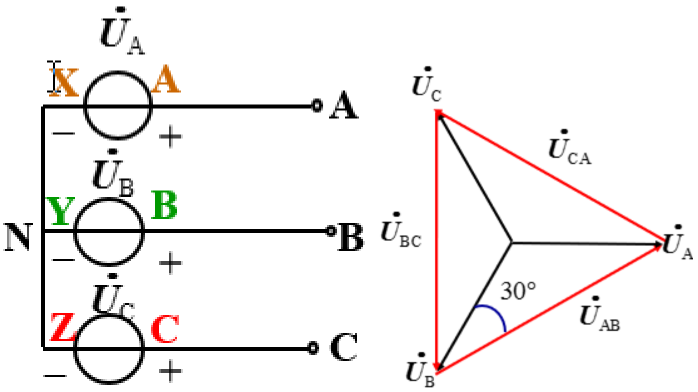
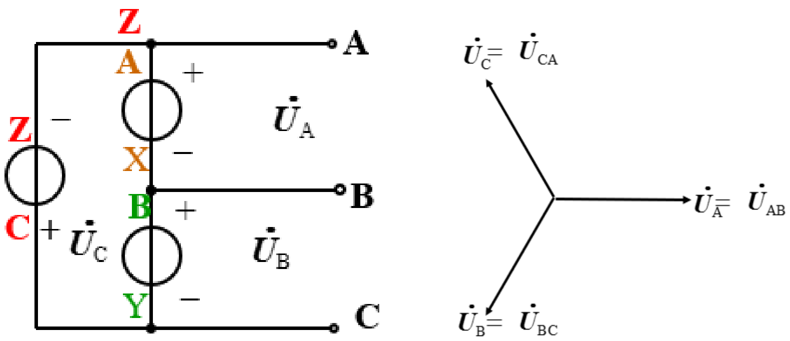
电路理论 B（2）基本概念填空选择测试参考解答过程

1. （1）某一正序对称三相电源 Y 接，已知线电压 $\dot U_{BC}$=380∠0°V,参考向量图，则：



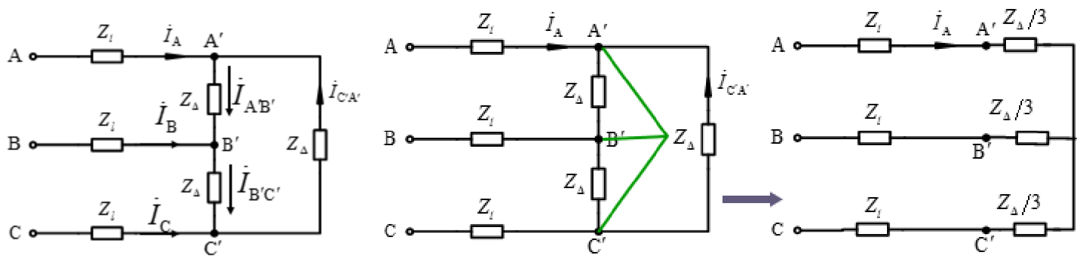
$\dot U_{AB}$=380∠120°V ； $\dot U_{AC}$= 380∠60°V； $\dot U_{B}$= 220∠-30° V ；$\dot U_{C}$= 220∠-150° V；

（2）某一正序对称三相电源 Δ 接，已知线电压 $\dot U_{BC}$=380∠0°V, 参考下述相量图，则



$\dot U_{AB}$= 380∠120° V； $\dot U_{AC}$= 380∠60°V； $\dot U_{B}$= 380∠0° V； $\dot U_{C}$= 380∠−120°V

2、已知对称三相电路，电源线电压为 $\dot U_{AB}$=380∠0°V，线路阻抗 Z_l=j2Ω，负载阻抗 Z_Δ=(24+j12) Ω；



1) 由相电压和线电压的关系可得 $\dot U_A = 220\angle -30^\circ \text{V}$ ；

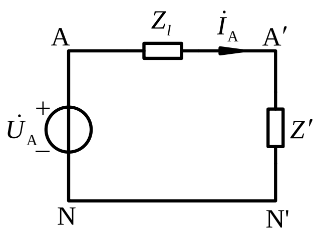


图 2-a A 相等值电路

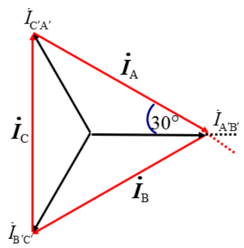


图 2-b 线电流和相电流相量图

2) 将△负载变成 Y 接负载，画出单相等值电路，A 相等值电路如图 2-A 所示：

$$\dot I_A = \frac{\dot U_A}{Z_l + Z'} = \frac{220\angle -30^\circ}{\text{j}2+8+\text{j}4} = \frac{220\angle -30^\circ}{8+\text{j}6} = 22\angle -67^\circ \text{A},$$

参见线电流和相电流关系相量图 2-b。所以**根据线电流的对称关系**得：$\dot I_B = 22\angle -173^\circ \text{A}$， $\dot I_C = 22\angle 53^\circ \text{A}$；

根据**三角形负载相电流与线电流**的关系得

$\dot{I}_{A'B'}=\dfrac{22}{\sqrt{3}}\angle-67^\circ+30^\circ=13\angle-37^\circ\ \mathrm{A}$ ；$\dot{I}_{B'C'}=13\angle-157^\circ\ \mathrm{A}$; $\dot{I}_{C'A'}=13\angle 83^\circ\ \mathrm{A}$;

$\dot{U}_{A'B'}=(24+\mathrm{j}12)\dot{I}_{A'B'}=349\angle-10^\circ\ \mathrm{V}$；$\dot{U}_{C'B'}=\dot{U}_{A'B'}\angle 60^\circ=349\angle 50^\circ\ \mathrm{V}$；

电源发出的三相有功功率 $P=\sqrt{3}U_{AB}\cdot I_A\cdot\cos\left(-30^\circ-(-67^\circ)\right)=12\mathrm{kW}$;

三角形负载吸收的三相有功功率 $P=3\cdot I_{A'B'}^2\cdot 24=12\mathrm{kW}$;

电源发出的无功功率 $Q=\sqrt{3}U_{AB}\cdot I_A\cdot\sin\left(-30^\circ-(-67^\circ)\right)=9\mathrm{kVar}$;

3. 图 3 所示电路，已知 $R_1=R_2=10\ \Omega$，$L_2=0.106\ \mathrm{H}$，$L_1=0.0133\ \mathrm{H}$，$C_2=95.6\mu\mathrm{F}$，$C_1=159\mu\mathrm{F}$，$i_s(t)=(1+4\sin 314t+2\sqrt{2}\sin(942t+30^\circ)\mathrm{A}$ ；

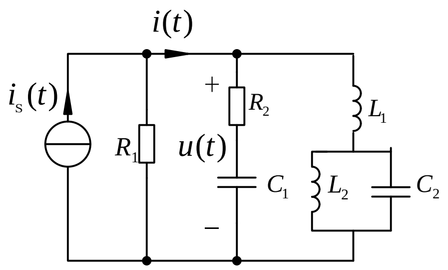


图 3

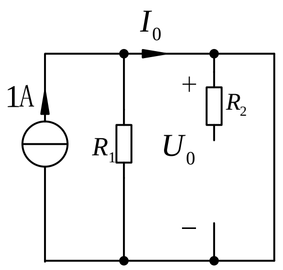


图 3-a

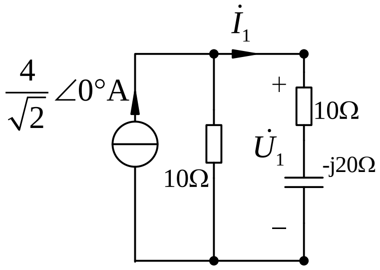


图 3-b

（1） 当 1A 的直流电流源单独作用时，电感短路，电容开路，如图 3-a；

$I_0=1\mathrm{A}$，$U_0=0\mathrm{V}$；

(2) 当基波电流源 $i_s(t)=4\sin 314t\mathrm{A}$ 单独作用时，

$-\mathrm{j}\dfrac{1}{\omega L_2}=\dfrac{1}{314\times 0.106}=-\mathrm{j}3\times 10^{-2}\Omega$，$\mathrm{j}\omega C_2=\mathrm{j}314\times 95.6\times 10^{-6}=\mathrm{j}3\times 10^{-2}\Omega$，所以 L_2 和 C_2 发生并联谐振。

相当开路。相量模型的等效电路如图 3-b 所示。

$\dot{I}_1=\dfrac{\frac{4}{\sqrt{2}}\angle 0^\circ\times 10}{10+10-\mathrm{j}20}=1\angle 45^\circ\ \mathrm{A}$，$\dot{U}_1=\dot{I}_1\times(10-\mathrm{j}20)=1\angle 45^\circ\times(10-\mathrm{j}20)=15\sqrt{2}-\mathrm{j}5\sqrt{2}=22.3\angle-18.4^\circ\mathrm{V}$；

所以：$i_1(t)=\sqrt{2}\sin(314t+45^\circ)\mathrm{A}$ ；$u_1(t)=22.3\times\sqrt{2}\sin(314t-18.4^\circ)\mathrm{V}$ ；

(3) 当三次谐波电流源 $i_s(t)=2\sqrt{2}\sin\left(942t+30^\circ\right)\mathrm{A}$ 单独作用时，L_2 与 C_2 并联后与 L_1 串联的等效阻抗为

$\mathrm{j}3\omega C_2=\mathrm{j}3\times 314\times 95.6\times 10^{-6}=\mathrm{j}0.09S$ ；$\dfrac{1}{\mathrm{j}3\omega L_2}=\dfrac{1}{\mathrm{j}3\times 314\times 0.106}=-\mathrm{j}0.01S$ ；

$\mathrm{j}3\omega L_1=\mathrm{j}3\times 314\times 0.0133=12.5\Omega$，$\therefore \boldsymbol{\dfrac{1}{\mathrm{j}3\omega C_2+\frac{1}{\mathrm{j}3\omega L_2}}+\mathrm{j}3\omega L_1=0}$，发生串联谐振，则 L_2 与 C_2 并联后与 L_1 串联的电路相当于短路，等效的相量模型如图 3-c 所示。

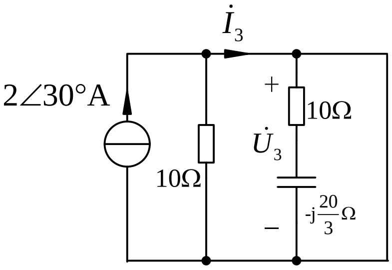


图 3-c

由图 3-c 得：$\dot{I}_3 = 2\angle 30^\circ\,\mathrm{A}$；$\dot{U}_3 = 0\mathrm{V}$

所以：$i_3(t) = 2\sqrt{2}\sin(942t + 30^\circ)\mathrm{A}$ ；$u_3(t) = 0\mathrm{V}$ ；

（4）根据叠加定理，各次谐波共同作用时的电流和电压的瞬时值分别为：

$$i(t) = I_0 + i_1(t) + i_3(t) = \left[1 + \sqrt{2}\sin(314t + 45^\circ) + 2\sqrt{2}\sin(942t + 30^\circ)\right]\mathrm{A};$$

$$u(t) = U_0 + u_1(t) + u_3(t) = \left[0 + 15.8\sqrt{2}\times\sqrt{2}\sin(314t - 18.4^\circ) + 0\right] = 15.8\sqrt{2}\times\sqrt{2}\sin(314t - 18.4^\circ)\mathrm{V};$$

(5) 电流 $i(t)$的有效值为：$I = \sqrt{1^2 + 1^2 + 2^2} = 2.4\mathrm{A}$ ；

电压 $u(t)$的有效值为$U = \sqrt{1 + \left(15.8\sqrt{2}\right)^2} = 22.3\mathrm{V}$

(6) 电流源发出的有功功率为 $P = 22.3 \times \frac{4}{\sqrt{2}} \cdot \cos(-18.4^\circ - 0^\circ) = 59.9\mathrm{W}$

（7）基波输入阻抗为 $Z = \dfrac{15.8\sqrt{2}\angle -18.4^\circ}{\frac{4}{\sqrt{2}}\angle 0^\circ} = 7.9\angle -18.4^\circ\Omega$

4.求如图 4 所示电路中网络函数 $H(s) = \dfrac{U_2(s)}{U_s(s)}$ 、冲激响应 $u_{2\delta(t)}$ 和单位阶跃响应 $u_{2\varepsilon(t)}$ 。

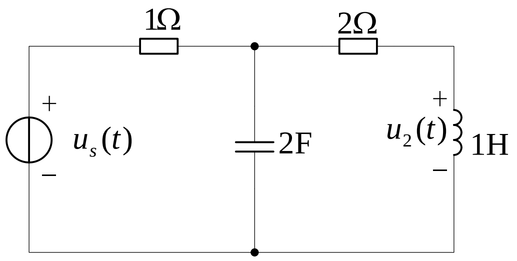


图 4

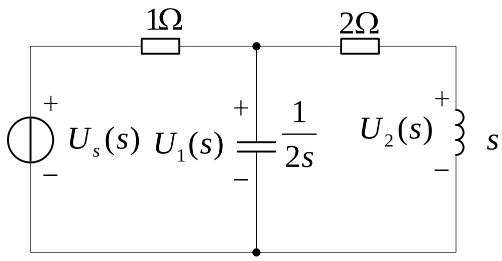


图 4-a

【解】电路的运算电路如图 4-a 所示，由双节点电压分析法得

$$\left(1 + 2s + \frac{1}{2+s}\right)U_1(s) = \frac{U_S(s)}{1}\text{；所以}\frac{U_1(s)}{U_s(s)} = \frac{s}{s+2} = \frac{s+2}{s^2 + 5s + 3}$$

又 $\quad \dfrac{U_2(s)}{U_1(s)}=\dfrac{s}{s+2}$

所以网络函数 $H(s)=\dfrac{U_2(s)}{U_s(s)}=\dfrac{U_2(s)}{U_1(s)}\times\dfrac{U_1(s)}{U_s(s)}=\dfrac{s}{s^2+5s+3}=\dfrac{s}{(s+1)(2s+3)}=\dfrac{-1}{(s+1)}+\dfrac{1.5}{(s+1.5)}$

因为**网络函数的原函数即为冲激响应，**所以：冲激响应 $u_{2\delta(t)}$=$h(t)$=（$-e^{-t}+1.5e^{-1.5t}$)$\varepsilon(t)$。

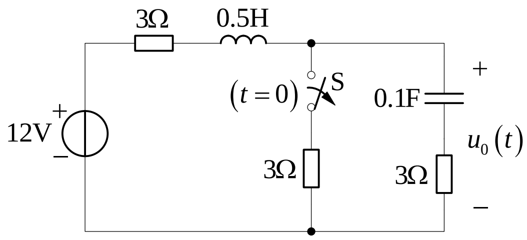
当电源电压 $u_s(t)$ 为单位阶跃函数 $\varepsilon(t)$ 作用时，根据网络函数的定义：$H(s)=\dfrac{R(s)}{E(s)}=\dfrac{U_{2\varepsilon}(s)}{\varepsilon(s)}$，单位阶跃响应

$u_{2\varepsilon(t)}$ 的象函数为

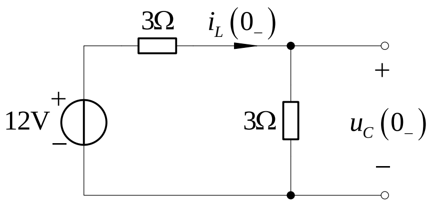
$$U_{2\varepsilon}(s)=H(s)\cdot\varepsilon(s)=H(s)\cdot\frac{1}{s}=\frac{s}{(s+1)(2s+3)}\cdot\frac{1}{s}=\frac{1}{(s+1)(2s+3)}=\frac{1}{(s+1)}+\frac{1}{(s+1.5)}\ ;$$

所以单位阶跃响应 $u_{2\varepsilon(t)}$=（$e^{-t}-e^{-1.5t}$)$\varepsilon(t)$。

5.如图所示电路原已稳态，开关S在 $t=0$ 时打开。画出开关S打开后运算电路，并用运算法求 $t>0$ 时的电压 $u_0(t)$。



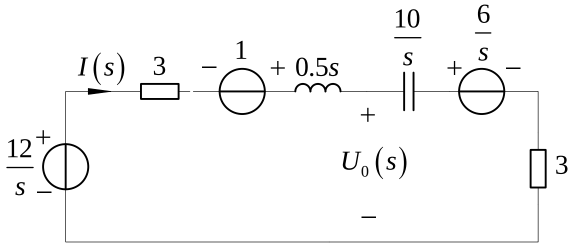
【解】1）求 $i_L(0_-)$ 和 $u_C(0_-)$。$t=0_-$ 的电路如图（a）所示，则



（a）

$$i_L(0_-)=\frac{12}{3+3}=2\text{A}\ ,\quad u_C(0_-)=3i_L(0_-)=6\text{V}$$

2）求 $U_0(s)$。运算电路如图（b）所示。由图（b）得



（b）

回路电流方程为

$$\left(3+3+0.5s+\frac{10}{s}\right)I\left(s\right)=\frac{12}{s}-\frac{6}{s}+1$$

解之得

$$I(s)=\frac{2s+12}{s^2+12s+20}$$

所以

$$U_0\left(s\right)=\left(3+\frac{10}{s}\right)I\left(s\right)+\frac{6}{s}=\frac{\left(3s+10\right)\left(2s+12\right)}{s\left(s^2+12s+20\right)}+\frac{6}{s}=\frac{6s^2+56s+120}{s\left(s+2\right)\left(s+10\right)}+\frac{6}{s}$$

$$=\frac{12}{s}-\frac{2}{s+2}+\frac{2}{s+10}$$

取反变换得

$$u_0\left(t\right)=\left(12-2e^{-2t}+2e^{-10t}\right)\ \mathrm{V}\quad\left(t>0\right)$$

6. 已知网络的单位阶跃响应为 $s(t)=(1-e^{-t})\varepsilon(t)$，求其对应的网络函数 $H(s)$。

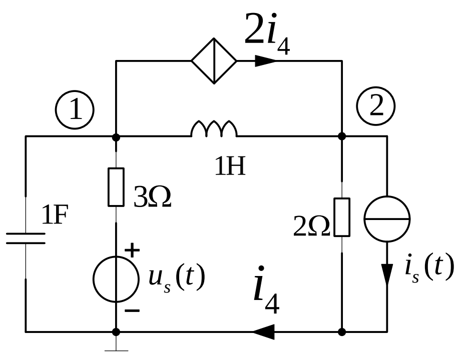
【解】冲激响应是单位阶跃响应的一阶导数，所以

$$h(t)=\frac{d\left(s(t)\right)}{dt}=\frac{d(1-e^{-t})\varepsilon(t)}{dt}=e^{-t}\varepsilon(t)$$

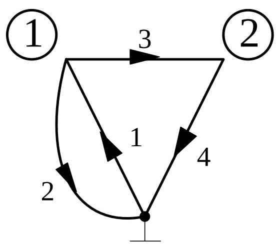
所以网络函数 $H(s)=\dfrac{1}{s+1}$

7.电路及其有向图分别如下图（a）和（b）所示，$u_s\left(t\right)=7.07\sin\left(2t+30^{\circ}\right)\mathrm{V}$，$i_s\left(t\right)=4.242\sin\left(2t+45^{\circ}\right)\mathrm{A}$。

写出其关联矩阵 $\mathbf{A}$、支路导纳矩阵 $\mathbf{Y}_b$ 以及支路电压源列向量 $\dot{\mathbf{U}}_s$ 和支路电流源列向量 $\dot{\mathbf{I}}_s$。



图（a）



图（b）

解：关联矩阵 A：

$$A=\begin{bmatrix}-1 & 1 & 1 & 0\\ 0 & 0 & -1 & 1\end{bmatrix}$$

$$\because i_3=\frac{\dot{U}_3}{\mathrm{j}\times 2\times 1}+2i_4=-\mathrm{j}0.5\dot{U}_3+2\times\frac{1}{2}\dot{U}_4$$

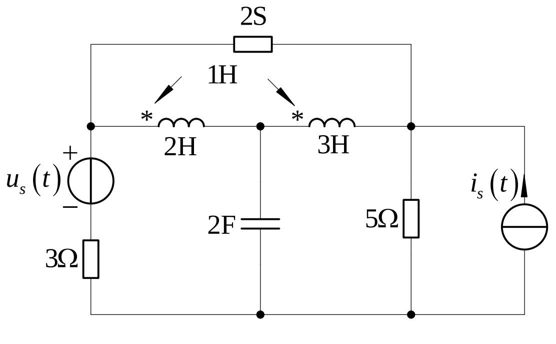
所以支路导纳矩阵 $\mathbf{Y}_b$：

$$Y_b=\begin{bmatrix}\frac{1}{3} & & & \\ & j2 & & \\ & & -j0.5 & 2\times\frac{1}{2}\\ & & & \frac{1}{2}\end{bmatrix}$$

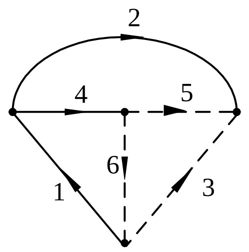
$$\dot{U}_s = \begin{bmatrix} 5\angle 30^\circ & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$$

$$\dot{I}_s = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -3\angle 45^\circ \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$$

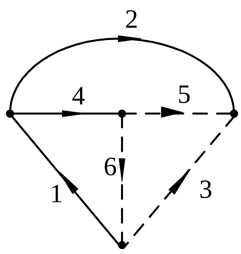
8.电路及其有向图分别如图（a）和（b）所示。$u_s(t)=10\sqrt{2}\sin(2t+30^\circ)\mathrm{V}$，$i_s(t)=3\sqrt{2}\sin(2t+45^\circ)\mathrm{A}$。若以支路 1、2、4 为树支，写出其基本回路矩阵 $\mathbf{B}_f$、支路阻抗矩阵 $\mathbf{Z}_b$、支路电压源列向量 $\dot{\mathbf{U}}_s$ 和支路电流源列向量 $\dot{\mathbf{I}}_s$。



(a)



(b)



题 14-6 图

解：**基本回路为**[1,2,3]、[2,4,5]、[1、4、6] **如图所示。**基本回路矩阵 $\mathbf{B}_f$ 为

$$\mathbf{B}_f = \begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

支路 4 和 5 的流控型支路伏安关系分别为

$$\dot{U}_4 = j4\dot{I}_4 + j2\dot{I}_5$$
$$\dot{U}_5 = j2\dot{I}_4 + j6\dot{I}_5$$

所以，支路阻抗矩阵 $\mathbf{Z}_b$ 为

$$\mathbf{Z}_b = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & j4 & j2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & j2 & j6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -j0.25 \end{bmatrix}\Omega$$

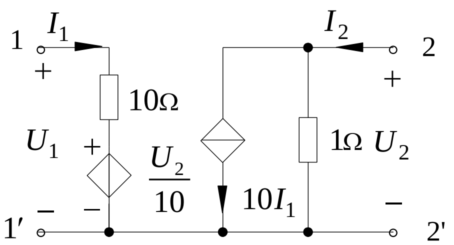
支路电压源列向量 $\dot{\mathbf{U}}_s$ 为

$$\dot{\mathbf{U}}_s = \begin{bmatrix} 10\angle 30^\circ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} \mathrm{V}$$

支路电流源列向量 $\dot{\mathbf{I}}_s$ 为

$$\dot{\mathbf{I}}_s = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -3\angle 45^\circ & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} \mathrm{A}$$

9. 试求图示二端口网络的短路导纳参数（Y 参数）



【解】

对端口列写回路方程

$$\dot{U}_1 = 10\dot{I}_1 + \frac{1}{10}\dot{U}_2 \qquad (1)$$

$$\dot{U}_2 = \dot{I}_2 - 10\dot{I}_1 \qquad (2)$$

由（1）得

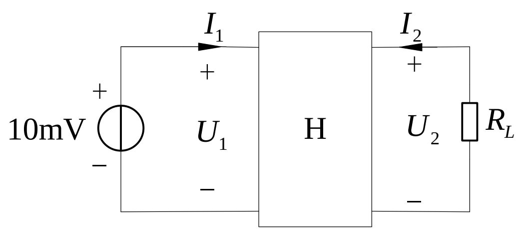
$\dot{I}_1 = \frac{1}{10}\dot{U}_1 - \frac{1}{100}\dot{U}_2$，并代入式（2）整理得 $\dot{I}_2 = 1\dot{U}_1 + \frac{9}{10}\dot{U}_2$，所以，短路导纳参数矩阵为

$$Y = \begin{bmatrix} \frac{1}{10} & -\frac{1}{100} \\ 1 & \frac{9}{10} \end{bmatrix} S$$

10.如图所示不含独立源二端口网络的混合参数为 H_{11} =1kΩ，H_{12} =0.0015，H_{21} =100，H_{22} =10^{-4} S.试求：

（1）　当 R_L =10 kΩ 时的 $\dot{U}_2$。

（2）　R_L 取多大能够获得最大功率。（参见课堂 PPT 例题）



（1）　H 参数方程为：

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = 1000\dot{I}_1 + 0.0015\dot{U}_2 ....(1) \\ \dot{I}_2 = 100\dot{I}_1 + 10^{-4}\dot{U}_2 ....(2) \end{cases}$$

又因为 $$\begin{cases} \dot{U}_1 = 10\text{mV} = 0.01\text{V} ....(3) \\ \dot{U}_2 = -R_L\dot{I}_2 = -10000\dot{I}_2 ....(4) \end{cases}$$

由方程（1）（2）（3）（4）解得：

$$\dot{I}_2 = \frac{0.01}{5}\text{A}$$

$$\dot{U}_2 = -10000 \times I_2 = 20\text{V}$$

（2）求从 R_L 向左看进去的代维南等效电阻，即 $\dot{U}_1$ =0 则

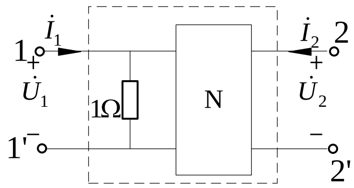
$-1000\dot{I}_1 = 0.0015\dot{U}_2$ 　即 $100\dot{I}_1 = -1.5\times10^{-4}\dot{U}_2$，代入式（2）得：

$$\dot{I}_2 = -1.5\times10^{-4}\dot{U}_2 + 10^{-4}\dot{U}_2 = -0.5\times10^{-4}\dot{U}_2$$

$$R_{eq} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} = -20\times10^3\Omega$$

所以当 $R_L = -20k\Omega$ 时有最大功率

11. 如图所示已知二端口网络 N 的开路阻抗参数为：$Z = \begin{bmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 10 \end{bmatrix}\Omega$，求与 1Ω电阻构成的复合网络的传输参数矩阵 T。



【解】由题意可写出网络 N 的开路阻抗参数方程为：

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = 4\dot{I}_1 + 4\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = 4\dot{I}_1 + 10\dot{I}_2 \end{cases}$$ 则网络 N 的传输参数方程为：$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dot{U}_2 - 6\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = 0.25\dot{U}_2 - 2.5\dot{I}_2 \end{cases}$$，

网络 N 的传输参数矩阵为：$T_N = \begin{bmatrix} 1 & 6\Omega \\ 0.25S & 2.5 \end{bmatrix}$，

仅由 1Ω电阻构成二端口网路的传输参数为 $T_{1\Omega} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$

所以：1Ω电阻构成二端口网路与二端口网络 N 级联复合后的虚框中的网络传输参数为

$$T = T_{1\Omega}\cdot T_N = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} 1 & 6 \\ 0.25 & 2.5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 6\Omega \\ 1.25S & 8.5 \end{bmatrix}, \quad \therefore A=1;\ B=6\Omega;\ C=1.25S;\ D=8.5$$

12. 已知某二端口的开路阻抗参数矩阵为：$Z = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}\Omega$，求其对应的 T 型和∏等效电路及元件参数。

解：T 型和∏等效电路如图 12-a 和 12-b 所示。下面求等效电路中各元件参数。

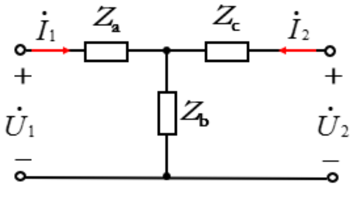
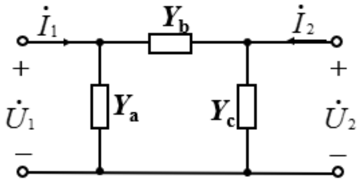


图 12-a T 型等效电路



12-b ∏等效电路

(1)图 12-a 的开路阻抗参数方程为：

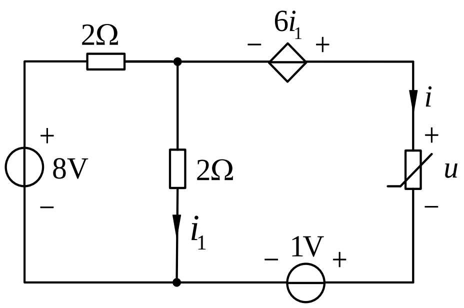
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_a\dot{I}_1 + Z_b(\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = (Z_a + Z_b)\dot{I}_1 + Z_b\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_c\dot{I}_2 + Z_b(\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = Z_b\dot{I}_1 + (Z_b + Z_c)\dot{I}_2 \end{cases}$$；与所给定的 $Z = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}\Omega$ 对照，则

$\begin{cases}(Z_a+Z_b)=3\\ Z_b=2\\ (Z_b+Z_c)=4\end{cases}$ ，所以，T 型等效电路的参数 $\begin{cases}Z_a=1\Omega\\ Z_b=2\\ Z_c=2\end{cases}$

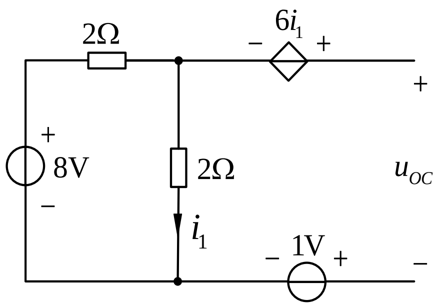
(2)由开路阻抗参数 $Z=\begin{bmatrix}3 & 2\\ 2 & 4\end{bmatrix}\Omega$，可推得出短路导纳参数为：$Y=\begin{bmatrix}\frac{1}{2} & -\frac{1}{4}\\ -\frac{1}{4} & \frac{3}{8}\end{bmatrix}S$；

图 12-b 的∏等效电路的短路导纳参数方程为 $\begin{cases}\dot{I}_1=Y_a\dot{U}_1+Y_b(\dot{U}_1-\dot{U}_2)=(Y_a+Y_b)\dot{U}_1-Y_b\dot{U}_2\\ \dot{I}_2=Y_c\dot{U}_2+Y_b(\dot{U}_2-\dot{U}_1)=-Y_b\dot{U}_1+(Y_b+Y_c)\dot{U}_2\end{cases}$,对照 Y 参数矩阵，得：$\begin{cases}Y_a+Y_b=\frac{1}{2}\\ Y_b=\frac{1}{4}\\ Y_b+Y_c=\frac{3}{8}\end{cases}$ 所以∏等效电路的参数为 $\begin{cases}Y_a=\frac{1}{4}S\\ Y_b=\frac{1}{4}S\\ Y_c=\frac{1}{8}S\end{cases}$

13.如图所示电路中，非线性图电阻的伏安关系为 $u=3i^2$（$i>0$），求：(1）非线性电阻左侧电路的戴维南等效电路；(2）求 u 、i 。

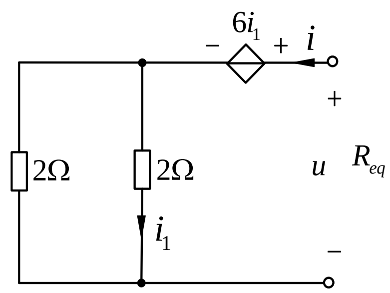


【解】(1）求开路电压 u_{OC}



$$i_1=\frac{8}{2+2}=2\text{A}$$
$$u_{OC}=6i_1+2i_1-1=15\text{V}$$

(2）除源求 R_{eq}

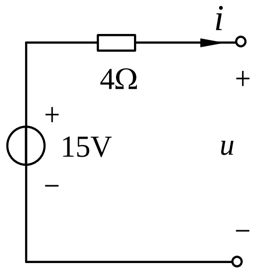


$$i = 2i_1$$

$$u = 6i_1 + 2i_1 = 8i_1$$

$$R_{eq} = \frac{u}{i} = \frac{8i_1}{2i_1} = 4\Omega$$

（3）戴维南等效电路



端口 VAR 为

$$u = 15 - 4i$$

则

$$3i^2 = 15 - 4i$$

解之得

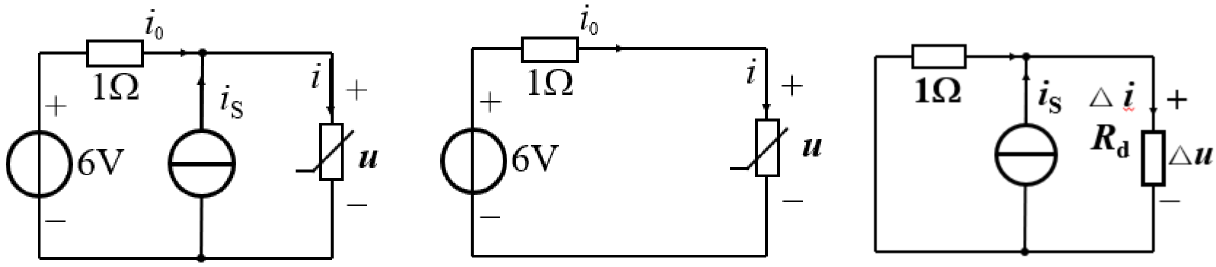
$$\begin{cases} i = \dfrac{5}{3}\text{A} \\ i = -3\text{A}(\text{舍}) \end{cases}$$

所以

$$\begin{cases} u = \dfrac{25}{3}\text{V} \\ i = \dfrac{5}{3}\text{A} \end{cases}$$

14.求电路在静态工作点处由小信号所产生的 $u(t)$和 $i(t)$。已知 $i_S(t)=0.5\cos(\omega t)$ ，非线性电阻的伏安特性为

$$i = g(u) = \begin{cases} u^2 & (\ u > 0\ ) \\ 0 & (\ u < 0\ ) \end{cases}$$



【解】求电路的静态工作点，令$i_S(t)=0$， $\begin{cases} u = 6 - 1\times i_0 \\ i = u^2 = i_0 \end{cases}$ **，** $u^2 + u - 6 = 0$ **，** $\therefore \begin{cases} u = 2\text{V} \\ u = -3\text{V}（\text{舍弃}） \end{cases}$

静态工作点为： $U_{\mathrm{Q}}=2\mathrm{V}, I_{\mathrm{Q}}=U_{\mathrm{Q}}^{2}=4\mathrm{A}$ ；

动态电阻： $R_{\mathrm{d}}=1\Big/\left.\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}u}\right|_{u=2}=1/2u\Big|_{u=2}=0.25\Omega$，则可作出静态工作点处的小信号等效电路，并求扰动量 。

$$\Delta u(t)=\frac{i_{\mathrm{S}}}{G+G_{\mathrm{d}}}=\frac{0.5\cos(\omega t)}{1+4}\mathrm{V}=0.1\cos(\omega t)\mathrm{V}$$

$$\Delta i(t)=u_{1}(t)\times\frac{1}{R_{\mathrm{d}}}=4\times0.1\cos(\omega t)\mathrm{A}=0.4\cos(\omega t)\ \mathrm{A};$$

$$u(t)=U_{\mathrm{Q}}+\Delta u_{1}(t)=[2+0.1\cos(\omega t)]\mathrm{V}$$
$$i(t)=I_{\mathrm{Q}}+\Delta i_{1}(t)=[4+0.4\cos(\omega t)]\mathrm{A}$$