第 7 章题库

一、填空：

1. $i_c(0^+)$=-2mA
2. $u_c = 20 - 16e^{-10t}\ V$
3. $i_L(t) = 2e^{-10t}\ A$
4. $u_c(0^+) = 10V$ ； $u_R(0^+) = -15V$；$i_c(0^+) = -1.5A$； $i_L(0^+) = 1A$；$u_R(0^+) = 5V$；，

$u_L(0^+) = -5V$

5.图（a）中$u_{1F}(0_+) = 10V$ ，$u_{2F}(0_+) = 5V$；图（b）中$i_L(0_+) = \frac{6}{5}A$，

$u_L(0_+) = -54V$ ；图（c）中$u_c(0_+) = 15V$，$i_c(0_+) = -\frac{1}{6}A$；图（d）中

$u_R(0_+) = 66.6V$ ，$i(0_+) = 3.33A$ 。

6. $u_c(0_+) = 20V$，$i_L(0_+) = 2A$
7. $u_c(t) = 4e^{-2t}V$，$i(t) = 0.04e^{-2t}mA$
8. $i_L(t) = 2e^{-8t}A$，$u_L(t) = -16e^{-8t}$
9. $i(t) = 0.24(e^{-500t} - e^{-1000t})$A

10.$i(t) = -e^{-t/5}A$

11. $u_L(t) = -60e^{-4t}V$

12.τ =1.5 s

13.$\tau = \frac{1}{3}\ s$

14. $u(t) = -3e^{-0.5t}\varepsilon(t)\ V$
15. $i_L(t) = 8 - 5e^{-5t}$
16. $i_c(0^+) = -1A$
17. $u_L(0^+) = -15V$

二．计算题：

1.

解：用三要素法求解：

①开关 S 打开后，将电压源短路，求电路时间常数

电路等效电阻

$$R_{eq} = 2 + \frac{4\times(2+2)}{4+2+2} = 4\Omega$$

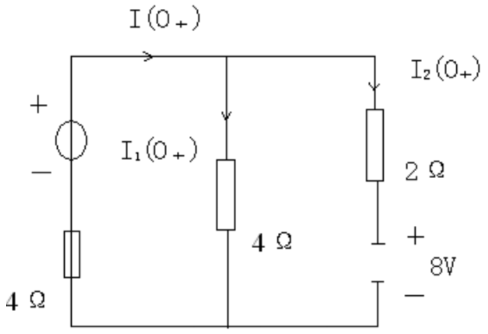
电路时间常数

$$\tau = R_{eq}C = 4\times 5\times 10^{-4} = 0.002s$$

②开关 S 打开前，电路处于稳态，则

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = \frac{2}{7}\times 28 = 8V$$

S 闭合瞬间，其电路图及支路电流图如下图所示



$$\begin{cases} I(0_+) = I_1(0_+) + I_2(0_+) \\ 4I_1(0_+) = 8 + 2I_2(0_+) \\ 4I_1(0_+) + 4I(0_+) = 28 \end{cases}$$

解得：$I(0_+) = 4.25\text{A}; I_1(0_+) = 2.75\text{A}; I_2(0_+) = 1.5\text{A}$

则有电压 $u(t)$ 初始值 $u(0_+) = 1.5 \times 2 + 8 = 11V$

③S 打开后电路达到稳态时，电容断路，此时有：

$$u(\infty) = \frac{2+2}{2+2+4} \times 28 = 14V$$

综上所述，全电压响应为：

$$u(t) = u(\infty) + \left[u(0_+) - u(\infty)\right] e^{-\frac{t}{\tau}} = (14 - 3e^{-500t})V$$

2.

解：用三要素法求解：

换路前处于稳态，电容开路，电感短路，则

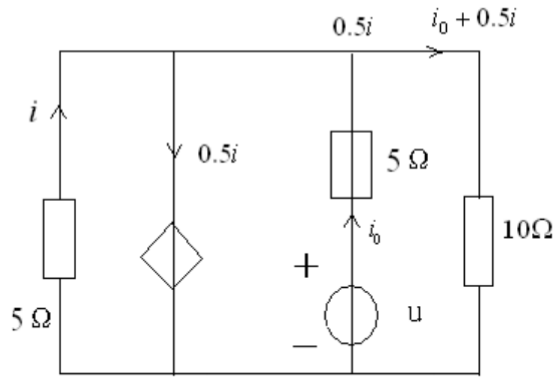
$$u_C(0_+) = u_C(0\_) = 7V; i_L(0_+) = i_L(0\_) = 0.25\text{A}$$

换路后达到稳态，电容开路，电感短路，则

$$u_C(\infty) = 6V; i_L(\infty) = 0$$

将独立电压源短路，分别求对于电容 C 电路的时间常数 τ_C 以及对于电感 L 电路的时间常数 τ_L：

对于电容 C，用外施电源法求其等效电阻，如图　　所示。



则有：$5i_0 = -10(i_0 + 0.5i)$
解得：$i_0 = -i$，$0.5i + i_0 = -0.5i$

等效电阻 $R_{eq} = 10\Omega$，进而有时间常数 $\tau_C = RC = 1s$。

对于电感 L，由于所有与 RL 串联支路均被短路，故 $R_{eq} = 8\Omega$

进而有时间常数 $\tau_L = \frac{L}{R} = \frac{1}{8}s$。

则换路后电容全响应电压为：

$$u_C(t) = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau_C}} = (6 + e^{-t})V$$

电感全响应电流为：

$$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0_+) - i(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau_L}} = 0.25e^{-8t}\text{A}$$

3.

解：开关 S 闭合前电路已达稳态，可得：

$$i_L(0_-) = \frac{25}{10+10+5} = 1\text{A}$$

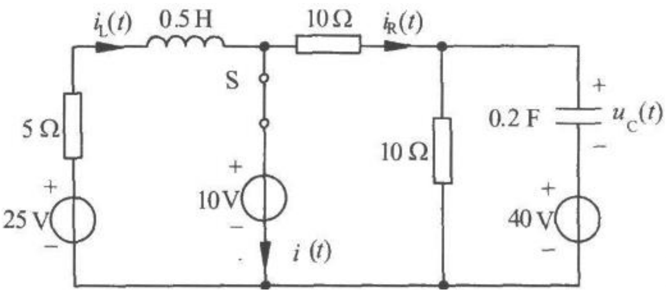
$$u_C(0_-) = 1 \times 10 - 40 = -30\text{V}$$

由于电容电压、电感电流不突变，则开关 S 闭合后有：

$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = 1\text{A}$$

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = -30\text{V}$$

开关 S 闭合后，如图 所示，电路分别为 RC、RL 电路的全响应。



$$i_L(\infty) = \frac{25-10}{5} = 3\ (\text{A})$$

$$\tau_L = \frac{L}{R} = \frac{0.5}{5} = 0.1\ (\text{s})$$

则有：

$$i_L(t) = 3 + (1-3)e^{-\frac{t}{\tau_L}} = (3 - 2e^{-10t})\text{A}$$

$$u_C(\infty) = \left(\frac{10}{10+10} \times 10 - 40\right)\text{V} = -35\text{V}$$

$$\tau_C = RC = \left(\frac{10 \times 10}{10+10} \times 0.2\right)\text{s} = 1\text{s}$$

所以有：

$$u_C(t)=-35+[-30-(-35)]e^{-\frac{t}{\tau_C}}=\left(-35+5e^{-t}\right)V$$

$$i(t)=i_L(t)-i_R(t)$$

而 $i_R(t)=\dfrac{10-40-u_C(t)}{10}=\dfrac{5-5e^{-t}}{10}=\left(0.5-0.5e^{-t}\right)A$

由 KCL 有，$i(t)=3-2e^{-10t}-0.5+0.5e^{-t}=\left(2.5-2e^{-10t}+0.5e^{-t}\right)\ A$ 。

4．

解：（1）计算初值

SW 闭合前，即 t＝0-时，因电路已处于稳定状态，

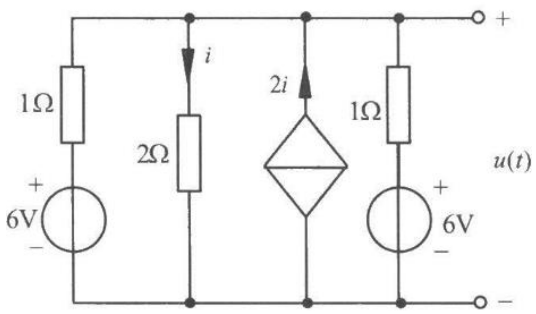
$$i(0_-)=0\ ,\quad u_C(0_-)=6V$$

根据换路前后瞬间电容电压不变，有

$$u_C(0_+)=u_C(0_-)=6V$$

t＝0+时的电路如 下图 所示，由节点电压方程和 VCR 方程，有

$$u(0_+)(1+1+0.5)=2i(0_+)+6+6$$
$$u(0_+)=2i(0_+)\quad 得\quad u(0_+)=8V$$



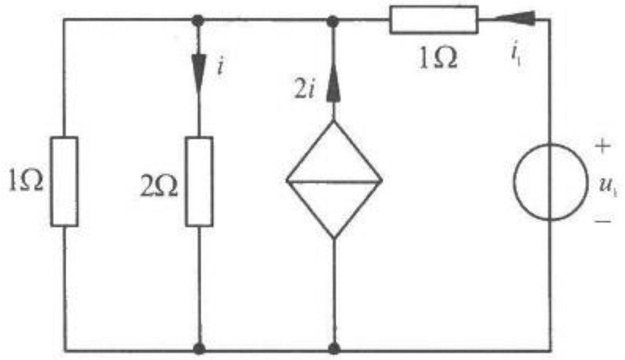
（2）计算终值

t＝∞时

$$i_C(\infty)=0\ ,\quad u(\infty)=2i(\infty)$$
$$u(\infty)=6-[i(\infty)-2i(\infty)]\ ,\quad u(\infty)=12V$$

（3）求时间常数

从电容两端看进去，当电压源短路时，等效电路如 下图 所示。



有受控源，则可在端口加电压 u_1（t），求出相应电流 i_1（t），得 $u_1=3i_1$。

则等效电阻为 3 Ω，且 $\tau = RC = 3\text{s}$ 。

（4）代入三要素法公式，求得全响应为

$$u(t)=u(\infty)+[u(0_+)-u(\infty)]\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}=12-4\mathrm{e}^{-\frac{t}{3}} \qquad t>0$$

零输入响应分量为

$$8\mathrm{e}^{-\frac{t}{3}}\,\text{V} \qquad t>0$$

零状态响应分量为

$$(12-12\mathrm{e}^{-\frac{t}{3}})\,\text{V} \qquad t>0$$

5．

解：换路前，由于电流源被短路，所以 $u_c(0_+)=u_c(0\_)=0$

换路后，可看成是一阶 RC 电路的零状态响应，则有：$u_C(t)=u_C(\infty)[1-\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}]$

其中，$u_c(\infty)$ 是电路处于稳定后的电容电压，所以 $u_c(\infty)$ =Ri_S

根据电源的等效转换，可得等效电阻 R_0=2R

时间常数：$\tau=R_0C=(R+R)C=2RC$

$$u_C(t)=Ri_S(1-\mathrm{e}^{-\frac{t}{2RC}})\ \text{V}$$

$$i_c(t)=C\frac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t}=C(-Ri_S\mathrm{e}^{-\frac{t}{2RC}})\left(-\frac{1}{2RC}\right)=\frac{1}{2}i_S\mathrm{e}^{-\frac{t}{2RC}}\,\text{A}$$

所以电流源两端的电压为：

$$u(t)=Ri_C(t)+u_C(t)=R\times\frac{1}{2}i_Se^{-\frac{t}{2RC}}+Ri_S(1-e^{-\frac{t}{2RC}})=Ri_S\left(1-\frac{1}{2}\mathrm{e}^{-\frac{t}{2RC}}\right)\ \text{V}$$

电流源发出的功率为：$p=i_Su(t)=Ri_S^2\left(1-\frac{1}{2}\mathrm{e}^{-\frac{t}{2RC}}\right)\text{W}$ 。

6．

解：此为一阶 RC 电路的零状态响应，所以

$$u_C(\infty) = \frac{20}{10+10} \times 10 = 10\ \text{V}$$

$$R_0 = [(10 \mathbin{//} 10) + 5] = 10\text{k}\Omega$$

时间常数：$\tau = R_0 C = 10 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} = \frac{1}{10}\text{s}$

当 t>0 时，$u_c(t) = u_c(\infty)(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = 10(1 - e^{-10t})V$

所以 $i_C(t) = C\frac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t} = 10 \times 10^{-6} \times 10 \times 10\mathrm{e}^{-10t} = 10^{-3}\mathrm{e}^{-10t} = \mathrm{e}^{-10t}\text{mA}$。

7．

解：当 t<0 时，电感被短路，$i_L(0^+) = i_L(0^-) = 0$，为一阶 RL 电路的零状态响应问题。当电路稳定时，电感相当于短路，运用叠加定理得：

$$i_L(\infty) = \frac{10}{2+3+5} + \frac{2 \times 2}{2+3+5} = 1.4\ \text{A}$$

从电感两端向电路看去的等效电阻：R_0=2+3+5=10Ω

所以时间常数为：$\tau = \frac{L}{R_0} = \frac{0.2}{10} = \frac{1}{50}\text{s}$，

电感电流为：$i_L(t) = i_L(\infty)(1 - \mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}) = 1.4(1 - \mathrm{e}^{-50t})\text{A}$ （t>0）

电感电压为：$u_L(t) = L\frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t} = 14\mathrm{e}^{-50t}\ \text{V}$

10V 电压源中的电流为：$i = i_L - 2 = (-0.6 - 1.4\mathrm{e}^{-50t})\text{A}$

电压源发出的功率为：$p = 10 \times i = (-6 - 14\mathrm{e}^{-50t})\text{W}$

8．

解：当 t<0 时，电路处于开路状态，$u_c(0_+) = u_c(0\_) = 0$，为一阶 RC 电路的零状态响应问题，所以

$u_c(\infty) = 2V$。

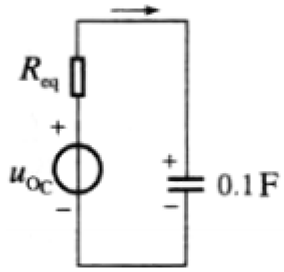
将电容 C 短路，则有$(4i_{sc} + i_{sc}) \times 1 + 2i_{sc} = 2$，所以短路电流为：$i_{sc} = \frac{2}{7}\text{A}$

等效电阻为： $R_0=\frac{u_{oc}}{i_{sc}}=\frac{u_C(\infty)}{i_{sc}}=\frac{2}{\frac{2}{7}}=7\Omega$

时间常数为： $\tau=R_0C=7\times3\times10^{-6}=21\times10^{-6}\text{s}$

所以当 t>0 时， $u_C(t)=u_C(\infty)(1-e^{-\frac{t}{\tau}})=2(1-e^{-\frac{10^6t}{21}})\ \text{V}$。

9．



解：根据题意，$u_c(0^+)=u_c(0^-)=0$

当 S 闭合后，戴维宁等效电路如 右图 所示。

可得： $u_{oc}=18\text{V}\quad R_{eq}=0.2\Omega$

$$u_C(0_+)=0$$
$$u_C(\infty)=18\text{V}$$
$$\tau=R_{eq}C=0.2\times0.1=0.02$$

所以 $u_C(t)=18+(0-18)e^{-\frac{t}{0.02}}=18-18e^{-50t}=18(1-e^{-50t})\text{V}$

$$i_C(t)=c\frac{du_C(t)}{dt}=0.1\times18\times(-1)\times(-50)e^{-50t}=90e^{-50t}\text{A}$$ 。

10．

解：根据题意，$i_c(0_+)=i_c(0\_)=0$

开关闭合后，从电感向左看电路的等效电阻为：R_{eq}=12//4+6=9Ω

由叠加定理得：$i_L(\infty)=3-\frac{12}{6//4+12}\times\frac{4}{6+4}=\frac{8}{3}\text{A}$

所以 $i_L(t)=\frac{8}{3}+\left(0-\frac{8}{3}\right)e^{-\frac{t}{\tau}}=\frac{8}{3}-\frac{8}{3}e^{-4.5t}=\frac{8}{3}(1-e^{-4.5t})\text{A}$

$$u_L(t)=L\frac{di_L(t)}{dt}=2\times\frac{8}{3}\times4.5e^{-4.5t}=24e^{-4.5t}\text{V}$$ 。

11．

解：（1）换路前，电路已达到平衡，$i_c(0\_)$=2A，根据换路定理 $i_c(0_+)=i_c(0\_)$=2A。

换路后，到电路达到稳定时，6Ω 电阻被短路，$i_L(\infty)$=2A，时间常数$\tau=\dfrac{L}{R_0}=\dfrac{4}{12//6}$=1s。

所以 $i_L(t)=2+(2-2)e^{-t}=2A$，即电感上的电流是一个常数，6Ω 电阻一直被短路，没有瞬态分量，电路始终处于稳定状态。

（2）由（1）可知，干路电流 $i=i_L$=2 A，所以直流电压源发出的功率 p=24×2=48 W。

12．

解：根据换路定理和电路特征得：$u_c(0_+)=u_c(0_-)=6V$

换路后，12V 的电压源仍然在工作，所以电路是全响应。

根据三要素法，$u_c(\infty)$=12V，$\tau=R_0C$=0. 04s，由公式得：

$$u_c(t)=u_c(\infty)+[u_c(0_+)-u_c(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}=12-6e^{-25t}$$

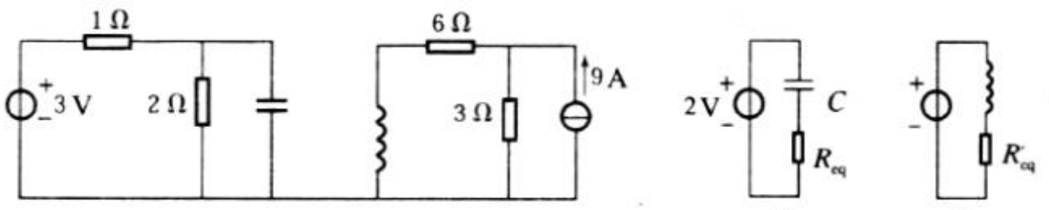
所以 $i_C(t)=C\dfrac{du_C(t)}{dt}=20\times10^{-6}\times25\times6e^{-25t}=3\times10^{-3}e^{-25t}A=3e^{-25t}mA$

当 t=2 ms 时，电容上的储能 W=$\dfrac{1}{2}Cu^2$=3. 96×10^{-4}J。

13．

解：换路前，电路处于稳定状态，由叠加定理得：$u_c(0_-)$=3V，$i_c(0_-)$=3A。

换路后，电路如 下图 （a）所示，即左、右分别为一阶 RC 和 RL 电路，戴维宁等效电路如 下图（b）（c）所示。



(a) (b) (c)

计算得$u_c(\infty)$=2V，$i_L(\infty)=3A$，则有：

$\tau_{RC}=R_{eq}$C= 1 //2×0. 5=$\dfrac{1}{3}$ s，$\tau_{RL}=\dfrac{L}{R_{eq}'}=\dfrac{1}{3+6}=\dfrac{1}{9}$ s

根据三要素法得

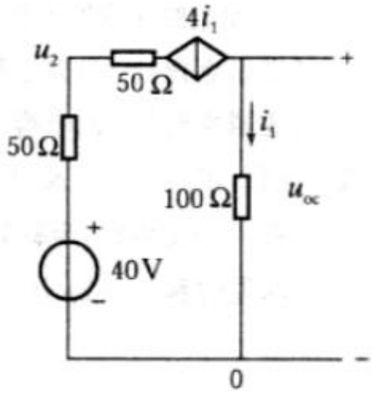
$$u_C(t)=2+(0-2)e^{-3t}=2(1-e^{-3t})V$$

$$i_L(t)=3+(6-2)e^{-9t}=3+3e^{-9t}A$$，

所以$u_L(t)=L\frac{di_C}{dt}=-27e^{-9t}\text{V}$

由图 7-31 可知$u(t)=u_C(t)-u_L(t)=2(1-e^{-3t})+27e^{-9t}\text{V}$

14．



解：当 t<0 时，电路处于稳定状态，$u_c(0_+)=u_c(0_-)=3\times2=6$ V。

当 t≥0 时，戴维宁等效电路如 右图 所示。

根据结点电压法，建立结点电压方程：

$$\begin{cases}\left(\frac{1}{50}+\frac{1}{100}\right)u_{oc}-\frac{1}{50}u_2=-4i_1\\\left(\frac{1}{50}+\frac{1}{50}\right)u_2-\frac{1}{50}u_{oc}=\frac{40}{50}+4i_1\end{cases}$$

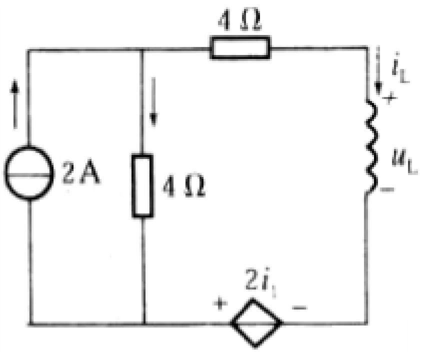
补充方程：$i_1=\frac{u_{oc}}{100}$

解得：$\begin{array}{l}u_{oc}=10\text{V}\\R_{eq}=25\Omega\end{array}$

即$u_c(\infty)$=10V，$\tau_{RC}=R_{eq}C$=25×0.2=5s

所以$u_c(t)=u_c(\infty)+[u_c(0_+)-u_c(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}=10-4e^{-0.2t}$。

15．



解：当 t<0 时，电路处于稳定状态$i_c(0_+)=i_c(0_-)=-4\text{A}$

当 t≥0 时，戴维宁等效电路如 右图 所示。

u_{oc}=12V，R_{eq}=10Ω，$i_L(\infty)=1.2\text{A}$

$\tau=\frac{L}{R_{eq}}=0.01\text{s}$

$i_L=[1.2+(-4-1.2)e^{-\frac{1}{0.01}t}]\text{A}\quad=(1.2-5.2e^{-100t})\text{A}$

$u_L=L\frac{di_L}{dt}=52e^{-100t}\text{V}$