2005年硕士研究生《电路》试题答案

一、解：结点电位方程为

$$\begin{cases} u_{n1}=4 \\ u_{n2}=I_1 \\ -u_{n1}-2u_{n2}+(1+2+1)u_{n3}=-2-2 \end{cases}$$

又 $I_1=u_{n1}-u_{n2}$

$\therefore u_{n1}=4^V,\quad u_{n2}=2^V,\quad u_{n3}=1^V$

流过受控电流源的电流为 $I_1+2+2(u_{n3}-u_{n2})=2^A$

受控电流源的功率为 $P=u_{n2}\times 2=\underline{4^W}$（吸收功率）

二、解：(1) 1-1′端口开路，即 V_S 单独作用，$I_1'=0$，$I_2'=\frac{16}{12}=\frac{4}{3}A$，$V_2'=12^V$

(2) 2-2′端口短路，即 I_S 单独作用，$I_1''=2^A$，$I_2''=-0.5^A$，$V_1''=\frac{16}{2}=8^V$，$V_2''=0$

(3) 根据互易定理，应有

$V_1'I_1''+V_2'I_2''=V_1''I_1'+V_2''I_2' \Rightarrow V_1'\times 2+12\times(-0.5)=8\times 0+0\times\frac{4}{3}$

$\therefore V_1'=3^V$

(4) V_S、I_S 共同作用时，应有

$V_1=V_1'+V_1''=3+8=11^V,\quad V_2=V_2'+V_2''=12^V$

$I_1=I_1'+I_1''=2^A,\quad I_2=I_2'+I_2''=\frac{4}{3}-0.5=\frac{5}{6}A$

则 V_S 发出的功率 $P_{V_S}=-V_S\times I_2=-12\times\frac{5}{6}=\underline{-10W}$（发出）

I_S 发出的功率 $P_{I_S}=-V_1\times I_S=-11\times 2=\underline{-22^W}$（发出）

三、解：(1) 因为 $P_1=P_2=P_3=250^W$，$R_1=R_2=R_3=R$，

又 $P_1=I_1^2R_1=I_1^2R$，$P_2=I_2^2R_2=I_2^2R$，$P_3=I_3^2R_3=I_3^2R$

所以 $I_1=I_2=I_3=I$

(2) 设 $\dot{U}_2=U_2\angle 0^\circ V$（并联部分电压），则 $\dot{I}_1=I_1\angle\varphi_1$，$\dot{I}_2=I_2\angle\varphi_2$，$\dot{I}_3=I_3\angle\varphi_3$

因 $I_1=I_2=I_3=I$，故 $\dot{I}_1$、$\dot{I}_2$、$\dot{I}_3$ 构成等边三角形，即

$\varphi_2=-60^\circ,\quad \varphi_3=60^\circ,\quad \varphi_1=0^\circ$

$\dot{I}_1=I\angle 0^\circ A,\quad \dot{I}_2=I\angle -60^\circ A,\quad \dot{I}_3=I\angle 60^\circ A$

(3) 因 $\dot{U}_1=R_1\dot{I}_1+\dot{U}_2=RI\angle 0^\circ+U_2\angle 0^\circ$ 故 $U_1=RI+U_2$

由 $tg(-\varphi_2)=\frac{X_L}{R_2}=\sqrt{3} \Rightarrow X_L=\sqrt{3}R_2=\sqrt{3}R$

$tg(-\varphi_3)=\frac{-X_C}{R_3}=\sqrt{3} \Rightarrow X_C=\sqrt{3}R_3=\sqrt{3}R$

又 $U_2=I\sqrt{R^2+X_L^2}=2RI$

故 $V_1 = RI + 2RI = 3RI$ $\Rightarrow RI = 50^V$

再由 $P_1 = I^2R = 250^W$ $\Rightarrow I = 5^A$, $R = 10^\Omega$

∴ (1) 电阻 $R_1 = R_2 = R_3 = R = 10^\Omega$

(2) 电压 $V_2 = 2RI = 100^V$

(3) 感阻抗 $X_L = X_C = \sqrt{3}R = 10\sqrt{3}\ \Omega$

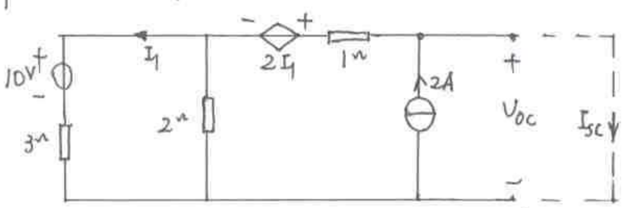
四、解：利用结点电压法，则结点电压方程为

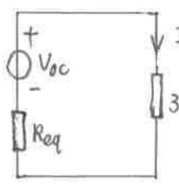
$$\begin{cases}(\frac{1}{3}+\frac{1}{2}+1)u_{n1} - u_{n2} = \frac{10}{3} - 2I_1 \\ -u_{n1} + (1+\frac{1}{3})u_{n2} = 2 + 2I_1\end{cases}$$

又 $I_1 = \frac{u_{n1}-10}{3}$

∴ $u_{n1} = 5.2V$, $u_{n2} = 3V$, $I_2 = 1^A$

另解：利用戴维南定理，将左边电路等效.





$V_{oc} = 2 + 2I_1 + 10 + 3I_1 = 12 + 5I_1 = 12 + 5\times(-\frac{6}{5}) = 6^V$

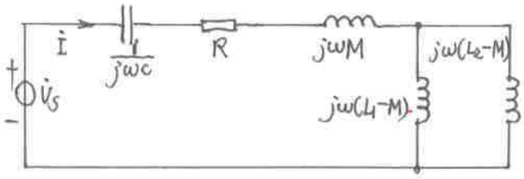
其中 $I_1 = -\frac{10}{3+2} + \frac{2}{3+2}\times 2 = -\frac{6}{5}A$

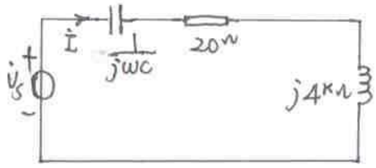
$I_{sc} = 2^A$

$R_{eq} = V_{oc}/I_{sc} = 6/2 = 3\Omega$ （也可采用外加电源的方法求取）

$I_2 = \frac{V_{oc}}{R_{eq}+3} = 1^A$

五、解：原电路去耦等效后的相量模型为下左图.





欲使等效化简后的相量模型(右上图)中 $\dot{U}_s$ 和 $\dot{I}$ 同相，则应有

$j4^k + \frac{1}{j\omega C} = 0$ ∴ $C = \frac{1}{4^k\cdot\omega} = 0.25\mu F$

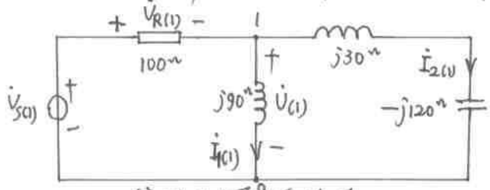
且 $\dot{I} = \frac{\dot{U}_s}{R} = \frac{\frac{100}{\sqrt{2}}\angle 0^\circ}{20} = \frac{5}{\sqrt{2}}\angle 0^\circ\ A$

$i = 5\cos 10^3 t\ A$

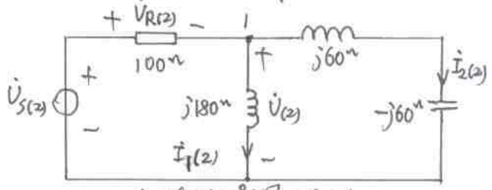
六、解：(1) 直流作用，$U_{S(0)}=100V$，则

$I_{2(0)}=0$，$I_{1(0)}=\frac{U_{S(0)}}{R}=1A$，$U_{R(0)}=U_{S(0)}=100V$，$U_{(0)}=0$

(2) 基波作用，$\dot{U}_{S(1)}=\frac{180}{\sqrt{2}}\angle 0^\circ V$，等效相量模型如左下图所示。



基波相量模型图



二次谐波相量模型

由于 $Y_{10(1)}=0$，右边部分发生并联谐振，相当于开路

$\dot{U}_{R(1)}=0$，$\dot{U}_{(1)}=\dot{U}_{S(1)}=\frac{180}{\sqrt{2}}\angle 0^\circ V$；$\dot{I}_{1(1)}=\frac{\dot{U}_{(1)}}{j90}=\sqrt{2}\angle -90^\circ A$，$\dot{I}_{2(1)}=\frac{\dot{U}_{(1)}}{-j90}=\sqrt{2}\angle 90^\circ A$

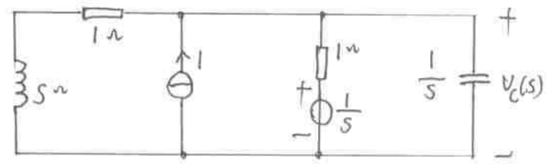
(3) 二次谐波作用，$\dot{U}_{S(2)}=\frac{50}{\sqrt{2}}\angle 0^\circ V$，等效相量模型如右上图所示。

由于 $Z_{10(2)}=0$，右边部分发生串联谐振，相当于短路。

$\dot{U}_{(2)}=0$，$\dot{I}_{1(2)}=0$，$\dot{U}_{R(2)}=\dot{U}_{S(2)}=\frac{50}{\sqrt{2}}\angle 0^\circ V$；$\dot{I}_{2(2)}=\frac{\dot{U}_{S(2)}}{100}=\frac{1}{2\sqrt{2}}\angle 0^\circ A$

$$\therefore\begin{cases}u_R(t)=100+50\cos 2\omega_1 t\ V\\ u(t)=180\cos\omega_1 t\ V\\ i_1(t)=1+2\cos(\omega_1 t-90^\circ)\ A\\ i_2(t)=2\cos(\omega_1 t+90)+0.5\cos 2\omega_1 t\ A\end{cases}$$

七、解：运算电路为右图，则



$$\left(\frac{1}{1+s}+1+s\right)V_C(s)=1+\frac{1}{s}$$

$$V_C(s)=\frac{(s+1)^2}{[(s+1)^2+1]s}=\frac{k_1}{s}+\frac{k_2}{s+1-j}+\frac{k_3}{s+1+j}=\frac{0.5}{s}+\frac{\frac{\sqrt{2}}{4}\angle -45^\circ}{s+1-j}+\frac{\frac{\sqrt{2}}{4}\angle 45^\circ}{s+1+j}$$

其中 $k_1=\left.\frac{s^2+2s+1}{3s^2+4s+2}\right|_{s=0}=\frac{1}{2}$

$k_2=\left.\frac{s^2+2s+1}{3s^2+4s+2}\right|_{s=-1+j}=\frac{\sqrt{2}}{4}\angle -45^\circ$

$k_3=\frac{\sqrt{2}}{4}\angle 45^\circ$

$$\therefore u_C(t)=L^{-1}[V_C(s)]=0.5+\frac{\sqrt{2}}{2}e^{-t}\cos(t-45^\circ)\ V$$

八、解：(1) 图(a)中，$u_0(t)=\frac{5}{8}-\frac{1}{8}e^{-8t}=u_0(\infty)+[u_0(0+)-u_0(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$

$\therefore u_0(\infty)=\frac{5}{8}V$，$u_0(0+)=\frac{1}{2}V$，$\tau=L/R_{eq}=\frac{1}{8}\Rightarrow R_{eq}=8L=4\Omega$

(2) 图(b)中，$u_0'(t)=u_0'(\infty)+[u_0'(0+)-u_0'(\infty)]e^{-t/\tau'}$

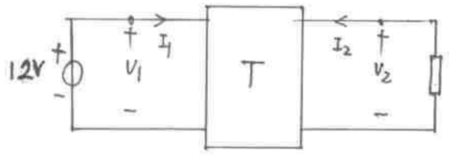
因图(a)中的初始状态等同于图(b)中的稳定状态，同理，图(b)中的稳定状态等同于图(a)中初始状态，则有

$u_o'(\infty)=u_o(0+)=\frac{1}{2}V$, $u_o'(0+)=u_o(\infty)=\frac{5}{8}V$, $\tau'=R_{eq}\cdot C=4\times 0.05=0.2S$.

$\therefore u_o'(t)=\frac{1}{2}+(\frac{5}{8}-\frac{1}{2})e^{-t/0.2}=\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{8}e^{-5t}\right)\varepsilon(t)\ V$

九、解：此利用断二端口的级联，原电路可等效为下图，其中传输参数矩阵

$$T=\begin{bmatrix}1&2\\0&1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}2&7\\0.5&2.5\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}3&12\\0.5&2.5\end{bmatrix}$$



传输参数方程为 $\begin{cases}V_1=3V_2-12I_2\\ I_1=0.5V_2-2.5I_2\end{cases}$

(2) 求 R_2 左边部分的戴维南等效电路，如右上图所示。

开路电压 U_{OC} 为 $I_2=0$ 时的电压 V_2，即 $U_{OC}=V_2=\frac{V_1}{3}=4V$

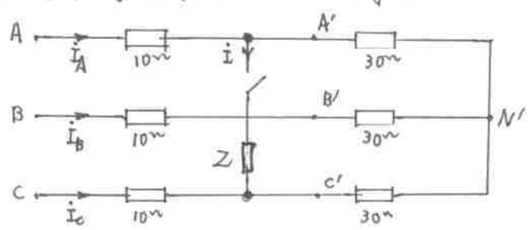
短路电流 I_{SC} 为 $V_2=0$ 时的电流 $(-I_2)$，即 $I_{SC}=-I_2=1.0A$

$\therefore R_{eq}=U_{OC}/I_{SC}=4\Omega$.

(3) 当 $R_2=R_{eq}=4\Omega$ 时，R_2 获得最大功率，此最大功率为

$$P_{max}=\frac{U_{OC}^2}{4R_{eq}}=\frac{4^2}{4\times 4}=1W$$

十、解：将Δ形连接的负载转换为Y形连接，则原等效电路如下图所示



(1) 开关打开时，三相电路对称，则

$\dot{I}_A=\frac{\dot{U}_A}{10+30}=\frac{220\angle -30^\circ}{40}=5.5\angle -30^\circ A$

$\Rightarrow \dot{I}_B=5.5\angle -150^\circ A$, $\dot{I}_C=5.5\angle 90^\circ A$

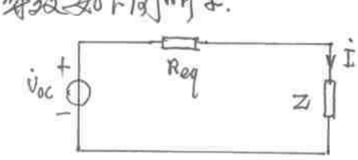
负载端线电压为

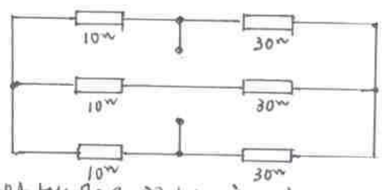
$\dot{U}_{A'B'}=\sqrt{3}\dot{U}_{A'N'}\angle 30^\circ=\sqrt{3}\times 30\times \dot{I}_A\angle 30^\circ$

$=165\sqrt{3}\angle 0^\circ V$

$\Rightarrow \dot{U}_{B'C'}=165\sqrt{3}\angle -120^\circ V$, $\dot{U}_{C'A'}=165\sqrt{3}\angle 120^\circ V$.

(2) 开关闭合时，因只需求Z支路的电流，可将电路的其余部分作戴维南等效，如下图所示。





其中 $\dot{U}_{OC}=\dot{U}_{A'C'}=-\dot{U}_{C'A'}=165\sqrt{3}\angle -60^\circ V$（开路电压即为线电压 $\dot{U}_{A'C'}$）

$R_{eq}=(30+30)//(10+10)=15\Omega$（右上图满足电桥平衡条件，B线看作开路）

$$\therefore \dot{I}=\frac{\dot{U}_{A'C'}}{R_{eq}+Z}=\frac{165\sqrt{3}\angle -60^\circ}{15+15+j40}=\frac{165\sqrt{3}\angle -60^\circ}{50\angle 53.1^\circ}=3.3\sqrt{3}\angle -113.1^\circ\ A$$