课程编号：100051240　　　北京理工大学 2021 — 2022 学年 第 2 学期

2021 级 电路分析基础 课程试卷 A 卷参考答案和评分标准

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　☐重修

考试形式：☐开卷　☐半开卷　☑闭卷

考试日期： 2022 年 6 月 12 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：＿＿＿＿＿＿

在线考试诚信承诺书

考试是对知识与能力的检验，也是对道德素质的检验。在线考试也必须恪守诚信原则。

我已成功下载本次《电路分析基础》课程期末考试试卷，并承诺在考试过程中严于律己，自觉遵守以上考试规则，诚信考试。

承诺人（签字）：

年　月　日

题序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	总分
满分	9	10	9	9	9	9	8	10	9	9	9	100
得分												

注意：

1. 试题共 11 题，共 5 页（包含此页）；

2. 所有试题都要写清过程，结果保留 2 位小数。

---------------------------以下为试卷内容---------------------------

1、（9 分）实际电压源可由理想电压源与电阻串联建模。对某一实际电压源，当空载时，输出电压为 9V；当连接一个 9W 负载时，输出电压为 6V。

(1) 试画出该实际电压源模型，并画出与之等效的实际电流源模型；

(2) 当该实际电压源连接一个 7Ω 负载时，求负载两端电压。

解：（1）$U_S = 9\text{V}$

$$R_0 = \frac{9-6}{9/6} = 2\Omega$$

实际电压源模型为 9V 串联 2Ω

实际电流源模型为 4.5A 并联 2Ω

（2）$U = 9\times\frac{7}{7+2} = 7\text{V}$

2、（10 分）(1) 按照指定节点列写如图 1 所示电路的节点电压方程组。已知 $u_s = 14.14\cos(2t)\text{V}$，$i_s = 1.414\cos(2t+30^\circ)\text{A}$。

(2) 按照图 2 中给定的网孔绕行方向列写使用网孔分析法分析此电路所需要的方程组。

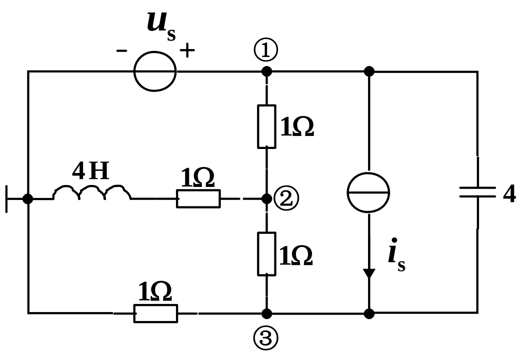


图 1

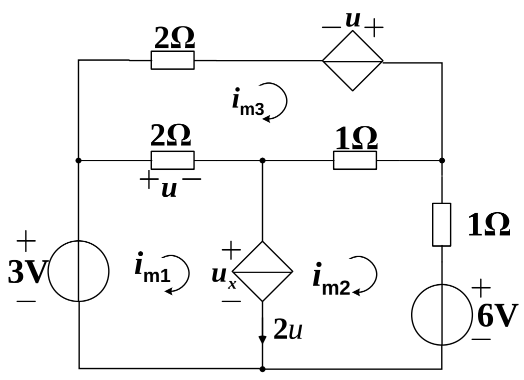


图 2

（1）解：$\dot U_s = 10\angle 0^\circ\ \text{V},\ \dot I_s = 1\angle 30^\circ\ \text{A}$

$\dot U_{n1} = \dot U_s$　　1 分

$$-\dot U_{n1} + \left(1+1+\frac{1}{1+\text{j}8}\right)\dot U_{n2} - \dot U_{n3} = 0$$

$$-\text{j}8\dot U_{n1} - \dot U_{n2} + (1+1+\text{j}8)\dot U_{n3} = \dot I_s$$

(2) 解：

$$\begin{cases} 2i_{m1} - 2i_{m3} = 3 - u_x \\ 2i_{m2} - i_{m3} = -6 + u_x \\ -2i_{m1} - i_{m2} + 5i_{m3} = u \end{cases}$$

补充方程：$\begin{cases} u = 2i_{m1} - 2i_{m3} \\ i_{m1} - i_{m2} = 2u \end{cases}$

整理得：$\begin{cases} 2i_{m1} + 2i_{m2} - 2i_{m3} = -3 \\ 4i_{m1} - i_{m2} + 6i_{m3} = 0 \\ -3i_{m1} - i_{m2} + 4i_{m3} = 0 \end{cases}$

3、(9 分) （1）（3 分）化简图 3 所示电路到最简形式。

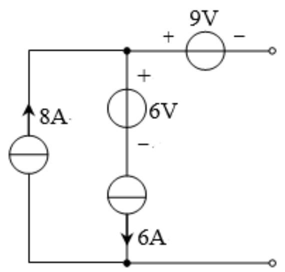
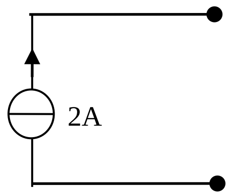


图 3



（2）（6 分）某无源线性单口网络接在电压源 $\boldsymbol{u_S(t) = 10\cos(2t - 60^\circ)\mathrm{V}}$ 两端，其等效阻抗为 $\boldsymbol{z = 3 + j4\ \Omega}$ ，若：a)用两元件串联实现该单口网络；b)用两元件并联实现该单口网络，试分别画出满足 a)和 b)的单口网络，并标出各元件的参数值（R、L 或 C
的值）。

a) R=3Ω, L=4/2=2H, R 串联 L，图略

b） $\boldsymbol{Y = \overline{\frac{1}{Z}} = \overline{\frac{1}{3+4j}} = \overline{\frac{3}{25}} - \overline{\frac{4}{25}} j}$，R=25/3Ω，L=25/(4*2)=25/8H，R 并联 L，图略

4、（9 分）如图 4 所示电路，已知 $R_1 = R_2 = 2\Omega$， $L = 1\mathrm{H}$，试求：（1）转移函数 $H(j\omega) = \dfrac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$ ；（2）画出转移函数 $H(j\omega)$ 的幅频特性曲线，指出该电路是何种滤波电路。

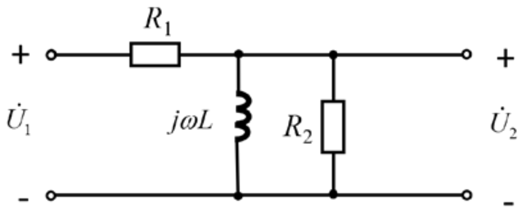


图 4

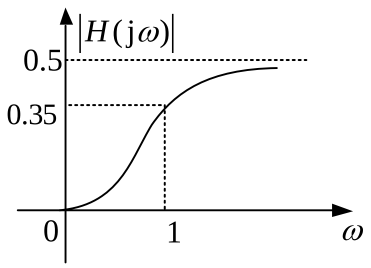
解答：（1）电阻与电感并联支路的阻抗为：$Z_p = \dfrac{j\omega R_2 L}{R_2 + j\omega L}$

根据分压公式：$\dot{U}_2 = \dfrac{Z_p}{R_1 + Z_p}\dot{U}_1 = \dfrac{\dfrac{j\omega R_2 L}{R_2 + j\omega L}}{R_1 + \dfrac{j\omega R_2 L}{R_2 + j\omega L}}\dot{U}_1$

$$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \frac{j\omega R_2 L}{R_1 R_2 + j\omega R_1 L + j\omega R_2 L} = \frac{j2\omega}{4 + j4\omega} = \frac{1}{2} \times \frac{j\omega}{1 + j\omega}$$

（2）幅频特性为：$|H(j\omega)| = \dfrac{1}{2}\dfrac{\omega}{\sqrt{1+\omega^2}}$

幅频特性曲线如下图所示。



该电路为高通滤波电路。

5、（9 分）如图 5 所示电路，$u_s(t) = 10\cos(10t) + 15\cos(30t)\text{V}$，试求电压 $u(t)$

。

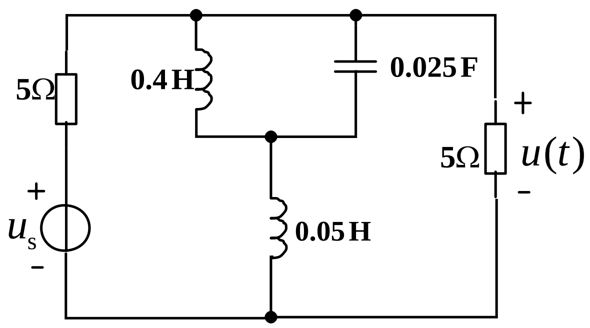


图 5

解：$u_{s1}(t)=10\cos(10t)\,\text{V}$ 单独作用时

$\dfrac{1}{\sqrt{0.4\times 0.025}}=10\text{rad}/\text{s}$，上部 L、C 并联支路发生谐振。根据并联谐振的特性，这一部分电路开路，所以

$$u_1(t)=\frac{1}{2}u_{s1}(t)=5\cos(10t)\text{V}$$

$u_{s2}(t)=15\cos(30t)\text{V}$ 单独作用时，上部 L、C 并联支路的阻抗为

$$\frac{(\text{j}30\times 0.4)\left(\dfrac{1}{\text{j}30\times 0.025}\right)}{\text{j}30\times 0.4+\dfrac{1}{\text{j}30\times 0.025}}=-\text{j}1.5\Omega$$

0.05H 电感元件的阻抗为：$\text{j}30\times 0.05=\text{j}1.5\Omega$

所以中间 L、C 支路的等效阻抗为零，则

$$u_2(t)=0\text{V}$$

所以，总电压为：$u(t)=u_1(t)+u_2(t)=5\cos(10t)\text{V}$

6、（9 分）图 6 所示正弦稳态交流电路中，已知电源电压 $u_s=60\sqrt{2}\cos(\omega t-36.9^\circ)\,\text{V}$，负载 2 的电压 $u_2=60\sqrt{2}\cos(\omega t-53.1^\circ)\text{V}$，电流 $i=3\sqrt{2}\cos\omega t\ \text{A}$，求负载 1 吸收的有功功率 P_1，无功功率 Q_1，负载 2 吸收的无功功率 Q_2，该单口网络的有功功率和视在功率。

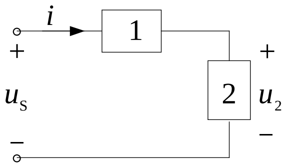


图 6

解：$\dot{U}_s = 60\angle -36.9^\circ$ V

$\dot{U}_2 = 60\angle -53.1^\circ$ V

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_s - \dot{U}_2 = 60\angle -36.9^\circ - 60\angle -53.1^\circ = 48 - j36 - 36 + j48$$
$$= 12 + j12 = 12\sqrt{2}\angle 45^\circ \text{ V}$$

$\dot{I} = 3\angle 0^\circ$ A

$$P_1 = U_1 I \cos 45^\circ = 12\sqrt{2}\times 3\times\frac{1}{\sqrt{2}} = 36\text{W}$$

$$Q_1 = U_1 I \sin 45^\circ = 12\sqrt{2}\times 3\times\frac{1}{\sqrt{2}} = 36\text{Var}$$

$$Q_2 = U_2 I \sin(-53.1^\circ) = 60\times 3\times(-0.8) = -144\text{Var}$$

$$P = U_s I \cos(-36.9^\circ) = 60\times 3\times 0.8 = 144\text{W}$$

$$S = U_s I = 60\times 3 = 180\text{VA}$$

7、（8 分）图 7 所示电路中，N 为线性含源电阻网络，已知当 $I_s = 0$，$U_s = 0$ 时，电流 $I = 1$A；当 $I_s = 0$，$U_s = 8$V 时，电流 $I = 4$A；当 $I_s = 3$A，$U_s = 0$ 时，电流 $I = 2$A。试写出 I 与 I_s、U_s 的关系式。

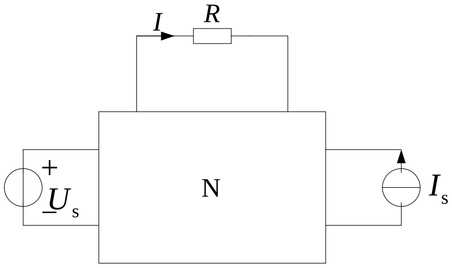


图 7

解：设 a、b 分别是 U_s 和 I_s 单独作用时与响应的比例系数，c 是 N 中电源共同作用

时产生的响应，则有

$$I = aU_s + bI_s + c$$

代入已知数据得：$\begin{cases} c = 1 \\ 8a + c = 4 \\ 3b + c = 2 \end{cases}$

解得：$\begin{cases} a = \dfrac{3}{8} \\ b = \dfrac{1}{3} \\ c = 1 \end{cases}$

所以，$I = \dfrac{3}{8}U_s + \dfrac{1}{3}I_s + 1$

8、（10 分）如图 8 所示电路，已知 $u_s = 10\text{V}$，$R_1 = R_2 = 2.5\Omega$，$L = 1\text{H}$，$\alpha = 0.8$，$t = 0$ 时开关闭合，闭合前电路处于稳态，试求开关闭合后的 $i_L(t)$，画出其波形，并指出其零输入响应和零状态响应、稳态响应和暂态响应。

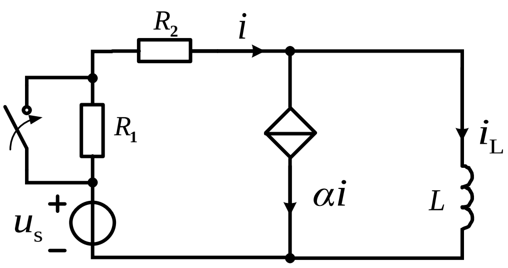


图 8

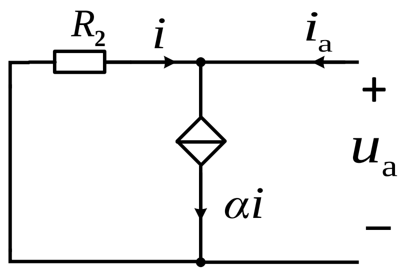
解：求初始值 $i_L(0^+)$。

$$i(0^-) = \frac{u_s}{R_1 + R_2} = \frac{10}{2.5 + 2.5} = 2\text{A}$$

$$i_L(0^-) = i(0^-) - \alpha i(0^-) = 0.4\text{A}$$

$$i_L(0^+) = i_L(0^-) = 0.4\text{A}$$

求时间常数：利用外加电源法，如下图所示。



端口电压$u_a = -R_2 i$

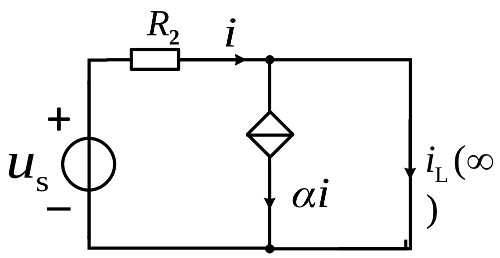
$i_a + i = \alpha i$

$u_a = \dfrac{R_2}{1-\alpha} i_a$

$R_{eq} = \dfrac{u_a}{i_a} = 12.5\Omega$

$\tau = \dfrac{L}{R_{eq}} = \dfrac{1}{12.5} = 0.08\text{s}$

求稳态值，电路如下图所示。

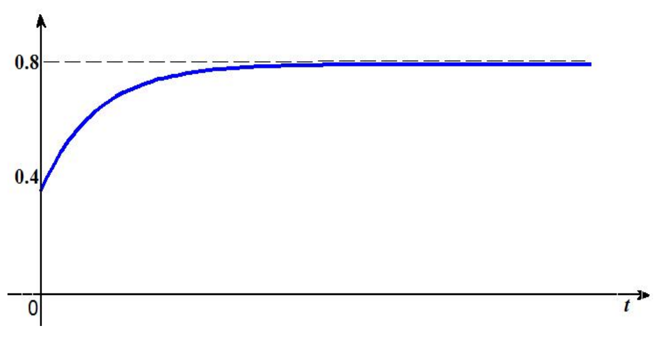


$i_L(\infty) = \dfrac{u_s}{R_2} - 0.8 \times \dfrac{u_s}{R_2} = 0.8\text{A}$

所以

$i_L(t) = i_L(\infty) + \left[i_L(0^+) - i_L(\infty) \right] e^{-\frac{t}{\tau}} = 0.8 - 0.4e^{-12.5t}\text{A}, \quad t \geq 0$

$i_L(t)$



零输入响应：$i_{\mathrm{Lz.i.r}}(t)=i_{\mathrm{L}}(0^{+})\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}=0.4\mathrm{e}^{-12.5t}\mathrm{A}$

零状态响应：$i_{\mathrm{Lz.s.r}}(t)=i_{\mathrm{L}}(\infty)(1-\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}})=0.8(1-\mathrm{e}^{-12.5t})\mathrm{A}$

稳态响应：0.8A

暂态响应：$-0.4\mathrm{e}^{-12.5t}\mathrm{A}$

9、（9 分）图 9 所示电路，t =0 时刻开关由 a 打向 b，换路前电路已达稳态，

(1) 求 $u(0^{+})$，$i(0^{+})$，$\dfrac{\mathrm{d}u(0^{+})}{\mathrm{d}t}$，$\dfrac{\mathrm{d}i(0^{+})}{\mathrm{d}t}$；

(2)当 t >0 时，列出以 $u(t)$为求解变量的电路方程，判断电路呈现何种阻尼状态？响应是否振荡？

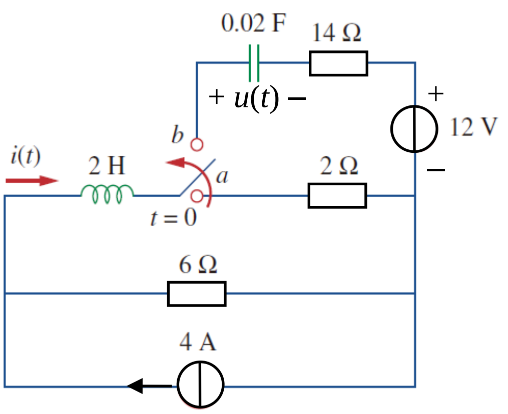


图 9

$$u(0^{+})=u(0^{-})=0, i(0^{+})=i(0^{-})=4\times\frac{6}{8}=3A$$

$$\frac{\mathrm{d}u(0^{+})}{\mathrm{d}t}=\frac{i(0^{+})}{C}=\frac{3}{0.02}=150V/s$$

$$\frac{\mathrm{d}i(0^{+})}{\mathrm{d}t}=\frac{u_{L}(0^{+})}{L}=\frac{12-20\times3}{2}=-24A/s$$

$$LC\frac{\mathrm{d}^{2}u}{\mathrm{d}t^{2}}+RC\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}+u=12$$

$$2\times0.02\frac{\mathrm{d}^{2}u}{\mathrm{d}t^{2}}+(14+6)\times0.02\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}+u=12$$

$$0.04s^{2}+0.4s+1=0$$

$$s_{1,2}=\frac{-0.4\pm\sqrt{0.4^{2}-0.16}}{0.08}=-5$$

相等实根，临界阻尼，非振荡衰减

10、（9 分）电路如图 10 所示，电压源为有效值相量，求：(1) *ab* 端的戴维南等效电路；(2) 如果在 *ab* 两端连接一个负载，负载取何值时获得最大功率？最大功率是多少？

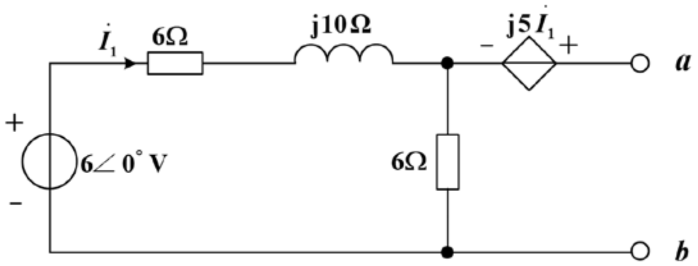


图 10

解：（1）

$$\dot{U}_{oc}=j5\dot{I}_1+6\dot{I}_1=(j5+6)\frac{6\angle 0^\circ}{12+j10}=3\angle 0^\circ\,\text{V}$$

短路电流法求等效阻抗

$$\dot{I}_{sc}=\frac{j5\dot{I}_1}{6}+\dot{I}_1=\frac{6+j5}{6}\dot{I}_1$$

$$\dot{I}_1=\frac{j5\dot{I}_1+6}{6+j10},\quad j5\dot{I}_1+6=6\dot{I}_1+j10\dot{I}_1,\quad \dot{I}_1=\frac{6}{6+j5}\,\text{A}$$

$$\dot{I}_{sc}=1\text{A}$$

$$Z_{eq}=\frac{\dot{U}_{oc}}{\dot{I}_{sc}}=3\,\Omega$$

戴维南等效电路略

(2) 负载阻抗 $Z_{eq}=3\,\Omega$ 时获得最大功率

$$P_{max}=\frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}}=0.75\text{W}$$

11、（9 分）已知某 *RLC* 并联谐振电路中，$R=60\text{k}\Omega$，$L=5\,\text{mH}$，$C=50\,\text{pF}$。试求：

（1）谐振频率 $\boldsymbol{\omega_0}$，当电路频率小于谐振频率时，电路呈现何种性质（阻性/容性/感性）？（2）品质因数 Q 值；（3）通频带；（4）若改变 R 值要通频带增加一倍，则 R 应为多少？

解：$(1)\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} = \dfrac{1}{\sqrt{5\times10^{-3}\times50\times10^{-12}}} = 2\times10^6\,\mathrm{rad/s}$

小于谐振频率时，感纳增大，容纳减小，所以电路呈现感性。

（2）$Q = \dfrac{R}{\omega_0 L} = \dfrac{60\times10^3}{2\times10^6\times5\times10^{-3}} = 6$

（3）$\mathrm{BW} = \dfrac{\omega_0}{Q} = \dfrac{2\times10^6}{6} = 333333.33\mathrm{rad/s}$

（4）若通频带增加一倍，则 Q 应减小为原来的二分之一，即 R 减小为原来的二分之一，应为 $R = 30\mathrm{k\Omega}$。