

第04章

电路的暂态分析

Ch4 思考题/课外作业(40h课程):

01. 图1中, 已知 $R = 2\Omega$, 电压表的内阻为 $2.5k\Omega$, 电压电源 $U = 4V$. 试求开关 S 断开瞬间电压表两端电压, 分析其后果, 并考虑采取何种措施来防止此种后果发生. 假设换路前电路处于稳态.

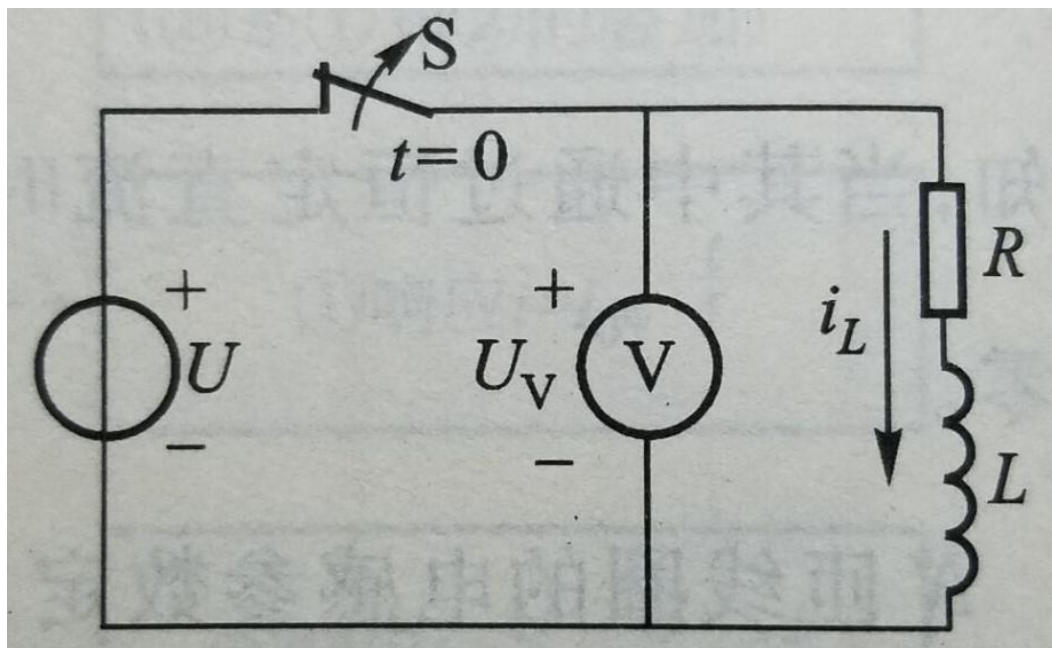


图1

02. 试证明电容C通过电阻R放电,当电容电压降到初始值的一半时所需时间约为 0.7τ .

03. 一个线圈的电感 $L=0.1H$, 通有直流 $I=5A$, 现将此线短路, 经过 $t=0.01s$ 后, 线圈中电流减小到初始值的36.8%. 试求线圈的电阻 R .

04. 在图2中, $U = 20V$, $R_1 = 12k\Omega$, $R_2 = 6k\Omega$, $C_1 = 10\mu F$, $C_2 = 20\mu F$. 电容元件原先均未储能. 当开关闭合后, 试求两串联电容元件两端的电压 u_C .

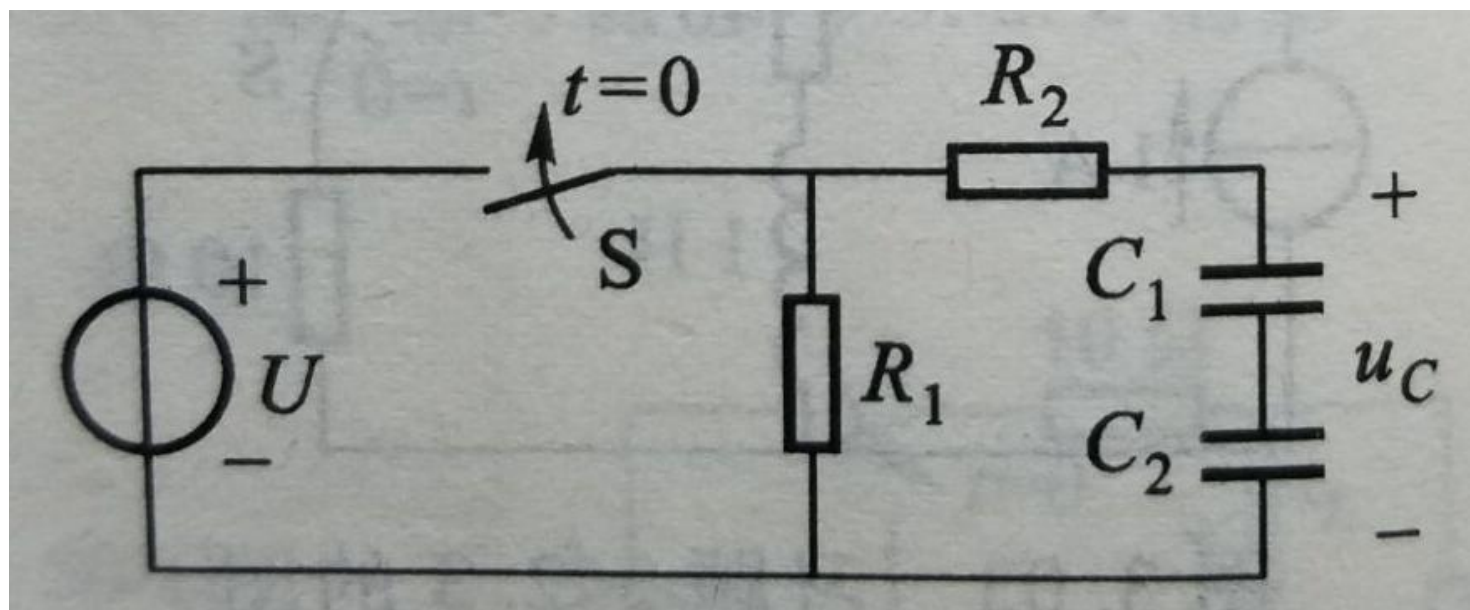


图2

05. 图3中, $U = 15V$, $R_1 = R_2 = R_3 = 30\Omega$, $L = 2H$. 换路前电路已处于稳态, 试求当开关S从位置1合到位置2后 ($t \geq 0$) 的电流 i_L, i_2, i_3 .

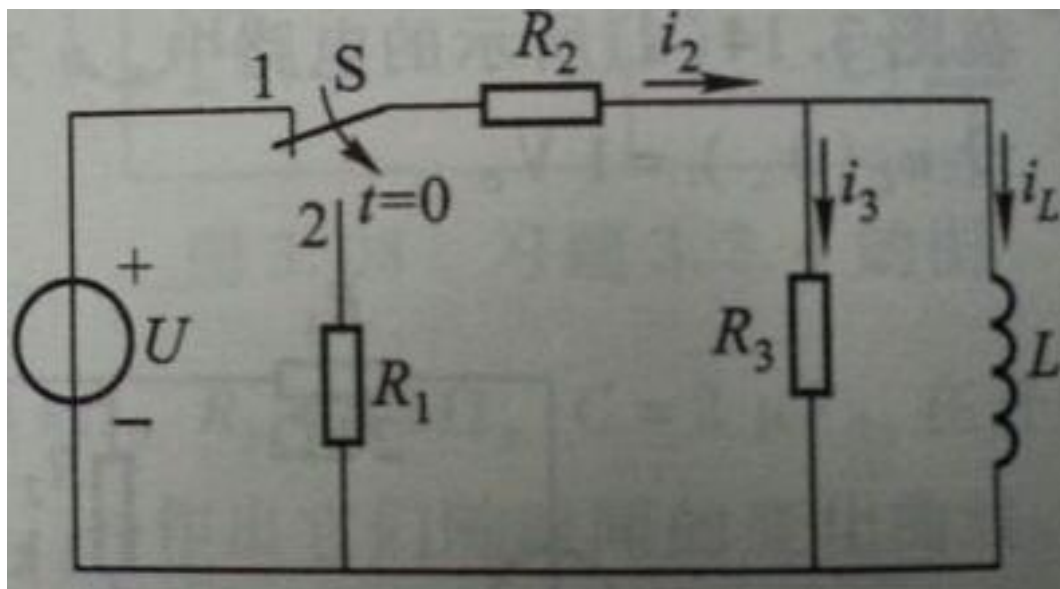


图3

第04章

电路的暂态分析

课外作业参考解答

Ch4 思考题/课外作业(40h课程):

01. 图1中, 已知 $R = 2\Omega$, 电压表的内阻为 $2.5k\Omega$, 电压电源 $U = 4V$. 试求开关 S 断开瞬间电压表两端电压, 分析其后果, 并考虑采取何种措施来防止此种后果发生. 假设换路前电路处于稳态.

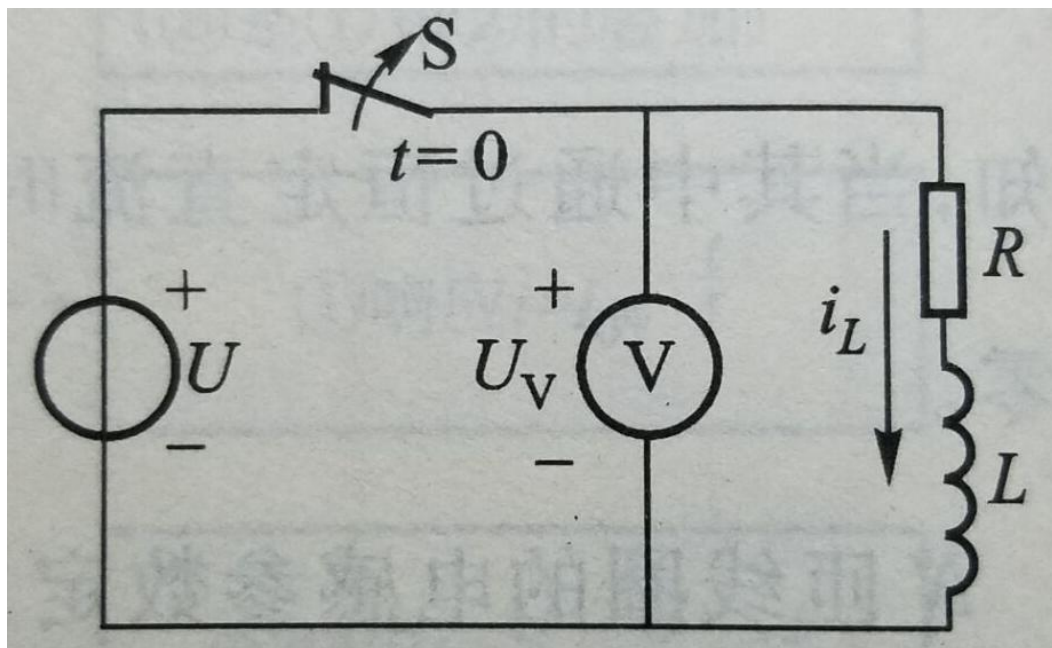


图1

01. 解: 换路前电路处于稳态, 有

$$i_L(0_-) = \frac{U}{R} = 4/2A = 2A$$

由换路定律 $i_L(0_+) = i_L(0_-) = 2A$

故电压表端电压

$$U_V(0_+) = -i_L(0_+)R_V = -2 \times 2500V = -5000V$$

如此高的电压会损坏电压表. 为避免此结果, 可在电压表两端并联一支二极管, 当开关S闭合进行电压测量时, 二极管承受反向电压从而不导通, 电源U仅向RL供电; 当开关S断开时, L线圈产生自感电动势(方向与 i_L 相同)以维持换路前流过其中的电流, 此时二极管因承受正向电压而导通, 为 i_L 提供续流通路. 电压表上电压被二极管箝位在正向导通电压0.6-0.7V, 电压表不会被损坏.

02. 试证明电容C通过电阻R放电,当电容电压降到初始值的一半时所需时间约为 0.7τ .

02. 证: 设电容C通过电阻R放电的初始电压为 U_0 ,

$$\text{有 } U_C = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\text{当 } U_C = U_0 / 2 \text{ 时, } t = t_1, \text{ 即 } U_0 / 2 = U_0 e^{-\frac{t_1}{\tau}}$$

$$\Rightarrow e^{-\frac{t_1}{\tau}} = 0.5, t_1 = -\tau \ln 0.5 = 0.693\tau \approx 0.7\tau$$

03. 一个线圈的电感 $L=0.1H$, 通有直流 $I=5A$, 现将此线短路, 经过 $t=0.01s$ 后, 线圈中电流减小到初始值的36.8%. 试求线圈的电阻 R .

03. 解:

此线圈中的电流变化关系为 RL 电路的零输入响应, 即

$$i_L(t) = i_L(0_+)e^{-\frac{t}{\tau}} (t \geq 0), \text{ 其中 } i_L(0_+) = I = 5A$$

当 $t=0.01s$ 时, $i_L(0.01) = 36.8\% i_L(0_+)$, 则有

$$36.8\% i_L(0_+) = i_L(0_+)e^{-\frac{0.01}{\tau}}$$

$$\text{即 } 36.8\% = e^{-\frac{0.01}{\tau}}, \tau = 0.01s$$

$$L/R = 0.01s, L = 0.1H, 0.1/R = 0.01s, R = 10\Omega$$

04. 解: C_1 与 C_2 串联后的等效电容为

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 6.67 \mu F$$

(1) 确定初始值 $u_C(0_+)$

电容原先未储能, $u_C(0_+) = u_C(0_-) = 0$

(2) 确定稳态值 $u_C(\infty) = U = 20V$

(3) 计算时间常数 τ

$$\tau = R_2 C = (6 \times 10^3 \times \frac{20}{3} \times 10^{-6}) s = 0.04 s$$

(4) 采用三要素法计算 u_C

$$\begin{aligned} u_C &= u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)] e^{-\frac{t}{\tau}} \\ &= 20(1 - e^{-25t}) V \end{aligned}$$

05. 图3中, $U = 15V$, $R_1 = R_2 = R_3 = 30\Omega$, $L = 2H$. 换路前电路已处于稳态, 试求当开关S从位置1合到位置2后 ($t \geq 0$) 的电流 i_L, i_2, i_3 .

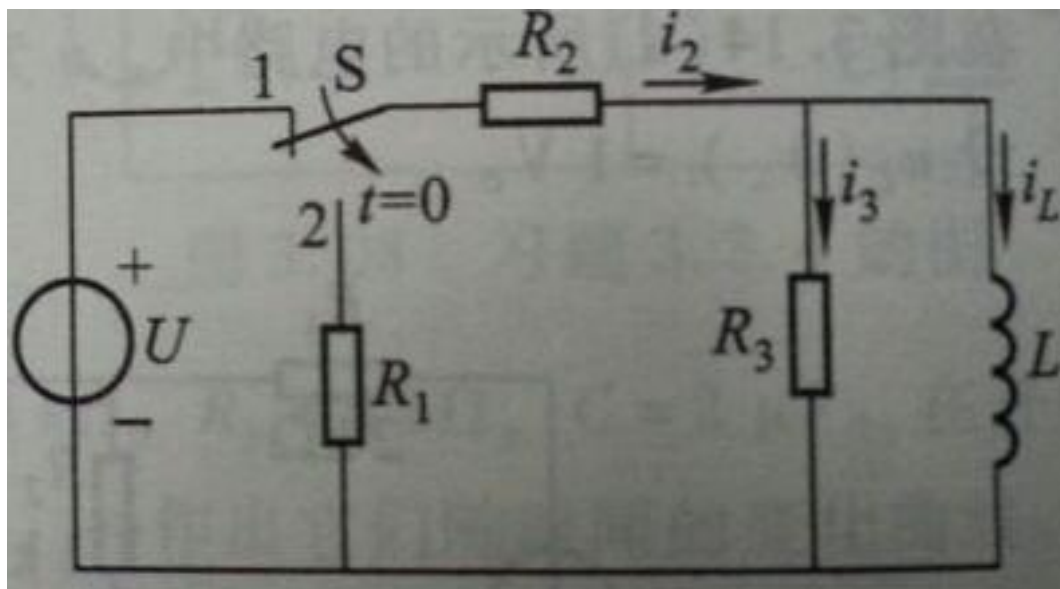


图3

05. 解: 根据换路定律, 有

$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = \frac{U}{R_2} = 15 \div 30 \text{ A} = 0.5 \text{ A}$$

$$\text{又 } i_L(\infty) = 0$$

$$\tau = \frac{L}{(R_1 + R_2) // R_3} = \frac{2}{\frac{(30 + 30) \times 30}{30 + 30 + 30}} = 2 \div 20 \text{ s} = 0.1 \text{ s}$$

采用三要素法求 $i_L(t)$, $t \geq 0$ 时, 有:

$$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0_+) - i_L(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = 0.5e^{-10t} \text{ A}$$

另外两个电量 $i_2(t)$, $i_3(t)$ 计算如下:

$$u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = 2 \times 0.5 \times (-10)e^{-10t} \text{ V} = -10e^{-10t} \text{ V}$$

$$i_2(t) = -\frac{u_L(t)}{R_1 + R_2} = -\frac{-10e^{-10t}}{30 + 30} \text{ A} = \frac{1}{6}e^{-10t}$$

$$i_3(t) = \frac{u_L(t)}{R_3} = \frac{-10e^{-10t}}{30} \text{ A} = -\frac{1}{3}e^{-10t} \text{ A}$$