

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。”

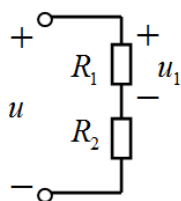
考生签名: _____

分工	题号	分值	批改人
1	一 (1,2), 二 (a)	11	邵志峰
2	一 (3,4), 二 (b)	11	张彦梅
3	一 (5,6), 三 (1)	14	王勇
4	一 (7,8), 三 (2)	11	邓小英
5	四 (1)	8	张峰
6	四 (2)	8	高翔
7	四 (3)	8	南方
8	四 (4)	9	高洪民
9	四 (5)	10	许文龙
10	四 (6)	10	聂振钢

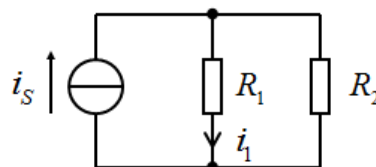
注意: 1. 考试允许用计算器; 2. 试卷不允许拆开, 可撕下最后一张作为演算纸; 3. 答案全部写在各个试题相应空白位置处; 4. 计算题要写清过程, 数值保留 2 位小数。

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

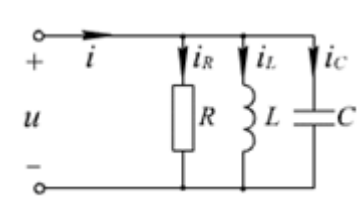
- 2、题图 1.2 电路中，欲使 $i_1 = 0.25i_s$ ，则 R_1 和 R_2 的关系应为 $R_1 = 3R_2$ 。

- 3、10 μ F 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 $i(t) = (4 - 3e^{-2.5t})$ A。若将初始状态量增加为二倍，此响应成为 $i'(t) = (4 - 2e^{-2.5t})$ 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 $i_{zi} = e^{-2.5t}$ 、 $i_{zs} = 4 - 4e^{-2.5t}$ 。

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



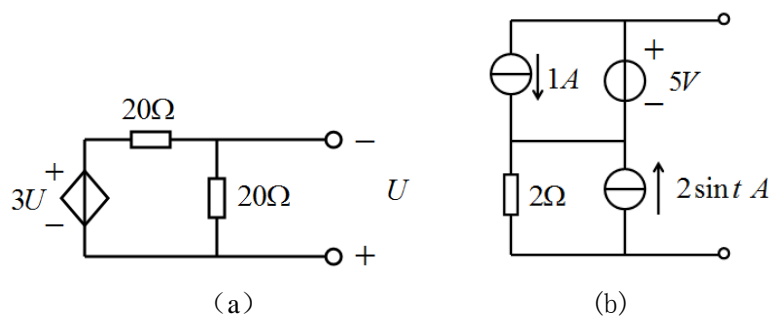
题图 1.6

- 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 $(1 + j8)\Omega$ 。

- 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。

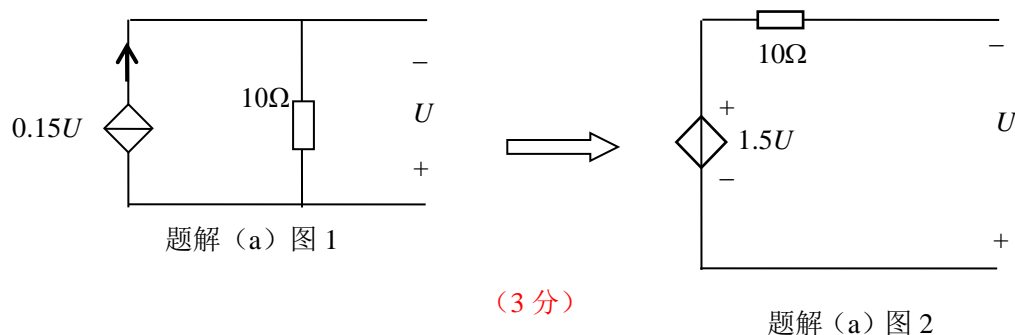
二、电路化简。（本题共 10 分，每题 5 分）

将题图 2 中的各电路简化为最简电路。



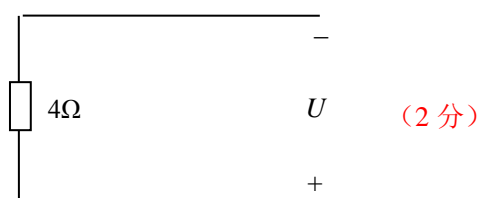
题图 2

解：



(3 分)

$$\begin{aligned} U &= -1.5U + 10I \\ U &= 4I \end{aligned}$$



题解 (a) 图 3

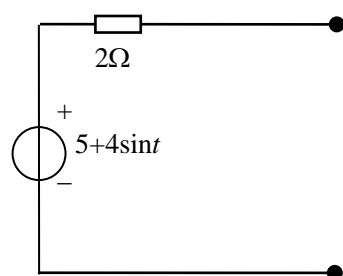
(2 分)

(b) 与 5V 电压源并联的电流源为冗余元件，去掉。(1 分)

2sin t 的电流源并联 2 欧姆电阻可等效为 4sin t 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。

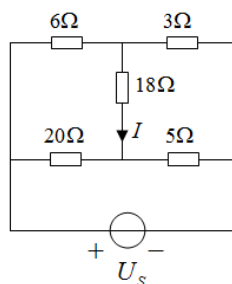
(2 分)



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？



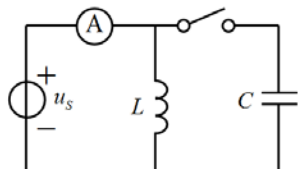
题图 3.1

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

$$R_0 = 20 \parallel 5 + 6 \parallel 3 = 6\Omega, \text{ 则} \quad (2 \text{ 分})$$

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

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



题图 3.2

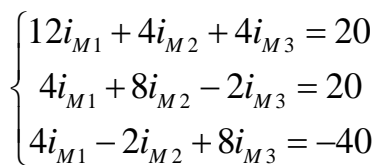
$$\text{开关开: } \dot{I} = \frac{\dot{U}_s}{j\omega L}, \quad I_1 = \frac{U_s}{\omega L} \quad (2 \text{ 分})$$

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

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

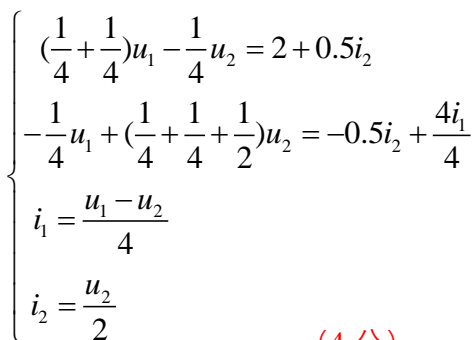
四、计算题（本题共 53 分）

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）



(4 分)

题图 4.1 (a)

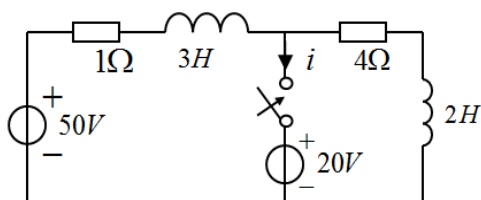


(4 分)

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 $i(t)$, $t \geq 0$ 。

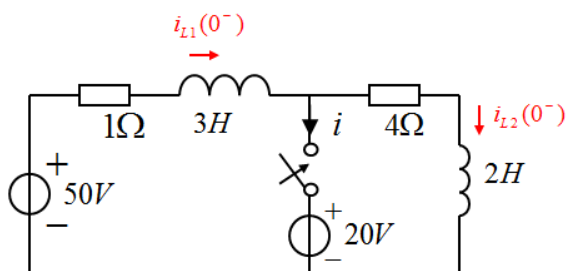
(本题 8 分)



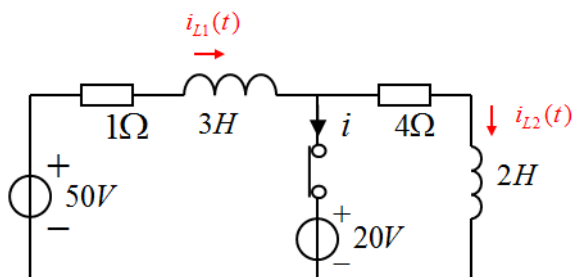
题图 4.2

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

(1 分)



闭合后：分为左右两个一阶电路，三要素法



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

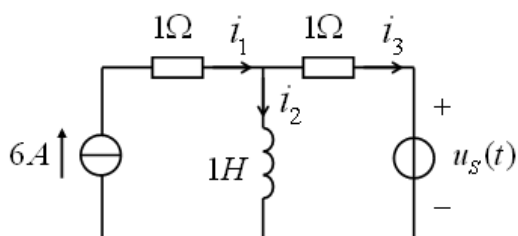
$$i_{L1}(t) = i_{L1}(\infty) + [i_{L1}(0^+) - i_{L1}(\infty)]e^{-t/\tau_1} = 30 + (10 - 30)e^{-t/3} A = 30 - 20e^{-t/3} A \quad (1分)$$

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

$$i_{L2}(t) = i_{L2}(\infty) + [i_{L2}(0^+) - i_{L2}(\infty)]e^{-t/\tau_2} = 5 + (10 - 5)e^{-t/0.5} A = 5 + 5e^{-2t} A \quad (1分)$$

故 $i(t) = i_{L1}(t) - i_{L2}(t) = 25 - 5e^{-2t} - 20e^{-t/3} A$ (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 $I_s = 6A$ ，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：

$$I_1(t) = 6A \quad (1分)$$

$$I_2(t) = 6A \quad (1分)$$

$$I_3(t) = 0A \quad (1分)$$

交流电压源单独作用时

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

$$i_{11}(t) = 0 \quad (1分)$$

$$i_{21}(t) = 4\cos(t - 45^\circ)A \quad (1 \text{ 分})$$

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

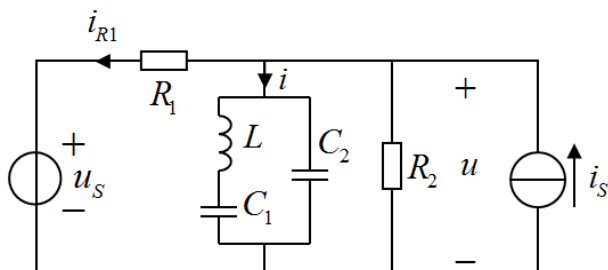
使用叠加原理 (总共 1 分, 错一个不给分)

$$i_1(t) = 6A,$$

$$i_2(t) = 6 + 4\cos(t - 45^\circ)A,$$

$$i_3(t) = -4\cos(t - 45^\circ)A = 4\cos(t + 135^\circ)A$$

4、题图 4.4 所示电路, 已知电压源 $u_s(t) = 10 + 14.1\cos(10^3t + 30^\circ) + 8\cos(2 \times 10^3t + 45^\circ)V$, 电流源 $i_s(t) = 1A$, $i(t) = 1.41\cos(10^3t + 30^\circ)A$, 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

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

$$u' = 10 + 0.5 \times R_1 \quad (1 \text{ 分})$$

当正弦电压源 $14.1\cos(10^3t + 30^\circ)V$ 单独作用时, $i(t) = 1.41\cos(10^3t + 30^\circ)A$ 与电压源同相位, 则 L 、 C_1 和 C_2 等效于短路, 因此

$$R_1 = \frac{14.1\angle 30^\circ}{1.41\angle 30^\circ} = 10\Omega \quad (2 \text{ 分})$$

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

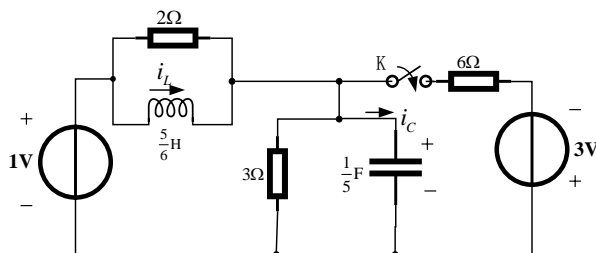
$$u'' = 0 \quad (1 \text{ 分})$$

当正弦电压源 $8\cos(2 \times 10^3t + 45^\circ)V$ 单独作用时, $i(t) = 0$, 则

$$u''' = 8\cos(2 \times 10^3t + 45^\circ) \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 6\cos(2 \times 10^3t + 45^\circ)V \quad (2 \text{ 分})$$

$$\therefore u(t) = u' + u'' + u''' = 15 + 6\cos(2 \times 10^3t + 45^\circ)V \quad (1 \text{ 分})$$

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）



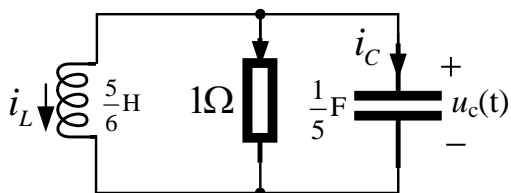
题图 4.5

解：由换路前的稳态电路和换路定律得

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

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)

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



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

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

电容电压的稳态值为 $u_c(+\infty) = 1V$

$$t > 0 \text{ 时, 电容电压表达式为 } u_c(t) = k_1 e^{-2t} + k_2 e^{-3t} + 1 \quad (1 \text{ 分})$$

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

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

将两个初值代入 $u_c(t)$ 表达式中，得

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

$$\text{解得 } k_1 = -\frac{10}{3}, \quad k_2 = \frac{10}{3}$$

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

(2 分)

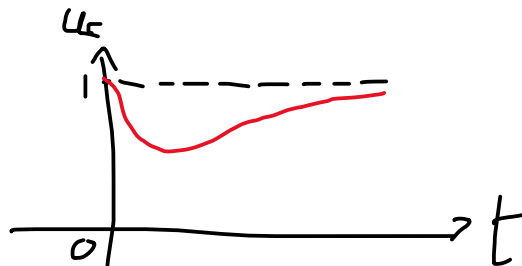
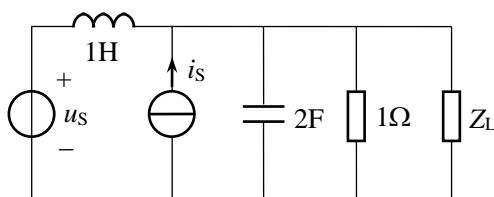


图 4.5 (b)

6、稳态电路如题图 4.6 所示。 $u_S(t) = \cos t \text{ V}$ ， $i_S(t) = \cos t \text{ A}$ 。（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 $P_{L\max}$ ；

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



题图 4.6

解：

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

将负载 Z_L 开路，求开路电压(节点法)、短路电流

$$\begin{cases} \frac{\dot{U}_{ocm} - \dot{U}_{sm}}{j} - \dot{I}_S + \frac{\dot{U}_{ocm}}{1} + \frac{\dot{U}_{ocm}}{-j0.5} = 0 \\ \dot{U}_{sm} = 1\text{V} \end{cases}$$

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

$$\text{或 } \dot{U}_{ocm} = \frac{\dot{U}_S / j + \dot{I}_S}{-j + 1 + j2} = \frac{-j + 1}{1 + j} = -j \text{ V}$$

短路电流最大值为 $\dot{I}_{scm} = \dot{I}_S + \dot{U}_S / j = 1 - j \text{ A} = \sqrt{2} \angle -45^\circ \text{ A}$

$$\text{等效内阻抗 } Z_0 = \frac{\dot{U}_{ocm}}{\dot{I}_{scm}} = \frac{-j}{\sqrt{2} \angle -45^\circ} = \frac{\sqrt{2}}{2} \angle -45^\circ = 0.5 - j0.5 \Omega \quad (2 \text{ 分})$$

当 Z_L 实部、虚部均可变时，采用共轭匹配，

$$\text{即 } Z_L = Z_0^* = 0.5 + j0.5 \Omega \text{ 时获得最大功率 } P_{L\max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_0} = \frac{(1/\sqrt{2})^2}{4 \times 0.5} = 0.25 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 当负载为纯电阻时，采用模匹配，即

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

$$\text{电路中电流有效值相量 } \dot{I} = \frac{\dot{U}_{oc}}{R_L + Z_0} = \frac{-j0.707}{0.707 + 0.5 - j0.5} = 0.541 \angle -67.5^\circ \text{ A}$$

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