中南大学

2003年研究生入学考试试题

考试科目：电路理论　　　　考试科目代码：440

注意：所有答案（含选择题、填空题、判断题、作图题等）一律答在中南大学答题纸上；写在试题纸上或其他地点一律不给分。作图题可以在原试题图上作答，然后将"图"撕下来贴在答题纸上相应位置。

一、计算下列各题（每小题 8 分，共 32 分）

1-1　试求图 1-1 所示电路的输入电阻 R_{ab}。

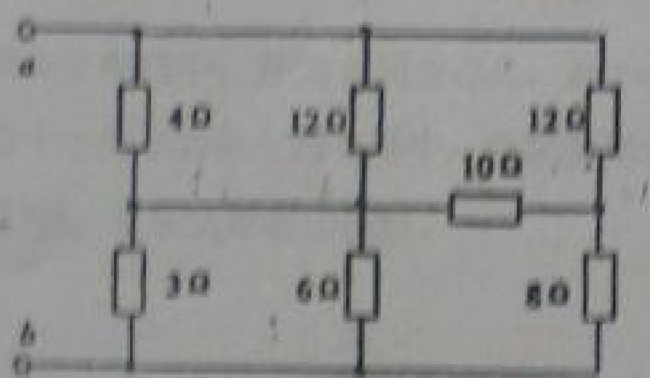


图 1-1

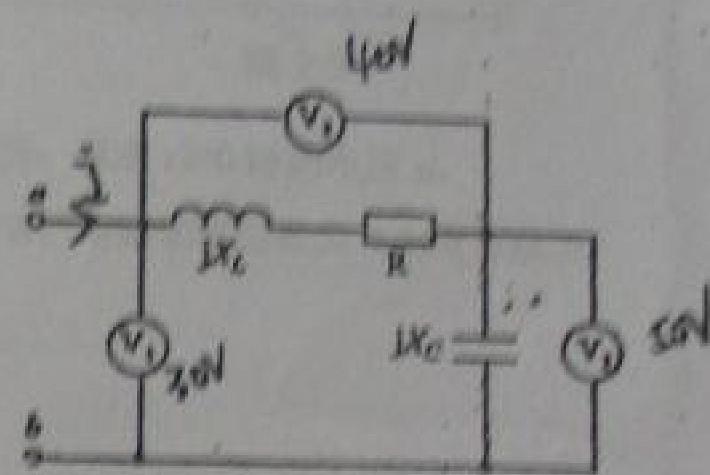


图 1-2

1-2　图 1-2 所示正弦稳态电路中，电压表 1 的读数为 30V，电压表 2 的读数为 40V，电压表 3 的读数为 50V。试求正弦稳态电路的功率因数。

1-3　电阻电路如图 1-3，试求支路电压 u_x。

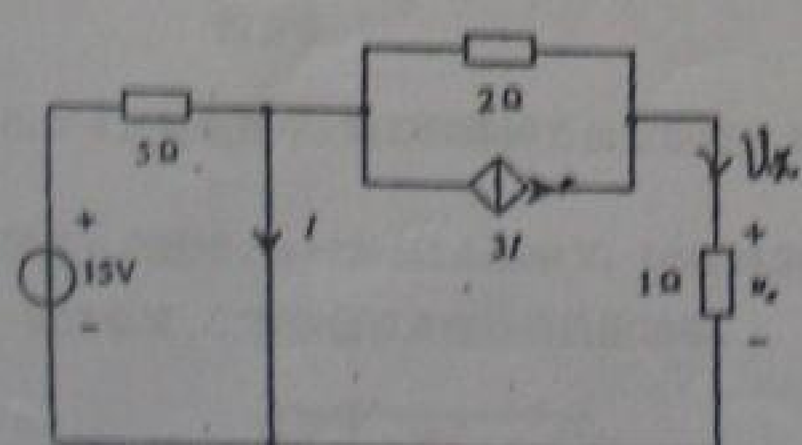


图 1-3

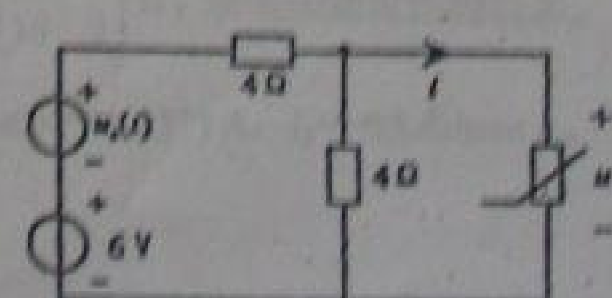


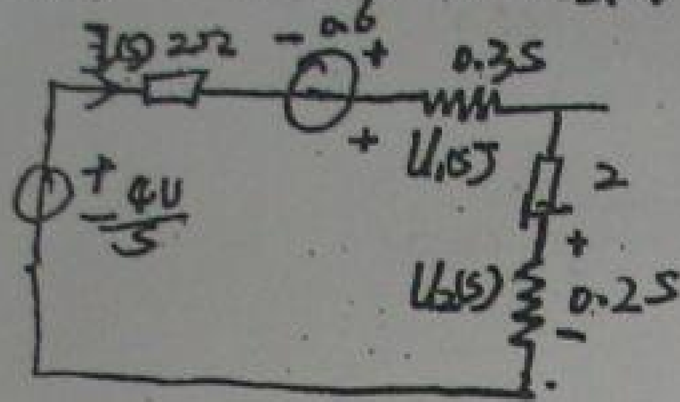
图 1-4

1-4　图 1-4 所示非线性电路中，已知非线性电阻的伏安特性为 $u=i^2$ ($i>0$A)，小信号电压 $u_s(t)=160\cos 314t$ mV，试用小信号分析方法求电流 i。

二、解：由图知 $i_{L_1}(0_-)=\frac{4}{2}=2A$，$i_{L_2}(0_-)=0$

$L_1 i_{L_1}=0.3\times2=0.6V$

原图之拉斯变换图为



$$\therefore \frac{4}{S}=I(S)\cdot[2+0.3S+0.2S]-0.6=I(S)\cdot(2+0.5S)-0.6$$

$$\therefore I(S)=\frac{4+0.6S}{(2+0.5S)S}$$

$$U_1(S)=0.3S\cdot I(S)=\frac{0.3S\cdot(4+0.6S)}{(2+0.5S)S}=\frac{(4+0.6S)\times0.3}{2+0.5S}=0.36+\cdots$$

$$U_2(S)=0.2S\cdot I(S)=\frac{0.2S(4+0.6S)}{(2+0.5S)S}=\frac{(4+0.6S)\times0.2}{2+0.5S}=0.24+\cdots$$

令 $D(S)=2S+0.5S^2$，令 $D(S)=0$，$p_1=0$，$p_2=-4$

$$K_1=\frac{N(S)}{D'(S)}=\frac{4+0.6S}{2+S}\Big|_{S=0}=2.$$

$$K_2=\frac{N(S)}{D'(S)}=\frac{4+0.6S}{2+S}\Big|_{S=-4}=-0.8$$

$$i(t)=2-0.8e^{-4t}$$

$$U_1(S)=0.36+\frac{0.96}{S+4}$$

$$U_2(S)=0.24+\frac{0.64}{S+4}.$$

$$\therefore U_1(t)=0.36+0.96e^{-4t}$$

$$U_2(t)=0.24+0.64e^{-4t}.$$

二、计算下列各题（每小题 10 分，共 50 分）

2-1　图 2-1 所示直流电路中，当电流 $I_L=2A$ 时，负载电阻 R_L 消耗的功率最大，试求 U_S。

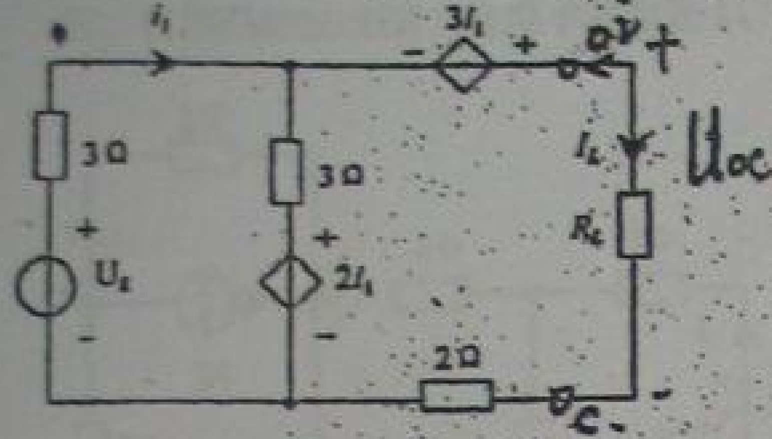


图 2-1

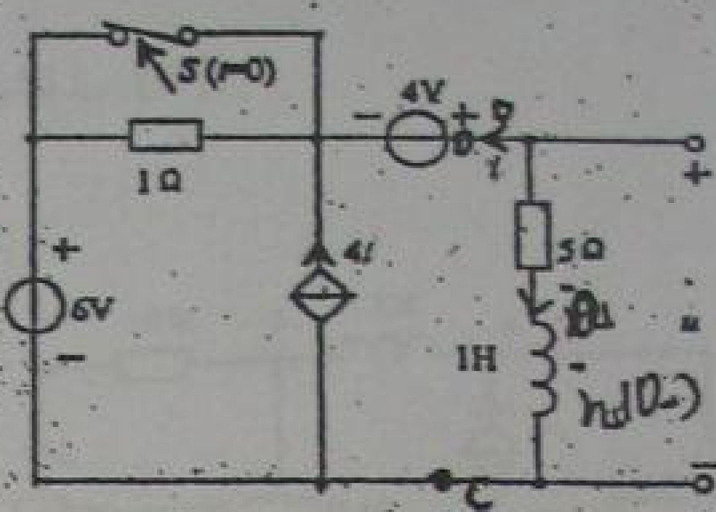


图 2-2

2-2　图 2-2 电路中，开关 S 闭合已久，在 $t=0$ 时 S 断开，试求 $t\geq 0$ 时的电压 u。

2-3　图 2-3 所示对称三相电路中，负载消耗功率为 3kW，电路功率因数为 0.866(负载为感性)，试求功率表的读数。

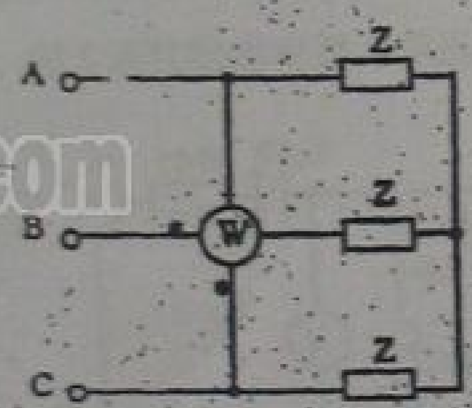


图 2-3

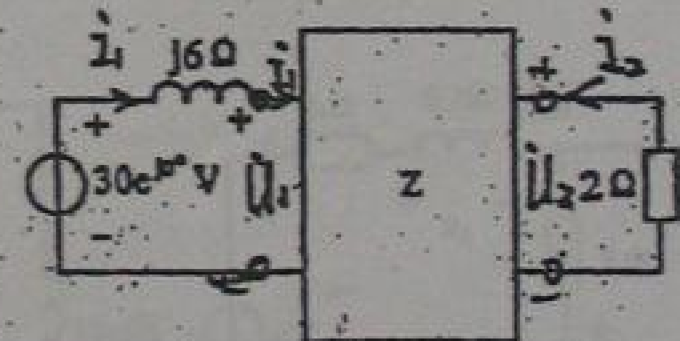


图 2-4

2-4　图 2-4 正弦电路中，双口网络的 Z 参数矩阵为 $Z=\begin{bmatrix}20 & 6\\ 10 & 3\end{bmatrix}\Omega$，求电压源发出的功率。

2-5　图 2-5 电路中，$u=12+141.4\cos\omega t$ V，$i_1=4+28.28\cos(\omega t-53.13°)$ A，$i_2=-35.4\sin\omega t$ A，试求电流 i 的有效值以及电路消耗的功率。

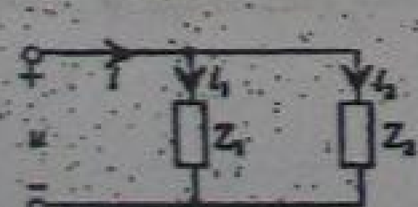


图 2-5

三、试用回路法求图3电路中的电流 i_1、i_2 和 i_3。(18分)

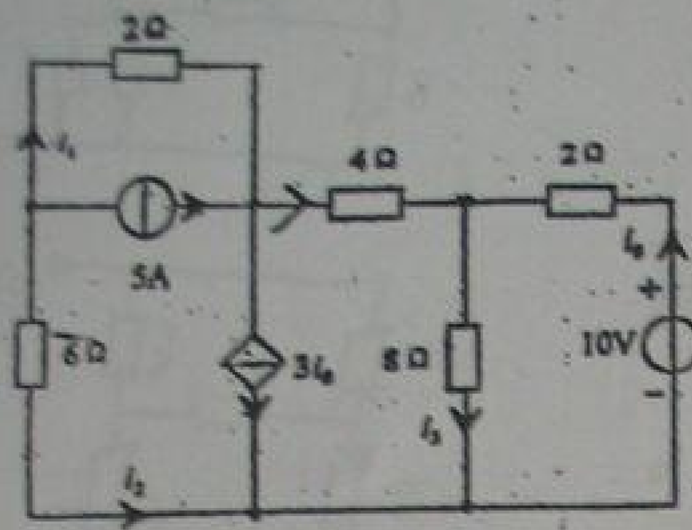


图3

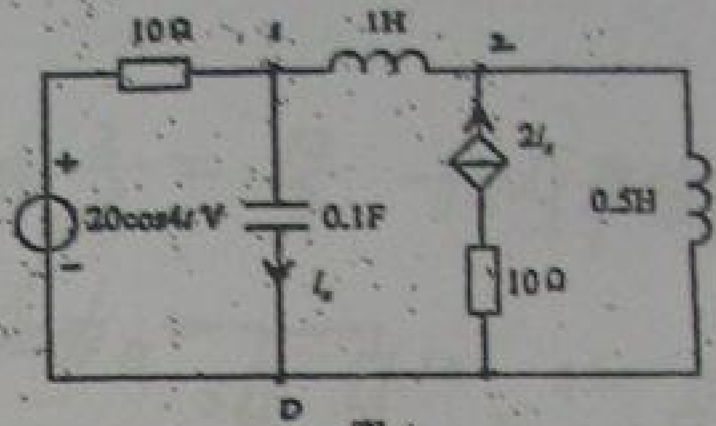


图4

四、试用结点法求图4正弦稳态电路中的电流 i_c。(16分)

五、图5正弦稳态电路，电压表读数为100V，功率表读数为1000W，求电压 $u_s(t)$。(18分)

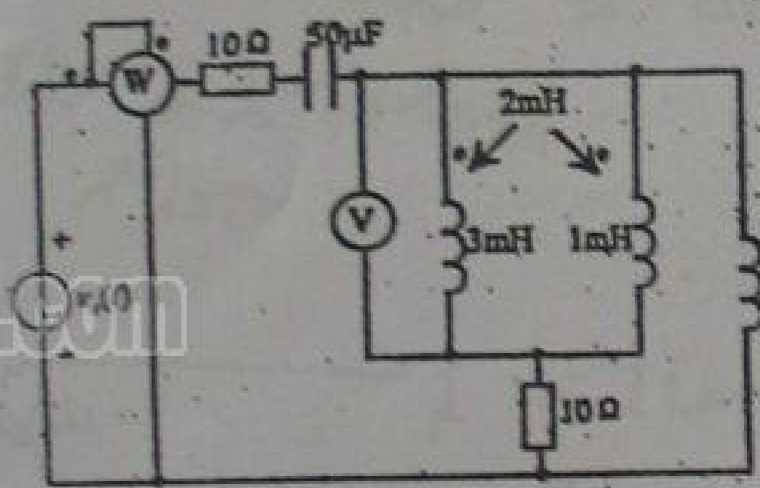


图5

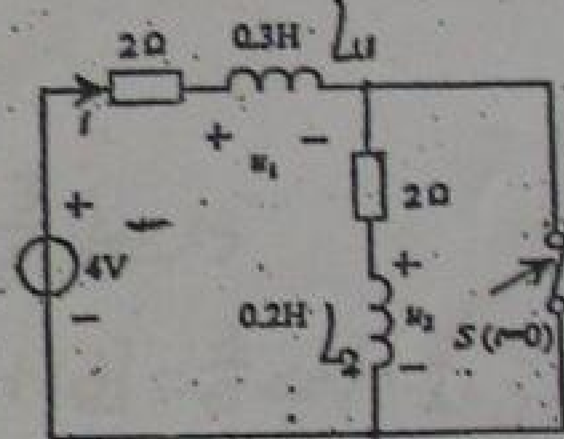
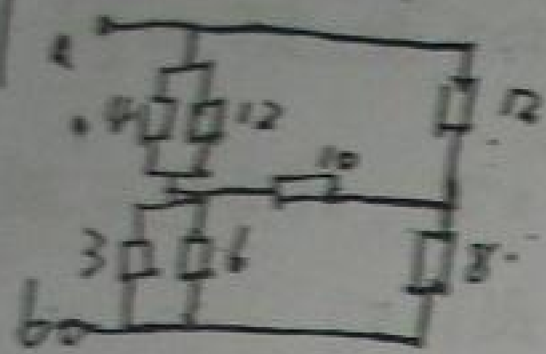


图6

六、图6所示电路中，开关 S 在 $t=0$ 时打开，打开之前电路处于稳态，试用运算法求 $t\geq0$ 时的电感电压 u_1 和 u_2 以及电路电流 i。(16分)

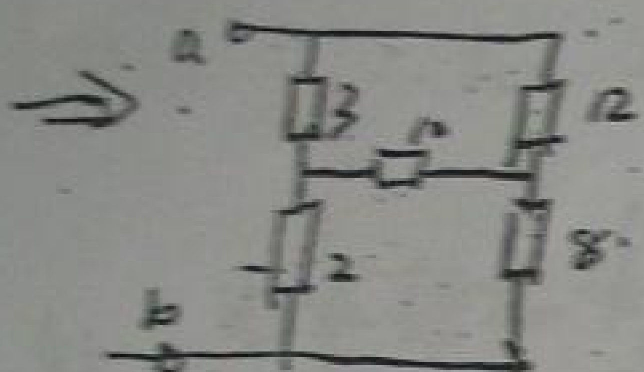
中南大学
2003年试题.

1. 解：原图可看为



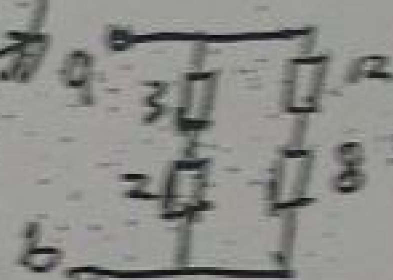
其中 $R_1 = \frac{4\times12}{4+12} = 3$

$R_2 = \frac{6\times3}{6+3} = 2$

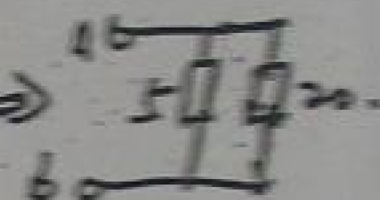


因为 $\frac{3}{2} = \frac{12}{8}$，构成平衡电桥.

可看为

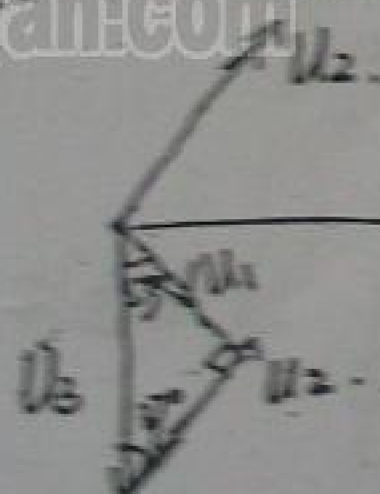


$\Rightarrow$



$\therefore R_{ab} = \frac{5\times20}{5+20} = \frac{100}{25} = 4\Omega$.

2. 解 由已知 画出相量图.



$\therefore \dot{U}_1 = \frac{3}{5}\dot{U}_s\angle53°$

$\therefore \dot{I}[R+j(X_L+X_C)] = \frac{3}{5}\angle53°\cdot\dot{I}\cdot(-jX_C)$.

$R+j(X_L+X_C) = \frac{3}{5}\cdot(-jX_C)(0.6+j0.8)$

$R+j(X_L+X_C) = j0.36X_C - 0.48X_C$.

$\therefore$ 有 $\begin{cases} R = -0.48X_C \\ X_L+X_C = 0.36X_C \end{cases}$

$\therefore$ 功率因数 $\lambda = \cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{(X_L+X_C)^2+R^2}} = \frac{-0.48X_C}{\sqrt{0.48^2X_C^2+0.36^2X_C^2}}$

$= \frac{-0.48X_C}{-0.6X_C} = 0.8$.

解：由图可知，流过 1Ω 电阻的电流为 $\frac{U_x}{1}=U_x$ A.

所以流过 2Ω 电阻的电流为 U_x-3I

所以流过 5Ω 电阻的电流为 U_x+I

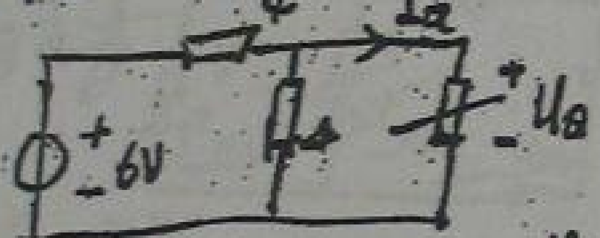
故可列方程得，$15=5\times(U_x+I)$

$$\left.\begin{array}{l}15=5\times(U_x+I)\\ 2\times(U_x-3I)+U_x=0\end{array}\right\}\Rightarrow 3U_x=6.$$

$\therefore U_x=2V$

先求静态解.

解：图为

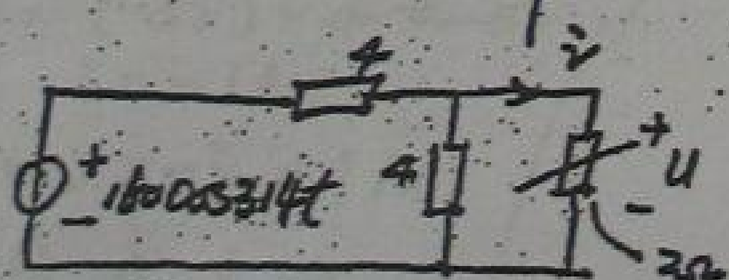


列方程 $6=4\times(I_Q+\frac{U_Q}{4})+U_Q.$

$\therefore 3=2I_Q+U_Q.$

$\therefore U_Q=I_Q^2$ 代入解得 $I_Q=1A$ or $I_Q=-3A$（舍去）

动态图为.



$u=i^2\Rightarrow R_d=\frac{du}{di}=2i\big|_{i=I_Q}=2\Omega$

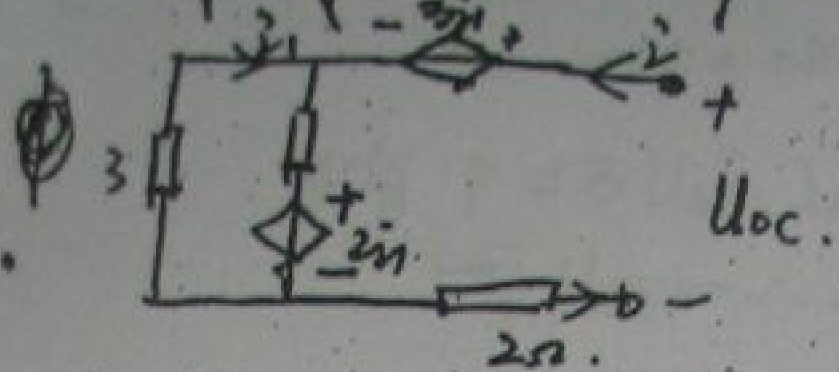
$\therefore u=\frac{\cancel{4\times2}}{4+\frac{4\times2}{4+2}}\times160\cos314t=\frac{1}{4}\times160\cos314t=40\cos314t$

$\therefore$

$i_x=\frac{u}{R_d}=20\cos314t$

$\therefore i=i_x+i_Q=1+20\cos314t$

2.1 解、原图作戴维南等效，如下



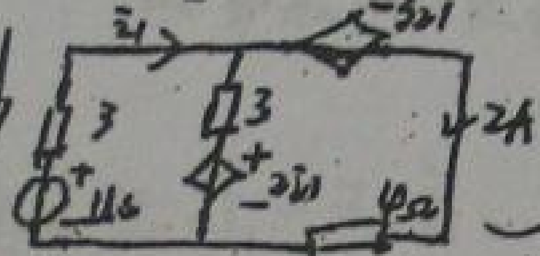
∴ $U_{oc}=3i_1-3i_1+2i$.

∴ $R_{eq}=\frac{U_{oc}}{i}=2\Omega$.

当 $I_L=2A$ 时 R_L 消耗功率最大，

此时应有 $R_L=R_{eq}=2\Omega$.

所以原图变为



∴ $U_s=3i_1-3i_1+2\times4=8$

∴ $U_s=8V$.

2. 解：由三要素法知

$i_L(0_-)=\frac{6+4}{5}=2A=i_L(0_+)$

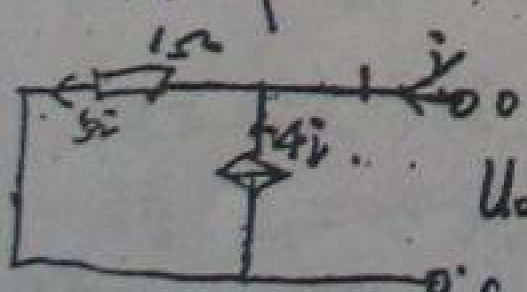
S打开后，稳定后有

$6=1\times(-5i)-4-5i$

∴ $i=-1A$.

又 $i_L(\infty)=-i=1A$.

原图作戴维南等效.



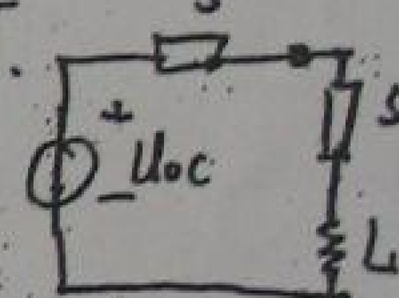
∴ $U_{oc}=5i\times1$

∴ $\frac{U_{oc}}{i}=5=R_{eq}$.

$i_{sc}=2$.

∴ $U_{oc}=R_{eq}\cdot i_{sc}=10V$.

故有



$\tau=\frac{L}{R}=\frac{1}{10}$.

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

$=1+(2-1)e^{-10t}$

$=1+e^{-10t}$

$\cancel{u=L\frac{di_L}{dt}=1\times(-10)e^{-10t}=-10e^{-10t}}$

∴ $u=5+5e^{-10t}+L\frac{di_L}{dt}$

$=5+5e^{-10t}-10e^{-10t}$

$=5-5e^{-10t}$ (V)

2-3. 解：由已知，功率表读数 $P = \mathrm{Re}[\dot{U}_{BA} \cdot \dot{I}_B^*] = U_{BA} \cdot I_B \cos(\varphi - 30^\circ)$

又 $\cos\varphi = 0.866$ ∴ $\varphi = 30^\circ$.

且有 $P = 3U_{AN} \cdot I_A \cdot \cos\varphi$.

~~$I_B U_{BA}$~~ ∴ $3 \times 10^3 = 3 \times U_{AN} \cdot I_A \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$.

∴ $U_{AN} \cdot I_A = \frac{2000}{\sqrt{3}}$

∴ ∵ $U_{BA} \cdot I_A = \sqrt{3}\, U_{AN} \cdot I_A = 2000$

∴ $P = U_{BA} \cdot I_A \cdot \cos(30^\circ - 30^\circ) = 2000\,W$.

∴ 功率表的读数为 2000W.

4. 解：由已知 $\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11} \cdot \dot{I}_1 + Z_{12} \cdot \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21} \dot{I}_1 + Z_{22} \dot{I}_2 \end{cases}$

由已知 $Z = \begin{bmatrix} 20 & 6 \\ 10 & 3 \end{bmatrix} \Omega$.

$\begin{cases} \dot{U}_1 = 20\dot{I}_1 + 6\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = 10\dot{I}_1 + 3\dot{I}_2 \end{cases}$

由图可知，$30 = \dot{I}_1 j6 + \dot{U}_1$

$\dot{U}_2 = -2\dot{I}_2$

联立上述方程.

得，$\dot{I}_1 = 2.4 - j1.8$

$\dot{U} = 30e^{j0^\circ}\,V$

∴ 电压源发出功率 $S = 30\dot{I}_1^*$ ~~$(720 - j540)$ VA~~

$30 \times 2.4 = 72W$.

5. 解：由图知 $i = i_1 + i_2 = 4 + 20\sqrt{2}\cos(\omega t - 53.13^\circ) - 35.4\sin\omega t$

$= 4 + 20\sqrt{2}[\cos\omega t \cdot \cos 53.13^\circ + \sin\omega t \cdot \sin 53.13^\circ] - \cdots$

$= 4 + 20\sqrt{2}(0.6\cos\omega t + 0.8\sin\omega t) - 35.4\sin\omega t$

$= 4 + 16.968\cos\omega t + 22.624\sin\omega t - 35.4\sin\omega t$

$= 4 + 16.968\cos\omega t - 12.8\sin\omega t$

$= 4 + \sqrt{16.968^2 + 12.8^2}\cos(\omega t + 37^\circ)$

$= 4 + 21.25\cos(\omega t + 37.03^\circ)$

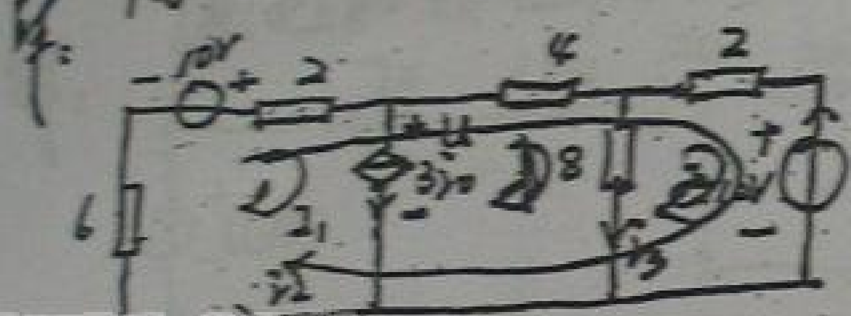
$\therefore I = \sqrt{4^2 + \frac{21.25^2}{2}} = \sqrt{241.875} = 15.55A$

电路消耗的功率 $P_1 = UI_1 = 12 \times 4 = 48W$.

$\because R = \frac{12}{4} = 3\Omega$. $\therefore$ 当 i_2 时. $I_2 = \frac{35.4}{\sqrt{2}} = 20A$.

$P_2 = 20^2 \times 3 = 1200W$. $\therefore P = P_1 + P_2 = 12$

6. 解：原电路图可变为



~~$(6+2)i_2 = 10-11.$~~

$$\begin{cases}(2+4+2+6)I_1 + 2I_2 = 10-10 \\ 2I_1 + (2+2)I_2 = -10\end{cases}$$

解之得. $I_1 = \frac{5}{34}$, $I_2 = -\frac{35}{34}$

$i_2 = -I_1 = -\frac{5}{34}A$

$i_3 = -I_2 = \frac{35}{34}A$.

由原图可得.

$i_1 + 5 = 3i_0 + i_3 - i_0$.

$\therefore i_1 = 2i_0 + i_3 - 5$

又 $i_0 = -(I_1 + I_2) = \frac{30}{34} = \frac{5}{17}$

$\therefore i_1 = \frac{10}{17} + \frac{35}{34} - 5 = \frac{115}{34}A$

解：由节点法列方程组.

$$\begin{cases}\left(\frac{1}{10}+j\omega C+\frac{1}{j\omega L_1}\right)U_{n1}-\frac{1}{j\omega L_1}U_{n2}=\frac{20}{10}\\ \frac{-1}{j\omega L_1}U_{n1}+\left(\frac{1}{j\omega L_1}+\frac{1}{j\omega L_2}\right)U_{n2}=2i_x\end{cases}$$

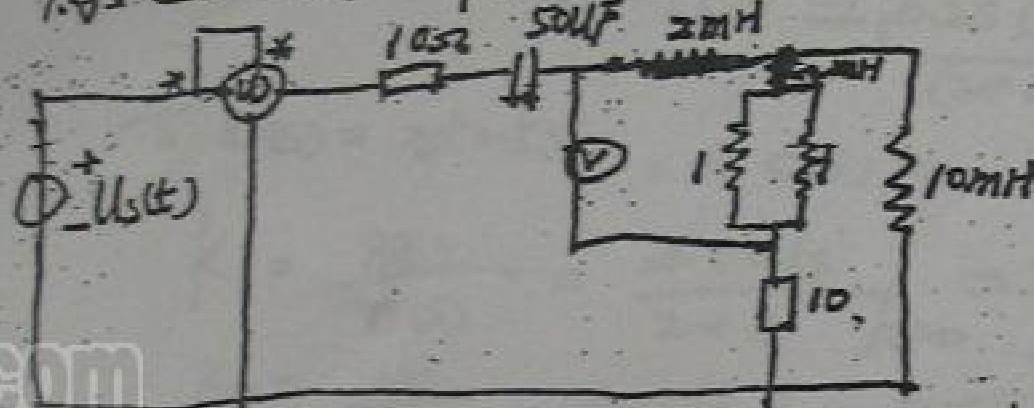
且有 $U_{n1}=i_x\cdot\frac{1}{j\omega C}$.

联立解方程组可得. ~~$U_{n2}=3U_{n1}$~~ $U_{n1}=\frac{60}{3-j}$

$\therefore i_x=j\omega C U_{n1}=j\times4\times0.1\times\frac{60}{3-j}=\frac{j\times24\cdot(3+j)}{10}$

$=-2.4+j7.2$.

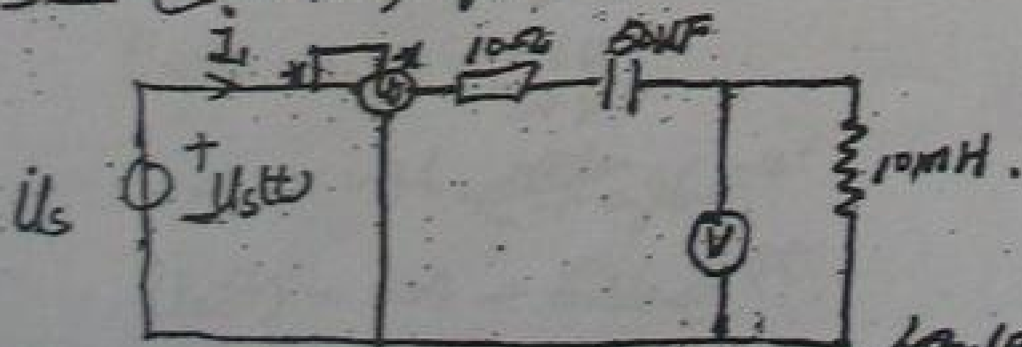
解：原电路去耦合后可得.



很显然，1mH与-1mH发生了并联谐振.

$\mathrm{Im}[Y(j\omega)]=0$.

上述电路图可简化为.



在10Ω电阻上消耗功率，故有

由已知 ~~$P=\mathrm{Re}[U_s I_1^*]=1000=U_s\cdot I_1\cdot\cos(\ldots)$~~ $P=I_1^2R=1000$

~~$U_s=I_1\left(10+\frac{10^6}{j50\omega}+j10\omega\right)$~~ $\therefore I_1^2=100$.

$\therefore I_1=10$

又 $I_1\cdot\omega L_1=100$ $\therefore \omega L_1=10$ $\therefore \omega=1000$.

又 $Z=10+j\omega L_1+\frac{1}{j\omega C}=10-j10$. $\therefore \varphi=-45°$.

$\therefore U_s=|Z|\cdot|I_1|=10\sqrt{2}\times10=100\sqrt{2}$. $\therefore u_s(t)=200\cos(1000t-45°)$.