

电流源发出的功率为

$$P = UI_S = 11.2 \times 5 = 56\text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

四、本题满分为 7 分

【解】 对于结点①，由 KCL 得

$$i_1 + i_2 = i_3$$

即

$$\frac{u_{12} - u_+}{R_2} + \frac{u_{13} - u_+}{R_3} = \frac{u_+}{R_4}$$

解得

$$u_+ = \frac{5}{12}(u_{12} + u_{13}) \quad (2 \text{ 分})$$

$$u_- = \frac{R_1}{R_1 + R_f}(u_O - u_{11}) + u_{11} = \frac{5u_{11} + u_O}{6} \quad (2 \text{ 分})$$

令 $u_+ = u_-$ 得

$$\frac{5}{12}(u_{12} + u_{13}) = \frac{5u_{11} + u_O}{6} \quad (2 \text{ 分})$$

即

$$u_O = \frac{5}{2}(u_{12} + u_{13}) - 5u_{11} \quad (1 \text{ 分})$$

五、本题满分为 11 分

【解】 ① 先求 i_L 的初始值

根据换路定律，由换路前的电路可得换路后 i_L 的初始值

$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot \frac{U_{S1}}{R_1 + R_2 // R_3} = 1\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

求 i_L 在换路后的稳态值

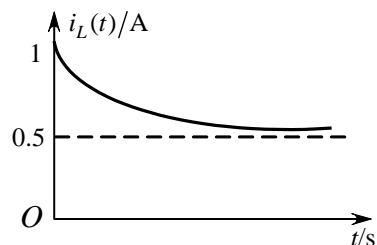
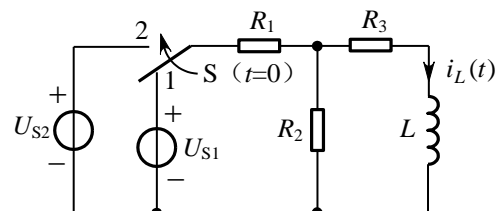
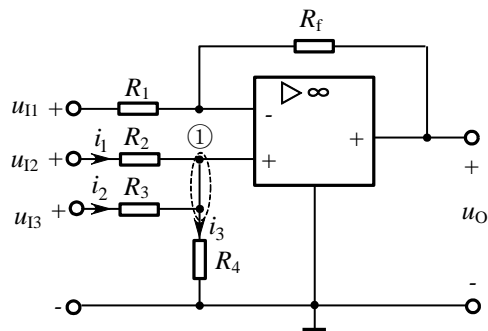
$$i_L(\infty) = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot \frac{U_{S2}}{R_1 + R_2 // R_3} = 0.5\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

电路的时间常数

$$\tau = \frac{L}{R_3 + R_1 // R_2} = \frac{1}{8} = 0.125\text{s} \quad (2 \text{ 分})$$

根据三要素公式，得

$$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0_-) - i_L(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = (0.5 + 0.5e^{-8t})\text{A}$$



即

$$i_L(t) = 0.5(1 + e^{-8t}) \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

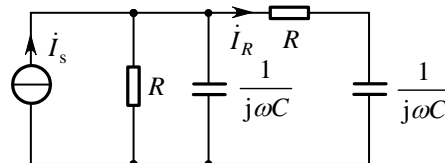
② $i_L(t)$ 的变化曲线如图所示 (3 分)

六、本题满分为 12 分

【解】

由并联分流公式可得

$$i_R = \frac{\frac{1}{R + \frac{1}{j\omega C}}}{\frac{1}{R} + j\omega C + \frac{1}{R + \frac{1}{j\omega C}}} i_s = \frac{1}{3 + j(\omega CR - \frac{1}{\omega CR})} i_s \quad (3 \text{ 分})$$



由上式可得, 当 $\omega CR = \frac{1}{\omega CR}$ 时, RC 串联支路电流最大, 该支路获得的功率将最大, 此时电流源角频率

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{1 \times 10^3 \times 10^{-6}} = 1000 \text{ rad/s} \quad (3 \text{ 分})$$

电流的最大值为

$$I_{R \max} = \frac{1}{3} I_s = 2 \text{ A} \quad (3 \text{ 分})$$

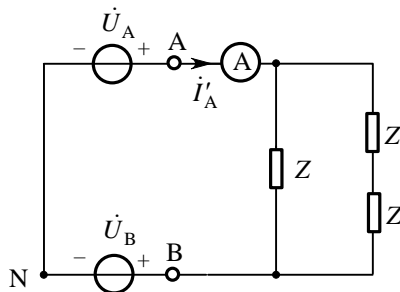
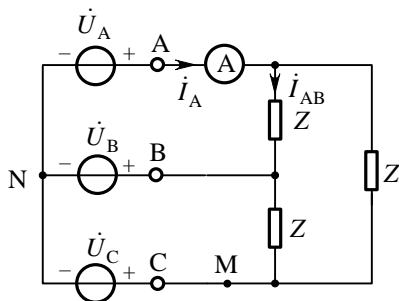
功率的最大值

$$P_{\max} = I_{R \max}^2 R = \left(\frac{1}{3} I_s\right)^2 R = 4 \times 1000 = 4 \text{ kW} \quad (3 \text{ 分})$$

七、本题满分为 10 分

【解】 ① $\dot{U}_{AB} = \sqrt{3} \dot{U}_A \angle 30^\circ \text{ V} = 380 \angle 30^\circ \text{ V}$

于是, 有 $i_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z} = \frac{380 \angle 30^\circ}{100 \angle 53^\circ} \text{ A} = 3.8 \angle -23^\circ \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$



$$I_A = \sqrt{3} I_{AB} \approx 6.58 \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

故电流表的读数为 6.58A。

三相负载消耗的总有功功率为

$$P = \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 6.58 \times 0.6 \approx 2599\text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

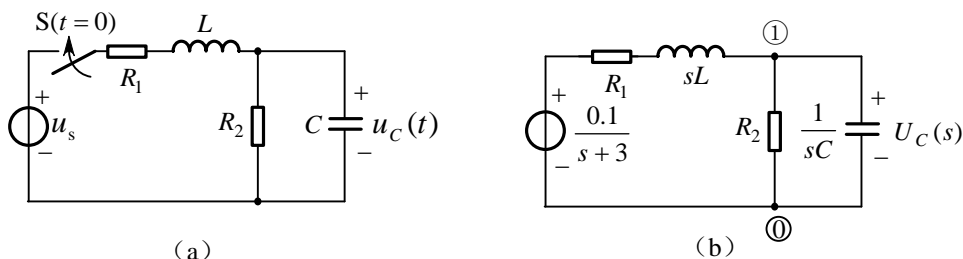
②若将 C 端线断开，则三相电路将变为单相电路，如图所示。

$$I'_A = \frac{3}{2} I_{A'B'} = 1.5 \times 3.8 = 5.7\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$P' = U_{AB} I'_A \cos \varphi = 380 \times 5.7 \times 0.6 \approx 1299.6\text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

八、本题满分为 12 分

【解】换路后的运算电路如图 (b) 所示 (2 分)。



结点①结点电压方程为

$$\left(\frac{1}{R_1 + sL} + sC + \frac{1}{R_2} \right) U_{n1}(s) = \frac{1}{R_1 + sL} \cdot \frac{0.1}{s+3} \quad (2 \text{ 分})$$

代入数据并整理得

$$U_{n1}(s) = \frac{2}{(s+3)(s+5)(s+6)} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{s+3} - \frac{1}{s+5} + \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{s+6} \quad (6 \text{ 分})$$

$$u_c(t) = u_{n1}(t) = \left(\frac{1}{3} e^{-3t} - e^{-5t} + \frac{2}{3} e^{-6t} \right) \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

齐鲁工业大学 10/11 学年第二学期《电路原理》期末考试试卷 (B 卷)

参考答案及评分标准

一、填空题 (每空 1 分, 共 20 分)

1. -10 电源

2. 开路 短路

3. 3 12

4. $100\sqrt{2} \cos(314t - 45^\circ)\text{V}$ $100\angle -45^\circ\text{V}$

5. $(25 + j15)$ 100
6. 10000 1000 1.59 1
7. $\frac{3}{s} + \frac{1}{s+5}$ $3\delta(t) + e^{-5t}$
8. 7 -4 -4 7

二、单项选择题（每小题 3 分，共 15 分）

1. B 2. A 3. B 4. B 5. D

三、本题满分为 12 分

【解】对于结点 a，由 KCL 得

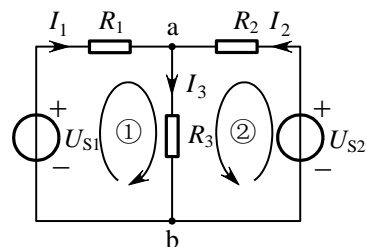
$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1) \quad (3 \text{ 分})$$

对于回路①，由 KVL 得

$$U_{S1} = R_1 I_1 + R_3 I_3 \quad (2) \quad (3 \text{ 分})$$

对于回路②，由 KVL 得

$$U_{S2} = R_2 I_2 + R_3 I_3 \quad (3) \quad (3 \text{ 分})$$



将数据代入方程 (1)、(2) 和 (3) 得

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 140 = 20I_1 + 6I_3 \\ 90 = 5I_2 + 6I_3 \end{cases}$$

解之得

$$I_1 = 4\text{A}, \quad I_2 = 6\text{A}, \quad I_3 = 10\text{A} \quad (3 \text{ 分})$$

四、本题满分为 10 分

【解】 $i_1 = \frac{u_1 - u_-}{R_1}, \quad i_2 = \frac{u_2 - u_-}{R_2}$

$$i_3 = \frac{u_3 - u_-}{R_3}, \quad i_f = \frac{u_- - u_O}{R_f}$$

由“虚断”规则可知

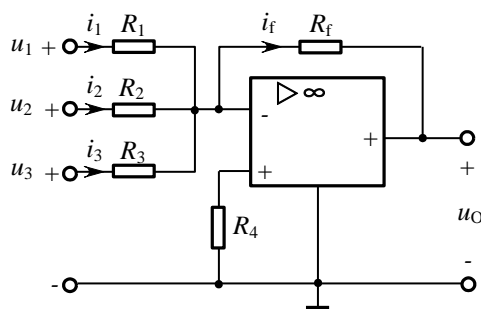
$$u_+ = 0 \quad (3 \text{ 分})$$

根据“虚短”规则可知 $u_- = u_+ \quad (3 \text{ 分})$

根据“虚断”规则和 KCL 得

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_f \Rightarrow \frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} + \frac{u_3}{R_3} = \frac{-u_O}{R_f} \quad (3 \text{ 分})$$

将上式整理得
$$u_O = -\frac{R_f}{R_2} u_1 - \frac{R_f}{R_1} u_2 - \frac{R_f}{R_3} u_3 = -\frac{1}{2}(u_1 + u_2 + u_3) \quad (1 \text{ 分})$$



五、本题满分为 10 分

【解】① 先求 u_C 的初始值

根据换路定律，由换路前的电路可得换路后 u_C 的初始值

$$u_C(0_+) = U_s = 4 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

求 u_C 在换路后的稳态值

$$u_C(\infty) = \frac{R_3}{R_1 + R_3} U_s = 2 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

电路的时间常数

$$\tau = (R_2 + R_1 // R_3)C = 2 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-3} \text{ s} \quad (2 \text{ 分})$$

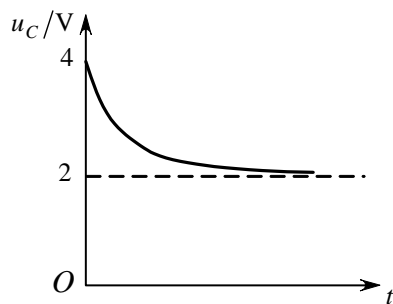
根据三要素公式，得

$$\begin{aligned} u_C &= u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} \\ &= 2 + (4 - 2)e^{-500t} \end{aligned}$$

即

$$u_C = 2 + 2e^{-500t} \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

② u_C 的变化曲线如图所示 (2 分)



六、本题满分为 13 分

【解】

① 由图知 $\dot{I} = \dot{I}_s = 2 \angle 0^\circ \text{ A}$

故电阻和电感的电压相量分别为

$$\dot{U}_R = R\dot{I} = 3 \times 2 \angle 0^\circ = 6 \angle 0^\circ \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{U}_L = j\omega L\dot{I} = j2 \times 2 \times 2 \angle 0^\circ \text{ V} = 8 \angle 90^\circ \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

根据 KVL 的相量形式可得

$$\dot{U}_s = \dot{U}_R + \dot{U}_L = (6 + j8) \text{ V} = 10 \angle 53^\circ \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

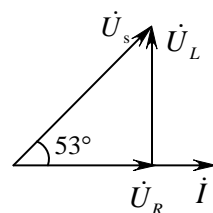
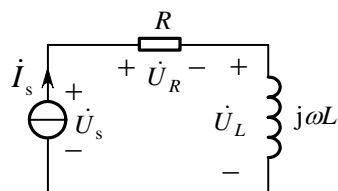
② 电路所消耗的总功率为

$$P = RI^2 = 3 \times 4 = 12 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

阻抗角

$$\varphi = \arctan \frac{\omega L}{R} = \arctan \frac{4}{3} = 53^\circ$$

故电路的功率因数为



$$\cos \varphi = \cos 53^\circ = 0.6 \quad (2 \text{ 分})$$

③电流和各电压的相量图如图所示 (3 分)。

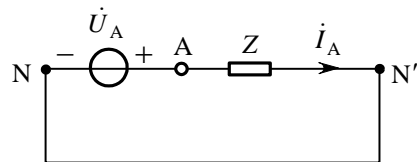
七、本题满分为 10 分

【解】本题可采用三相电路归结为一相 (选 A 相) 的计算方法。计算电路如图所示。

$$\dot{U}_A = 220 \angle 0^\circ \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

于是, 有

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z} = \frac{220 \angle 0^\circ}{40 + j30} \text{A} = 4.4 \angle -37^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$



根据对称性, 可得

$$\dot{I}_B = 4.4 \angle -157^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分}), \quad \dot{I}_C = 4.4 \angle 83^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$P = 3RI^2 = 3 \times 40 \times 4.4^2 = 2323.2 \text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

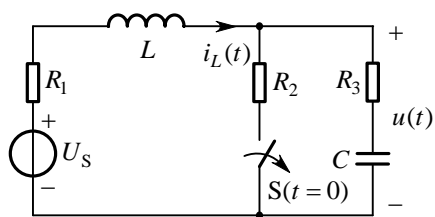
八、本题满分为 10 分

【解】根据换路前的等效电路可以求出电感电流

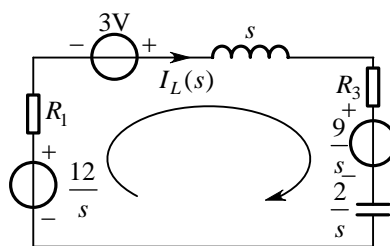
$$i_L(0_-) = \frac{U_s}{R_1 + R_2} = \frac{12}{4} = 3 \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

电容端电压

$$u_C(0_-) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_s = 9 \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$



(a)



(b)

换路后的运算电路如图 (b) 所示 (2 分)。根据 KVL 可得

$$(R_1 + R_3 + s + \frac{2}{s}) I_L(s) = \frac{12}{s} + 3 - \frac{9}{s}$$

整理, 并化简得

$$I_L(s) = \frac{3}{s+2} \quad (2 \text{ 分})$$

于是得

$$i_L(t) = 3e^{-2t} \varepsilon(t) \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

齐鲁工业大学 11/12 学年第二学期《电路原理》期末考试试卷 (A 卷)

参考答案及评分标准

一、填空题（每空 2 分，共 20 分）

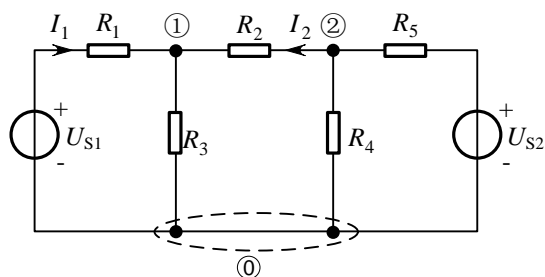
1. 短路 开路
2. 6 16
3. 1 4
4. 1000 100
5. 100 $-100\sqrt{3}$ 200 0.5
6. 110 929.3
7. $10+5\sqrt{2}\cos(3\omega t+30^\circ)$
8. 电压变换 电流变换 阻抗变换
9. 端
10. $\frac{2}{s+3}+4+\frac{5}{s}$

二、单项选择题（每小题 3 分，共 15 分）

1. B 2. C 3. A 4. A 5. D

三、本题满分为 11 分

【解】用结点电压法解。



结点①的结点电压方程为

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)u_{n1} - \frac{1}{R_2}u_{n2} = \frac{U_{S1}}{R_1} \quad (3 \text{ 分})$$

结点②的结点电压方程为

$$-\frac{1}{R_2}u_{n1} + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}\right)u_{n2} = \frac{U_{S2}}{R_5} \quad (3 \text{ 分})$$

解得

$$u_{n1} = +10\text{V} \quad (1 \text{ 分}), \quad u_{n2} = +20\text{V} \quad (1 \text{ 分})$$

故有

$$I_2 = \frac{u_{n2} - u_{n1}}{R_2} = \frac{20 - 10}{10} \text{A} = 1\text{A} \quad (3 \text{ 分})$$

四、本题满分为 10 分

【解】 根据“虚断”规则可知

$$u_- = \frac{R_1}{R_1 + R_2}(u_O - u_1) + u_1 \quad (3 \text{ 分})$$

$$u_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2}u_2 \quad (3 \text{ 分})$$

根据虚短规则令 $u_- = u_+$

即

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2}(u_O - u_1) + u_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}u_2 \quad (3 \text{ 分})$$

所以

$$u_O = \frac{R_2}{R_1}(u_2 - u_1) \quad (1 \text{ 分})$$

五、本题满分为 10 分

【解】(1) 确定 u_C 的初始值

$$u_C(0_+) = \frac{U_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times (2 \times 10^3)}{(1+2) \times 10^3} = 2\text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

确定 u_C 的稳态值

$$u_C(\infty) = \frac{U_2 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 \times (2 \times 10^3)}{(1+2) \times 10^3} = \frac{10}{3}\text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

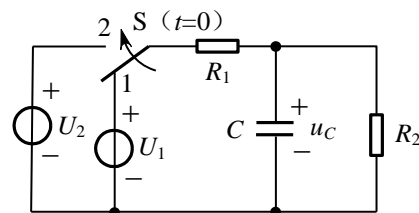
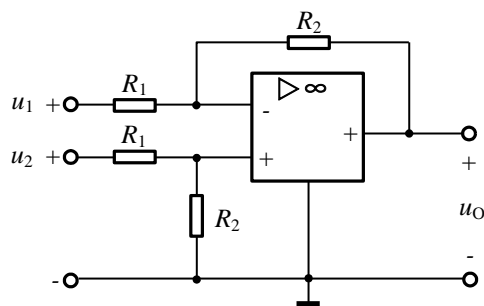
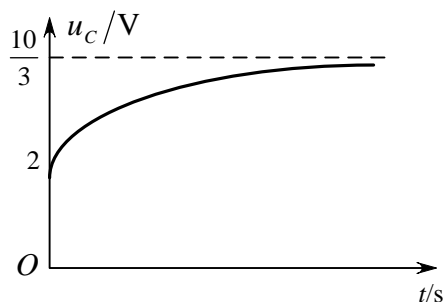
确定电路的时间常数

$$\tau = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C = \frac{1 \times 2}{1+2} \times 10^3 \times 3 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-3}\text{s} \quad (2 \text{ 分})$$

于是, 根据三要素公式得

$$u_C = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{10}{3} - \frac{4}{3}e^{-500t}\text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) u_C 的变化曲线如图所示 (2 分)。



六、本题满分为 12 分

【解】(1) 电感的阻抗为

$$Z_L = j\omega L = j(314 \times 127 \times 10^{-3}) = j40\Omega$$

电容的阻抗为

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j(314 \times 40 \times 10^{-6})} = -j80\Omega$$

电路的等效总阻抗为

$$Z = R + Z_L + Z_C = 30 - j40 = 100 \angle -53^\circ \Omega$$

电阻端电压相量为

$$\dot{U}_R = R\dot{I} = 30 \times 5 \angle 0^\circ = 150 \angle 0^\circ \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

电感端电压相量为

$$\dot{U}_L = j\omega L\dot{I} = j40 \times 5 \angle 0^\circ = 200 \angle 90^\circ \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

电容端电压相量为

$$\dot{U}_C = \frac{1}{j\omega C}\dot{I} = -j80 \times 5 \angle 0^\circ = 400 \angle -90^\circ \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

电流源端电压相量为

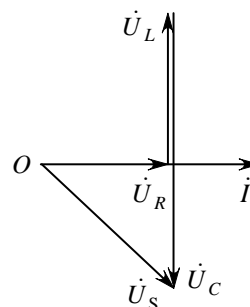
$$\dot{U}_s = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C = 250 \angle -53^\circ \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

或 $\dot{U}_s = \dot{I}_s Z = 5 \times 50 \angle -53^\circ \text{V}$

(2) 电路的功率因数为

$$\lambda = \cos(-53^\circ) = 0.6 \quad (2 \text{ 分})$$

(3) 电流与各电压的相量图如图所示。(2 分)



七、本题满分为 10 分

【解】本题可采用三相电路归结为一相（选 A 相）的计算方法。计算电路如图所示。

$$\dot{U}_A = 220 \angle 0^\circ \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

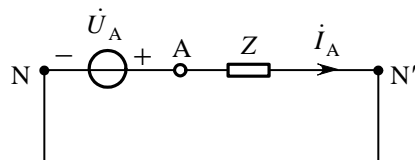
于是，有

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z} = \frac{220 \angle 0^\circ}{80 + j60} \text{A} = 2.2 \angle -37^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

根据对称性有

$$\dot{I}_B = 2.2 \angle -157^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{I}_C = 2.2 \angle 83^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$



三相负载吸收的平均功率

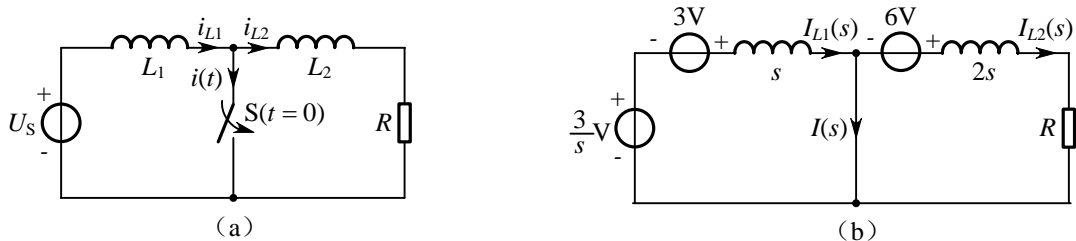
$$P = 3RI^2 = 3 \times 80 \times 2.2^2 = 1161.6\text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

八、本题满分为 12 分

【解】(1) 根据换路前的电路可得

$$i_{L1}(0_-) = i_{L2}(0_-) = \frac{U_s}{R} = 3\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 换路后的运算电路如图 (b) 所示 (2 分)。



(3) 根据图 (b) 所示运算电路, 有

$$I_{L1}(s) = \frac{\frac{3}{s} + 3}{s} = \frac{3}{s^2} + \frac{3}{s} \quad (2 \text{ 分})$$

$$I_{L2}(s) = \frac{3}{s + 0.5} \quad (2 \text{ 分})$$

根据 KCL 得

$$I(s) = I_{L1}(s) - I_{L2}(s) = \frac{3}{s^2} + \frac{3}{s} - \frac{3}{s + 0.5} \quad (2 \text{ 分})$$

上式电流的时域形式为

$$i(t) = 3(-e^{-0.5t} + t + 1)\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

齐鲁工业大学 11/12 学年第二学期《电路原理》期末考试试卷 (B 卷)

参考答案及评分标准

一、填空题 (每空 2 分, 共 20 分)

1. 短路 开路

2. 2 1

3. $\frac{R}{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}}$ $-\arctan(\omega CR)$

4. $-4e^{-t}$

5. 200

6. $20 + 10\sqrt{2} \cos(3\omega t + 30^\circ)$

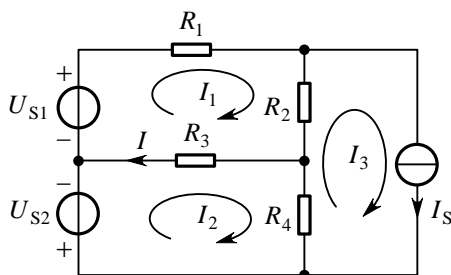
7. $\frac{3s^2 + 2s + 1}{s^2}$

二、单项选择题（每小题 3 分，共 15 分）

1. A 2. A 3. C 4. C 5. D

三、本题满分为 13 分

【解】用回路电流法解。



各回路电流方程分别为

$$\begin{cases} (R_1 + R_2 + R_3)I_1 - R_3I_2 - R_2I_3 = U_{S1} & (3 \text{ 分}) \\ -R_3I_1 + (R_3 + R_4)I_2 - R_4I_3 = -U_{S2} & (3 \text{ 分}) \\ I_3 = I_S & (3 \text{ 分}) \end{cases}$$

代入数据得

$$\begin{cases} 40I_1 - 30I_2 - 5I_3 = 30 \\ -30I_1 + 50I_2 - 20I_3 = -5 \\ I_3 = 1\text{A} \end{cases}$$

解得

$$I_1 = 2\text{A}, \quad I_2 = 1.5\text{A}$$

由图知

$$I = I_1 - I_2 = 0.5\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

电压源 U_{S2} 吸收的功率为

$$P = U_{S2}I_2 = 5 \times 1.5 = 7.5\text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

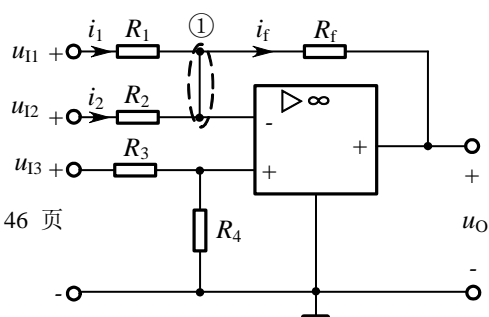
四、本题满分为 7 分

【解】对于结点①，由 KCL 得

$$i_1 + i_2 = i_f$$

即

$$\frac{u_{i1} - u_-}{R_1} + \frac{u_{i2} - u_-}{R_2} = \frac{u_- - u_O}{R_f}$$



解得

$$u_- = \frac{5(u_{11} + u_{12}) + u_O}{11} \quad (2 \text{ 分})$$

$$u_+ = \frac{R_4 u_{13}}{R_3 + R_4} = \frac{10}{11} u_{13} \quad (2 \text{ 分})$$

令 $u_+ = u_-$ 得
$$\frac{5(u_{11} + u_{12}) + u_O}{11} = \frac{10}{11} u_{13} \quad (2 \text{ 分})$$

即
$$u_O = 10u_{13} - 5(u_{11} + u_{12}) \quad (1 \text{ 分})$$

五、本题满分为 10 分

【解】① 先求 u_C 的初始值

根据换路定律，由换路前的电路可得换路后 u_C 的初始值

$$u_C(0_+) = \frac{U_{S1} - U_{S2}}{R_1 + R_2} R_2 + U_{S2} = 15 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

求 u_C 在换路后的稳态值

$$u_C(\infty) = U_{S2} = 10 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

电路的时间常数

$$\tau = (R_2 + R_3)C = (5 + 20) \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} = 250 \text{ ms} \quad (2 \text{ 分})$$

根据三要素公式，得

$$u_C = u_C(\infty) + [u_C(0) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = (10 + 5e^{-4t}) \text{ V}$$

即

$$u_C = 10 + 5e^{-4t} \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

② u_C 的变化曲线如图所示 (2 分)

六、本题满分为 13 分

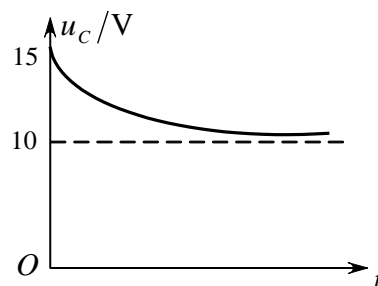
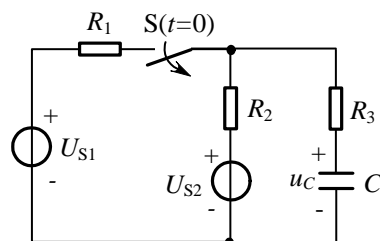
【解】① 由 $P = UI \cos \varphi$ 得

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{UI_1} = \frac{8800}{220 \times 80} = 0.5 \quad \varphi_1 = \arccos 0.5 = 60^\circ$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_1}{UI_1} = \frac{4400}{220 \times 40} = 0.5 \quad \varphi_2 = \arccos 0.5 = -60^\circ$$

选电压为参考相量，即设 $\dot{U} = 220 \angle 0^\circ \text{ V}$ ，则电流相量分别为

$$\dot{I}_1 = 80 \angle -60^\circ \text{ A} \quad (2 \text{ 分}) \quad \dot{I}_2 = 40 \angle 60^\circ \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$



根据 KCL 得

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 40\sqrt{3}\angle -30^\circ \text{A} \approx 69.28\angle -30^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

故有电流表的读数为 69.28A

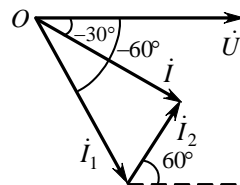
功率表的读数

$$P = P_1 + P_2 = 8.8 + 4.4 = 13.2 \text{kW} \quad (2 \text{ 分})$$

② 电路的功率因数

$$\lambda = \cos \varphi = \cos 30^\circ = 0.866 \quad (2 \text{ 分})$$

③ 如图所示 (3 分) .



七、本题满分为 10 分

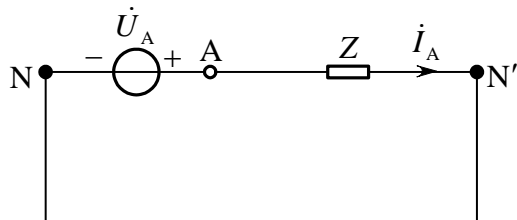
【解】本题可采用三相电路归结为一相 (选 A 相) 的计算方法。计算电路如图所示。

$$\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ \text{V} \quad (1 \text{ 分})$$

由题意知, 每相负载的阻抗

$$Z = 50\angle \arccos 0.8 = 50\angle 37^\circ \Omega \quad (1 \text{ 分})$$

于是, 有



$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z} = \frac{220\angle 0^\circ}{50\angle 37^\circ} \text{A} = 4.4\angle -37^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

根据对称性, 可得

$$\dot{I}_B = 4.4\angle -157^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分}), \quad \dot{I}_C = 4.4\angle 83^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$P = 3RI^2 = 3 \times 40 \times 4.4^2 = 2323.2 \text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

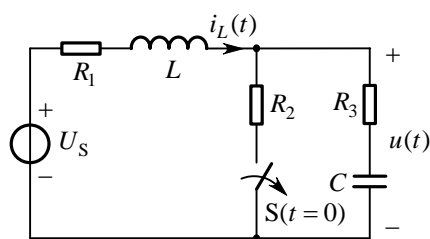
八、本题满分为 12 分

【解】根据换路前的等效电路可以求出电感电流

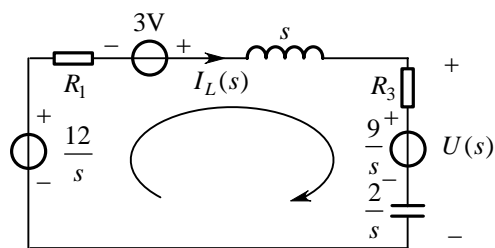
$$i_L(0_-) = \frac{U_s}{R_1 + R_2} = \frac{12}{4} = 3 \text{A} \quad (1 \text{ 分})$$

电容端电压

$$u_C(0_-) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_s = 9 \text{V} \quad (1 \text{ 分})$$



(a)



(b)

换路后的运算电路如图 (b) 所示 (2 分)。根据 KVL 可得

$$(R_1 + R_3 + s + \frac{2}{s})I_L(s) = \frac{12}{s} + 3 - \frac{9}{s}$$

整理, 并化简得

$$I_L(s) = \frac{3}{s+2} \quad (2 \text{ 分})$$

于是得

$$i_L(t) = 3e^{-2t}\varepsilon(t)\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$U(s) = \frac{15s+24}{s^2+2s} = \frac{12}{s} + \frac{3}{s+2} \quad (2 \text{ 分})$$

于是得

$$u(t) = (12 + 3e^{-2t})\varepsilon(t)\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

齐鲁工业大学 12/13 学年第二学期《电路原理》期末考试试题 (A)

参考答案及评分标准

一、填空题 (每空 1 分, 共 18 分)

1. 2Ω , 18W ; 2. 短路, 开路; 3. $b-n+1$, $n-1$; 4. $-2e^{-5t}\text{A}$, $3(1-e^{-5t})\text{A}$;

5. 3A , 18W ; 6. 4 , $\frac{1}{4}$; 7. 低频, 低通; 8. $\begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ 。

二、单项选择题（每小题 3 分，共 15 分）

1. C 2. A 3. B 4. B 5. C

三、本题满分 10 分

【解】对结点①，②列结点电压方程：

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right)U_{n1} - \frac{1}{3}U_{n2} = 4 - 1 \quad (4 \text{ 分})$$

$$-\frac{1}{3}U_{n1} + \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2}\right)U_{n2} = 1 + \frac{2}{2} \quad (4 \text{ 分})$$

$$U_{n2} = \frac{32}{7} \text{ V} \quad U_{n1} = \frac{38}{7} \text{ V}$$

$$I = \frac{U_{n1} - U_{n2}}{3} = \frac{2}{7} = 0.29 \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

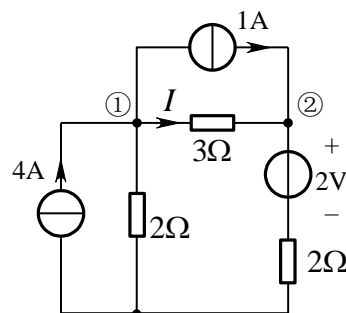


图3-1

四、本题满分 12 分

【解】将可变电阻断开后，求如图所示一端口的戴维宁等效电路，可列写如下两个网孔电流方程

$$\begin{cases} I_1 = 2 \\ -2I_1 + 4I_2 = 12 \end{cases}$$

解得 $I_1 = 2 \quad I_2 = 4$

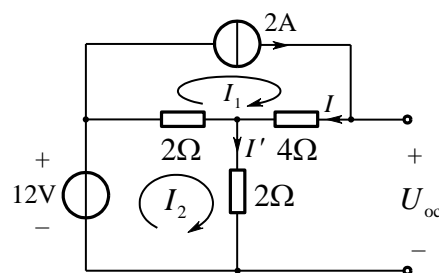
由图知 $I = I_1$, $I' = I_2$ ，于是，开路电压

$$U_{oc} = 4I + 2I' = 4I_1 + 2I_2 = 4 \times 2 + 2 \times 4 = 16 \text{ V} \quad (4 \text{ 分})$$

等效电阻 $R_{eq} = (4 + 2 // 2) \Omega = 5 \Omega \quad (3 \text{ 分})$

当 $R_L = R_{eq} = 5 \Omega$ 时，可获得最大功率 (2 分)

$$P_{\max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}} = 12.8 \text{ W} \quad (3 \text{ 分})$$



五、本题满分 8 分

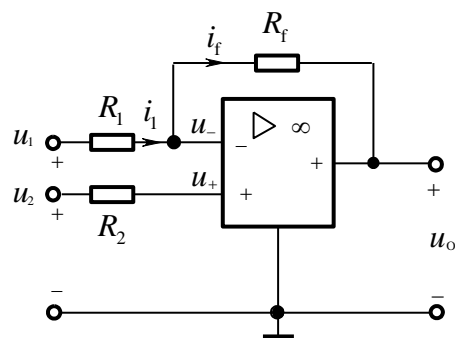
【解】如图所示。

$$i_1 = \frac{u_1 - u_-}{R_1}, \quad i_f = \frac{u_- - u_o}{R_f} \quad (2 \text{ 分})$$

于是，根据“虚断”和 KCL 得

$$i_1 = i_f$$

将 i_1 和 i_f 代入上式并整理得



$$u_o = -\frac{R_f}{R_1} u_{(2 \text{ 分})} \left(\frac{R_f}{R_1} \right) u_-$$

根据“虚短”规则可知

$$u_- = u_+, \quad u_+ = u_2 \quad (2 \text{ 分})$$

即

$$u_o = -\frac{R_f}{R_1} u_1 + \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) u_2$$

故

$$u_o = -2u_1 + 3u_2 \quad (2 \text{ 分})$$

六、本题满分 15 分

【解】根据换路定律得 u_c 的初始值

$$u_c(0_+) = u_c(0_-) = 2V \quad (3 \text{ 分})$$

u_c 的稳态值

$$u_c(\infty) = \frac{6}{6+3} \times (-3)V = -2V \quad (3 \text{ 分})$$

电路的时间常数

$$\tau = [(R_1 // R_2)C] = 1 \times 10^{-6}s \quad (3 \text{ 分})$$

根据三要素公式得

$$u_c = (-2 + 4e^{-10^6 t})V \quad (3 \text{ 分})$$

$$i(t) = C \frac{du_c}{dt} = -2e^{-10^6 t}A \quad (3 \text{ 分})$$

七、本题满分 10 分

【解】本电路属三相对称电路，故采用三相归一相法。A 相计算电路如图 7-2 所示。

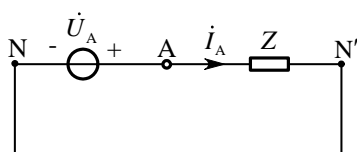


图7-2

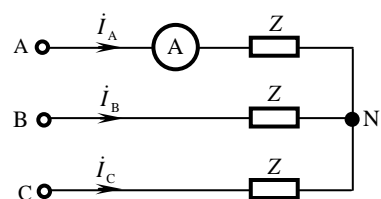


图 7-1

(1) 根据线电压和相电压之间的关系可得

$$\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ \text{V}$$

$$i_A = \frac{\dot{U}_A}{Z} = \frac{220\angle 0^\circ}{100\angle 53^\circ} \text{A} = 2.2\angle -53^\circ \text{A} \quad (3 \text{ 分})$$

所以

$$P = 3U_{AN'}I_A \cos \varphi = 871.2 \text{W} \quad \text{或} \quad P = 3I_A^2 R = 3 \times 2.2^2 \times 60 = 871.2 \text{W} \quad (3 \text{ 分})$$

$$(2) \quad i_A = \frac{\dot{U}_{AB}}{2Z} = \frac{380\angle 30^\circ}{200\angle 53^\circ} = 1.9\angle -23^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

电路所取用的总有功功率为

$$P = 2I_A^2 R = (2 \times 1.9^2 \times 60) \text{W} = 433.2 \text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

八、本题满分 12 分

【解】与原电路相对应的运算电路如图 8-2 所示。 (2 分)

$$u_C(0_-) = 2\text{V}, \quad i_L(0_-) = 0\text{A}$$

在运算电路中得

$$\left(\frac{1}{1/6} + \frac{1}{1/s} + \frac{1}{0.2s}\right)U_C(s) = \frac{2/s}{1/s} \quad (2 \text{ 分})$$

上式可变为

$$U_C(s) = \frac{2s}{s^2 + 6s + 5} = \frac{K_1}{s+1} + \frac{K_2}{s+5}$$

其中，待定系数

$$K_1 = \frac{2s}{s+5} \Big|_{s=-1} = -\frac{1}{2} \quad (2 \text{ 分})$$

$$K_2 = \frac{2s}{s+1} \Big|_{s=-5} = \frac{2}{5} \quad (2 \text{ 分})$$

所以

$$U_C(s) = -\frac{1/2}{s+1} + \frac{2/5}{s+5} \quad (2 \text{ 分})$$

电容两端的电压

$$u_C(t) = \left(-\frac{1}{2}e^{-t} + \frac{2}{5}e^{-5t}\right) \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

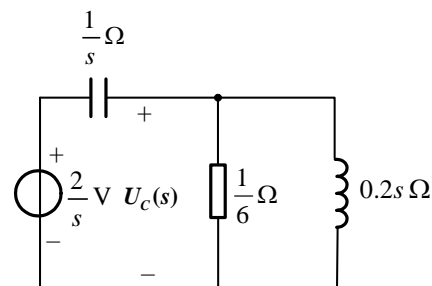


图8-2

参考答案及评分标准

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. -60W, 20W; 2. 20, 4; 3. 0.02F, 慢; 4. 5, 50; 5. $5\sqrt{2}$; 6. $10\mu\text{F}$,

29; 7. $\begin{bmatrix} 5 & -5 \\ -5 & 5 \end{bmatrix}$ 。

二、单项选择题（每小题 3 分，共 15 分）

1. D 2. B 3. B 4. C 5. A

三、本题满分 12 分

【解】画出分电路图如图 3-1-1 和 3-1-2 所示（2 分）

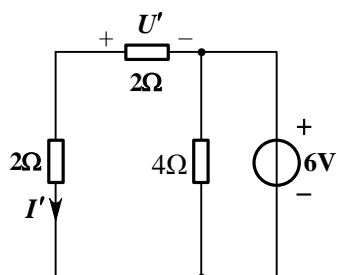


图3-1-1

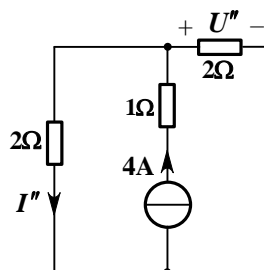


图3-1-2

图 3-1-1 中, $I' = 1.5\text{A}$ (2 分) $U' = -3\text{V}$ (2 分)

图 3-1-2 中, $I'' = 2\text{A}$ (2 分) $U'' = 4\text{V}$ (2 分)

$$I = I' + I'' = 3.5\text{A} \quad (1 \text{ 分})$$

$$U = U' + U'' = 1\text{V} \quad (1 \text{ 分})$$

四、本题满分 10 分

【解】根据“虚断”和 KCL 得

$$u_- = \frac{R_1}{R_1 + R_f} u_o = \frac{1}{2} u_o \quad (2 \text{ 分})$$

$$\frac{u_1 - u_+}{R_2} + \frac{u_2 - u_+}{R_3} = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

$$u_+ = \frac{R_3 u_1 + R_2 u_2}{R_3 + R_2} = \frac{1}{2} (u_1 + u_2) \quad (2 \text{ 分})$$

根据“虚短”规则可知

$$u_- = u_+ \quad (2 \text{ 分})$$

即

$$u_o = u_1 + u_2 \quad (2 \text{ 分})$$

五、本题满分 14 分

【解】根据换路定律得 i_L 的初始值

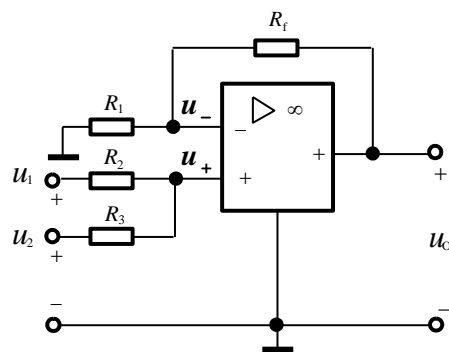


图4-1

$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = \frac{5}{3} \text{ A} \quad (3 \text{ 分})$$

i_L 的稳态值

$$i_L(\infty) = 7 \text{ A} \quad (3 \text{ 分})$$

电路的时间常数

$$\tau = \frac{L}{R_{\text{eq}}} = 0.5 \text{ s} \quad (3 \text{ 分})$$

根据三要素公式得

$$i_L = 7 - \left(\frac{16}{3} e^{-2t} \right) \text{ A} \quad (3 \text{ 分})$$

电感端电压

$$u_L = L \frac{di_L}{dt} = 0.5 \times \frac{d}{dt} \left(7 - \frac{16}{3} e^{-2t} \right) = \frac{16}{3} e^{-2t} \text{ V}$$

$$i_R(t) = \frac{u_L}{2} = \frac{8}{3} e^{-2t} \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

六、本题满分 10 分

【解】(1) 各电流的有效值相量分别为

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{R_1 + j\omega L_1} = \frac{48 \angle 0^\circ}{16 \angle 60^\circ} \text{ A} = 3 \angle -60^\circ \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{I}_2 = j\omega C \dot{U} = \frac{48 \angle 0^\circ}{-j16\sqrt{3}} \text{ A} = \sqrt{3} \angle 90^\circ \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = \sqrt{3} \angle -30^\circ \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 功率因数为} \quad \cos \varphi = \cos 30^\circ = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{有功功率为} \quad P = I_1^2 R_1 = 72 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

七、本题满分 12 分

【解】根据线电压和相电压之间的关系可得

$$\dot{U}_A = 220 \angle 0^\circ \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

三角型负载转换成星形负载

$$Z' = \frac{Z}{3} = (30 + j30) \Omega \quad (2 \text{ 分})$$

A 相等效电路如图 7-2 所示。

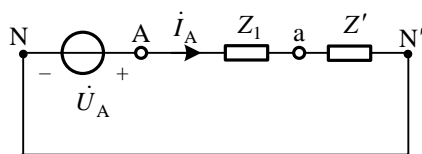


图7-2

$$i_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_1 + Z'} = \frac{220\angle 0^\circ}{50\angle 37^\circ} = 4.4\angle -37^\circ \text{ A} \quad (3 \text{ 分})$$

$$i_{ab} = \frac{\sqrt{3}}{3} i_A \angle 30^\circ = 2.54\angle -7^\circ \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{U}_{ab} = Z i_{ab} = 323\angle 38^\circ \text{ V} \quad (3 \text{ 分})$$

八、本题满分 12 分

【解】与原电路相对应的运算电路如图 8-2 所示。 (2 分)

$$u_C(0_-) = 10\text{V}, i_L(0_-) = 0\text{A}$$

在运算电路中得

$$\left(\frac{1}{2/3} + \frac{1}{2/s} + \frac{1}{s}\right)U_C(s) = \frac{10/s}{2/3} + \frac{10/s}{2/s} \quad (2 \text{ 分})$$

上式可变为

$$U_C(s) = \frac{10s+30}{s^2+3s+2} = \frac{K_1}{s+1} + \frac{K_2}{s+2}$$

其中，待定系数

$$K_1 = \left. \frac{10s+30}{s+2} \right|_{s=-1} = 20 \quad (2 \text{ 分})$$

$$K_2 = \left. \frac{10s+30}{s+1} \right|_{s=-2} = -10 \quad (2 \text{ 分})$$

所以

$$U_C(s) = \frac{20}{s+1} + \frac{-10}{s+2} \quad (2 \text{ 分})$$

电容两端的电压

$$u_C(t) = (20e^{-t} - 10e^{-2t}) \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

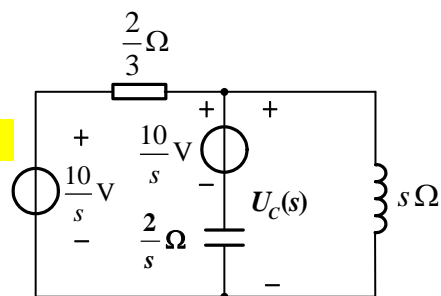


图8-2

齐鲁工业大学 13/14 学年第二学期《电路原理 I》期末考试试卷 (A 卷)

参考答案及评分标准

一、填空题 (每空 1 分, 共 20 分)

1. $-24, 64$; 2. $18, 6$; 3. $30, 0.02, -\frac{\pi}{6}$; 4. $0.5, 3$;
 5. $10, 0.05, 50$; 6. $4, 10$; 7. $3, 3, 1, 5$; 8. 100 ;
 9. $\frac{4s^2+7s+10}{s^2(s+5)}$ 或 $\frac{1}{s} + \frac{2}{s^2} + \frac{3}{s+5}$

二、单项选择题（每小题 3 分，共 15 分）

1. C 2. B 3. C 4. D 5. D

三、本题满分 10 分

【解】该电路共有 3 个网孔，设各网孔电流的参考方向如图所示，相应的网孔电流方程分别为

$$(R_1 + R_2)I_1 - R_2I_2 = U_{S1} \quad (2 \text{ 分})$$

$$-R_2I_1 + (R_2 + R_3 + R_4)I_2 - R_3I_3 = -U_{S2} \quad (2 \text{ 分})$$

$$I_3 = 4U_x \quad (2 \text{ 分})$$

补充方程： $U_x = U_{S2} + I \quad (2 \text{ 分})$

代入数据得

$$\left. \begin{aligned} 4I_1 - 2I_2 &= 4 \\ -2I_1 + 4I_2 - I_3 &= -2 \\ I_3 &= 4U_x \\ U_x &= 2 + I_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_1 = -3\text{A}, I_2 = -8\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

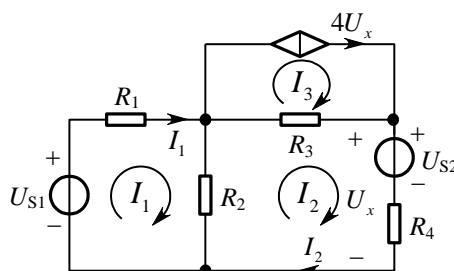


图3

四、本题满分 7 分

【解】 $i_1 = \frac{u_{11} - u_-}{R_1}$, $i_2 = \frac{u_{12} - u_-}{R_2}$, $i_f = \frac{u_- - u_o}{R_f}$

根据“虚断”和 KCL 得 $i_1 + i_2 = i_f$

将 i_1 、 i_2 和 i_3 代入上式并整理得

$$u_- = \frac{2}{5}(u_{11} + u_{12}) + \frac{u_o}{5} \quad (2 \text{ 分})$$

$$u_+ = u_{13} \quad (2 \text{ 分})$$

根据“虚短”可知 $u_- = u_+$

即 $\frac{2}{5}(u_{11} + u_{12}) + \frac{u_o}{5} = u_{13} \quad (2 \text{ 分}) \Rightarrow u_o = 5u_{13} - 2(u_{11} + u_{12}) \quad (1 \text{ 分})$

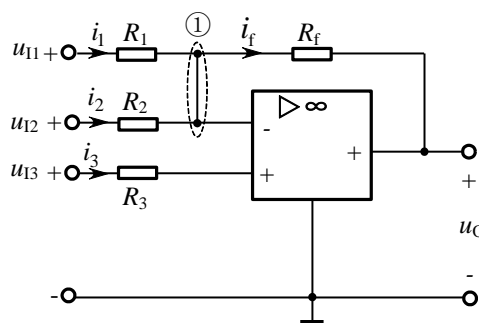


图4

五、本题满分 12 分

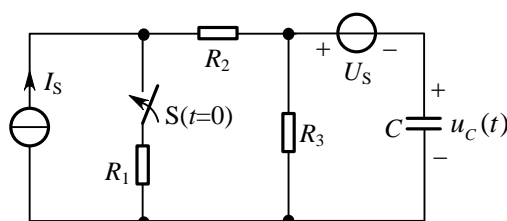


图5

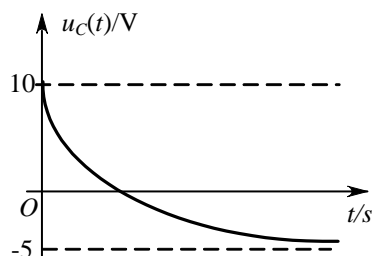
【解】根据换路定律得 u_C 的初始值 $u_C(0_+) = u_C(0_-) = 10\text{V}$ (2分)

u_C 的稳态值 $u_C(\infty) = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} I_s R_3 - U_s = \frac{10 \times 1}{10 + 30} \times 20 - 10 = -5\text{V}$ (2分)

电路的时间常数 $\tau = (R_1 + R_2) // R_3 = 10 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} = 0.1\text{s}$ (2分)

根据三要素公式得 $u_C(t) = (-5 + 15e^{-10t})\text{V}$ (2分)

$u_C(t)$ 随时间的变化曲线如图所示 (4分)。



六、本题满分 14 分

【解】(1) 电路的等效阻抗为

$$Z_{eq} = j\omega L + R // \frac{1}{j\omega C} = j4 + \frac{3 \times (-j4)}{3 - j4} \quad (2\text{分})$$

$$= (1.92 + j2.56)\Omega = 3.2 \angle 53^\circ \Omega$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_s}{Z_{eq}} = \frac{16 \angle 53^\circ}{3.2 \angle 53^\circ} = 5 \angle 0^\circ \text{A} \quad (2\text{分})$$

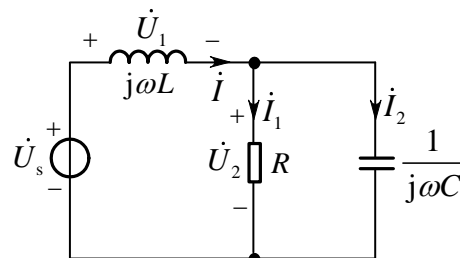


图6

根据分流公式得

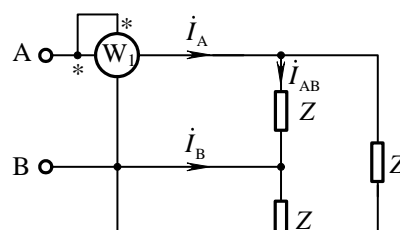
$$\dot{I}_1 = \frac{-j4}{3 - j4} \times 5 = \frac{4 \angle -90^\circ}{5 \angle -53^\circ} \times 5 = 4 \angle -37^\circ \text{A} \quad (2\text{分}), \quad \dot{I}_2 = \frac{3}{3 - j4} \times 5 = \frac{3}{5 \angle -53^\circ} \times 5 = 3 \angle 53^\circ \text{A} \quad (2\text{分})$$

$$\dot{U}_1 = j\omega L \dot{I} = j4 \times 5 = 20 \angle 90^\circ \quad (2\text{分}) \quad \dot{U}_2 = R \dot{I}_1 = 3 \times 4 \angle -37^\circ = 12 \angle -37^\circ \text{V} \quad (2\text{分})$$

(2) 电路所消耗的功率为 $P = I^2 R = 16 \times 3 = 48$ (2分)

七、本题满分 10 分

【解】 ① $\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z} = \frac{380 \angle 30^\circ}{200 \angle 30^\circ} \text{A} = 1.9 \angle 0^\circ \text{A} \quad (1\text{分})$



$$i_A = \sqrt{3}i_{AB} \angle -30^\circ \approx 3.3 \angle -30^\circ \text{ A} \quad (1 \text{ 分})$$

W₁ 的读数为

$$P_1 = \operatorname{Re}[\dot{U}_{AB} \dot{i}_A^*] = \operatorname{Re}[380 \angle 30^\circ \times 3.3 \angle 30^\circ] = 627 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

$$i_C = i_A \angle 120^\circ \approx 3.3 \angle 90^\circ \text{ A} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\dot{U}_{CB} = -\dot{U}_{BC} = -380 \angle -90^\circ = 380 \angle 90^\circ \text{ V} \quad (1 \text{ 分})$$

$$W_2 \text{ 的读数为} \quad P_2 = \operatorname{Re}[\dot{U}_{CB} \dot{i}_C^*] = \operatorname{Re}[380 \angle 90^\circ \times 3.3 \angle -90^\circ] = 1254 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{三相负载吸收的有功功率为} \quad P = P_1 + P_2 = (627 + 1254) \text{ W} = 1881 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

八、本题满分 12 分

【解】 $t > 0$ 时的运算电路如图所示。(2 分)

结点 a 的结点电压方程为：

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{sL}\right)U_2(s) = \frac{U_s(s)}{R_1} - \frac{2U_2(s)}{sL} \quad (2 \text{ 分})$$

即

$$\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{s}\right)U_2(s) = \frac{10}{4s+1} - \frac{2U_2(s)}{s}$$

解得

$$U_2(s) = \frac{5s}{(s+1)(s+6)} = \frac{k_1}{s+1} + \frac{k_2}{s+6} \quad (2 \text{ 分})$$

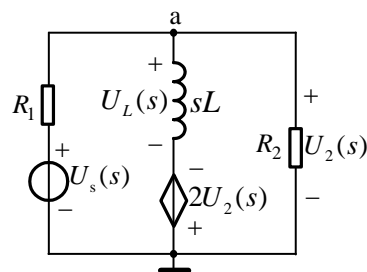
$$k_1 = (s+1)U_2(s)|_{s=-1} = -1 \quad (2 \text{ 分})$$

$$k_2 = (s+6)U_2(s)|_{s=-6} = 6 \quad (2 \text{ 分})$$

所以

$$U_L(s) = U_2(s) = -\frac{1}{s+1} + \frac{6}{s+6}$$

$$u_L(t) = (-3e^{-t} + 18e^{-6t})\varepsilon(t) \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$



齐鲁工业大学 13/14 学年第二学期《电路原理 I》期末考试试卷 (B 卷)

参考答案及评分标准

一、填空题 (每空 1 分, 共 20 分)

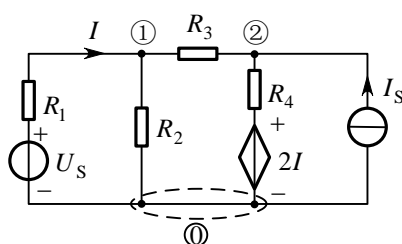
- | | | | |
|--|------|---------|----|
| 1. 8 | 2 | 2. 7 | 2 |
| 3. 电压 | 电流 | 4. 1000 | |
| 5. 1000 | 5 | 200 | |
| 6. $L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt} - L_2 \frac{di_2}{dt}$ | | 7. 50 | 30 |
| 8. 2 | 760 | | |
| 9. 1 | -0.5 | -1 | 2 |

二、单项选择题（每小题 3 分，共 15 分）

1. A 2. D 3. B 4. D 5. C

三、本题满分为 12 分

【解】用结点电压法解。



结点①和②的结点电压方程分别为

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)U_{n1} - \frac{1}{R_3}U_{n2} = \frac{U_s}{R_1} \quad (2 \text{ 分})$$

$$-\frac{1}{R_3}U_{n1} + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)U_{n2} = I_s + \frac{2I}{R_4} \quad (2 \text{ 分})$$

补充方程

$$I = \frac{U_s - U_{n1}}{R_1} \quad (2 \text{ 分})$$

代入数据得

$$\begin{cases} 2.25U_{n1} - U_{n2} = 10 \\ -U_{n1} + 1.5U_{n2} = 2 + I \\ I = 10 - U_{n1} \end{cases}$$

解得

$$U_{n1} = 8\text{V}, \quad U_{n2} = 8\text{V}, \quad I = 2\text{A}$$

电压源发出的功率为

$$P_1 = U_s I = 10 \times 2 = 20\text{W} \quad (3 \text{ 分})$$

电流源发出的功率为

$$P_2 = U_{n2} I_s = 8 \times 2 = 16\text{W} \quad (3 \text{ 分})$$

四、本题满分为 7 分

【解】

$$i_1 = \frac{u_1 - u_-}{R_1}, \quad i_2 = \frac{u_2 - u_-}{R_2}, \quad i_f = \frac{u_- - u_O}{R_f}$$

由“虚断”规则可知

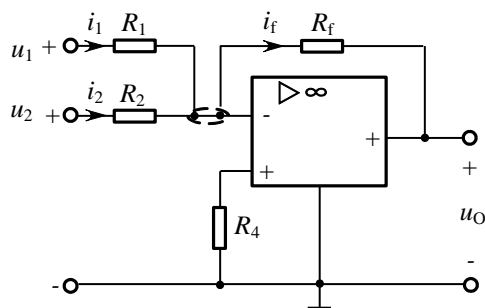
$$u_+ = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

根据“虚短”规则可知 $u_- = u_+$ (2 分)

根据“虚断”规则和 KCL 得

$$i_1 + i_2 = i_f \Rightarrow \frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} = \frac{-u_O}{R_f} \quad (2 \text{ 分})$$

将上式整理得 $u_O = \left(\frac{R_f}{R_1} u_1 + \frac{R_f}{R_2} u_2 \right) = 0.5(u_1 + u_2)$ (1 分)



五、本题满分为 12 分

【解】① 求 u_C 的初始值

$$u_C(0_+) = U_s = 9 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

u_C 的稳态值

$$u_C(\infty) = \frac{R_3}{R_1 + R_3} U_s = \frac{6}{3+6} \times 9 = 6 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

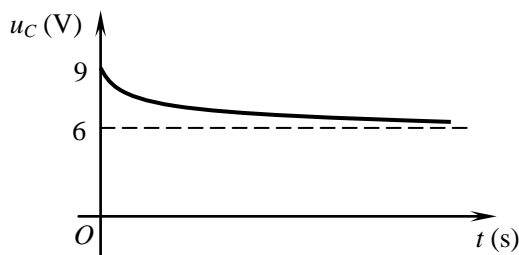
电路的时间常数

$$\tau = (R_2 + R_1 // R_3)C = 4 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-3} \text{ s} \quad (2 \text{ 分})$$

故根据三要素公式得

$$u_C = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = [6 + (9 - 6)e^{-250t}] \text{ V} = (6 + 3e^{-250t}) \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

② 如图所示。(4 分)



六、本题满分为 12 分

【解】原电路的戴维宁等效电路参数为

$$\text{开路电压: } \dot{U}_{oc} = 12 + 4 \times j4 = (12 + j16) \text{ V} \quad (3 \text{ 分})$$

$$\text{等效阻抗: } Z_{eq} = R + \frac{1}{j\omega C} = (4 - j4) \Omega \quad (3 \text{ 分})$$

所以, 当 $Z_L = Z_{eq}^* = (4 + j4) \Omega$ (3 分) 时, 负载获得最大功率, 最大功率为

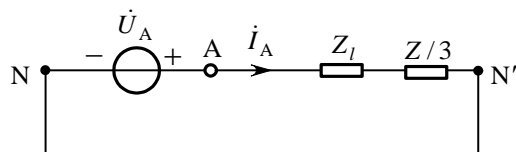
$$P = \frac{U_{oc}^2}{4R} = \frac{(12^2 + 16^2)}{4 \times 4} = \frac{400}{16} = 25W \quad (3 \text{ 分})$$

七、本题满分为 10 分

【解】计算电路如图所示，其中

$$\dot{U}_A = 220 \angle 0^\circ V \quad (2 \text{ 分})$$

$$i_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_l + \frac{Z}{3}} = \frac{220 \angle 0^\circ}{10 \angle 53^\circ} A = 22 \angle -53^\circ A \quad (2 \text{ 分})$$



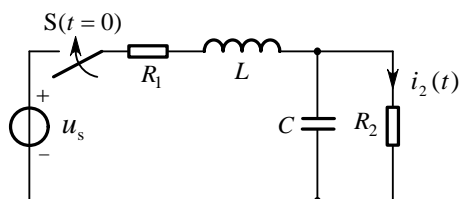
根据对称性，可得

$$i_B = 22 \angle -173^\circ A \quad (2 \text{ 分}), \quad i_C = 22 \angle 67^\circ A \quad (2 \text{ 分})$$

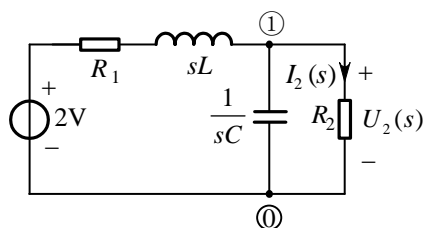
$$P = 3RI^2 = 3 \times 6 \times 22^2 = 8712W \quad (2 \text{ 分})$$

八、本题满分为 12 分

【解】换路后的运算电路如图 (b) 所示 (2 分)。



(a)



(b)

结点①结点电压方程为

$$\left(\frac{1}{R_1 + sL} + sC + \frac{1}{R_2} \right) U_2(s) = \frac{2}{R_1 + sL} \quad (2 \text{ 分})$$

代入数据并整理得

$$U_2(s) = \frac{40}{s^2 + 11s + 30} = \frac{40}{s+5} - \frac{4}{s+6} \quad (4 \text{ 分})$$

$$u_2(t) = (40e^{-5t} - 40e^{-6t})V \quad (2 \text{ 分}) \quad i_2(t) = \frac{u_2}{R_2} = (20e^{-5t} - 20e^{-6t})A \quad (2 \text{ 分})$$

或

根据串联分压公式得

$$U_2(s) = \frac{2R_2}{R_2LCs^2 + (R_1R_2C + L)s + R_1R_2} \quad (2 \text{ 分})$$

代入数据并整理得

$$U_2(s) = \frac{40}{s^2 + 11s + 30} = \frac{40}{s+5} - \frac{40}{s+6} \quad (4 \text{ 分})$$

$$u_2(t) = (40e^{-5t} - 40e^{-6t})V \quad (2 \text{ 分}) \quad i_2(t) = \frac{u_2}{R_2} = (20e^{-5t} - 20e^{-6t})A \quad (2 \text{ 分})$$

参考答案及评分标准

一、填空题 (每空 1 分, 共 20 分)

1. 20, -4; 2. 短路, 开路;
3. 0.1, 1, $i_L(t) = 2e^{-10t} \text{ A}$, $i_L(t) = 10(1 - e^{-10t}) \text{ A}$; 4. $u_+ = u_-$, $i_+ = i_- = 0$;
5. $10/\underline{60^\circ} \Omega$ 或 $(5 + j5\sqrt{3}) \Omega$, $40/\underline{60^\circ} \text{ V} \cdot \text{A}$ 或 $(20 + j20\sqrt{3}) \text{ V} \cdot \text{A}$;
6. 10, 10; 7. 2, -2, -10, -6; 8. 低频, 低通。

二、单项选择题 (每小题 3 分, 共 15 分)

1. B 2. A 3. C 4. D 5. C

三、本题满分 10 分

【解】 结点电压法方程为

$$\begin{cases} (2+3)u_{n1} - 3u_{n2} = 3 + 10I_1 & (2 \text{ 分}) \\ u_{n2} = 5 & (2 \text{ 分}) \end{cases}$$

补充方程 $I_1 = 2u_{n1}$ (2 分)

解得

$$u_{n1} = -\frac{6}{5} = -1.2 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

$$U = u_{n2} - u_{n1} = \frac{31}{5} = 6.2 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

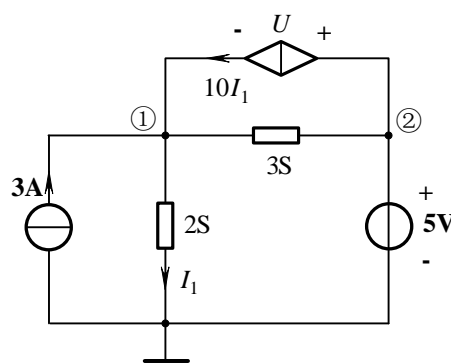


图3-1

四、本题满分 10 分

【解】 如图 4-1 (a) 所示, 求开路电压 U_{OC} 。可由支路电流法求得

结点①的 KCL 方程为 $I_1 + I_2 = 2$ (1 分)

回路 I 的 KVL 方程为 $3I_2 + 30 - 6I_1 = 0$ (1 分)

$$\Rightarrow I_1 = 4 \text{ A} \quad U_{OC} = 6I_1 = 24 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

【或 $(\frac{1}{6} + \frac{1}{3})U_{n1} = 2 + \frac{30}{3}$ (2 分) $\Rightarrow U_{OC} = U_{n1} = 24 \text{ V}$ (2 分)】

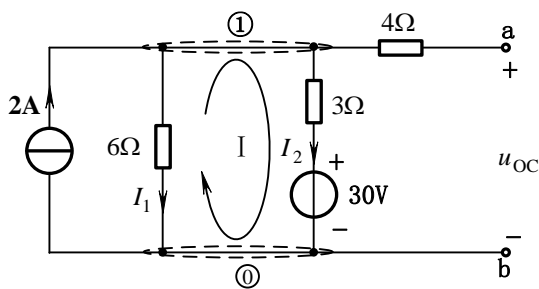


图4-1 (a)

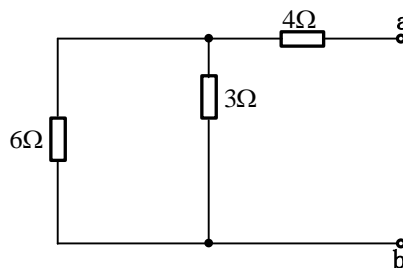


图4-1 (b)

由图 4-1 (b) 求戴维宁等效电阻 $R_{eq} = 6\Omega$ (2 分)

由最大功率传输定理可知当 $R_L = R_{eq} = 6\Omega$ (2 分)

可获得最大传输功率 $P_{max} = \frac{U_{OC}^2}{4R_{eq}} = 24W$ (2 分)

五、本题满分 12 分

【解】根据换路定律得 u_C 的初始值

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 150V \quad (2 \text{ 分})$$

u_C 的稳态值

$$u_C(\infty) = \frac{R_4}{R_1 + R_2 // R_3 + R_4} U_S = 60V \quad (2 \text{ 分})$$

电路的时间常数

$$R_{eq} = (R_2 // R_3 + R_1) // R_4 = 0.8k\Omega \quad (1 \text{ 分})$$

$$\tau = R_{eq} \times C = 4ms \quad (2 \text{ 分})$$

根据三要素公式得

$$u_C(t) = (60 + 90e^{-250t})V \quad (3 \text{ 分})$$

$$i(t) = \frac{u_C(t)}{R_4} = (60 + 90e^{-250t})mA \quad (2 \text{ 分})$$

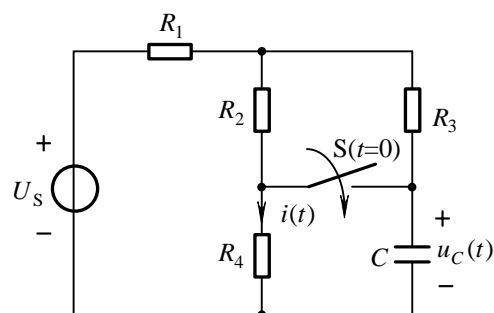


图5-1

六、本题满分 10 分

【解】(1) 各支路阻抗为

$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1 = 10 + j10 = 10\sqrt{2}/45^\circ\Omega \quad (1 \text{ 分})$$

$$Z_2 = R_2 + \frac{1}{j\omega C} = 10 - j10 = 10\sqrt{2}/-45^\circ\Omega \quad (1 \text{ 分})$$

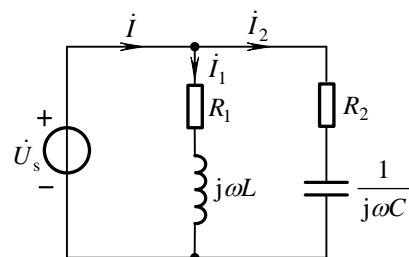


图6-1

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_s}{Z_1} = \frac{20/0^\circ}{10\sqrt{2}/45^\circ} = \sqrt{2}/-45^\circ A \quad (2 \text{ 分}), \quad \dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_s}{Z_2} = \frac{20/0^\circ}{10\sqrt{2}/-45^\circ} = \sqrt{2}/45^\circ A \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 2A \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 电路的功率因数

$$\lambda = \cos \varphi = 1 \quad (1 \text{ 分})$$

所消耗的功率为

$$P = U_s I \cos \varphi = 40W \quad (2 \text{ 分})$$

七、本题满分 10 分

【解】 (1) 设 $\dot{U}_A = 220/0^\circ$

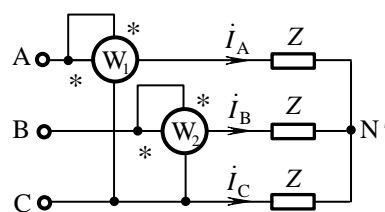


图7-1

$$\dot{U}_{AC} = 380\angle -30^\circ, \quad \dot{U}_{BC} = 380\angle -90^\circ \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z} = 11\angle -30^\circ \text{ A}, \quad \dot{I}_B = 11\angle -150^\circ \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$W_1 \text{ 的读数为} \quad P_1 = \operatorname{Re}[\dot{U}_{AC} \dot{I}_A^*] = \operatorname{Re}[380\angle -30^\circ \times 11\angle 30^\circ] = 4180 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

$$W_2 \text{ 的读数为} \quad P_2 = \operatorname{Re}[\dot{U}_{BC} \dot{I}_B^*] = \operatorname{Re}[380\angle -90^\circ \times 11\angle 150^\circ] = 2090 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ C 相负载断开时} \quad I_A = I_B = \frac{U_{AB}}{2|Z|} = 9.5 \text{ A}$$

$$\text{功率为} \quad P = 2I_A^2 \times 10\sqrt{3} = 3126 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

八、本题满分 13 分

【解】由题意得： $u_C(0_-) = 1 \text{ V}, i_L(0_-) = 0 \text{ A}$ ， $t > 0$ 时的运算电路如图所示。(3 分)

列写结点电压方程：

$$\left(\frac{1}{s+1} + 1 + \frac{1}{6/s}\right)U_C(s) = \frac{1/s}{s+1} + \frac{1/s}{6/s} \quad (2 \text{ 分})$$

解得

$$U_C(s) = \frac{s^2 + s + 6}{s(s^2 + 7s + 12)} \quad (1 \text{ 分})$$

则

$$I_1(s) = \frac{1/s - U_C(s)}{s+1} = \frac{6}{s(s^2 + 7s + 12)} = \frac{k_1}{s} + \frac{k_2}{s+3} + \frac{k_3}{s+4} \quad (2 \text{ 分})$$

$$k_1 = sI_1(s)|_{s=0} = 0.5 \quad (1 \text{ 分})$$

$$k_2 = (s+3)I_1(s)|_{s=-3} = -2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$k_3 = (s+4)I_1(s)|_{s=-4} = 1.5 \quad (1 \text{ 分})$$

则

$$i_1(t) = (0.5 - 2e^{-3t} + 1.5e^{-4t}) \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

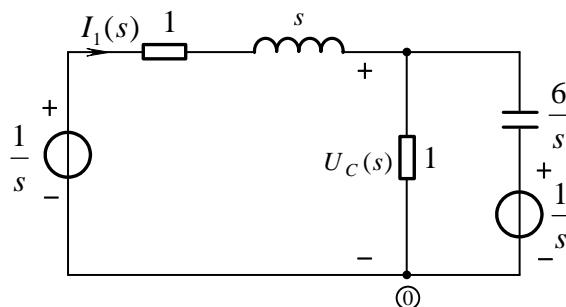


图8-1

齐鲁工业大学 14/15 学年第二学期《电路原理 I》期末考试试卷（B 卷）

参考答案及评分标准

一、填空题（每空 1 分，共 20 分）

1. 2, 1;
2. $i_C = -C \frac{du_C}{dt}, u_L = -L \frac{di_L}{dt}$;
3. 短路, 开路;
4. 不变, 不变, 变小;
5. $20\angle -30^\circ$ 或 $10\sqrt{3} - j10$, $10\sqrt{3}$, 0.866;
6. 11, $25\sqrt{3}$ (或 43.3);
7. 2, 760;
8. 1, -1, -0.5, 2

二、单项选择题（每小题 3 分，共 15 分）

1. B
2. D
3. A
4. A
5. B

三、本题满分 10 分

【解】回路电流方程为

$$\begin{cases} (1+3)I_1 - 3I_3 = -4 & (2 \text{ 分}) \\ (1+3)I_2 - 3I_3 = 4 & (2 \text{ 分}) \\ I_3 = 2 & (2 \text{ 分}) \end{cases}$$

解得 $I_1 = 0.5\text{A}, I_2 = 2.5\text{A},$ (2 分)

则 $U = 3(I_3 - I_2) + 3(I_3 - I_1) = 3\text{V}$ (2 分)

【或 $U = 1 \times I_2 + 1 \times I_1 = 3\text{V}$ 】

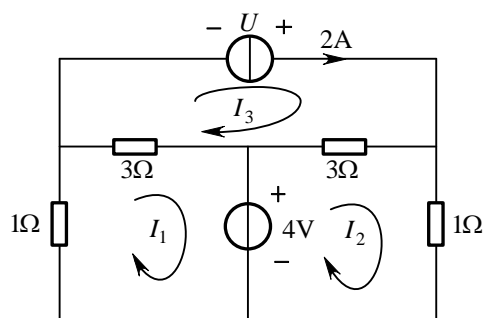


图3-1

四、本题满分 12 分

【解】

分别画出两个独立源单独作用时的电路，如图 4-1 (a) 和 4-1(b) 所示。(2 分)

由图 4-1 (a) 可得

$$I' = \frac{18}{3+6} = 2\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$U' = 6I' = 12\text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

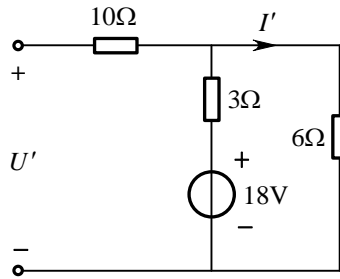


图4-1-a

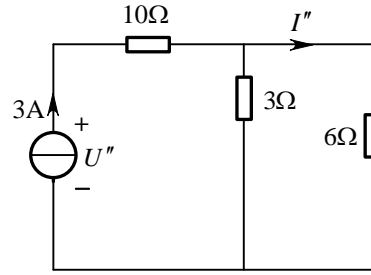


图4-1-b

由图 4-1 (b) 得 $I'' = \frac{3}{3+6} \times 3 = 1\text{A}$ (2 分) $U'' = 10 \times 3 + 6I'' = 36\text{V}$ (2 分)

由叠加定理得 $I = I' + I'' = 3\text{A}$, $U = U' + U'' = 48\text{V}$ (2 分)

五、本题满分 10 分

【解】根据换路定律得 u_C 的初始值

$$u_C(0_-) = 20 \times 1 - 10 = 10\text{V}$$

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 10\text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

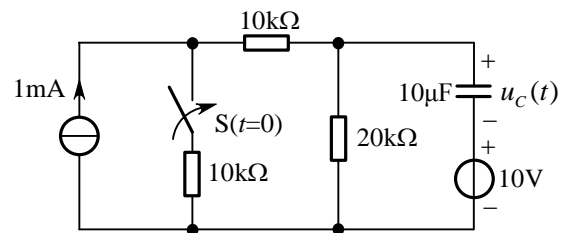


图5-1

u_C 的稳态值

$$u_C(\infty) = \frac{10}{10+10+20} \times 1 \times 20 - 10 = -5\text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

电路的时间常数 $R_{eq} = 10\text{k}\Omega$ (1 分)

$$\tau = R_{eq}C = 10 \times 10 \times 10^{-3} = 0.1\text{s} \quad (2 \text{ 分})$$

根据三要素公式得

$$u_C(t) = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = (-5 + 15e^{-10t})\text{V} \quad (3 \text{ 分})$$

六、本题满分 10 分

将时域电路变为相量电路，如图所示。

$$(1) \quad \dot{U} = 220\angle 0^\circ\text{V} \quad X_L = \omega L = 40\Omega \quad (1 \text{ 分})$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{R + jX_L} = \frac{220\angle 0^\circ}{50\angle 53^\circ} = 4.4\angle -53^\circ\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{U}_R = R\dot{I} = 132\angle -53^\circ\text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{U}_L = jX_L\dot{I} = 176\angle 37^\circ\text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) \quad P = RI^2 = 580.8\text{W} \quad (2 \text{ 分}) \quad \lambda = \cos \varphi = 0.6 \quad (1 \text{ 分})$$

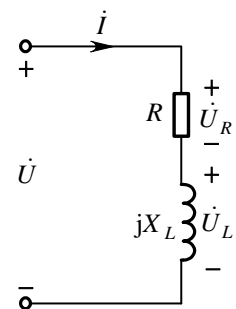


图6-1

七、本题满分 10 分

【解】 本题可采用三相归一相（选 A 相）的计算方法，计算电路如图所示。

$$\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ \text{V} \quad (1 \text{ 分})$$

由题意知，每相负载的阻抗

$$Z = 50\angle \arccos 0.8 = 50\angle 37^\circ \Omega \quad (1 \text{ 分})$$

于是，有

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z} = \frac{220\angle 0^\circ}{50\angle 37^\circ} \text{A} = 4.4\angle -37^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

根据对称性，可得 $\dot{I}_B = 4.4\angle -157^\circ \text{A}$ (2 分)， $\dot{I}_C = 4.4\angle 83^\circ \text{A}$ (2 分)

$$P = 3RI^2 = 3 \times 40 \times 4.4^2 = 2323.2 \text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

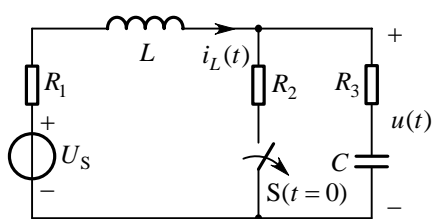
八、本题满分 13 分

【解】 根据换路前的等效电路可以求出电感电流

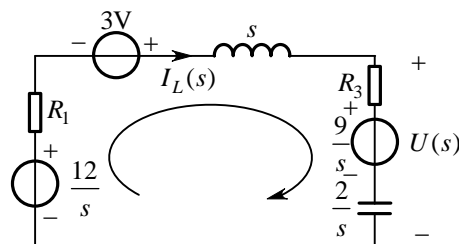
$$i_L(0_-) = \frac{U_s}{R_1 + R_2} = \frac{12}{4} = 3 \text{A} \quad (1 \text{ 分})$$

电容端电压

$$u_C(0_-) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_s = 9 \text{V} \quad (1 \text{ 分})$$



(a)



(b)

换路后的运算电路如图 (b) 所示 (2 分)。根据 KVL 可得

$$(R_1 + R_3 + s + \frac{2}{s})I_L(s) = \frac{12}{s} + 3 - \frac{9}{s} \quad (2 \text{ 分})$$

整理，并化简得

$$I_L(s) = \frac{3}{s+2} \quad (1 \text{ 分})$$

于是，得

$$i_L(t) = 3e^{-2t}\varepsilon(t) \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$U(s) = \frac{15s+24}{s^2+2s} = \frac{12}{s} + \frac{3}{s+2} \quad (2 \text{ 分})$$

于是，得

$$u(t) = (12 + 3e^{-2t})\varepsilon(t) \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

齐鲁工业大学 15/16 学年第二学期《电路原理》期末考试试卷 (A 卷)

参考答案及评分标准

一、填空题（每空 1 分，共 20 分）

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1. -14 | 1 | 2. 4 |
| 3. $[50-100\cos(2t+\frac{\pi}{3})]$ | 4. 9 | 15 0.01 |
| 5. 30 | 50 | 6. 1 和 2 或 1' 和 2' 正向 |
| 7. 1000 | 100 | 10 |
| 8. $400\sqrt{2}\cos(\omega t)$ | $-0.04\sqrt{2}\cos(\omega t)$ | |
| 9. 5 | 5 | 5 3 |

二、单项选择题（每小题 3 分，共 15 分）

1. C 2. A 3. B 4. B 5. D

三、本题满分为 11 分

【解】该电路共有三个网孔，各网孔电流方程分别为

$$\begin{cases} I_{m1} = -5A & (3\text{分}) \\ -2I_{m1} + 5I_{m2} - 3I_{m3} = -8 & (3\text{分}) \\ -3I_{m2} + 4I_{m3} = 2 & (3\text{分}) \end{cases}$$

解得

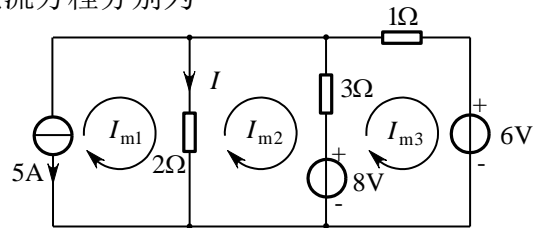


图3

$$I_{m1} = -5A, I_{m2} = -6A, I = I_{m1} - I_{m2} = -5 - (-6) = 1A \quad (2\text{分})$$

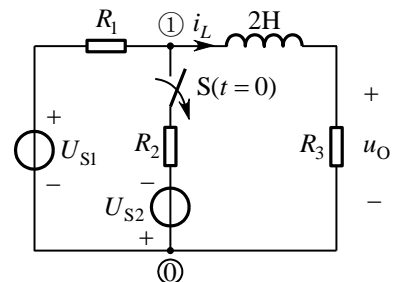
四、本题满分为 12 分

【解】① 因换路前电路已处于稳态，故应将电感视为短路，结点①的结点电压方程为

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)U_{n1} = \frac{U_{S1}}{R_1} - \frac{U_{S2}}{R_2}$$

代入数据并解得

$$U_{n1} = \frac{8}{3}V \quad i_L(0_+) = i_L(0_-) = \frac{U_{n1}}{R_3} = \frac{4}{3}A \quad (2\text{分})$$



换路后 i_L 的稳态值

$$i_L(\infty) = \frac{U_{S1}}{R_1 + R_3} = \frac{12}{4} = 3A \quad (2\text{分})$$

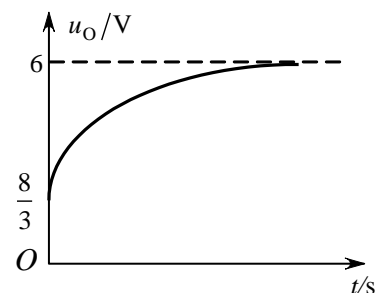
电路的时间常数

$$\tau = \frac{L}{R_1 + R_3} = 0.5s \quad (2\text{分})$$

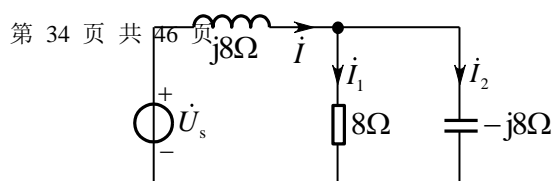
根据三要素公式，得

$$i_L = \left(3 - \frac{5}{3}e^{-2t}\right)A \quad (2\text{分})$$

$$u_O = i_L R_3 = \left(6 - \frac{10}{3}e^{-2t}\right)V \quad (2\text{分})$$



② u_O 的变化曲线如图所示（2 分）



五、本题满分为 12 分

【解】

$$\text{设 } \dot{U}_s = 50\angle 0^\circ \text{V}$$

电路总的等效阻抗为

$$Z_{\text{eq}} = j8 + \frac{8 \times (-j8)}{8 - j8} = j8 + 4\sqrt{2}\angle -45^\circ = 4 + j4 = 4\sqrt{2}\angle 45^\circ \Omega \quad (2 \text{ 分})$$

总电流相量为

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_s}{Z_{\text{eq}}} = \frac{50\angle 0^\circ}{4\sqrt{2}\angle 45^\circ} = 8.84\angle -45^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

根据并联分流公式得

$$\dot{I}_1 = \frac{-j8}{8 - j8} \dot{I} = \frac{8\angle -90^\circ}{8\sqrt{2}\angle -45^\circ} \times 8.84\angle -45^\circ = 6.25\angle -90^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{I}_2 = \frac{8}{8 - j8} \dot{I} = \frac{8}{8\sqrt{2}\angle -45^\circ} \times 8.84\angle -45^\circ = 6.25 \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

电路消耗的有功功率为

$$P = I_1^2 \times 8 = 6.25^2 \times 8 = 312.5 \text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

功率因数为

$$\lambda = \cos \varphi = \cos 45^\circ = 0.707 \quad (2 \text{ 分})$$

六、本题满分为 12 分

【解】原电路去耦等效电路如图所示。

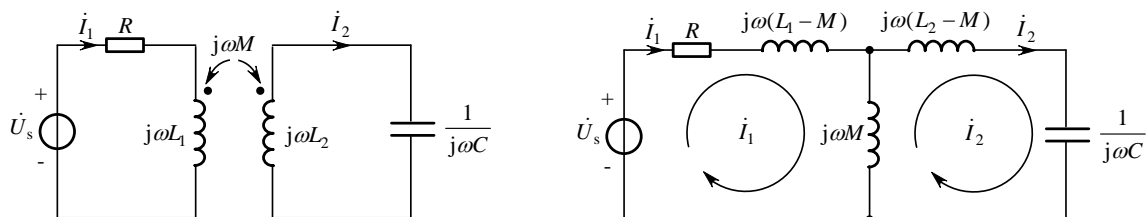


图6

根据

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} = \frac{\omega M}{\sqrt{\omega L_1 \omega L_2}} = 1 \quad (2 \text{ 分})$$

得

$$\omega M = \sqrt{\omega L_1 \omega L_2} = \sqrt{64} = 8\Omega \quad (2 \text{ 分})$$

两网孔电流方程分别为

$$\begin{cases} (R + j\omega L_1)\dot{I}_1 - j\omega M\dot{I}_2 = \dot{U}_s \\ -j\omega M\dot{I}_1 + (j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C})\dot{I}_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (1 + j2)\dot{I}_1 - j8\dot{I}_2 = 8\angle 0^\circ \\ -j8\dot{I}_1 + (j32 - j32)\dot{I}_2 = 0 \end{cases} \quad (4 \text{ 分})$$

解得 $\dot{I}_1 = 0\text{A}, \dot{I}_2 = \text{jA}$ (2 分)

于是得 $i_2 = \sqrt{2}\cos(314t + 90^\circ)\text{A}$ (2 分)

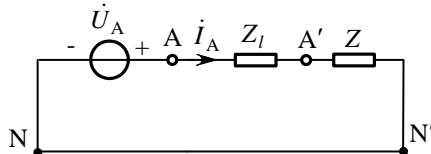
七、本题满分为 8 分

【解】本题可采用三相归一相（选 A 相）的计算方法。A 相等效电路如图所示。

根据题意知 $\dot{U}_A = 220\angle -90^\circ\text{V}$ (2 分)

于是，有

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_l + Z} = \frac{220\angle -90^\circ}{6 + \text{j}8} = \frac{220\angle -90^\circ}{10\angle 53.13^\circ} = 22\angle -143.13^\circ\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$



根据对称性，可得

$$\dot{I}_B = 22\angle 96.87^\circ\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{I}_C = 22\angle -23.13^\circ\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

(或 $\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ\text{V}$, $\dot{I}_A = 22\angle -53.13^\circ\text{A}$, $\dot{I}_B = 22\angle -173.13^\circ\text{A}$, $\dot{I}_C = 22\angle 66.87^\circ\text{A}$)

八、本题满分为 10 分

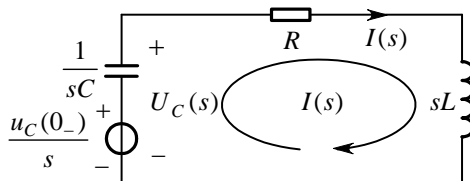
【解】根据运算阻抗 $\frac{1}{sC} = \frac{1}{0.25s} = \frac{4}{s}$, $sL = 0.25s = \frac{s}{4}$ 画出运算电路模型如图所示。(2

分)

列写回路电流方程

$$(R + sL + \frac{1}{sC})I(s) = \frac{u_C(0_-)}{s} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2.5 + \frac{s}{4} + \frac{4}{s})I(s) = \frac{6}{s}$$



$$I(s) = \frac{24}{s^2 + 10s + 16} = \frac{K_1}{s+2} + \frac{K_2}{s+8} \quad (2 \text{ 分})$$

$$K_1 = \left. \frac{24}{s+8} \right|_{s=-2} = 4, K_2 = \left. \frac{24}{s+2} \right|_{s=-8} = -4$$

$$I(s) = \frac{4}{s+2} - \frac{4}{s+8} \quad (2 \text{ 分})$$

进行拉氏反变换得

$$i(t) = (4e^{-2t} - 4e^{-8t})\varepsilon(t)\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

齐鲁工业大学 15/16 学年第二学期《电路原理》期末考试试卷 (B 卷)

参考答案及评分标准

三、填空题（每空 1 分，共 20 分）

- | | | | | |
|--------|-----|----|---------|-------------------------|
| 1. 24 | 36 | 12 | 2. 100 | $\frac{R}{1+\alpha}$ |
| 3. 短路 | 开路 | | 4. 0.01 | 1 |
| 5. 最大值 | 角频率 | 初相 | 6. 0.4 | |
| 7. 5 | 0.1 | 1 | 8. 1.5 | -0.5 -0.5 1.5 |

四、单项选择题（每小题 3 分，共 15 分）

1. C 2. A 3. A 4. D 5. B

三、本题满分为 12 分

【解】结点①和②的结点电压方程分别为

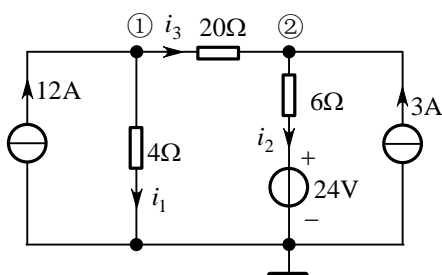


图3

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{4} \right) u_{n1} - \frac{1}{20} u_{n2} = 12 & (3 \text{分}) \\ -\frac{1}{20} u_{n1} + \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{6} \right) u_{n2} = 3 + \frac{24}{6} & (3 \text{分}) \end{cases}$$

联立求解得

$$u_{n1} = 47.2\text{V}, u_{n2} = 43.2\text{V}$$

各支路电流分别为

$$i_1 = \frac{u_{n1}}{4} = 11.8\text{A}, i_2 = \frac{u_{n2} - 24}{6} = 3.2\text{A}, i_3 = \frac{u_{n1} - u_{n2}}{20} = 0.2\text{A} \quad (6 \text{分})$$

四、本题满分为 12 分

【解】 u_C 的初始值

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 20\text{V} \quad (2 \text{分})$$

换路后 u_C 的稳态值

$$u_C(\infty) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{S1} = \frac{6}{3+6} \times 12 = 8\text{V} \quad (2 \text{分})$$

等效电阻

$$R_{\text{eq}} = R_1 // R_2 = 2\text{k}\Omega \quad (2 \text{分})$$

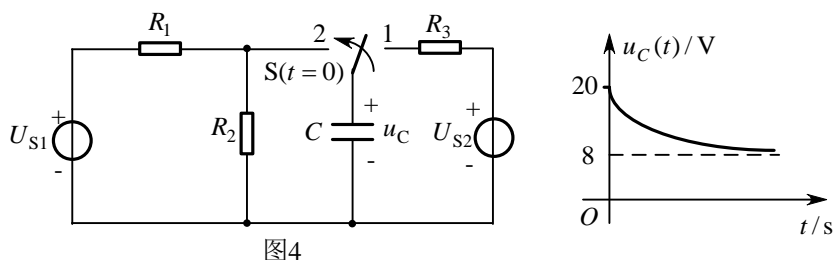


图4

时间常数

$$\tau = R_{eq}C = 2 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-6} = 0.2s \quad (2 \text{ 分})$$

根据三要素公式得

$$u_C = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = (8 + 12e^{-5t})V \quad (2 \text{ 分})$$

u_C 随时间 t ($t \geq 0$) 的变化曲线如图所示。(2 分)

五、本题满分为 10 分

【解】设以电压为参考相量，即 $\dot{U}_s = 20\angle 0^\circ V$ ，于是有

$$(1) \quad \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_s}{R_1 + j\omega L_1} = \frac{20\angle 0^\circ}{10 + j10\sqrt{3}} = 1\angle -60^\circ A \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_s}{R_2} = \frac{20\angle 0^\circ}{20} = 1\angle 0^\circ A \quad (2 \text{ 分})$$

根据 KCL 得 $\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} + 1 = \frac{3}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} = 1.5 - j0.866 = 1.73\angle -30^\circ A$ (2 分)

$$(2) \quad P = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 = 1 \times 10 + 1 \times 20 = 30W \quad (2 \text{ 分})$$

$$(3) \quad \text{整个电路的功率因数} \quad \lambda = \cos \varphi = \cos 30^\circ = 0.866 \quad (2 \text{ 分})$$

六、本题满分为 10 分

【解】戴维宁等效电路如图所示。(2 分)

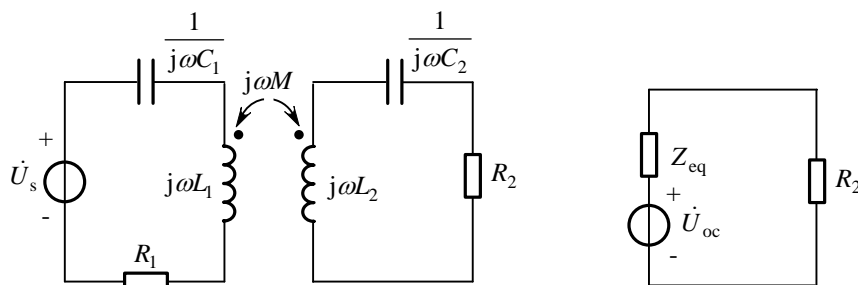


图6

其中，开路电压
$$\dot{U}_{oc} = j\omega M \frac{\dot{U}_s}{R_1 + j(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1})} = 20\angle 90^\circ V \quad (2 \text{ 分})$$

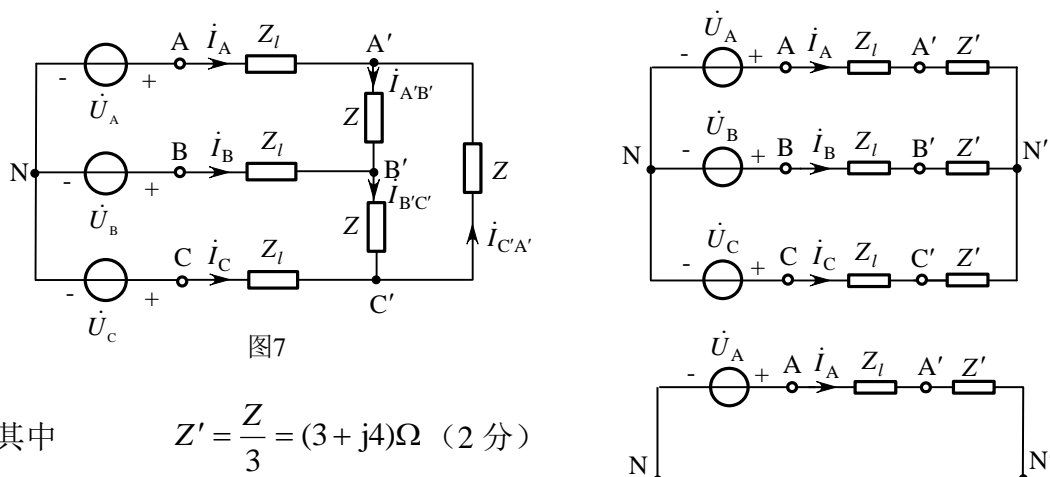
等效阻抗
$$Z_{eq} = (\omega M)^2 Y_{11} + j(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}) = (10^6 \times 0.02 \times 10^{-3})^2 \times \frac{1}{10} = 40\Omega \quad (2 \text{ 分})$$

当 $R_2 = Z_{eq}^* = R_{eq} = 40\Omega$ 时 (2 分)， R_2 将获得最大功率，其最大功率为

$$P_{max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}} = \frac{400}{4 \times 40} = 2.5W \quad (2 \text{ 分})$$

七、本题满分为 12 分

【解】将对称的 Y- Δ 电路等效变换为对称的 Y-Y 电路，如图所示。



其中 $Z' = \frac{Z}{3} = (3 + j4)\Omega$ (2 分)

$\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ \text{V}$ (2 分)，A 相等效电路如图所示。

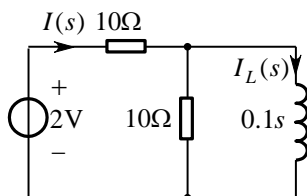
$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{AN}}{Z_l + Z'} = \frac{220\angle 0^\circ}{6 + j8} \text{A} = 22\angle -53^\circ \text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

根据对称性得 $\dot{I}_B = 22\angle -173^\circ \text{A}$ (2 分) $\dot{I}_C = 22\angle 67^\circ \text{A}$ (2 分)

$$P = \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi = (\sqrt{3} \times 380 \times 22 \times \cos 53^\circ) \text{W} = 8687.9 \text{W} \quad (2 \text{ 分})$$

八、本题满分为 9 分

【解】画出运算电路模型如图所示。(3 分)



根据运算形式的欧姆定律得

$$I(s) = \frac{2}{10 + 10 // 0.1s} = \frac{0.1s + 10}{s + 50} \quad (2 \text{ 分})$$

根据并联分流公式得 $I_L(s) = \frac{10}{10 + 0.1s} I(s) = \frac{10}{s + 50}$ (2 分)

进行拉氏反变换有 $i_L(t) = 10e^{-50t} \varepsilon(t) \text{A}$ (2 分)

参考答案及评分标准

五、填空题 (每空 1 分, 共 20 分)

- | | | | | |
|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| 1. -12 | 1 | 2. 7 | | |
| 3. $4\cos(2t + \frac{\pi}{3})\text{A}$ | | 4. 9 | 15 | 0.01 |
| 5. -30° | $10\angle -30^\circ$ | 6. $4\angle 45^\circ$ | $100\angle 45^\circ$ | $50\sqrt{2}$ |
| 7. 20 | 0 | 串联谐振 | $2\sqrt{2}\cos(314t)$ | |
| 8. 50 | 30 | | | |
| 9. 无功率损耗 | 1 | | | |

六、单项选择题 (每小题 2 分, 共 12 分)

1. D 2. D 3. B 4. A 5. B 6. C

三、本题满分为 9 分

【解】由图可得

$$I_3 = \frac{5}{5} = 1\text{A} \quad (1 \text{ 分})$$

根据 KCL 得

$$I_1 = 4 - I_3 = 4 - 1 = 3\text{A} \quad (1 \text{ 分})$$

$$I_4 = \frac{6}{4} = 1.5\text{A} \quad (1 \text{ 分})$$

根据 KCL 得

$$I_2 = 4 + I_4 = 4 + 1.5 = 5.5\text{A} \quad (1 \text{ 分})$$

$$U = 5 - 6 + 2 \times 4 = 7\text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

4A 电流源发出的功率 $P_1 = U \times 4 = 7 \times 4 = 28 \quad (1 \text{ 分})$

5V 电压源发出的功率 $P_2 = -5I_1 = -5\text{W} \quad (1 \text{ 分})$

6V 电压源发出的功率 $P_3 = 6I_2 = 6 \times 5.5 = 33\text{W} \quad (1 \text{ 分})$

四、本题满分为 8 分

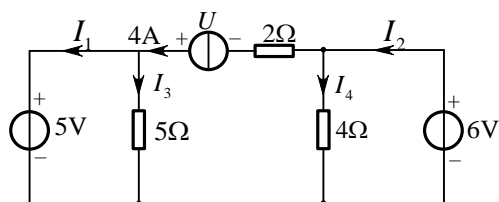
【解】

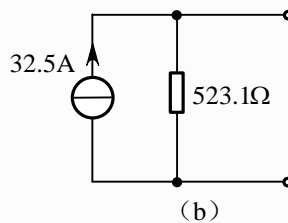
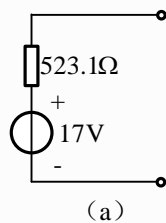
开路电压 $U_{oc} = 17\text{V} \quad (2 \text{ 分})$

短路电流 $I_{sc} = 32.5\text{A} \quad (2 \text{ 分})$

戴维宁等效电阻 $R_{eq} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}} = 523.1\Omega$

戴维宁等效电路和诺顿等效电路分别如图 (a) 和 (b) 所示 (4 分)。





五、本题满分为 11 分

【解】

各回路电流方程分别为

$$\begin{cases} I_{l1} = -I_s & (3 \text{ 分}) \\ (R_1 + R_2)I_{l1} + (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)I_{l2} - (R_2 + R_3)I_{l3} = 0 & (3 \text{ 分}) \\ -R_2I_{l1} - (R_2 + R_3)I_{l2} + (R_2 + R_3 + R_5)I_{l3} = U_s & (3 \text{ 分}) \end{cases}$$

代入数据并整理得

$$\begin{cases} I_{l1} = -5 \\ 7I_{l1} + 10I_{l2} - 5I_{l3} = 0 \\ -4I_{l1} - 5I_{l2} + 7I_{l3} = 6 \end{cases}$$

解得

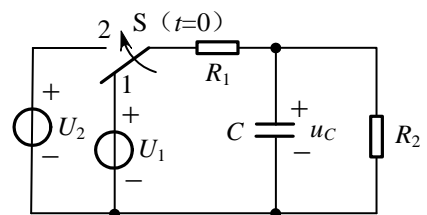
$$I_1 = -I_{l3} = \frac{7}{9} \approx -0.78\text{A} \quad (2 \text{ 分})$$

六、本题满分为 10 分

【解】(1) 确定 u_C 的初始值

$$u_C(0_+) = \frac{U_2 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 \times (2 \times 10^3)}{(1+2) \times 10^3} = \frac{10}{3} \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

确定 u_C 的稳态值



$$u_C(\infty) = \frac{U_{12} R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times (2 \times 10^3)}{(1+2) \times 10^3} = 2\text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

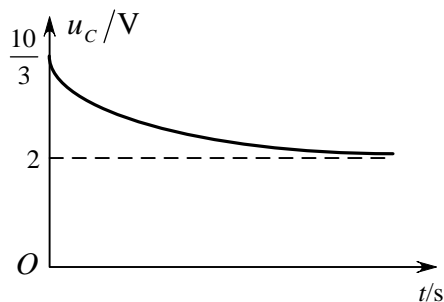
确定电路的时间常数

$$\tau = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C = \frac{1 \times 2}{1+2} \times 10^3 \times 3 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-3} \text{s} \quad (2 \text{ 分})$$

于是, 根据三要素公式得

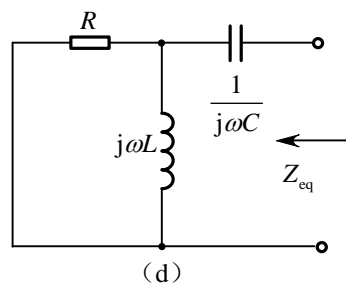
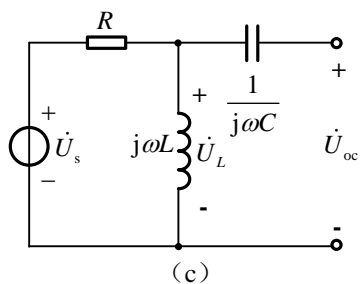
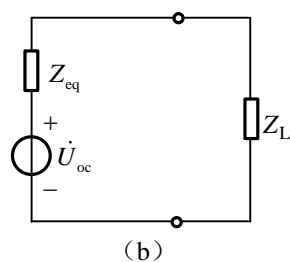
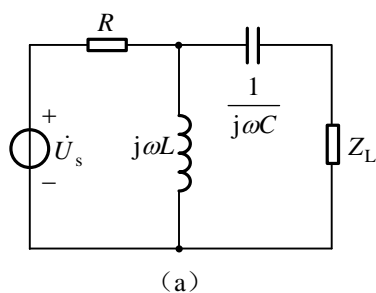
$$u_C = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)] e^{-\frac{t}{\tau}} = (2 + \frac{4}{3} e^{-500t}) \text{V} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) u_C 的变化曲线如图所示 (2 分)。



七、本题满分为 12 分

【解】



原电路的戴维宁等效电路参数为

开路电压

$$\dot{U}_{oc} = \dot{U}_L = \frac{j\omega L}{R + j\omega L} \dot{U}_s = \frac{j4}{4 + j4} \times 12\angle 0^\circ \text{V} = 6\sqrt{2}\angle 45^\circ \text{V} \quad (3 \text{ 分})$$

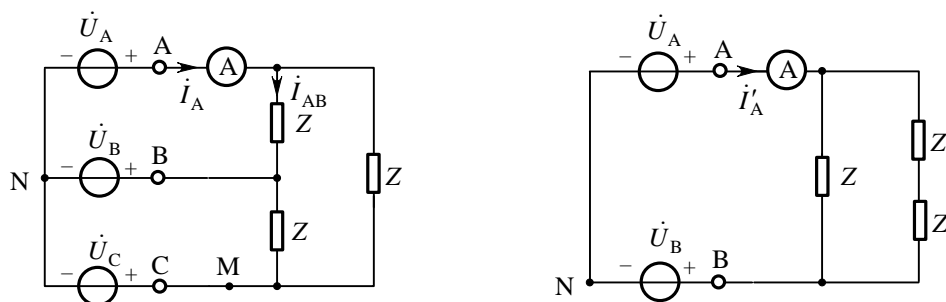
$$\text{等效阻抗: } Z_{eq} = \frac{1}{j\omega C} + R // j\omega L = -j4 + \frac{j16}{4 + j4} = 2 - j2 = 2\sqrt{2}\angle -45^\circ \Omega \quad (3 \text{ 分})$$

所以, 当 $Z_L = Z_{eq}^* = (2 + j2)\Omega$ (3 分) 时, 负载获得最大功率, 最大功率为

$$P = \frac{U_{oc}^2}{4R} = \frac{36 \times 2}{4 \times 2} = 9 \text{W} \quad (3 \text{ 分})$$

八、本题满分为 10 分

【解】 ①
$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z} = \frac{380\angle 30^\circ}{100\angle 53^\circ} \text{ A} = 3.8\angle -23^\circ \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$



$$I_A = \sqrt{3}I_{AB} \approx 6.58 \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

故电流表的读数为 6.58A。

三相负载消耗的总有功功率为

$$P = \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 6.58 \times 0.6 \approx 2599 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

②若将 C 端线断开，则三相电路将变为单相电路，如图所示。

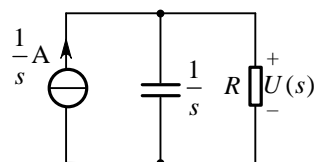
$$I'_A = \frac{3}{2} I_{AB'} = 1.5 \times 3.8 = 5.7 \text{ A} \quad (2 \text{ 分})$$

$$P' = U_{AB} I'_A \cos \varphi = 380 \times 5.7 \times 0.6 \approx 1299.6 \text{ W} \quad (2 \text{ 分})$$

八、本题满分为 8 分

【解】 运算电路如图所示。(2 分)

$$U(s) = \frac{\frac{1}{s}}{\frac{1}{s} + 1} = \frac{1}{s(s+1)} \quad (2 \text{ 分})$$



$$U(s) = \frac{1}{s(s+1)} = \frac{K_1}{s} + \frac{K_2}{s+1}$$

$$\text{其中 } K_1 = s \frac{1}{s(s+1)} \Big|_{s=0} = 1, \quad K_2 = (s+1) \frac{1}{s(s+1)} \Big|_{s=-1} = -1$$

$$U(s) = \frac{1}{s} - \frac{1}{s+1} \quad (2 \text{ 分})$$

进行拉氏反变换得原函数

$$u(t) = (1 - e^{-t}) \varepsilon(t) \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

参考答案及评分标准

七、填空题 (每空 1 分, 共 20 分)

1. 36W 54W 2. 100V 100 Ω 3. $(1-\mu)R_1$
4. 短路 开路 5. 0.01 100H
6. $50\sqrt{2}$ 1 50 7. 谐振 最小 最大
8. 3 H 1/2 9. 0.1 1
10. $\frac{3}{s-\alpha} + \frac{2}{s-1}$

二、单项选择题 (每小题 2 分, 共 12 分)

1. B 2. C 3. B 4. C 5. A 6. B

三、本题满分为 12 分

【解】(1) 根据结点电压法, 可得

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{4} + \frac{1}{3} \right) u_{n1} - \frac{1}{3} u_{n2} = 2 & (3 \text{ 分}) \\ -\frac{1}{3} u_{n1} + \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6} \right) u_{n2} = 7 & (3 \text{ 分}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{2}{3} u_{n1} - \frac{1}{3} u_{n2} = 2 \\ -\frac{1}{3} u_{n1} + \frac{1}{2} u_{n2} = 7 \end{cases}$$

$$u_{n1} = 15V \quad u_{n2} = 24V \quad (2 \text{ 分})$$

$$i_1 = 0.75A, \quad i_2 = 0A \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 最左边支路 12V 电压源发出功率

$$P_1 = 24 \times \frac{3}{4} = 18W \quad (1 \text{ 分})$$

中间支路 12V 电压源吸收功率

$$P_2 = 24 \times 0 = 0W \quad (1 \text{ 分})$$

电流源发出功率

$$P_3 = 24 \times 3 = 72W \quad (1 \text{ 分})$$

四、本题满分为 10 分

【解】本题求解方法较多, 根据同学们的解题方法, 步骤, 给分。

根据结点电压法, 可得

$$\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} \right) u_{n1} = 5 + 2 \quad (4 \text{ 分})$$

解得 $u_{n1} = 12.0\text{V}$ (2分)

从而 $I_1 = \frac{12 - 12}{6} = 0\text{A}$ (2分)

$$I_2 = \frac{12}{6} = 2\text{A} \quad (2\text{分})$$

五、本题满分为 12 分

【解】换路前初态为: $u_C(0^-) = u_C(0) = 2$ (2分)

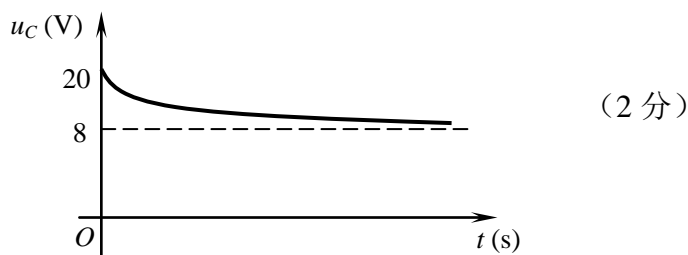
换路后 u_C 的稳态值: $u_C(\infty) = 12 \times \frac{6}{3+6} = 8$ (2分)

$$R_{eq} = R_1 // R_2 + R_3 = 3 // 4 + 8 = 10\text{k}\Omega \quad (2\text{分})$$

时间常数 $\tau = R_{eq}C = 10 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-6} = 1\text{s}$ (2分)

根据三要素公式 $u_C = u_C(\infty) + [u_C(0^-) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = 8 + 12e^{-t}\text{V}$ (2分)

② 如图所示。



六、本题满分为 14 分

【解】该电路的去耦等效电路如图所示。(3分)

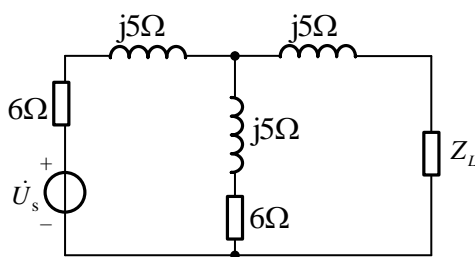


图6

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

戴维宁阻抗 (从 Z_L 向左看)

$$Z_{eq} = j5 + \frac{6+j5}{2} = 3 + j7.5 \quad (3 \text{ 分})$$

当 $Z_L = Z_{eq}^* = (3 - j7.5)\Omega$ 时, P 最大。 (2 分)

$$P_{\max} = \frac{U_{oc}^2}{4 \times R_{eq}} = \frac{6^2}{4 \times 3} = 3W \quad (3 \text{ 分})$$

七、本题满分为 12 分

【解】由 $\dot{U}_{AB} = 380\angle 30^\circ V$, 得

$$\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{因此, } \dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z} = \frac{220\angle 0^\circ}{40 + j30} = \frac{220\angle 0^\circ}{50\angle 36.9^\circ} = 4.4\angle -36.9^\circ A \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{I}_B \text{ 滞后 } \dot{I}_A 120^\circ, \quad \dot{I}_B = 4.4\angle (-36.9^\circ - 120^\circ) = 4.4\angle -156.9^\circ A \quad (2 \text{ 分})$$

$$\dot{I}_C \text{ 超前 } \dot{I}_A 120^\circ, \quad \dot{I}_C = 4.4\angle (-36.9^\circ + 120^\circ) = 4.4\angle 83.1^\circ A \quad (2 \text{ 分})$$

$$P = 3UI \cos \varphi = 3 \times 220 \times 4.4 \cos 36.9^\circ = 2323.2W \quad (4 \text{ 分})$$

八、本题满分为 8 分

$$U(s) = \frac{s}{s^2 + 3s + 2} = \frac{s}{(s+1)(s+2)} \quad (2 \text{ 分})$$

$$U(s) = \frac{k_1}{(s+1)} + \frac{k_2}{(s+2)} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{通过部分分式展开法, 得 } U(s) = \frac{-1}{(s+1)} + \frac{2}{(s+2)} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{进行拉氏反变换有 } u(t) = -e^{-t} + 2e^{-2t} V \quad (2 \text{ 分})$$