

## 2009 年清华大学电路原理考研模拟试题

2008 年 11 月

- 1、(15 分) 电路如图 1-1 所示。试求：(1) 电压  $U$ ,  $U_2$ ; (2) 电流源发出的功率。

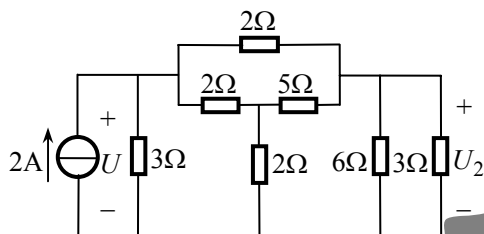


图 1

- 2、(15 分) 求图 2 所示运算放大器电路的输出电压  $U_o$ 。

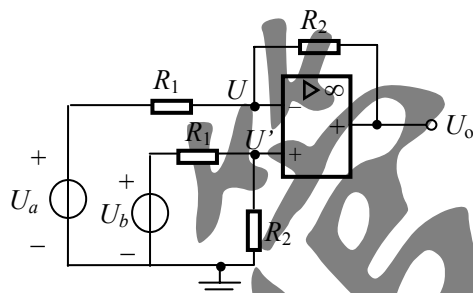


图 2

- 3、(15 分) 已知  $U_{AB}=U$ ,  $R_1=500\Omega$ ,  $R_2=1000\Omega$ ,  $C=1\mu F$ ,  $\omega=314\text{ rad/s}$ , 求自感  $L$ 。
- 4、(15 分) 图 4 所示为一空心变压器电路。已知  $R_1=10\Omega$ ,  $\omega L_1=25\Omega$ ,  $R_2=20\Omega$ ,  $\omega L_2=40\Omega$ ,  $\omega M=30\Omega$ ,  $U_S=220V$ 。求两线圈中电流  $\dot{I}_1$ ,  $\dot{I}_2$  及电源供给的功率。

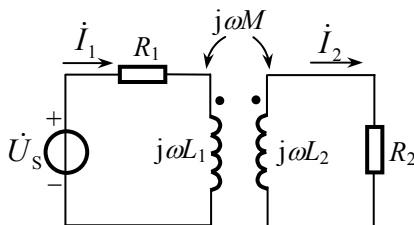


图 4

5、(15 分)图 5 所示电路中,有两个不同频率的电源同时作用,其中  $u_{S1} = \sqrt{2}U_{S1} \sin \omega_1 t$ ,  $\omega_1 = 100\pi \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $u_{S2} = \sqrt{2}U_{S2} \sin \omega_2 t$ ,  $\omega_2 = 300\pi \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ 。如要求电路负载  $Z$  上的电压  $u$  不包含频率为  $\omega_1$  的电压,而只包含频率为  $\omega_2$  的电压,即  $u = u_{S2} = \sqrt{2}U_{S2} \sin \omega_2 t$ , 且已知  $L_1 = 0.2\text{H}$ 。试选择  $C_2$ 、 $L_3$  的参数。若反之需保留频率为  $\omega_1$  的电压,应选择什么样的滤波电路?

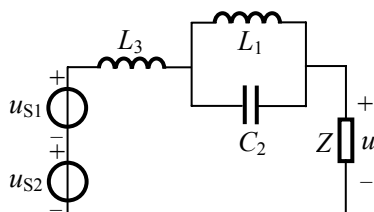


图 5

6、(15 分)求图 6 所示二端口的  $Y$  参数。

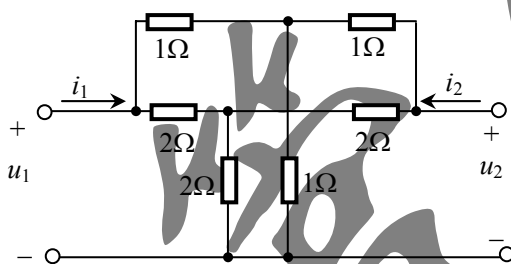
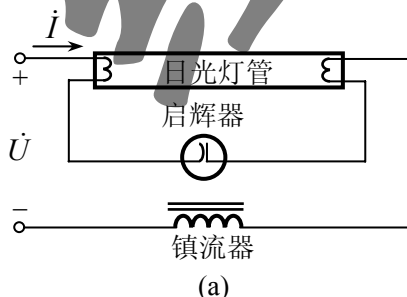
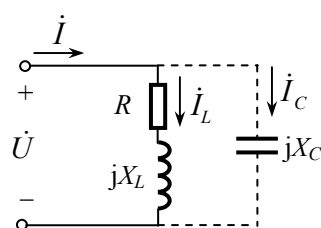


图 6

7、(15 分)图 7(a)所示为一日光灯实用电路,图(b)为其等效电路。日光灯可看作一电阻,其规格为 110V、40W,镇流器是一电感,电源电压为 220V,频率为 50Hz。为保证灯管两端电压为 110V,则镇流器的电感应为多大?此时电路的功率因数是多少?电路中电流是多大?若将电路的功率因数提高到 1,需并联一个多大的电容?其无功量是多少?



(a)



(b)

图 7

8、(15 分) 求图 8 所示二端口的  $G$  传输参数矩阵和  $R$  参数矩阵。

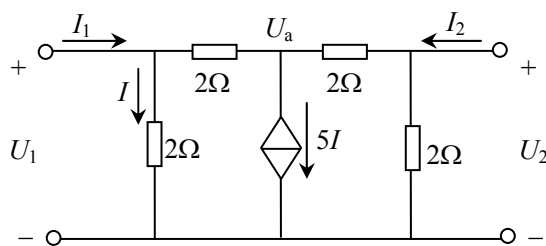


图 8

9、(15 分) 图 9 所示电路中， $N$  为无源线性电阻网络。当  $R_2=2\Omega$ ， $U_S=6V$  时，测得  $I_1=2A$ ， $U_2=2V$ 。如果当  $R_2=4\Omega$ ， $U_S=10V$  时，又测得  $I_1=3A$ ，求此时得电压  $U_2$ 。

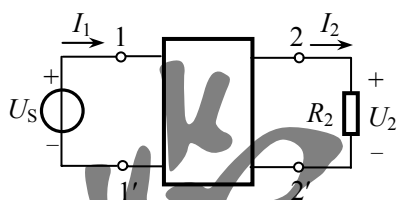


图 9

10、(15 分) 图 10(a)所示电路中， $C_1$  与  $C_2$  组成一个电容分压器。这个分压器有一个缺点，即负载  $Z$  改变时， $\dot{U}_2$  也随之改变。试问在原电路 A、B 之间接入一个什么样的元件可使  $Z$  变化时， $\dot{U}_2$  不变？并说明该元件的参数有多大？已知电源频率为  $f$ 。

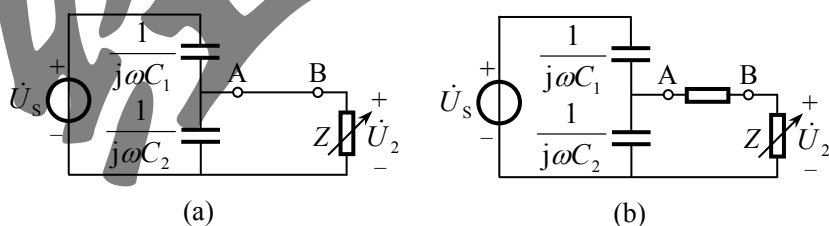


图 10

## 答案部分

1、电路如图 1 所示。试求：(1) 电压  $U$ ,  $U_2$ ; (2) 电流源发出的功率。

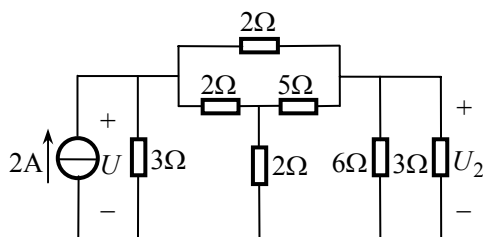
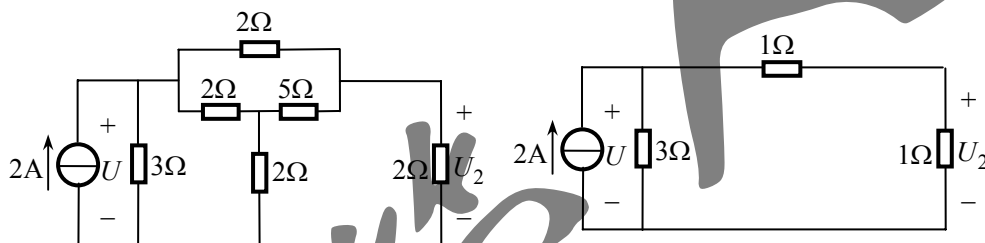


图 1

解：原电路等效为电桥平衡， $5\Omega$ 电阻可忽略，电路进一步简化为



$$U = 2 \times \frac{3 \times 2}{3 + 2} = 2.4\text{V}$$

$$U_2 = \frac{1}{2}U = 1.2\text{V}$$

$$\text{电流源发出的功率 } P = UI_s = 2.4 \times 2 = 4.8\text{W}$$

2、求图 2 所示运算放大器电路的输出电压  $U_o$ 。

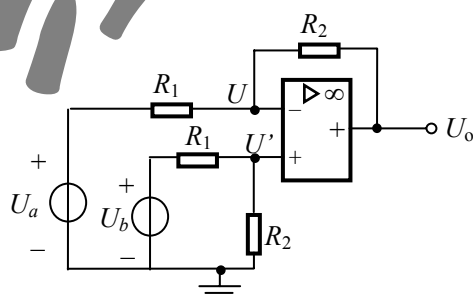


图 2

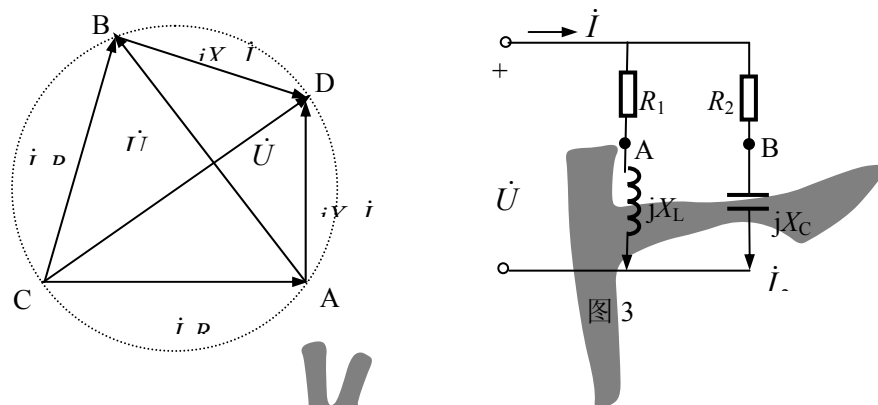
$$\text{解：} \frac{U_a - U}{R_1} = \frac{U - U_o}{R_2} \Rightarrow U_o R_1 = -R_2 U_a + (R_1 + R_2)U$$

$$U = U' = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_b$$

$$\text{因此, } U_0 = \frac{R_2}{R_1} (U_b - U_a)$$

3、已知  $U_{AB}=U$ ,  $R_1=500\Omega$ ,  $R_2=1000\Omega$ ,  $C=1\mu\text{F}$ ,  $\omega=314\text{ rad/s}$ , 求自感  $L$ 。

解: 由原电路可得相量图如下



显然, A、B 两点在以 CD (即  $U$ ) 为直径的圆上。根据题意  $U_{AB}=U$  可知, AB (即  $U_{AB}$ ) 也应是该圆的直径, 即四边形 AVCD 应为矩形。

由此可得:

$$\begin{cases} I_1 R_1 = \frac{1}{\omega C} I_2 \\ I_2 R_2 = \omega L I_1 \end{cases}$$

得

$$L = R_1 R_2 C = 0.5\text{H}$$

4、图 4 所示为一空心变压器电路。已知  $R_1=10\Omega$ ,  $\omega L_1=25\Omega$ ,  $R_2=20\Omega$ ,  $\omega L_2=40\Omega$ ,  $\omega M=30\Omega$ ,  $U_S=220\text{V}$ 。

求两线圈中电流  $\dot{I}_1$ ,  $\dot{I}_2$  及电源供给的功率。

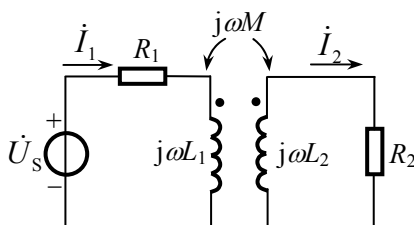
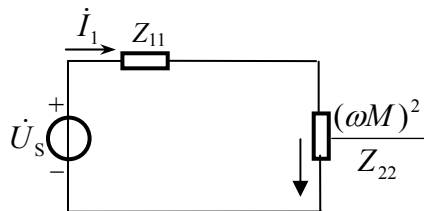


图 4

解：(1) 用空心变压器原副边等效电路求解：

原边等效电路：



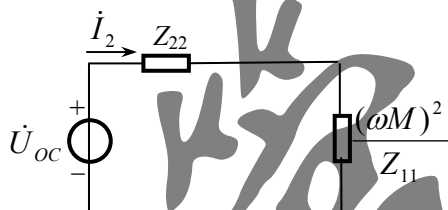
$$R_1 = 10\Omega, j\omega L_1 = j25\Omega, \dot{U}_s = 220\angle 0^\circ V$$

$$\frac{\omega^2 M^2}{R_2 + j\omega L_2} = \frac{30^2}{20 + j40} = \frac{900}{44.72\angle 63.4^\circ} = 20.13\angle -63.4^\circ = 9.01 - j18$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_s}{10 + j25 + 9 - j18} = \frac{220\angle 0^\circ}{19 + j7} = \frac{220\angle 0^\circ}{20.2\angle 20.2^\circ} = 10.9\angle -20.2^\circ A$$

$$P_{Us\text{发}} = U_s I_1 \cos \varphi_1 = 220 \times 10.9 \times \cos 20.2^\circ = 2250W$$

副边等效电路：



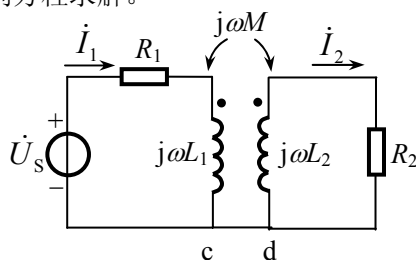
$$R_2 = 20\Omega, j\omega L_2 = j40\Omega,$$

$$\frac{(\omega M)^2}{R_1 + j\omega L_1} = \frac{900}{10 + j25} = \frac{900}{26.93\angle 68.2^\circ} = 33.42\angle -68.2^\circ = 12.4 - j31.0\Omega$$

$$\dot{U}_{oc} = \frac{\dot{U}_s}{R_1 + j\omega L_1} j\omega \mu = \frac{220\angle 0^\circ}{10 + j25} \times j30 = \frac{220\angle 0^\circ \times 30\angle 90^\circ}{26.93\angle 68.2^\circ} = 245.1\angle 21.8^\circ$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{oc}}{20 + j40 + 12.4 - j31} = \frac{245.1\angle 21.8^\circ}{32.4 + j9} = \frac{245.1\angle 21.8^\circ}{33.63\angle 15.5^\circ} = 7.25 + j0.8A$$

(2) 去耦，列方程求解。



c,d 连一根线不影响原电路的解。

5、图 5 所示电路中，有两个不同频率的电源同时作用，其中  $u_{s1} = \sqrt{2}U_{s1} \sin \omega_1 t$ ， $\omega_1 = 100\pi \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ，

$u_{S2} = \sqrt{2}U_{S2} \sin \omega_2 t$ ,  $\omega_2 = 300\pi \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ 。如要求电路负载 $Z$ 上的电压 $u$ 不包含频率为 $\omega_1$ 的电压, 而只包含频率为 $\omega_2$ 的电压, 即  $u = u_{S2} = \sqrt{2}U_{S2} \sin \omega_2 t$ , 且已知 $L_1 = 0.2\text{H}$ 。试选择 $C_2$ 、 $L_3$ 的参数。若反之需保留频率为 $\omega_1$ 的电压, 应选择什么样的滤波电路?

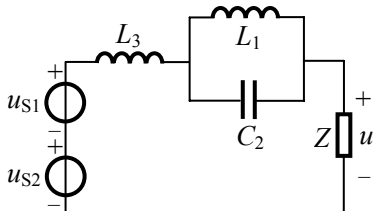
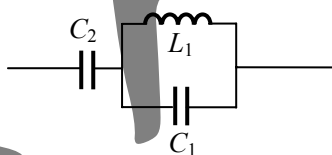


图 5

解: 根据已知条件, 所选滤波电路应对 $\omega_1$ 发生并联谐振, 而对 $\omega_2$ 发生串联谐振。因此,

$$\frac{1}{\sqrt{L_1 C_2}} = \omega_1 = 100\pi \Rightarrow C_2 = 50.7\mu\text{F}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{L_1 L_3}{L_1 + L_3} C_2}} = \omega_2 = 100\pi \Rightarrow L_3 = 25\text{mH}$$



反之, 若需保留频率为 $\omega_1$ 的电压, 应选择右上图所示滤波电路。

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} \Rightarrow C_1 = 5.63\mu\text{F}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 (C_1 + C_2)}} \Rightarrow C_2 = 45\mu\text{F}$$

6、求图 6 所示二端口的  $Y$  参数。

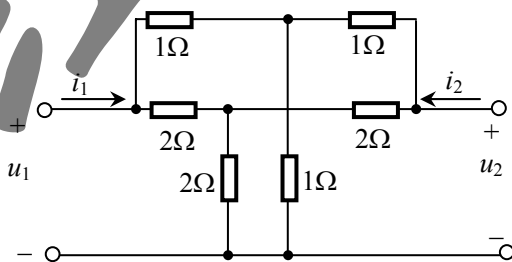


图 6

解: 原电路可看成是两个二端口的并联: 由 3 个  $1\Omega$  电阻组成的 T 型电路和由 3 个  $2\Omega$  电阻组成的 T 型电路:

$$Y_1 = \begin{bmatrix} 1/3 & -1/6 \\ -1/6 & 1/3 \end{bmatrix} \text{S}$$

$$Y_2 = \begin{bmatrix} 2/3 & -1/3 \\ -1/3 & 2/3 \end{bmatrix} \text{S}$$

$$\text{因此, } Y = Y_1 + Y_2 = \begin{bmatrix} 1 & -0.5 \\ -0.5 & 1 \end{bmatrix} \text{S}$$

也可以进行 Y- $\nabla$ 变换后得到电阻为  $2\Omega$  的  $\pi$  型电路, 再算参数。

7、图 7(a)所示为一日光灯实用电路, 图(b)为其等效电路。日光灯可看作一电阻, 其规格为 110V、40W, 镇流器是一电感, 电源电压为 220V, 频率为 50Hz。为保证灯管两端电压为 110V, 则镇流器的电感应为多大? 此时电路的功率因数是多少? 电路中电流是多大? 若将电路的功率因数提高到 1, 需并联一个多大的电容? 其无功量是多少?

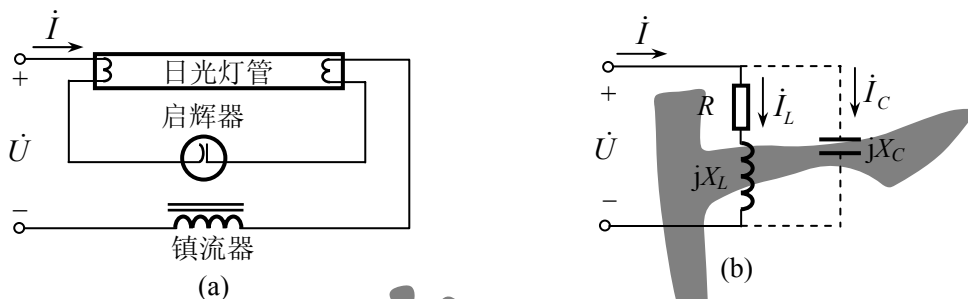
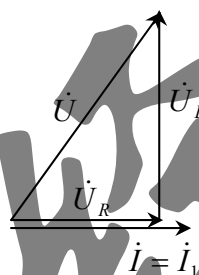


图 7

$$\text{解: } U_R = 110\text{V} \quad P_R = 40\text{W} \quad R = \frac{U_R^2}{P_R} = 302.5\Omega \quad I_L = \frac{P_R}{U_R} = 0.364\text{A}$$

并 C 前, 相量图如下:



$$U_L = \sqrt{U^2 - U_R^2} = \sqrt{220^2 - 110^2} = 190.5\text{V}$$

$$\omega L = \frac{U_L}{I_L} = 523.4\Omega$$

$$L = \frac{523.4}{2\pi \times 50} = 1.67\text{H}$$

$$\text{此时的功率因数 } \cos \varphi_1 = \frac{U_R}{U} = 0.5 \Rightarrow \varphi_1 = 60^\circ$$

并 C 后, 功率因数提高,  $\cos \varphi_2 = 1 \Rightarrow \varphi_2 = 0^\circ$

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 4.56\mu\text{F}$$

$$Q_C = -\omega C U^2 = -69.3\text{Var}$$



8、求图 8 所示二端口的  $G$  传输参数矩阵和  $R$  参数矩阵。

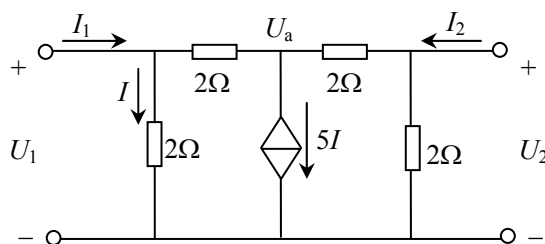


图 8

解：对中间的节点，用 KCL 得

$$\frac{U_1 - U_a}{2} = 5 \times \frac{U_1}{2} + \frac{U_a - U_2}{2} \Rightarrow U_a = -2U_1 + 0.5U_2$$

因此

$$\begin{cases} I_1 = \frac{U_1}{2} + \frac{U_1 - U_a}{2} = 2U_1 - 0.25U_2 \\ I_2 = \frac{U_2}{2} + \frac{U_2 - U_a}{2} = U_1 + 0.75U_2 \end{cases} \Rightarrow G = \begin{bmatrix} 2 & -0.25 \\ 1 & 0.75 \end{bmatrix}$$

$$R = G^{-1} = \frac{1}{7} \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ -4 & 8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.43 & 0.14 \\ -0.57 & 1.14 \end{bmatrix}$$

9、图 9 所示电路中，N 为无源线性电阻网络。当  $R_2=2\Omega$ ， $U_S=6V$  时，测得  $I_1=2A$ ， $U_2=2V$ 。如果当  $R_2=4\Omega$ ， $U_S=10V$  时，又测得  $I_1=3A$ ，求此时得电压  $U_2$ 。

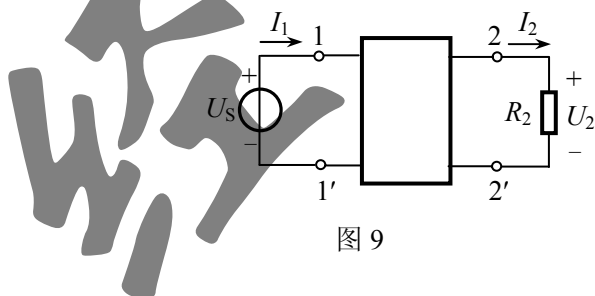


图 9

解：将两组已知条件写成下列形式：

$$U_S = 6V \quad I_1 = 2A \quad U_2 = 2V \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2} = 1A$$

$$\hat{U}_S = 10V \quad \hat{I}_1 = 3A \quad \hat{U}_2 = ?V \quad \hat{I}_2 = \frac{\hat{U}_2}{\hat{R}_2} = 0.25\hat{U}_2A$$

利用特勒根定理，

$$-U_S \hat{I}_1 + U_2 \hat{I}_2 + \sum U_k \hat{I}_k = -\hat{U}_S I_1 + \hat{U}_2 I_2 + \sum \hat{U}_k I_k$$

$$\text{因为 } N \text{ 为无源线性电阻网络, } \sum U_k \hat{I}_k = \sum I_k R_k \hat{I}_k = \sum \hat{U}_k I_k$$

所以，

$$\begin{aligned} -6 \times 3 + 2 \times 0.25 \hat{U}_2 &= -10 \times 2 + \hat{U}_2 \times 1 \\ \hat{U}_2 &= 4\text{V} \end{aligned}$$

10、图 10(a)所示电路中， $C_1$ 与 $C_2$ 组成一个电容分压器。这个分压器有一个缺点，即负载 $Z$ 改变时， $\dot{U}_2$ 也随之改变。试问在原电路A、B之间接入一个什么样的元件可使 $Z$ 变化时， $\dot{U}_2$ 不变？并说明该元件的参数有多大？已知电源频率为 $f$ 。

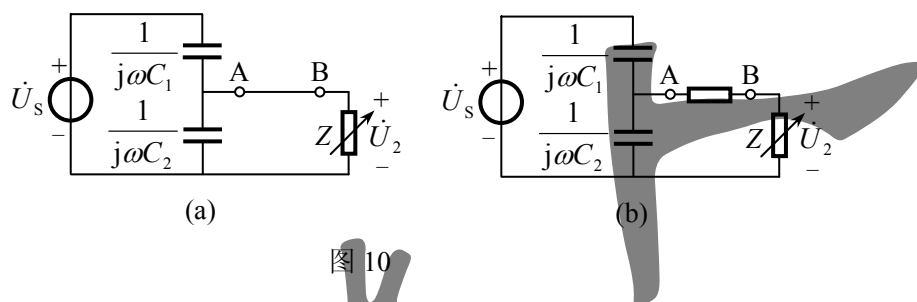


图 10

解：当从 $Z$ 两端向左看过去的戴维南等效电路的 $Z_i = 0$ 时， $\dot{U}_2$ 不随 $Z$ 的变化而变化。因此，

$$jX - j \frac{1}{\omega(C_1 + C_2)} = 0, \text{ 其中 } X \text{ 是 A、B 间接入的元件的电抗}$$

$$X = \frac{1}{\omega(C_1 + C_2)} > 0, \text{ 因此是一电感，其电感值为}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 (C_1 + C_2)}$$