课程编号：100051240

北京理工大学__2020__ － __2021__学年 第__二__学期

__2020__级__电路分析基础__课程试卷__A__卷

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：__2021 年 6 月 6 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：__________

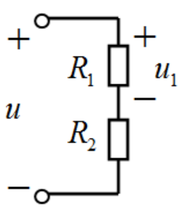
考生承诺：“**我确认本次考试是完全通过自己的努力完成的。**”

考生签名：__________

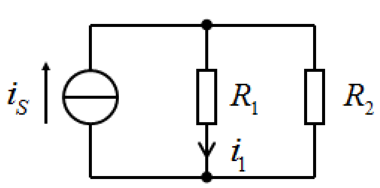
注意：1. 考试允许用计算器；2. 试卷不允许拆开，可撕下最后一张作为演算纸；3. 答案全部写在各个试题相应空白位置处；4. 计算题要写清过程，数值保留 2 位小数。

一、填空题（本题共 27 分，每空 3 分）

1、题图 1.1 电路中，欲使 $u_1=\frac{1}{3}u$，则 R_1 和 R_2 的关系应为 $R_1=\frac{1}{2}R_2$。



题图 1.1



题图 1.2

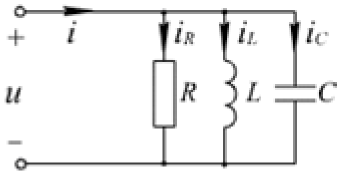
2、题图 1.2 电路中，欲使$i_1 = 0.25 i_S$，则R_1和R_2的关系应为$\underline{R_1 = 3R_2}$。

3、10μF 的电容，两端电压$u(t) = 20\sin 5000t$ V。若电流与电压参考方向一致，则在$t = 0$时，电流为__1A__。

4、电感 L 两端电压为$u(t) = 5\sin 0.2t$ mV，电流为$i(t) = -0.1\cos 0.2t$ A，则电感量 L 为 250mH__。

5、某一阶电路中有响应$i(t) = (4 - 3\mathrm{e}^{-2.5t})$A。若将初始状态量增加为二倍，此响应成为$i'(t) = (4 - 2\mathrm{e}^{-2.5t})$A。则原响应$i(t)$中的零输入响应分量和零状态响应分量各为___，$\underline{i_{zi} = e^{-2.5t}}$、$\underline{i_{zs} = 4 - 4e^{-2.5t}}$。

6. 题图 1.6 所示 RLC 并联电路，已知各电流有效值分别为 I=10A，I_R=6A，I_L=2A，则 I_C 应为____10A______。



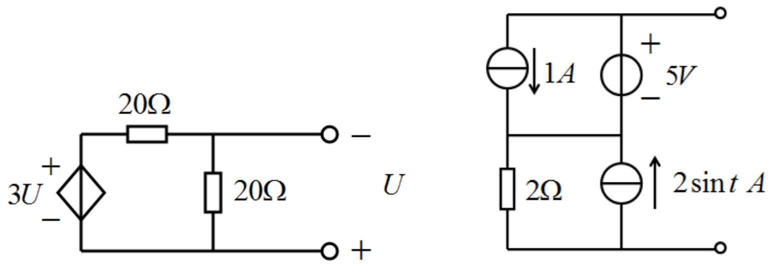
题图 1.6

7、若 RL 串联电路对基波的阻抗为$(1 + j4)\Omega$，则对二次谐波的阻抗为$\underline{(1 + j8)\Omega}$。

8、某二端网络，端口电压、电流分别为$u(t) = (10 + 20\cos\omega t + 10\cos 2\omega t)$V，$i(t) = (2 + 10\cos\omega t + 5\cos 4\omega t)$A，电压、电流为关联参考方向。端口平均功率 P 为___ 120W______。

二、电路化简。（本题共 10 分，每题 5 分）

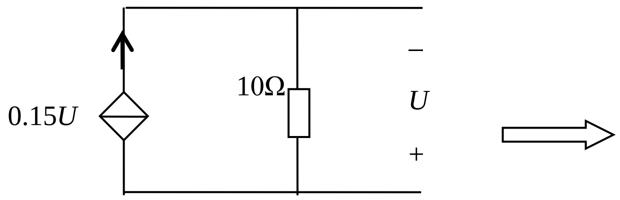
将题图 2 中的各电路简化为最简电路。



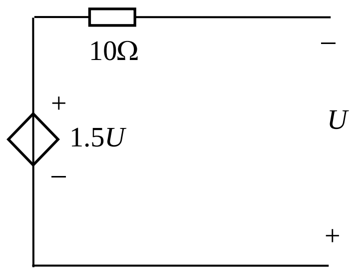
（a）　　　　　　　　(b)

题图 2

解:



题解（a）图 1

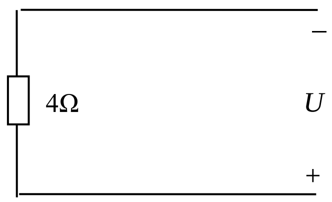


（3 分）

题解（a）图 2

U=−1.5U+10I

U=4I



（2 分）

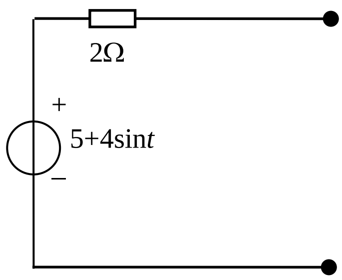
题解（a）图 3

（b）与 5V 电压源并联的电流源为冗余元件，去掉。（1 分）

2sint 的电流源并联 2 欧姆电阻可等效为 4sint 的电压源（上正下负）串联 2 欧姆电阻。（2 分）

电压源合并，则图(b)可化简为$u(t)=5+4\sin t$ V 的电压源（上正下负）与 $R_{eq}=2\Omega$ 的电阻串联。

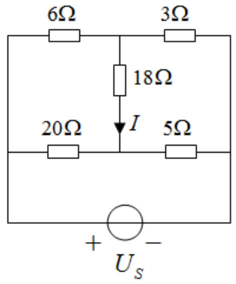
（2 分）



题解（b）

三、简单计算题（本题共 10 分，每题 5 分）

1、电路如题图 3.1 所示，要使电流 I 增加为 $2I$，则18Ω电阻应替换为何值？



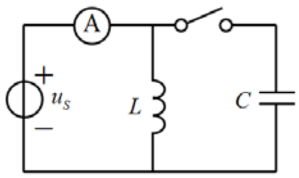
题图 3.1

解：除 18Ω 电阻支路外剩余电路可等效为一个电压源 U_{OC} 串联一个值为 R_0 的电阻的戴维南等效电路。其中

$R_0 = 20 \| 5 + 6 \| 3 = 6\Omega$，则　（2 分）

$$I = \frac{U_{OC}}{R_0 + 18},\quad 2I = \frac{U_{OC}}{R_0 + R} \;\Rightarrow\; 2 = \frac{R_0 + 18}{R_0 + R} = \frac{24}{6 + R} \Rightarrow R = 6\Omega$$　（3 分）

2、正弦信号电路如题图 3.2，已知 $\omega = 10\ \mathrm{rad/s}$，$\frac{1}{\omega C} = 100\ \Omega$。若开关断开和闭合时，电流表读数不变，求 L 的值。



题图 3.2

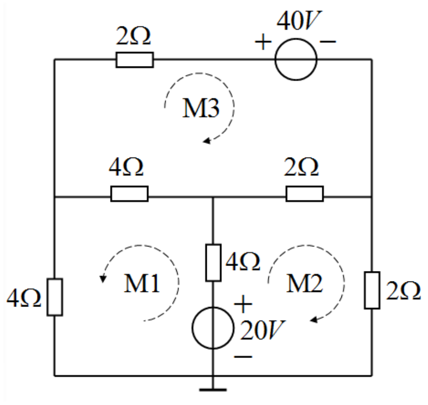
开关开：$\dot{I} = \frac{\dot{U}_S}{j\omega L}$，$I_1 = \frac{U_S}{\omega L}$　（2 分）

开关闭：$\dot{I}' = \dot{U}_S\left(j\omega C + \frac{1}{j\omega L}\right) \;\Rightarrow\; I_2 = U_S\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$　（2 分）

由题意，$I_1 = I_2 \;\Rightarrow\; \frac{1}{\omega L} = \omega C - \frac{1}{\omega L} \;\Rightarrow\; L = 20\mathrm{H}$　（1 分）

四、计算题（本题共 53 分）

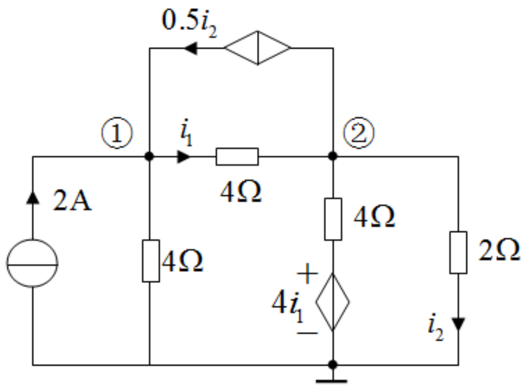
1、（1）题图 4.1（a）电路中，试以图示网孔顺序和绕行方向列写网孔方程；（2）以题图 4.1（b）所示节点编号列写电路的节点方程。（本题 8 分）



$$\begin{cases}12i_{M1}+4i_{M2}+4i_{M3}=20\\ 4i_{M1}+8i_{M2}-2i_{M3}=20\\ 4i_{M1}-2i_{M2}+8i_{M3}=-40\end{cases}$$

（4 分）

题图 4.1（a）

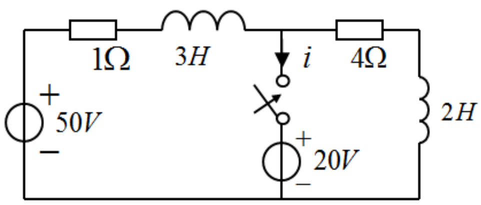


$$\begin{cases}(\frac{1}{4}+\frac{1}{4})u_1-\frac{1}{4}u_2=2+0.5i_2\\ -\frac{1}{4}u_1+(\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+\frac{1}{2})u_2=-0.5i_2+\frac{4i_1}{4}\\ i_1=\frac{u_1-u_2}{4}\\ i_2=\frac{u_2}{2}\end{cases}$$

（4 分）

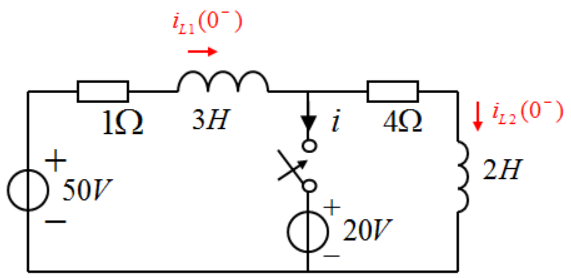
题图 4.1（b）

2、电路如题图 4.2 所示，当$t=0$时开关闭合，闭合前电路已达稳态。试求$i(t)$，$t\geq 0$。（本题 8 分）

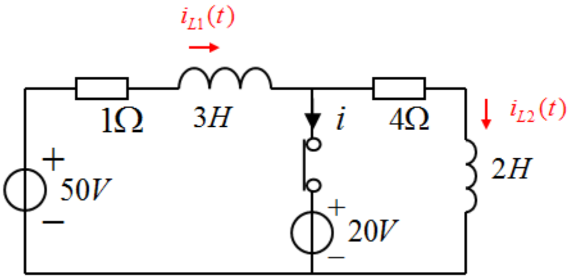


题图 4.2

解：闭合前：$i_{L1}(0^-)=i_{L2}(0^-)=\dfrac{50}{1+4}=10A$ （1 分）



闭合后：分为左右两个一阶电路，三要素法



左侧：$i_{L1}(0^+)=i_{L1}(0^-)=10A$，$i_{L1}(\infty)=\dfrac{50-20}{1}=30A$，$\tau_1=\dfrac{L_1}{R_1}=\dfrac{3}{1}=3\text{s}$ （2 分）

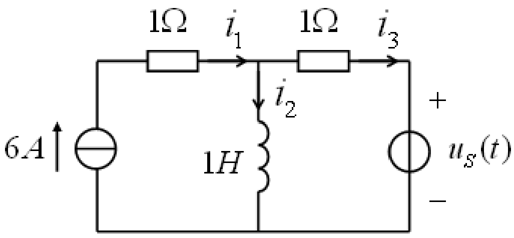
$i_{L1}(t)=i_{L1}(\infty)+[i_{L1}(0^+)-i_{L1}(\infty)]e^{-t/\tau_1}=30+(10-30)e^{-t/3}\text{A}=30-20e^{-t/3}\text{A}$ （1 分）

右侧：$i_{L2}(0^+)=i_{L2}(0^-)=10A$，$i_{L2}(\infty)=\dfrac{20}{4}=5A$，$\tau_2=\dfrac{L_2}{R_2}=\dfrac{2}{4}=0.5\text{s}$（2 分）

$i_{L2}(t)=i_{L2}(\infty)+[i_{L2}(0^+)-i_{L2}(\infty)]e^{-t/\tau_1}=5+(10-5)e^{-t/0.5}\text{A}=5+5e^{-2t}\text{A}$ （1 分）

故　$i(t)=i_{L1}(t)-i_{L2}(t)=25-5e^{-2t}-20e^{-t/3}\text{A}$　　（1 分）

3、题图 4.3 所示电路中，正弦电压源 $u_S(t)=4\sqrt{2}\cos t$ V，直流电流源 $I_S=6\text{A}$，求电流 $i_1(t)$、$i_2(t)$、$i_3(t)$。　（本题 8 分）



题图 4.3

解：

直流电流源单独作用：

$I_1(t)=6A$　　（1 分）

$I_2(t)=6A$　　（1 分）

$I_3(t)=0A$　　（1 分）

交流电压源单独作用时

阻抗为：　$Z=1+j=\sqrt{2}\angle 45^\circ\Omega$　　（1 分）

$i_{11}(t)=0$　　（1 分）

$i_{21}(t)=4\cos(t-45^\circ)A$ （1 分）

$i_{31}(t)=-4\cos(t-45^\circ)=4\cos(t+135^\circ)A$ （1 分）

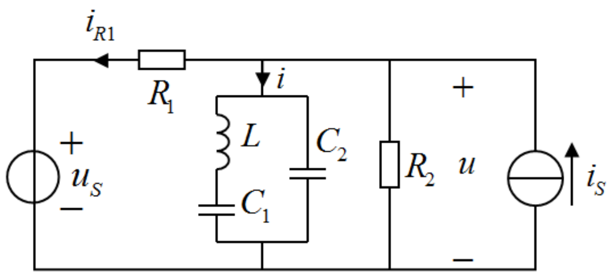
使用叠加原理（总共 1 分，错一个不给分）

$i_1(t)=6\text{A}$，

$i_2(t)=6+4\cos(t-45°)\text{A}$，

$i_3(t)=-4\cos(t-45°)\text{A}=4\cos(t+135°)\text{A}$

4、题图 4.4 所示电路，已知电压源 $u_S(t)=10+14.1\cos(10^3t+30°)+8\cos(2\times10^3t+45°)\text{V}$，电流源 $i_S(t)=1\text{A}$， $i(t)=1.41\cos(10^3t+30°)\text{A}$，电阻 R_1 流过电流 i_{R1} 的直流分量为 0.5A，方向向左，求电阻 R_1、电阻 R_2，以及 R_2 两端压降 $u(t)$。（本题 9 分）



题图 4.4

解：电阻 R_1 流过电流 i_{R1} 的直流分量为 0.5A，即直流电压源和直流电流源作用时，则

$$0.5=1\times\frac{R_2}{R_1+R_2}-\frac{10}{R_1+R_2}=\frac{R_2-10}{R_1+R_2}\Rightarrow R_2-R_1=20$$ （2 分）

$u'=10+0.5\times R_1$ （1 分）

当正弦电压源 $14.1\cos(10^3t+30°)\text{V}$ 单独作用时， $i(t)=1.41\cos(10^3t+30°)\text{A}$ 与电压源同相位，则 L、C₁ 和 C₂ 等效于短路，因此

$$R_1=\frac{14.1\angle30^\circ}{1.41\angle30^\circ}=10\Omega$$ （2 分）

$\Rightarrow R_2=R_1+20=30\Omega$， $u'=10+0.5\times10=15V$

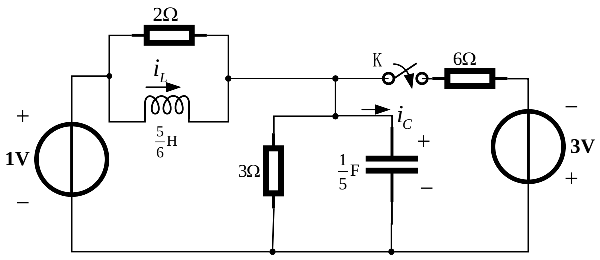
$u''=0$ （1 分）

当正弦电压源 $8\cos(2\times10^3t+45°)\text{V}$ 单独作用时， $i(t)=0$，则

$$u'''=8\cos(2\times10^3t+45°)\times\frac{R_2}{R_1+R_2}=6\cos(2\times10^3t+45°)V$$ （2 分）

$\therefore\ u(t)=u'+u''+u'''=15+6\cos(2\times10^3t+45°)\text{V}$ （1 分）

5、电路如题图 4.5 所示，开关闭合前电路已达稳态。求电路在开关 K 闭合后电容两端的电压 $u_c(t)$，并定性画出其波形图。（本题 10 分）



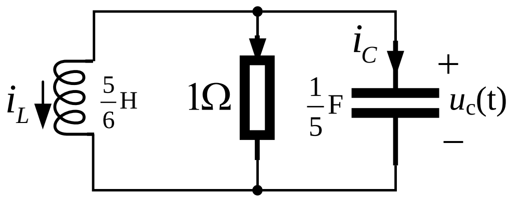
题图 4.5

解：由换路前的稳态电路和换路定律得

$u_c(0^+)=u_c(0^-)=1\text{V}$ ，$i_L(0^+)=i_L(0^-)=\dfrac{1}{3}\text{A}$ (2 分)

为求电路的特征根，将换路后电路中的独立源置零，得到图 4.5(a)

$R=2//3//6=1\Omega$



列 KCL 方程 $\dfrac{6}{5}\int u_c dt+u_c+\dfrac{1}{5}\dfrac{du_c}{dt}=0$ ，$\dfrac{d^2u_c}{dt^2}+5\dfrac{du_c}{dt}+6u_c=0$

特征方程为 $s^2+5s+6=0$ ， 特征根为 $s_1=-2,\quad s_2=-3$ （4 分）

电容电压的稳态值为 $u_c(+\infty)=1\text{V}$

t>0 时，电容电压表达式为 $u_c(t)=k_1e^{-2t}+k_2e^{-3t}+1$ （1 分）

电容电压和电流的初始值分别为 $u_c(0^+)=1\text{V}$ ，$i_c(0^+)=-\dfrac{3+1}{6}=-\dfrac{2}{3}\text{A}$

电容电压一阶导数的初始值为 $\dfrac{du_c}{dt}\Big|_{t=0^+}=\dfrac{1}{C}i_c(0^+)=-\dfrac{10}{3}\ \text{A/F}$ （1 分）

将两个初值代入 $u_c(t)$ 表达式中，得

$$\begin{cases}k_1+k_2=0\\-2k_1-3k_2=-\dfrac{10}{3}\end{cases}$$

解得 $k_1=-\dfrac{10}{3}$ ，$k_2=\dfrac{10}{3}$

所以 $u_c(t)=1-\dfrac{10}{3}e^{-2t}+\dfrac{10}{3}e^{-3t}\ \text{V}\quad (t\geq 0)$

（2 分）

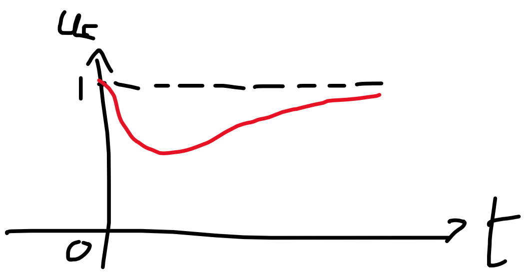
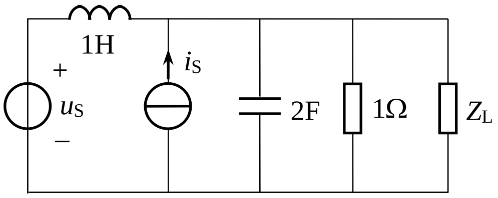


图 4.5 (b)

6、稳态电路如题图 4.6 所示。u_S (t) = cos t V，i_S (t) = cos t A。　（本题 10 分）

（1）Z_L =？时获得最大功率？(Z_L 实部、虚部均可变)，并求 P_{Lmax}；

（2）若 $Z_L = R_L$ (纯电阻) 时，应如何实现功率匹配？再求 P'_{Lmax}。



题图 4.6

解：

（1）$j\omega L = j1\times 1 = j\Omega$,　　$1/j\omega C = -j0.5\,\Omega$

将负载 Z_L 开路，求开路电压(节点法)、短路电流

$$\begin{cases} \dfrac{\dot U_{ocm}-\dot U_{sm}}{j}-\dot I_S+\dfrac{\dot U_{ocm}}{\dfrac{1}{j\omega C}}+\dfrac{\dot U_{ocm}}{1}=0 \\ \dot U_{sm}=1\text{V} \end{cases}$$

整理可得开路电压最大值为 $\dot U_{ocm}=-j\ \text{V}$　　（4 分）

或　$\dot U_{\text{OCm}}=\dfrac{\dot U_S/\text{j}+\dot I_S}{-\text{j}+1+\text{j}2}=\dfrac{-\text{j}+1}{1+\text{j}}=-\text{j}\ \text{V}$

短路电流最大值为　$\dot I_{\text{SCm}}=\dot I_S+\dot U_S/\text{j}=1-\text{j}\ \text{A}=\sqrt{2}\angle-45°\ \text{A}$

等效内阻抗　$Z_0=\dfrac{\dot U_{\text{OCm}}}{\dot I_{\text{SCm}}}=\dfrac{-\text{j}}{\sqrt{2}\angle-45°}=\dfrac{\sqrt{2}}{2}\angle-45°=0.5-\text{j}0.5\,\Omega$　　（2 分）

当 Z_L 实部、虚部均可变时，采用共轭匹配，

即 $Z_L = Z_0^* = 0.5 + \text{j}\,0.5\,\Omega$ 时获得最大功率 $P_{L\max}=\dfrac{U_{\text{OC}}^2}{4R_0}=\dfrac{(1/\sqrt{2})^2}{4\times 0.5}=0.25\ \text{W}$　　（2 分）

（2）当负载为纯电阻时，采用模匹配，即

$R_L = |Z_0| = 0.5\sqrt{2}\ \Omega = 0.707\,\Omega$　时获得最大功率

电路中电流有效值相量　$\dot I=\dfrac{\dot U_{\text{OC}}}{R_L+Z_0}=\dfrac{-\text{j}0.707}{0.707+0.5-\text{j}0.5}=0.541\angle-67.5°\ \text{A}$

$P'_{L\max}=I^2R_L=0.541^2\times 0.707=0.207\ \text{W}$　　（2 分）