电子学基础——第四次作业

LXQ

2019.10.15

11-2 已知正弦电压$u = 220\sqrt{2}\sin\left(1000t + \frac{\pi}{4}\right)\mathrm{V}$，正弦电流$i = 10\sin\left(1000t - \frac{\pi}{6}\right)\mathrm{A}$。

(1)写出u、i的相量表达式；

(2)计算u、i的相位差；

(3)画出u、i的相量图。

解 (1) $\dot{U} = 220\angle 45°\mathrm{V}$, $\dot{I} = 5\sqrt{2}\angle -30°\mathrm{V}$;

(2) $\Delta\varphi = 75°$;

(3) 如图 11-2 (3) 所示

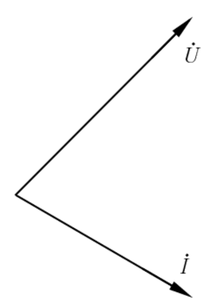
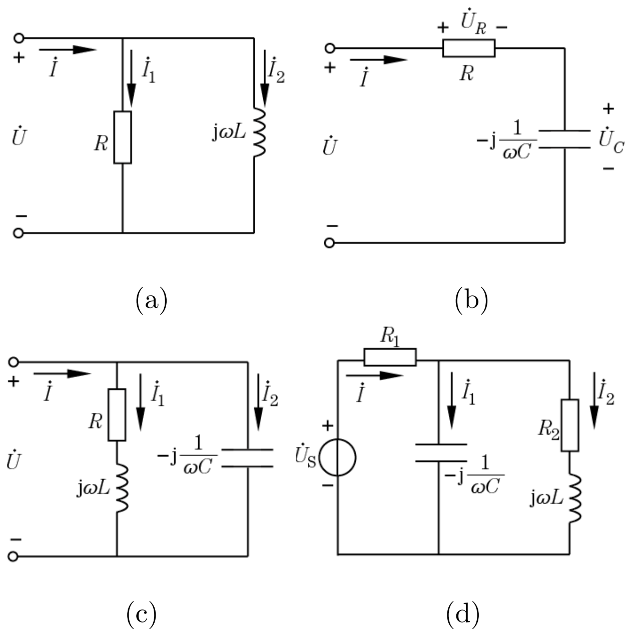


图 11-2 (3)

11-5 定性画出题图 11-5 所示各电路的电压、电流相量图。

解 如图 11-5 所示。

11-8 求题图 11-8 所示各电路的入端阻抗 Z_{ab}。



题图 11-5

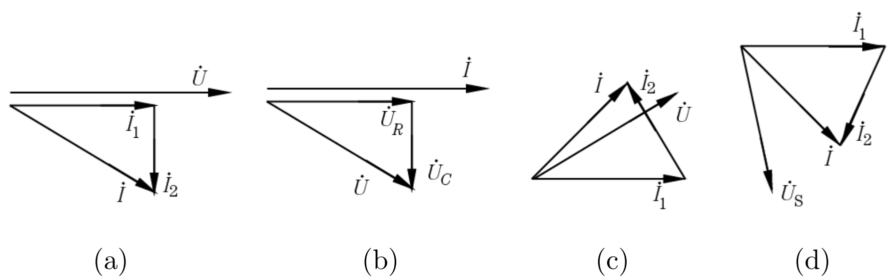
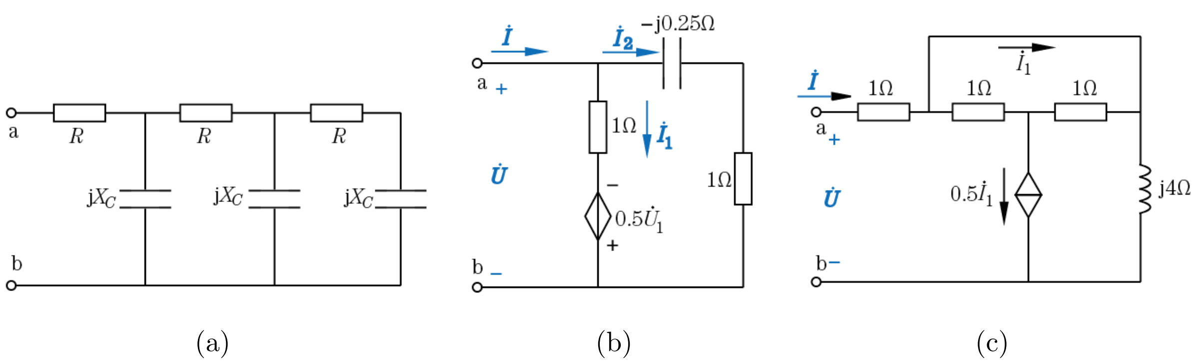


图 11-5



题图 11-8

解 (a)

$$\begin{aligned}
Z &= ((\mathrm{j}X_C+R)//\mathrm{j}X_C+R)//\mathrm{j}X_C+R \\
&= \frac{3\mathrm{j}RX_C-X_C^2+R^2}{R+2\mathrm{j}X_C}//\mathrm{j}X_C+R \\
&= \frac{-3RX_C^2-\mathrm{j}X_C^3+\mathrm{j}R^2X_C}{3\mathrm{j}RX_C-X_C^2+R^2+\mathrm{j}X_CR-2X_C^2}+R \\
&= \frac{R^3-6RX_C^2+\mathrm{j}(5R^2X_C-X_C^3)}{R^2-3X_C^2+\mathrm{j}4RX_C}
\end{aligned}$$

(b)

$$\dot U_1=\dot I_2$$
$$\dot U=(1-\mathrm{j}0.25)\dot I_2$$
$$\dot I_1=(1.5-\mathrm{j}0.25)\dot I_2$$
$$\dot I=(2.5-\mathrm{j}0.25)\dot I_2$$
$$\dot I=\dot I_2+\dot I_1=(2.5-\mathrm{j}0.25)I_2$$
$$\therefore R_{\mathrm{eq}}=\frac{\dot U}{\dot I}=\frac{1-\mathrm{j}0.25}{2.5-\mathrm{j}0.25}=(0.406-\mathrm{j}0.059)\Omega$$

(c)

$$\dot U=\dot I+(\dot I-\dot I_1)+(\dot I-\dot I_1-0.5\dot I_1)+\mathrm{j}4(\dot I-0.5\dot I_1)$$
$$\dot I-\dot I_1=-(\dot I-\dot I_1-0.5\dot I_1)$$
$$\therefore \dot I_1=0.8\dot I$$
$$\therefore \dot U=(1+\mathrm{j}2.4)\dot I$$
$$R_{\mathrm{eq}}=(1+\mathrm{j}2.4)\Omega$$

11-14 一线圈接到$U_0=120\mathrm{V}$的直流电源时，电流$I_0=20\mathrm{A}$。若接到频率$f=50\mathrm{Hz}$，电压$U_2=220\mathrm{V}$的交流电源时，电流$I_2=28.2\mathrm{A}$。求此线圈的电阻和电感。

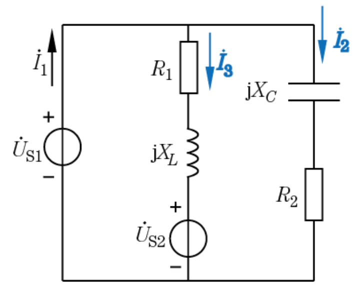
解

$$Z=R+\mathrm{j}\omega L$$
$$R=\frac{U_0}{I_0}=6\Omega$$
$$|I_2|=\frac{|U_2|}{|Z_2|}=\frac{220}{\sqrt{6^2+(\omega L)^2}}=28.2,\omega=2\pi f$$
$$\therefore L=0.0159\mathrm{H}$$

11-20 改 电路如题图 11-20 所示。已知$\dot U_{\mathrm{S1}}=100\angle 0°\mathrm{V}$, $\dot U_{\mathrm{S2}}=100\angle-60°\mathrm{V}$, $R_1=R_2=50\Omega$, $X_C=-100\Omega$, $X_L=80\Omega$，求$\dot I_1$。

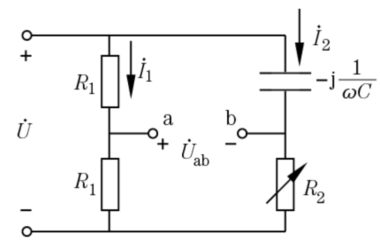
解

$$\dot I_2=\frac{\dot U_{\mathrm{S1}}}{\mathrm{j}X_C+R_2}=(0.4+\mathrm{j}0.8)\mathrm{A}$$
$$\dot I_3=\frac{\dot U_{\mathrm{S1}}-\dot U_{\mathrm{S2}}}{R_1+\mathrm{j}X_L}=(1.06+\mathrm{j}0.037)\mathrm{A}$$
$$\therefore \dot I=(1.46+\mathrm{j}0.837)\mathrm{A}=1.682\angle 29.8°\mathrm{A}$$



题图 11-20

11-23 题图 11-23 所示电路为一种移相电路。用相量分析说明改变电阻可使电压$\dot{U}_{\rm ab}$相位变化而大小不变。若$U=2$V, $f=200$Hz, $R_1=4$kΩ, $C=0.01$μF, R_2由30kΩ变至140Ω，求$\dot{U}_{\rm ab}$的相位变化。



题图 11-23

解 设$\dot{U}$的负极处为电势零点。

$$\dot{U}_{\rm a}=\frac{1}{2}\dot{U}$$

$$\dot{U}_{\rm b}=\frac{\dot{U}}{R_2-{\rm j}\frac{1}{\omega C}}\cdot R_2=\frac{\dot{U}R_2\omega C}{R_2\omega C-{\rm j}}$$

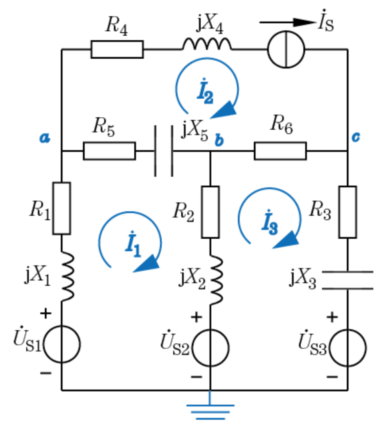
$$\dot{U}_{\rm ab}=\frac{\dot{U}}{2}-\frac{\dot{U}R_2\omega C}{R_2\omega C-{\rm j}}=\frac{\dot{U}}{2}\cdot\frac{{\rm j}+R_2\omega C}{{\rm j}-R_2\omega C}$$

$$\therefore|\dot{U}_{\rm ab}|=|\frac{\dot{U}}{2}|,\dot{U}_{\rm ab}\text{相位变化而大小不变}$$

$U=2{\rm V}, f=200{\rm Hz}, R_1=4{\rm k}\Omega, C=0.01\mu{\rm F}$, 记 $\dot{U}=2\angle0°{\rm V}$
$R_2=30{\rm k}\Omega$时，$\dot{U}_{\rm ab}=1\angle-41.31°$。
$R_2=140\Omega$时，$\dot{U}_{\rm ab}=1\angle-0.201°$。
$\therefore\Delta\varphi=41.1°$
(疑为题目有误，$R_2=140{\rm k}\Omega$时，$\dot{U}_{\rm ab}=1\angle-120.78°$，$\Delta\varphi=-79.4°$)

11-28 分别用回路法和节点法列写题图 11-28 所示电路的相量方程。

解



题图 11-28

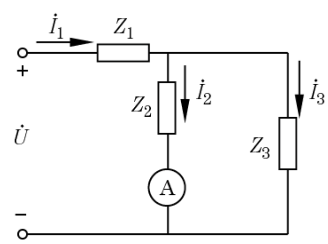
回路电流法

$$\begin{cases} -\dot{U}_{S1}+\dot{I}_1(R_1+jX_1)+(\dot{I}_1-\dot{I}_2)(R_5+jX_5)+(\dot{I}_1-\dot{I}_3)(R_2+jX_2)+\dot{U}_{S2}=0 \\ -\dot{U}_{S2}+(\dot{I}_3-\dot{I}_1)(jX_2+R_2)-(\dot{I}_3-\dot{I}_2)R_6+\dot{I}_3(R_3+jX_3)+\dot{U}_{S3}=0 \\ \dot{I}_2=\dot{I}_S \end{cases}$$

节点电压法

$$\begin{cases} \dfrac{\dot{U}_a-\dot{U}_{S1}}{R_1+jX_1}+\dfrac{\dot{U}_a-\dot{U}_b}{R_5+jX_5}+\dot{I}_S=0 \\ \dfrac{\dot{U}_b-\dot{U}_a}{R_5+jX_5}+\dfrac{\dot{U}_b-\dot{U}_{S2}}{R_2+jX_2}+\dfrac{\dot{U}_b-\dot{U}_c}{R_6}=0 \\ \dfrac{\dot{U}_c-\dot{U}_b}{R_6}+\dfrac{\dot{U}_c-\dot{U}_{S3}}{R_3+jX_3}-\dot{I}_S=0 \end{cases}$$

11-30 电路如题图 11-30 所示。已知$U=220$V，$Z_2=15+j20\Omega$，$Z_3=20\Omega$，$\dot{I}_2=4\angle 0°$A，且$\dot{I}_2$滞后$\dot{U}$ 30°，求Z_1。



题图 11-30

解 由$\dot{I}_2=4\angle 0°$A且滞后$\dot{U}$ 30°知

$$\dot{U}=220\angle 30°\text{V}$$

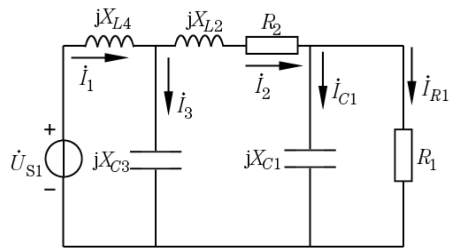
$$\dot{U}_{Z1}=\dot{U}-\dot{I}_2 Z_2=133.93\angle 12.94°\text{V}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{I}_2 Z_2}{Z_3} = 5\angle 53.13^\circ \mathrm{A}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_3 + \dot{I}_2 = 8.06\angle^\circ 29.74^\circ \mathrm{A}$$

$$Z_1 = \frac{\dot{U}_{Z1}}{\dot{I}_1} = 16.61\angle - 16.80^\circ \Omega = (15.90 - \mathrm{j}4.80)\Omega$$

11-32 在同一相量图中，定性画出题图 11-32 所示电路中各元件电压、电流的相量关系。



题图 11-32

解 如图所示，其中$\dot{I}_{R1}$与$\dot{U}_{C1}$垂直，$\dot{I}_2$与$\dot{U}_{L2}$垂直，$\dot{I}_3$与$\dot{U}_{C3}$垂直，$\dot{I}_4$与$\dot{U}_{L4}$垂直。

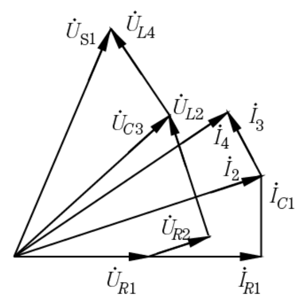
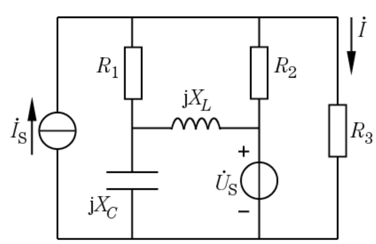


图 11-32

11-39 电路如图11-39所示，$R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 1\Omega$, $\dot{I}_S = 10\angle 0^\circ \mathrm{A}$, $\dot{U}_S = 30\angle 0^\circ \mathrm{V}$, $\mathrm{j}X_C = -\mathrm{j}3\Omega$, $\mathrm{j}X_L = \mathrm{j}6\Omega$。用戴维南定理求图中电流$\dot{I}$。



题图 11-39

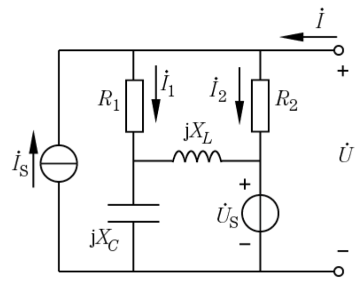


图 11-39

解 如图 11-39 所示，求R_3以外部分的戴维南等效电路。则

$$\dot{I}_2=\frac{\dot{U}-30}{2}$$

$$\therefore \dot{I}_1=\dot{I}-\frac{\dot{U}-30}{2}+10=\dot{I}-\frac{\dot{U}}{2}+25$$

$$\therefore \dot{U}_C=\dot{U}-6\dot{I}_1=4\dot{U}-6\dot{I}-150$$

$$\because \frac{\dot{U}_C-30}{\mathrm{j}6}+\frac{\dot{U}_C}{-\mathrm{j}3}=\dot{I}_1$$

$\therefore$ 代入$\dot{U}_C,\dot{I}_1$ 得

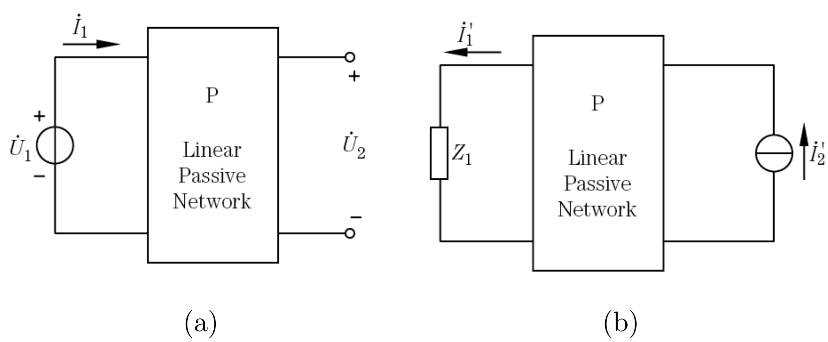
$$(-4+\mathrm{j}3)\dot{U}=(-6+\mathrm{j}6)\dot{I}+(-120+\mathrm{j}150)$$

$$\therefore \dot{U}_{\mathrm{eq}}=(37.2-\mathrm{j}9.6)\mathrm{V}, R_{\mathrm{eq}}=(1.68-\mathrm{j}0.24)\Omega$$

$$\therefore \dot{U}=(1.68-\mathrm{j}0.24)\dot{I}+(37.2-\mathrm{j}9.6)$$

$$\dot{I}=\frac{\dot{U}_{\mathrm{eq}}}{R_{\mathrm{eq}}+1}=(14.09-\mathrm{j}2.32)\mathrm{A}=14.28\angle-9.4^\circ\mathrm{A}$$

11-51 题图 11-51(a) 所示电路中，$\dot{U}_1=220\angle 0^\circ\mathrm{V}$, $\dot{I}_1=5\angle-30^\circ\mathrm{A}$, $\dot{U}_2=110\angle-45^\circ\mathrm{V}$。图(b)中，$\dot{I}_2'=10\angle 0^\circ\mathrm{A}$, 阻抗$Z_1=(40+\mathrm{j}30)\Omega$, 则$Z_1$中电流$\dot{I}_1'$为多大？



题图 11-51

解 设(a)中P的各个支路电压、电流为$\dot{U}_i, \dot{I}_i (i = 3, 4, 5, \cdots, n)$（取关联参考方向，下同），(b)中对应者为$\dot{U}'_i, \dot{I}'_i$。由特勒根定理

$$\begin{cases} \dot{U}_1\dot{I}'_1 + \dot{U}_2(-\dot{I}'_2) + \sum_{i=3}^{n} \dot{U}_i\dot{I}'_i = 0 \\ (Z_1\dot{I}'_1)(-\dot{I}'_1) + \dot{U}'_2 \cdot 0 + \sum_{i=3}^{n} \dot{U}'_i\dot{I}_i = 0 \end{cases}$$

由于P为无源线性网络，则

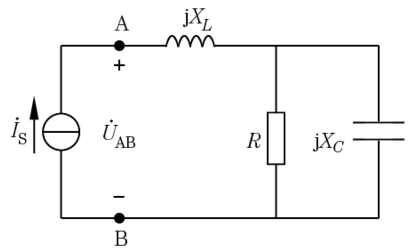
$$\dot{U}_i\dot{I}'_i = R_i\dot{I}_i\dot{I}'_i = \dot{U}'_i\dot{I}_i$$

从而两式相减化简可得

$$\dot{U}_1\dot{I}'_1 - \dot{U}_2\dot{I}'_2 = Z_1\dot{I}'_1(-\dot{I}_1)$$

$$\therefore \dot{I}'_1 = \frac{\dot{U}_2\dot{I}'_2}{\dot{U}_1 + Z_1\dot{I}_1} = (1.549 - \mathrm{j}1.760)\mathrm{A} = 2.34\angle -48.7^\circ\mathrm{A}$$

11-53 改 题图 11-53 所示电路中，已知$I_\mathrm{S} = 1\mathrm{A}$，当$X_L = 2\Omega$时，测得电压$U_\mathrm{AB} = 2\mathrm{V}$；当$X_L = 4\Omega$时，测得电压仍为$U_\mathrm{AB} = 2\mathrm{V}$。试确定电阻$R$以及容抗$X_C$的值。



题图 11-53

解

$$\dot{U}_\mathrm{AB} = \dot{I}_\mathrm{S}\left(\mathrm{j}X_L + \frac{\mathrm{j}RX_C}{R + \mathrm{j}X_C}\right) = \mathrm{j}X_L + \frac{\mathrm{j}RX_C}{R + \mathrm{j}X_C}$$

设 $\frac{\mathrm{j}RX_C}{R+\mathrm{j}X_C} = a + \mathrm{j}b$, 由于是电容和电阻并联，则$b < 0, a > 0$，且由题中数据可知

$$\begin{cases} |a + (2 + b)\mathrm{j}| = 2 \\ |a + (4 + b)\mathrm{j}| = 2 \end{cases}$$

$$\therefore b = -3, a = \sqrt{3}$$

$$\therefore X_C = -4\Omega, R = 4\sqrt{3}\Omega$$