

1. (20 分) 如图 1 所示对称三相电路中, 已知负载端的线电压 $\dot{U}_{A'B'}$ 为 $380\angle 30^\circ$ V, 线电流为 3A, 负载的功率因数为 0.866(感性), 线路阻抗为 $Z_l = (5 + j2.9)\Omega$,

求: (1) 电源线电压 \dot{U}_{AB} 、 \dot{U}_{BC} 、 \dot{U}_{CA} ; (2) 电源提供的平均功率、无功功率和视在功率。

【解】1) 设 A 相等值电路如图 1-a 所示 【1 分】

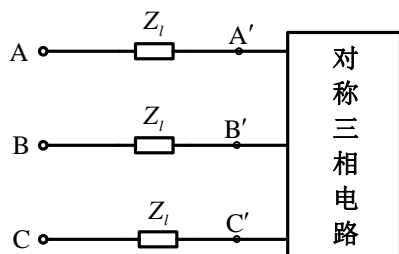


图 1

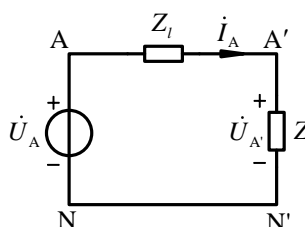


图 1-a

由题意得: $\dot{U}_{A'} = \frac{U_l}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = 220\angle 0^\circ \text{ V}$, 【1 分】因负载的功率因数为 0.866 (感性), 所

以, 线电流的相量形式可以表示为 $\dot{I}_A = 3\angle -30^\circ \text{ A}$ 【2 分】

2) 由 KVL 求电源的相电压

$$\dot{U}_A = Z_l \dot{I}_A + \dot{U}_{A'} = (5 + j2.9) \times 3\angle -30^\circ + 220\angle 0^\circ = 237\angle 0^\circ \text{ V} \quad \text{【3 分】}$$

3) 由线电压与相关系, 求电源线电压 【2 分】

$$\dot{U}_{AB} = \sqrt{3} \dot{U}_A \angle 30^\circ = \sqrt{3} \times 237 \angle 30^\circ = 410\angle 30^\circ \text{ V, 或 } 411\angle 30^\circ \text{ V}$$

4) 由电源线电压的对称性可得 【2 分】

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_{AB} \angle -120^\circ = 410\angle -90^\circ \text{ V}$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_{AB} \angle 120^\circ = 410\angle 150^\circ \text{ V}$$

5) 电源提供的平均功率 (也称有功功率) 【3 分】

$$P = \sqrt{3} U_l I_l \cos \theta = \sqrt{3} \times 410 \times 3 \times \cos(0^\circ + 30^\circ) = 1845 \text{ W 或 } 1849 \text{ W}$$

7) 电源提供的无功功率 【3 分】

$$Q = \sqrt{3} U_l I_l \sin \theta = \sqrt{3} \times 410 \times 3 \times \sin(0^\circ + 30^\circ) = 1065 \text{ Var 或 } 1068 \text{ Var}$$

8) 电源提供的视在功率 【3 分】

$$S = \sqrt{3} U_l I_l = \sqrt{3} \times 410 \times 3 = 2130 \text{ VA 或 } 2136 \text{ VA}$$

2. (20 分) 某台电动机的功率为 3KW, 功率因数为 0.911, 线电压为 380V (对称), 如图 2 所示。求图中两个功率表的读数。

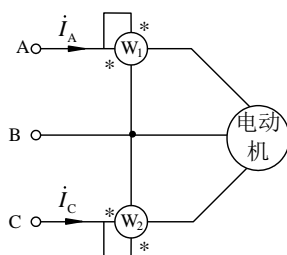


图 2

【解】 $I_l = \frac{P}{\sqrt{3}U_l \cos \varphi} = \frac{3000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.911} = 5 \text{ A}$ 【4 分】

设: $\dot{U}_A = 220 \angle 0^\circ \text{ V}$, 【2 分】

则: $\dot{I}_A = 5 \angle -24^\circ \text{ A}$ 【2 分】 , $\dot{I}_C = 5 \angle 96^\circ \text{ A}$ 【2 分】 , $\dot{U}_{AB} = 380 \angle 30^\circ \text{ V}$ 【2 分】 ,

$\dot{U}_{CB} = 380 \angle 90^\circ \text{ V}$ 【2 分】

功率表 W_1 的读数为: $P_1 = U_{AB} I_A \cos(30^\circ - (-24^\circ)) = 380 \times 5 \cos(54^\circ) = 1117 \text{ W}$ 【3 分】

功率表 W_2 的读数为 $P_2 = U_{CB} I_C \cos(90^\circ - 96^\circ) = 380 \times 5 \times \cos(-6^\circ) = 1890 \text{ (W)}$ 【3 分】

\therefore 功率表 W_1 的读数为 1117W, 功率表 W_2 的读数为 1890W。

3.(20 分) 图 3 所示稳态电路中, 已知 $R = 5\Omega$, $L = 0.1\text{H}$, $C_1 = 0.075\text{F}$, $C_2 = 0.025\text{F}$, $i(t) = [5 + 20\sin 10t + 10\sin(20t + 30^\circ)] \text{ A}$ 。求电压 $u(t)$ 及电压表和功率表的读数。

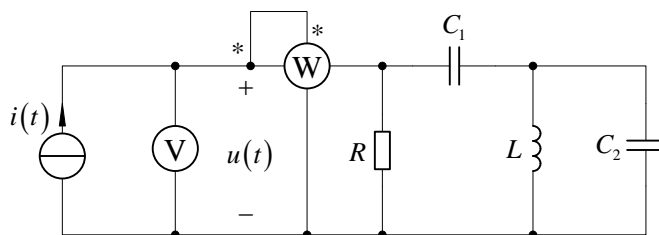
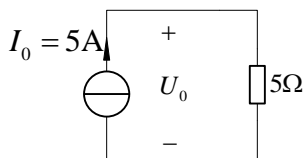


图 3

【解】 $i(t) = [5 + 20\sin 10t + 10\sin(20t + 30^\circ)] = I_0 + i_1(t) + i_2(t)$

(1) 直流分量 I_0 单独作用。电路如图 (a) 所示。



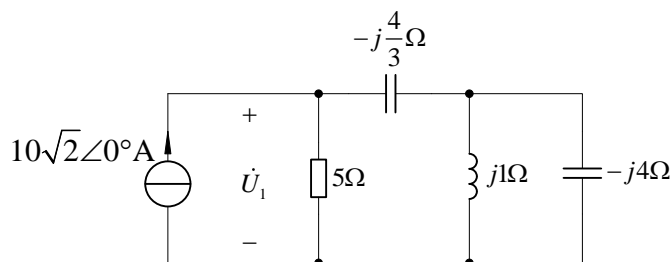
【1 分】

(a)

$U_0 = 5I_0 = 5 \times 2 = 25 \text{ V}$ 【1 分】

$P_0 = U_0 I_0 = 25 \times 5 = 125 \text{ W}$ 【1 分】

(2) 基波分量 $i_1(t)$ 单独作用。相量模型如图 (b) 所示。



【3 分】

(b)

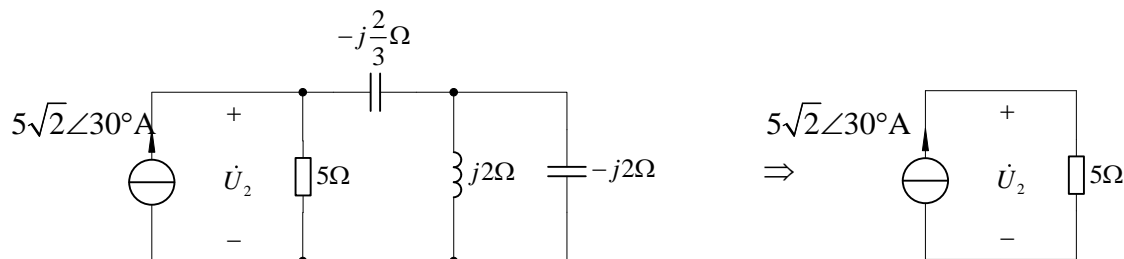
$$Z' = -j\frac{4}{3} + j // (-j4) = -j\frac{4}{3} + \frac{4}{-j3} = -j\frac{4}{3} + j\frac{4}{3} = 0, \text{ 发生串联谐振, 【1 分】}$$

所以

$$\dot{U}_1 = 0 \quad \text{【1 分】}$$

$$u_1(t) = 0 \quad \text{【1 分】} \quad P_1 = 0 \quad \text{【1 分】}$$

(3) 二次谐波分量 $i_2(t)$ 单独作用。相量模型如图 (c) 所示。【3 分】，发生并联谐振 【1 分】



(c)

$$\dot{U}_2 = 5 \times 5\sqrt{2}\angle 30^\circ = 25\sqrt{2}\angle 30^\circ \text{ V} \quad \text{【1 分】}$$

$$u_2(t) = 50\sin(20t + 30^\circ) \text{ V} \quad \text{【1 分】}$$

$$P_2 = (5\sqrt{2})^2 \times 5 = 250 \text{ W} \quad \text{【1 分】}$$

$$u(t) = U_0 + u_1(t) + u_2(t) = [25 + 50\sin(20t + 30^\circ)] \text{ V} \quad \text{【1 分】}$$

$$\text{电压表读数为: } U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2} = \sqrt{25^2 + (25\sqrt{2})^2} = 25\sqrt{3} = 43 \text{ V} \quad \text{【1 分】}$$

$$\text{功率表读数为: } P = P_0 + P_1 + P_2 = 125 + 0 + 250 = 375 \text{ W} \quad \text{【1 分】}$$

4. (12 分) 图 4 示电路为滤波电路，要求 $4\omega_1$ 的谐波电流传至负载，而使基波电流无法达到负载。如电容 $C = 0.25\mu\text{F}$ ， $\omega_1 = 2000\text{rad/s}$ ，试求 L_1 和 L_2 。

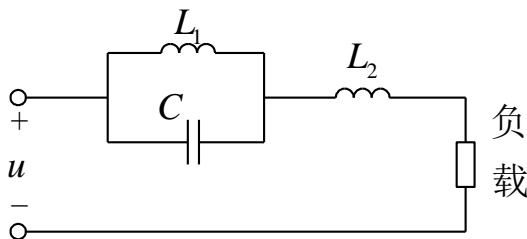


图 4

【解】根据题意，该电路对 $4\omega_1$ 的谐波分量发生串联谐振，对基波分量发生并

联谐振。对于基波 ω_1 频率， L_1 和 C 并联后发生并联谐振 【2 分】

$$j\omega_1 C + \frac{1}{j\omega_1 L_1} = 0, \text{ 【2 分】 } \therefore \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C}} = 2000, \because C = 1\mu\text{F}, \text{ 【2 分】}$$

$$\therefore L_1 = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{(2000)^2 \times 0.25 \times 10^{-6}} = 1\text{H} \text{ 【2 分】}$$

对于 $4\omega_1$ 频率， L_1 和 C 并联后，再与 L_2 串联后的阻抗应为零，即：

$$j4\omega_1 L_2 + \frac{1}{j4\omega_1 C + \frac{1}{j4\omega_1 L_1}} = 0, \text{ 【2 分】 } \therefore 16\omega_1^2 C L_1 L_2 = L_1 + L_2$$

$$\Rightarrow (16\omega_1^2 C L_1 - 1)L_2 = L_1, \therefore L_2 = \frac{L_1}{16\omega_1^2 C L_1 - 1} = \frac{1}{15} = 0.067\text{H} = 67\text{mH} \text{ 【2 分】}$$

5. (18 分) 如图 5 所示，开关闭合前电路处于稳态， $t=0$ 时将开关 S 闭合，用运算电路法求 $t>0$ 时电流 $i(t)$ 。

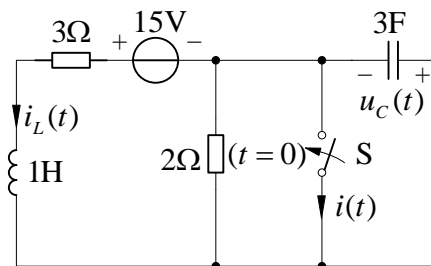
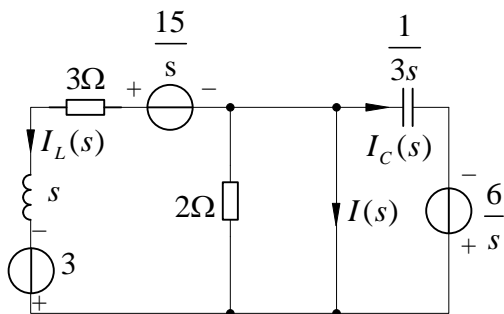


图 5

【解】由于开关 S 打开前电路处于稳态，所以

$$i_L(0_-) = \frac{15}{2+3} = 3(\text{A}), \text{ 【2 分】 } u_C(0_-) = 2 \times i_L(0_-) = 6\text{V} \text{ 【2 分】}$$

开关 S 闭合后的运算电路如图所示 【6 分】



所以

$$I_L(s) = \frac{\frac{15}{s} + 3}{s+3} = \frac{15+3s}{s(s+3)} = \frac{5}{s} - \frac{2}{s+3} \text{ 【2 分】}$$

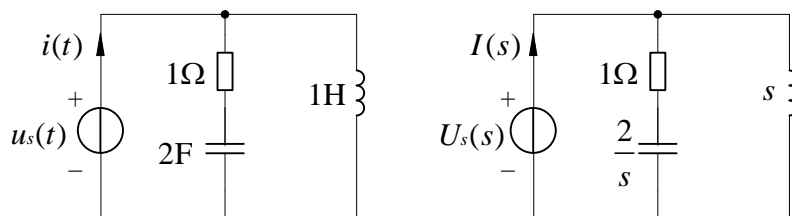
$$I_C(s) = \frac{\frac{6}{s}}{\frac{1}{3s}} = 18 \text{ 【2 分】}$$

$$I(s) = -(I_L(s) + I_C(s)) = -\left(\frac{5}{s} - \frac{2}{s+3} + 18\right) = -\frac{5}{s} + \frac{2}{s+3} - 18 \quad \text{【2 分】}$$

取拉式反变换得

$$i(t) = -5 + 2e^{-3t} - 18\delta(t) \text{ (A)} \quad (t > 0) \quad \text{【2 分】}$$

6 (10 分) 求图示电路的网络函数 $H(S) = \frac{I(S)}{U_s(S)}$ 、及其对应的冲击响应 $h(t)$ 。在复平面上绘出其零极点图以及冲激响应的趋势图

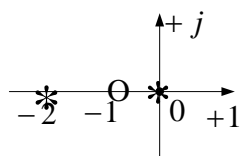


【解】

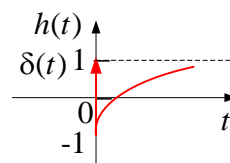
运算模型如图所示

网络函数
$$H(s) = \frac{I(s)}{U_s(s)} = \frac{1}{s} + \frac{1}{1 + \frac{2}{s}} = \frac{2s+2}{s(s+2)} = 1 + \frac{1}{s} - \frac{2}{s+2} \quad \text{【4 分】}$$

冲激相应为 $h(t) = \delta(t) + (1 - 2e^{-2t})\varepsilon(t) \text{ (A)} \quad \text{【2 分】}$



【2 分】



【2 分】