50\sqrt{2} = j0.7\sqrt{2} = j0.9898$

$\dot{I}_{Lm} = 4\angle -53.13^\circ A \qquad \dot{I} = 3\angle -36.87^\circ A$

$\dot{I}_{cm} = j\sqrt{2} = \sqrt{2}\angle 90^\circ A$

$$C = \frac{P}{\omega U^2}(\tan\varphi - \tan\varphi_L)$$

$$= \frac{120}{200\times(50\sqrt{2})^2}(\tan 53.13^\circ - \tan 36.87^\circ) = 1.2\times 10^{-4}\times\left(\frac{4}{3} - \frac{3}{4}\right) = 7\times 10^{-5}F$$

六、（10分）正弦稳态电路如图6所示，电流 i、i_1、i_2、电压 u 的有效值分别为 I、I_1、I_2、U，已知：$I=I_1=10\sqrt{3}$ A，U=300V，ω=10rad/s，u 比 i 超前 30°。求 I_2、L、C 的值。

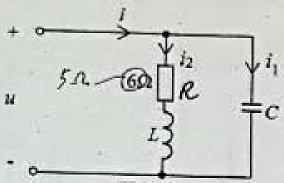


图 6

解. $I_1 = \omega C U$

$$C = \frac{I_1}{\omega U} = \frac{10\sqrt{3}}{10\times 300} = 5.773\times10^{-3}\,F$$

设 $\dot{U} = 300\angle 0^\circ$，则 $\dot{I} = 10\sqrt{3}\angle -30^\circ$ A，$\dot{I}_1 = 10\sqrt{3}\angle 90^\circ$ A

$$\dot{I}_2 = \dot{I} - \dot{I}_1 = 10\sqrt{3}\angle -30^\circ - 10\sqrt{3}\angle 90^\circ \quad (2分)$$

$$= 10\sqrt{3}\cos(-30^\circ) + j10\sqrt{3}\sin(-30^\circ) - j10\sqrt{3}$$

$$= 15 - j8.66 - j17.32 = 15 - j25.98$$

$$= \sqrt{15^2 + 25.98^2}\ \arctan\frac{-25.98}{15}$$

$$= 30\angle -60^\circ \text{ A} \quad (2分)$$

$$Z_{RL} = R + j\omega L = R + j10L$$

$$Z_{RL} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}_2} = \frac{300\angle 0^\circ}{30\angle -60} = 10\angle 60^\circ \quad (2分)$$

$$= 10\cos 60^\circ + j10\sin 60^\circ$$

$$= 5 + j5\sqrt{3} = 5 + j8.66\ \Omega$$

(2分)

$R = 5\Omega$

$$L = \frac{8.66}{10} = 0.866\,H \quad (2分)$$

七、（10分）如图7所示的正弦稳态电路，已知 $u_s(t)=\sqrt{2}\cos t$V，$i_s(t)=4\sqrt{2}\cos(2t+45^\circ)$A，（1）求 $i(t)$；（2）求 $i(t)$的有效值 I。

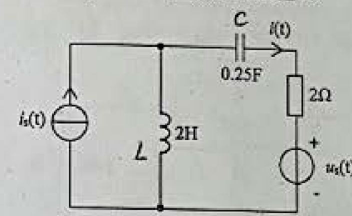
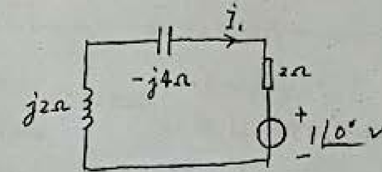


图 7

解. (1) $u_s(t)$ 单独作用时 $\omega_1 = 1$ rad/s

$j\omega_1 L = j2\Omega \qquad -j\frac{1}{\omega_1 C} = -j4\Omega$



$$\dot{I}_1 = -\frac{1\angle 0^\circ}{2-j4+j2} = \frac{1\angle 180^\circ}{2-j2} = \frac{1\angle 180^\circ}{2\sqrt{2}\angle -45^\circ} = \frac{\sqrt{2}}{4}\angle -135^\circ$$

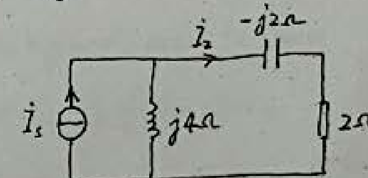
$$= 0.3535\angle -135^\circ \text{ A} \quad (2分)$$

$$i_1(t) = 0.5\cos(t - 135^\circ) \text{ A} \quad (1分)$$

(2) $i_s(t)$ 单独作用时，$\omega_2 = 2$ rad/s

$j\omega_2 L = j4\Omega \qquad -j\frac{1}{\omega_2 C} = -j2\Omega$

$\dot{I}_s = 4\angle 45^\circ$ A



$$\dot{I}_2 = \frac{j4\dot{I}_s}{2-j2+j4} = \frac{4\angle 90^\circ \times 4\angle 45^\circ}{2\sqrt{2}\angle 45^\circ} = 4\sqrt{2}\angle 90^\circ \text{ A} \quad (2分)$$

$$i_2(t) = 8\cos(2t + 90^\circ) \text{ A} \quad (1分)$$

$$i(t) = i_1(t) + i_2(t) = 0.5\cos(t - 135^\circ) + 8\cos(2t + 90^\circ) \text{ A} \ ($$

(2) $$I = \sqrt{\frac{1}{2}(I_{1m}^2 + I_{2m}^2)} = \sqrt{\frac{1}{2}\times(0.5^2 + 8^2)} = \frac{1}{4}\sqrt{514}$$

$$= 5.668 \text{ A} \quad (2分)$$

八、(10分) 如图8所示的正弦稳态电路的相量模型中，$\dot I_S=2\sqrt{2}\angle45°$ A，Z_L为负载阻抗，其实部、虚部均可变，求Z_L变为多少时，负载能获最大功率，并求该最大功率值。

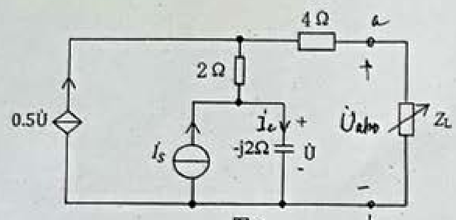


图8

解. 应用戴维南定理

将Z_L断开，断开后

$\dot I_c = \frac{\dot U}{-j2} = j0.5\dot U$

$\dot I_s = 2\sqrt{2}\angle45° = 2+j2$ A

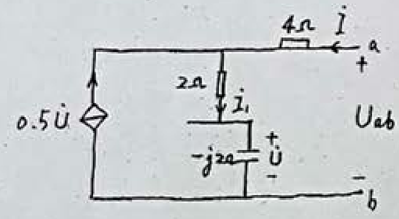
a.b端断开后

$0.5\dot U + \dot I_s = \dot I_c$，即 $0.5\dot U + 2 + j2 = j0.5\dot U$

$\dot U = \frac{2+j2}{-0.5+j0.5} = \frac{2\sqrt{2}\angle45°}{0.5\sqrt{2}\angle135°} = 4\angle-90° = -j4$ V (2分)

开路电压

$\dot U_{ab0} = 2\times0.5\dot U + \dot U = 2\dot U = 8\angle-90° = -j8$ V (2分)



$\dot I + 0.5\dot U = \dot I_1$

$\dot U_{ab} = 2\dot I_1 + \dot U + 4\dot I$

$= 2\dot I_1 + (-j2\dot I_1) + 4\dot I$

$= (2-j2)\dot I_1 + 4\dot I$ (2分)

$\dot I_1 = \dot I + 0.5\times(-j2\dot I_1) = \dot I - j\dot I_1$

$\dot I_1 = \frac{1}{1+j}\dot I$　　$\dot U_{ab} = \frac{2-j2}{1+j}\dot I + 4\dot I$

$Z_0 = \frac{\dot U_{ab}}{\dot I} = 4 + \frac{2-j2}{1+j} = 4 + \frac{2\sqrt{2}\angle-45°}{\sqrt{2}\angle45°} = 4 + 2\angle-90°$

$= 4 - j2\Omega$ (2分)

当 $Z_L = Z_0^* = 4+j2\Omega$ 时，Z_L能获最大功率

$P_{max} = \frac{U_{ab0}^2}{4R_L} = \frac{8^2}{4\times4} = 4$ W (2分)

九、(10分) 如图9所示的稳态电路中，试求电流 i_1、i_2。

已知 $u(t)=80+120\sqrt{2}\cos(1000t)+60\sqrt{2}\cos(2000t+45°)$V。

解. 设 $u(t) = U_0 + u_1(t) + u_2(t)$

$u_1(t) = 120\sqrt{2}\cos1000t$ V. $\omega_1 = 1000$ rad/s

$\dot U_1 = 120\angle0°$ V

$u_2(t) = 60\sqrt{2}\cos(2000t+45°)$ V

$\dot U_2 = 60\angle45°$ V

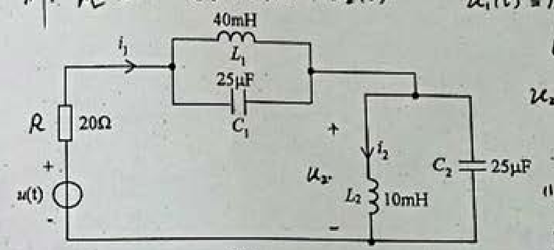


图9

(1) 当U_0单独作用时

$I_{10} = I_{20} = \frac{80V}{20\Omega} = 4A$ (2分)

(2) 当$u_1(t)$单独作用时　$j\omega_1L_1 = j10^3\times40\times10^{-3} = j40\Omega$

$-j\frac{1}{\omega_1C_1} = -j\frac{10^6}{25\times10^3} = -j40\Omega$　因$\omega_1L_1 = \frac{1}{\omega C_1}$，$L_1$和$C_1$并联谐振

故 $i_{11}(t) = 0$

$j\omega_1L_2 = j10^3\times10\times10^{-3} = j10\Omega$，$-j\frac{1}{\omega_1C_2} = -j\frac{10^6}{10^3\times25} = -j40\Omega$. (2分)

因$\omega_1L_2 \ne \frac{1}{\omega_1C_2}$，故$L_2$和$C_2$不处于谐振状态

因 $i_{11}(t) = 0$，故 $i_{21}(t) = 0$

(3) 当$u_2(t)$单独作用时，$j\omega_2L_1 = j2\times10^3\times40\times10^{-3} = j80\Omega$

$-j\frac{1}{\omega_2C_1} = -j\frac{10^6}{2\times10^3\times25} = -j20\Omega$　$-j\frac{1}{\omega_2C_2} = -j20\Omega$

$j\omega_2L_2 = j2000\times10\times10^{-3} = j20\Omega$ (2分)

因$\omega_2L_2 = \frac{1}{\omega_2C_2}$，故$L_2$和$C_2$并联谐振，故$i_{12}(t) = 0$.

$u_{22}(t) = u_2(t) = 60\sqrt{2}\cos(2000t+45°)$V

$\dot I_{22} = \frac{\dot U_{22}}{j\omega_2L_2} = \frac{60\angle45°}{j20} = 3\angle-45°$ A， (2分)

$i_{22}(t) = 3\sqrt{2}\cos(2000t-45°)$ A

叠加　$i_1(t) = I_{10} + i_{11}(t) + i_{12}(t) = 4$A

$i_2(t) = I_{20} + i_{21} + i_{22} = 4 + 3\sqrt{2}\cos(2000t-45°)$ A (2分)