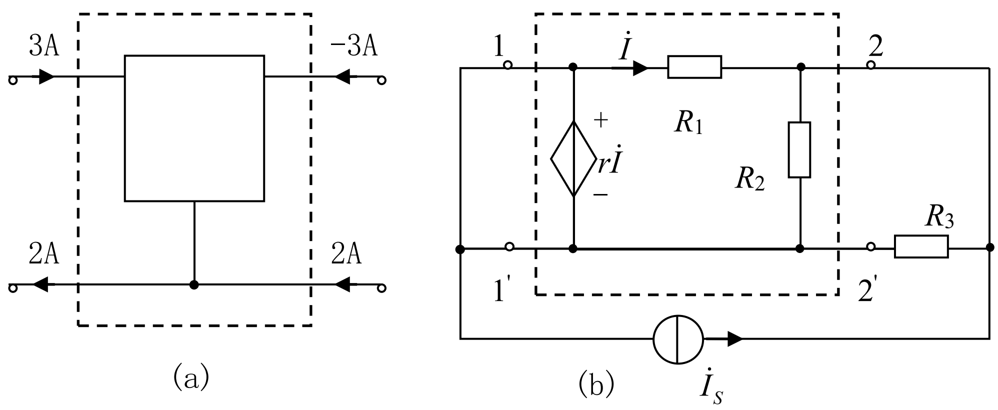
习 题 十

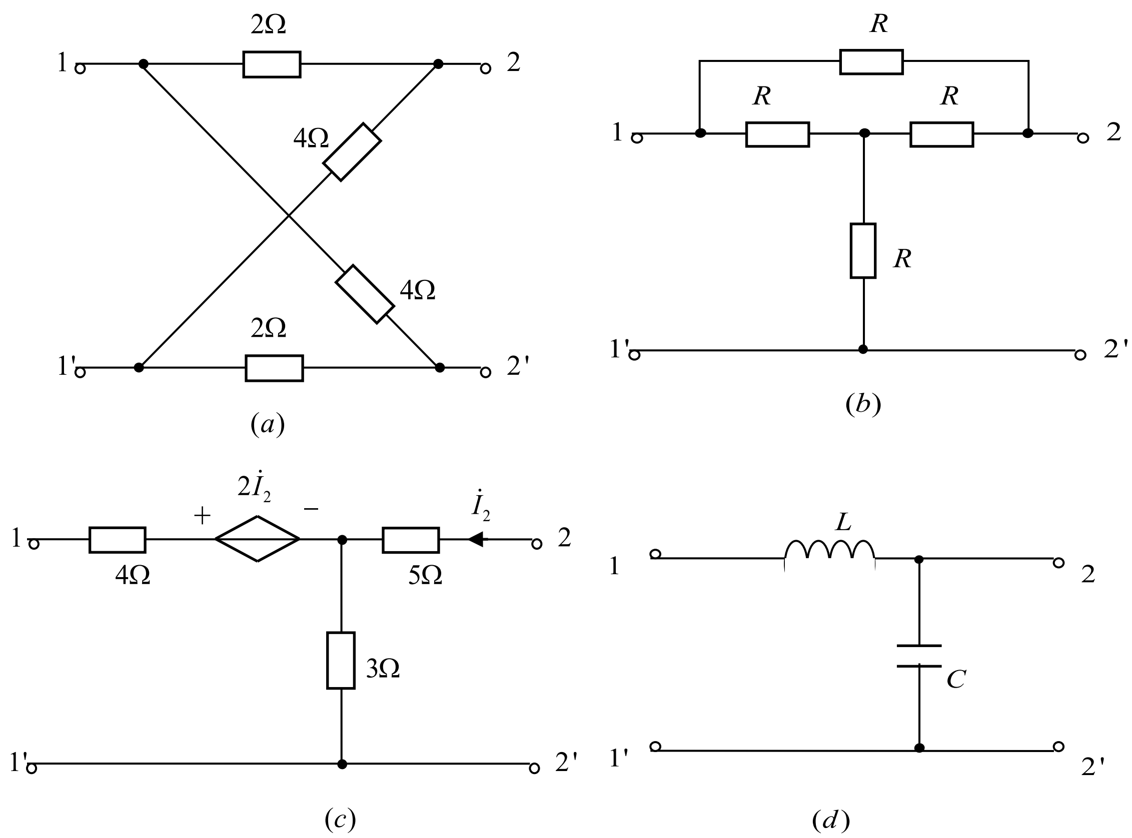
10－1 判别题 10－1 图示虚线框各电路是否为双口网络。



题 10－1 图

解：（略）

10－2 求题 10－2 图示双口网络的 Z 参数和 Y 参数。



题 10－2 图

解： a. $\dot{I}_2=0$时，$\dot{U}_1=\dfrac{(4+2)\times(4+2)}{(4+2)+(4+2)}\times\dot{I}_1=3\dot{I}_1$

$$\dot{U}_2=4\times\frac{\dot{I}_1}{2}-2\times\frac{\dot{I}_1}{2}=\dot{I}_1$$

$$\therefore\ Z_{11}=\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}\bigg|_{\dot{I}_2=0}=3\Omega\ ;\qquad Z_{21}=\frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1}\bigg|_{\dot{I}_2=0}=1\Omega$$

由互易性：$Z_{12}=Z_{21}=1\Omega$　　由对称性：$Z_{22}=Z_{11}=3\Omega$

$$\therefore\ Z=\begin{bmatrix}3 & 1\\ 1 & 3\end{bmatrix}(\Omega)$$

$$Y=Z^{-1}=\begin{bmatrix}\frac{3}{8} & -\frac{1}{8}\\ -\frac{1}{8} & \frac{3}{8}\end{bmatrix}(s)$$

b. $Z_{11}=Z_{22}=R+\dfrac{2}{3}R=\dfrac{5}{3}R$

$Z_{12}=Z_{21}=R+\dfrac{1}{3}R=\dfrac{4}{3}R$

$$\therefore\ Z=\begin{bmatrix}\frac{5}{3}R & \frac{4}{3}R\\ \frac{4}{3}R & \frac{5}{3}R\end{bmatrix}(\Omega)\qquad Y=Z^{-1}=\begin{bmatrix}\frac{5}{3R} & -\frac{4}{3R}\\ -\frac{4}{3R} & \frac{5}{3R}\end{bmatrix}(s)$$

c. $\dot{U}_1=4\dot{I}_1+2\dot{I}_2+3(\dot{I}_1+\dot{I}_2)=7\dot{I}_1+5\dot{I}_2$

$\dot{U}_2=5\dot{I}_2+3(\dot{I}_1+\dot{I}_2)=3\dot{I}_1+8\dot{I}_2$

$$\therefore\ Z=\begin{bmatrix}7 & 5\\ 3 & 8\end{bmatrix}(\Omega)\qquad Y=Z^{-1}=\begin{bmatrix}\frac{8}{41} & -\frac{5}{41}\\ -\frac{3}{41} & \frac{7}{41}\end{bmatrix}(s)$$

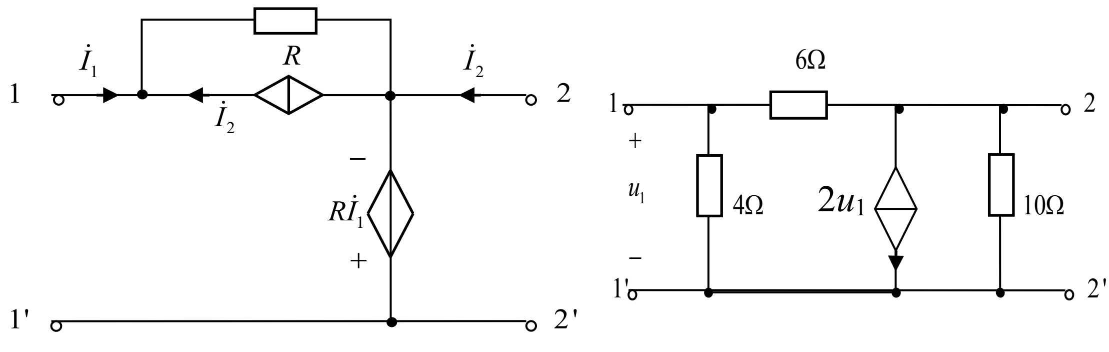
d. $\dot{U}_1=j\omega L\dot{I}_1-j\dfrac{1}{\omega c}(\dot{I}_1+\dot{I}_2)$ ，$\dot{U}_2=-j\dfrac{1}{\omega c}\dot{I}_1-j\dfrac{1}{\omega c}\dot{I}_2$

$$\therefore\ Z=\begin{bmatrix}j(\omega L-\frac{1}{\omega c}) & -j\frac{1}{\omega c}\\ -j\frac{1}{\omega c} & -j\frac{1}{\omega c}\end{bmatrix}(\Omega);$$

$$\dot{I}_1 = -j\frac{1}{\omega L}(\dot{U}_1 - \dot{U}_2) \qquad \dot{I}_2 = j\omega c\dot{U}_2 - j\frac{1}{\omega L}(\dot{U}_2 - \dot{U}_1)$$

$$\therefore \quad Y = \begin{bmatrix} -j\dfrac{1}{\omega L} & j\dfrac{1}{\omega L} \\ j\dfrac{1}{\omega L} & j(\omega c - \dfrac{1}{\omega L}) \end{bmatrix}(s)$$

10－3 求题 10－3 图(a)电路的 Z 参数、图(b)电路的 Y 参数。



(a) (b)

题10－3图

解： a. 令 $\dot{I}_2 = 0$. $\dot{U}_1 = R\dot{I}_1 - R\dot{I}_1 = 0$; $Z_{11} = 0$

$$\dot{U}_2 = -R\dot{I}_1 \qquad Z_{21} = -R$$

令 $\dot{I}_1 = 0$. $\dot{U}_2 = 0 \qquad Z_{22} = 0$

$$\dot{U}_1 = R\dot{I}_2 \qquad Z_{12} = R$$

$$\therefore \quad Z = \begin{bmatrix} 0 & R \\ -R & 0 \end{bmatrix}$$

b. 令 $\dot{U}_2 = 0$. $\dot{I}_1 = (\frac{1}{4} + \frac{1}{6})\dot{U}_1$ ， $Y_{11} = \frac{5}{12}s$

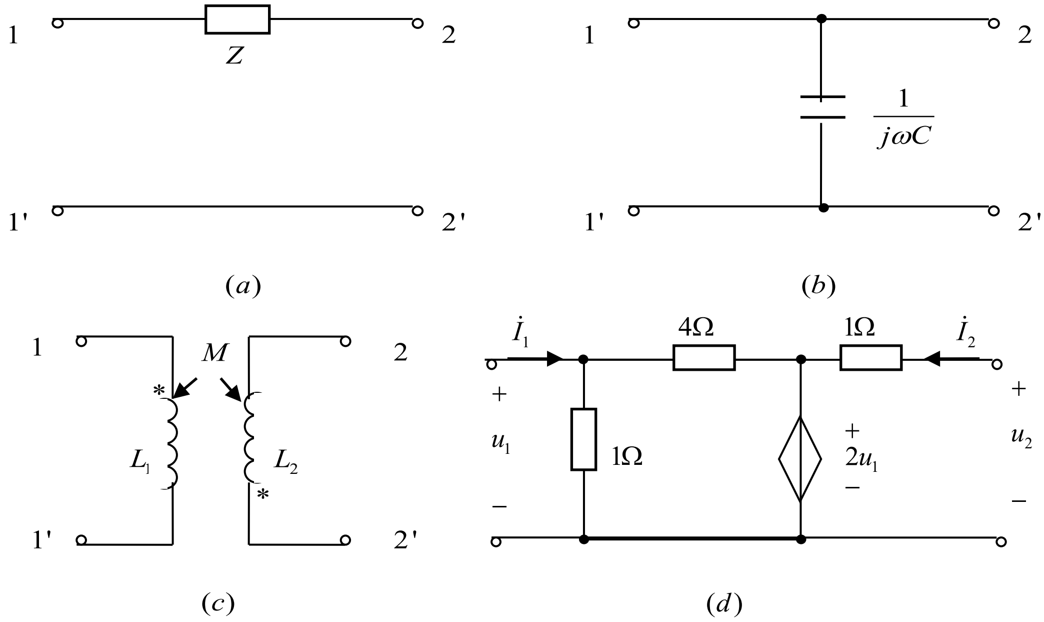
$$\dot{I}_2 = -\frac{1}{6}\dot{U}_1 + 2\dot{U}_1 = \frac{11}{6}\dot{U}_1 \quad , \quad Y_{21} = \frac{11}{6}s$$

令 $\dot{U}_1 = 0$. $\dot{I}_2 = (\frac{1}{10} + \frac{1}{6})\dot{U}_2 = \frac{16}{60}\dot{U}_2$ ， $Y_{22} = \frac{4}{15}s$

$$\dot{I}_1 = -\frac{1}{6}\dot{U}_2 \quad , \quad Y_{12} = -\frac{1}{6}s$$

$$\therefore \quad Y = \begin{bmatrix} \dfrac{5}{12} & -\dfrac{1}{6} \\ \dfrac{11}{6} & \dfrac{4}{15} \end{bmatrix}(s)$$

10－4 求题 10－4 图示电路的 T 参数和 H 参数。



题 10－4 图

解：

$$a.\begin{cases}\dot{U}_1=\dot{U}_2-Z\dot{I}_2\\ \dot{I}_1=-\dot{I}_2\end{cases}\qquad \therefore\ T=\begin{bmatrix}1 & Z\\ 0 & 1\end{bmatrix},\quad H=\begin{bmatrix}Z & 1\\ -1 & 0\end{bmatrix}$$

$$b.\begin{cases}\dot{U}_1=\dot{U}_2\\ \dot{I}_1=j\omega c\dot{U}_2-\dot{I}_2\end{cases}\qquad \therefore\ T=\begin{bmatrix}1 & 0\\ j\omega c & 1\end{bmatrix},\quad H=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -1 & j\omega c\end{bmatrix}$$

$$c.\begin{cases}\dot{U}_1=j\omega L_1\dot{I}_1-j\omega M\dot{I}_2\\ \dot{U}_2=-j\omega M\dot{I}_1+j\omega L_2\dot{I}_2\end{cases}\qquad \text{变形为：}\begin{cases}\dot{U}_1=-\dfrac{L_1}{M}\dot{U}_2+j\omega(\dfrac{L_1L_2}{M}-M)\dot{I}_2\\ \dot{I}_1=j\dfrac{1}{\omega M}\dot{U}_2+\dfrac{L_2}{M}\dot{I}_2\end{cases}$$

$$\therefore\ T=-\frac{1}{M}\begin{bmatrix}L_1 & j\omega(L_1L_2-M^2)\\ \dfrac{1}{j\omega} & L_2\end{bmatrix}$$

$$H=\frac{1}{L_2}\begin{bmatrix}j\omega(L_1L_2-M^2) & -M\\ M & \dfrac{1}{j\omega}\end{bmatrix}$$

$$d.\begin{cases}2\dot{U}_1=\dot{U}_2-\dot{I}_2\\ \dot{I}_1=\dfrac{\dot{U}_1}{1}+\dfrac{\dot{U}_1-2\dot{U}_1}{4}=\dfrac{3}{4}\dot{U}_1\end{cases}\qquad \text{整理，得：}\begin{cases}\dot{U}_1=\dfrac{1}{2}\dot{U}_2-\dfrac{1}{2}\dot{I}_2\\ \dot{I}_1=\dfrac{3}{8}\dot{U}_2-\dfrac{3}{8}\dot{I}_2\end{cases}$$

$$\therefore \quad T=\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{3}{8} & \frac{3}{8} \end{bmatrix}, \qquad\qquad H=\begin{bmatrix} \frac{4}{3} & 0 \\ -\frac{8}{3} & 1 \end{bmatrix}$$

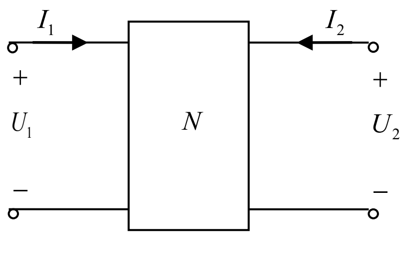
10－5 判别下列参数所对应的双口网络是否互易？根据是什么？

(1) $Y=\begin{bmatrix} 3 & -1 \\ -10 & 6 \end{bmatrix}$;　　　　(2) $T=\begin{bmatrix} 1 & j\omega L \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$;

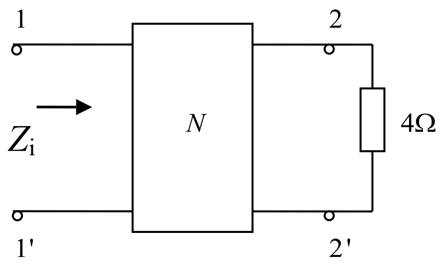
(3) $Z=\begin{bmatrix} 5 & -4 \\ -4 & 6 \end{bmatrix}$;　　　　(4) $H=\begin{bmatrix} 3 & 6 \\ -6 & 2 \end{bmatrix}$。

解：　（略）

10－6 题 10－6 图中，网络 N 中没有独立电源，将 $U_1=100$ V 电源加在端口 $1-1'$，测得 $I_1=2.5\text{A}, U_2=60\text{V}$；若将 $U_2=100$ V 加在端口 $2-2'$，测得 $I_2=2\text{A}, U_1=48\text{V}$。求双口网络 N 的 T 参数。



题 10－6 图



题 10－8 图

解：$\begin{cases} U_1=AU_2-BI_2 \\ I_1=CU_2-DI_2 \end{cases}$

当 $U_1=100V$ 加在 $1-1'$，$U_2=60V$ 而 $I_2=0$，且 $I_1=2.5A$

可得　$A=\dfrac{U_1}{U_2}=\dfrac{100}{60}=\dfrac{5}{3}$

$$C=\frac{I_1}{U_2}=\frac{2.5}{60}=\frac{1}{24}$$

当 $U_2=100V$ 加在 $2-2'$，$I_2=2A$

则　$U_1=48=AU_2-BI_2=\dfrac{5}{3}\times 100-2B$

$$B=\frac{5\times100}{2\times3}-24=\frac{5\times50-3\times24}{3}=\frac{178}{3}$$

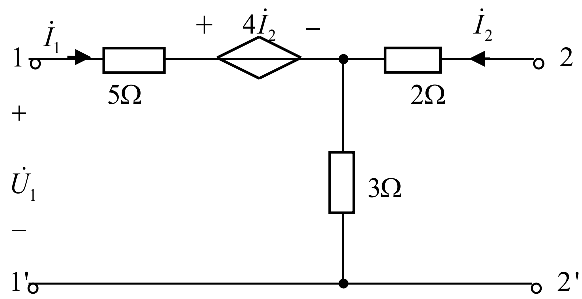
$$I_1=0=CU_2-DI_2=\frac{100}{24}-2D$$

$$D=\frac{100}{48}=\frac{25}{12}$$

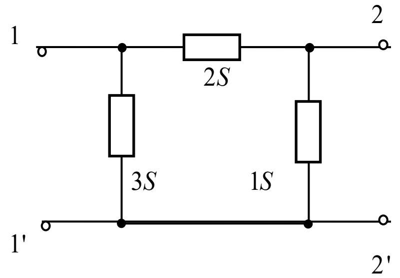
$$\therefore\quad T=\begin{bmatrix}\frac{5}{3} & \frac{178}{3}\\ \frac{1}{24} & \frac{25}{12}\end{bmatrix}$$

10－7 双口网络的参数矩阵为$Z=\begin{bmatrix}8 & 7\\ 3 & 5\end{bmatrix}\Omega$、$Y=\begin{bmatrix}5 & -2\\ -2 & 3\end{bmatrix}S$。试画出它们的 T 形和Π形等效电路。

解： $Z=\begin{bmatrix}8 & 7\\ 3 & 5\end{bmatrix}\Omega$ ， 等效电路为：



$Y=\begin{bmatrix}5 & -2\\ -2 & 3\end{bmatrix}$，等效电路为：

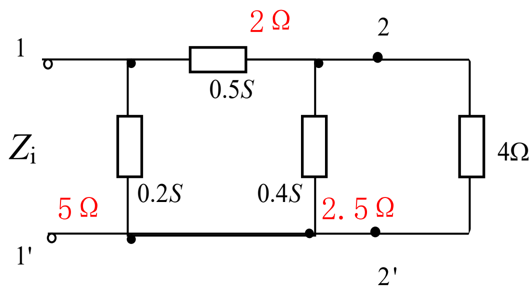


10－8 题 10－8 图示电路中，已知双口网络的 Y 参数矩阵为$\begin{bmatrix}0.7 & -0.5\\ -0.5 & 0.9\end{bmatrix}S$，求输入阻抗$Z_i$。

解： 作出二端口
网络Π型等效电路：

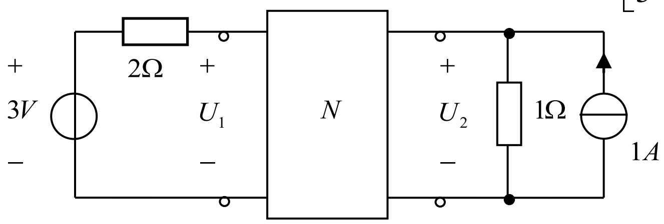
$$2+\frac{2.5\times4}{2.5+4}=2+\frac{10}{6.5}$$

$$=\frac{46}{13}=3.54\Omega$$



$$\therefore \quad Z_i = \frac{5\times 3.54}{5+3.54} = 2.07(\Omega)$$

10－9 题 10－9 图示电路中，已知双口网络 N 的 Z 参数为$\begin{bmatrix} 4 & 3 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}\Omega$，求$U_1$和$U_2$。



题 10－9 图

解： 列方程组：$\begin{cases} I_1 = \dfrac{3-U_1}{2} \\ I_2 = 1 - \dfrac{U_2}{1} \\ U_1 = 4I_1 + 3I_2 \\ U_2 = 3I_1 + I_2 \end{cases}$

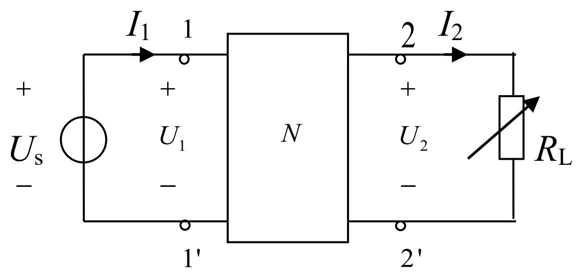
联立解得：$U_1 = 1V$， $U_2 = 2V$

注： 也可以用 T 型等效电路及结点法求解。

10－10 题 10－10 图中双口网络 N 互易，电源$U_s = 6\text{V}$，负载R_L可调。当$R_L = \infty$时，测得$U_2 = 3\text{V}, I_1 = 0.3\text{A}$；当$R_L = 0$时，测得$I_2 = 0.2\text{A}$，求：

(1)网络 N 的传输参数；

(2)当$R_L = 8\Omega$时，$U_2 = ?$



题 10－10 图

解：(1)、当$R_L = \infty$时，$I_2 = 0$

此时，有：$A = \dfrac{U_1}{U_2} = 2 \qquad C = \dfrac{I_1}{U_2} = 0.1$

当 $R_L=0$ 时，$U_2=0$　　有：$B=\dfrac{U_1}{I_2}=30$

且 N 为互易网络，有：$AD-BC=1$

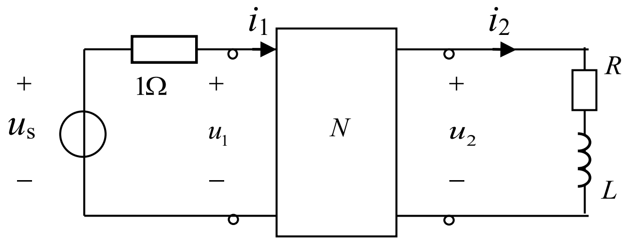
$\therefore\ D=\dfrac{1+BC}{A}=2$

$\therefore\ T=\begin{bmatrix}2 & 30\\ 0.1 & 2\end{bmatrix}$

(2)、$\begin{cases}U_1=2U_2+30I_2\\ I_1=0.1U_2+2I_2\\ U_1=6\\ U_2=8I_2\end{cases}$　　联立解得：$U_2=\dfrac{24}{23}=1.043V$

注：也可用 T 型等效电路求解。

10－11 题 10－11 图示电路中，已知双口网络 N 的 T 参数为$\begin{bmatrix}1 & 1\\ 2 & -2\end{bmatrix}$，电源 $u_s=8\sqrt{2}\cos(2t)$ V, 弱使 $i_2=10\sqrt{2}\cos(2t-30^\circ)$A, 求负载的等效参数 R 、L 。



题 10－11 图

解：　令 $\dot{U}_s=8\angle 0^\circ V$. $\dot{I}_2=10\angle -30^\circ(A)$

传输方程：$\begin{cases}\dot{U}_1=\dot{U}_2+\dot{I}_2=\dot{U}_2+10\angle -30^\circ=8-\dot{I}_1 & ①\\ \dot{I}_1=2\dot{U}_2-2\dot{I}_2=2\dot{U}_2-20\angle -30^\circ & ②\end{cases}$

联立求解：$\dot{U}_2+10\angle -30^\circ=8-2\dot{U}_2+20\angle -30^\circ$

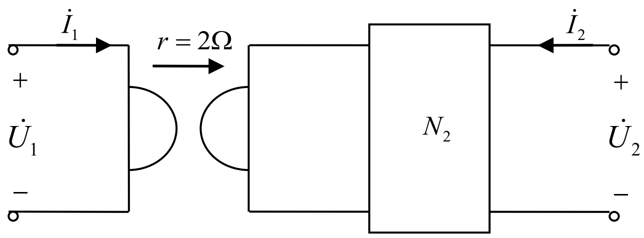
$\dot{U}_2=\dfrac{8}{3}+\dfrac{10}{3}\angle -30^\circ$

$Z_L=\dfrac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2}=\dfrac{8}{30}\angle 30^\circ+\dfrac{1}{3}=0.564+j0.133$

$\therefore\ R=0.564\Omega.$　　　$X_L=0.133\Omega$

$$L=\frac{X_L}{\omega}=\frac{0.133}{2}=0.0667H=66.7mH$$

10－12 题 10－12 图示电路中，网络 N_2 的 T 参数为 $\begin{bmatrix}-\frac{2}{3} & -\frac{10}{3}\\ -\frac{1}{3} & -\frac{2}{3}\end{bmatrix}$，求图示回转器与网络 N_2 相连后的双口网络的 T 参数。

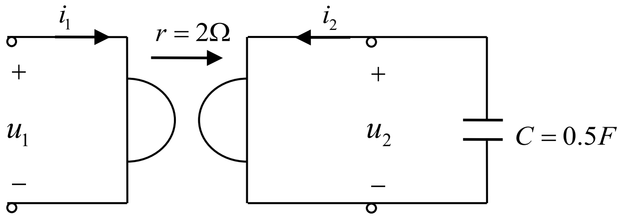


题 10－12 图

解： 回转器传输参数为 $T_1=\begin{bmatrix}0 & 2\\ \frac{1}{2} & 0\end{bmatrix}$

级联 $T=T_1\bullet T_2=\begin{bmatrix}0 & 2\\ \frac{1}{2} & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}-\frac{2}{3} & -\frac{10}{3}\\ -\frac{1}{3} & -\frac{2}{3}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-\frac{2}{3} & -\frac{4}{3}\\ -\frac{1}{3} & -\frac{5}{3}\end{bmatrix}$

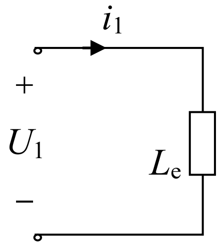
10－13 题 10－13 图示电路，已知 $i_1=(1+3e^{-2t})A$，求 u_1。



题 10－13 图

解： 将电容等效折算到第一端口，为一个电感 L_e

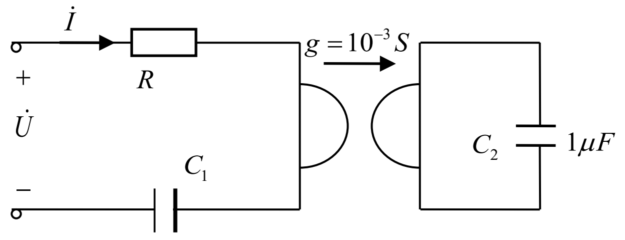
$$L_e=r^2C=4\times0.5=2H$$



则 $u_1 = L_e \dfrac{di_1}{dt} = 2\times\dfrac{d}{dt}(1+3e^{-2t}) = -12e^{-2t}V$

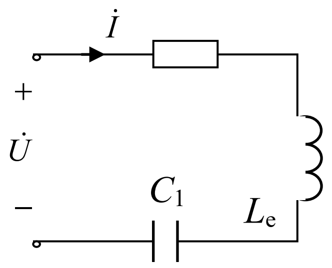
注：也可用叠加定理与回转器电压、电流关系求解。

10－14 已知题 10－14 图示电路的电源频率 $f=10^2 Hz$,当 C_1 取何值时端口处 $\dot{U}$ 与 $\dot{I}$ 同相位？



题 10－14 图

解：电路等效为：



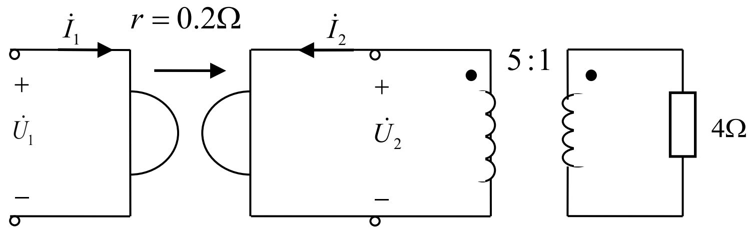
$L_e = \dfrac{1}{g^2}C_1 = \dfrac{1}{10^{-6}}\times 1\times10^{-6} = 1H$

当 $\dfrac{1}{\omega C_1} = \omega L_e$ 时，电路谐振，$\dot{U}$ 、$\dot{I}$ 同相

$\therefore\ C_1 = \dfrac{1}{\omega^2 L_e} = \dfrac{1}{(2\pi f)^2 L_e} = \dfrac{1}{(2\pi\times100)^2\times1}$

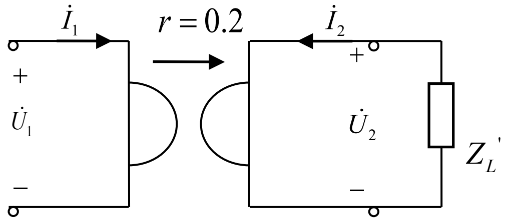
$= 2.53\times10^{-6}F = 2.53\mu F$

10－15 题 10－15 图示电路，已知 $\dot{U}_1 = 10\angle0^\circ \text{V}$,求 $\dot{I}_1$ 。



题 10－15 图

解：电路可等效为：



$Z_L^{'} = n^2 Z_L$

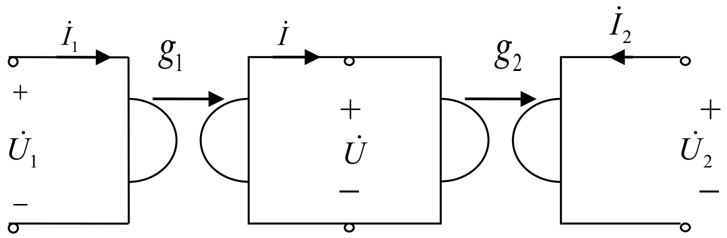
$= 5^2\times4 = 100\Omega$

回转器方程：$\dot{U}_1 = -0.2\dot{I}_2 = 0.2\times\dfrac{\dot{U}_2}{Z_L^{'}} = 0.2\times\dfrac{0.2\dot{I}_1}{Z_L^{'}} = \dfrac{0.04\dot{I}_1}{100}$

$$\therefore\ \dot{I}_1 = 2500\dot{U}_1 = 25000\angle 0^{\circ}(A)$$

10－16 证明两个链联的回转器等效于一个理想变压器，并计算出该变压器的匝数比。

解： 如图：



传输矩阵：$T_1 = \begin{bmatrix} 0 & \dfrac{1}{g_1} \\ g_1 & 0 \end{bmatrix}$，　　$T_2 = \begin{bmatrix} 0 & \dfrac{1}{g_2} \\ g_2 & 0 \end{bmatrix}$

链联总传输矩阵：$T = T_1 \bullet T_2 = \begin{bmatrix} 0 & \dfrac{1}{g_1} \\ g_1 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 0 & \dfrac{1}{g_2} \\ g_2 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{g_2}{g_1} & 0 \\ 0 & \dfrac{g_1}{g_2} \end{bmatrix}$

即：$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dfrac{g_2}{g_1}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_1 = -\dfrac{g_1}{g_2}\dot{I}_2 \end{cases}$　　　令　$n = \dfrac{g_2}{g_1}$

有：$\begin{cases} \dot{U}_1 = n\dot{U}_2 \\ \dot{I}_1 = -\dfrac{1}{n}\dot{I}_2 \end{cases}$ 为一变压器方程。 变比　$n = \dfrac{g_2}{g_1}$

匝数比为：$N_1 : N_2 = g_2 : g_1$