

《电路（慕课版 支持 AR+H5 交互）》习题参考答案

邹建龙 西安交通大学

习题 2

2.1 非关联参考方向，代表发出功率，实际吸收功率。

2.2 (1) 24V 电压源为非关联参考方向，电阻为非关联参考方向，30V 电压源为关联参考方向；(2) 24V 电压源功率为-48W，实际吸收功率，电阻功率为-12W，实际吸收功率，30V 电压源-60V，实际发出功率。

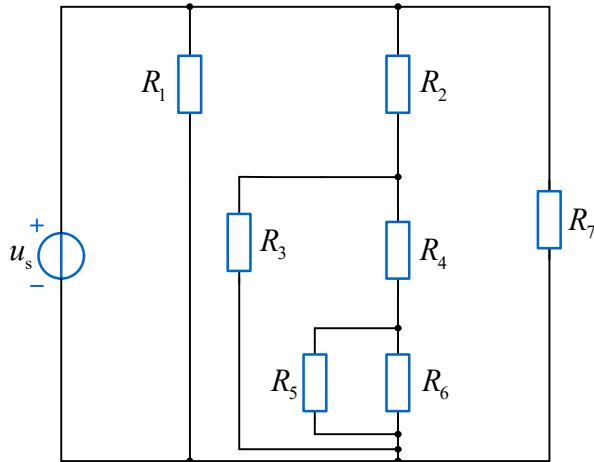
2.3 题 2.3 图 (a) 电压控制电流源，输出电流，控制系数单位为 S (西门子)；题 2.3 图 (b) 电流控制电压源，输出电压，控制系数单位为 Ω (欧姆)。

2.4 支路数 5 条 (两个元件串联视为 1 条支路)，节点数 3 个，网孔数 3 个。

2.5 R_1 与 R_5 并联， R_2 与 R_3 并联，两组并联支路串联， R_4 无电流，与其他电阻没有串并联关系。

2.6 支路数 9 条 (将电源与电容串联视为 1 条支路)，节点数 5 个，网孔数 5 个。

2.7 节点数 4 个， R_5 与 R_6 并联，再与 R_4 串联，再与 R_3 并联，再与 R_2 串联，整体再与 R_1 和 R_7 并联。变形后的简明电路图为



2.8 2.7 小时。

习题 3

3.1 $i_1 + i_s = i_2$ (流入=流出); $i_1 + i_s - i_2 = 0$ 或 $-i_1 - i_s + i_2 = 0$ (代数和等于零)。

3.2 $i_s = 1 \text{ A}$ 。

3.3 $i_1 = i_2 + i_3$ 或 $i_1 - i_2 - i_3 = 0$; $i_3 + 2u + i_s = 0$ 。

3.4 $i = -\frac{1}{6} \text{ A}$ 。

3.5 $u_s + u_2 = u_1$ (顺时针绕向, 升压=降压); $-u_s + u_1 - u_2 = 0$ 或 $u_s - u_1 + u_2 = 0$ (代数和等于零)。

3.6 $u = -50 \text{ V}$ 。

3.7 $-u_s + u_1 + u_2 = 0$; $-u_2 - u_3 - 3i = 0$ 。

3.8 $U = -1 \text{ V}$ 。

3.9 $i = \frac{5}{6} \text{ A}$ 。

3.10 电压源发出功率为 -360 W ; 电流源发出功率为 900 W 。

3.11 $u = 6 \text{ V}$ 。

3.12 $u = \frac{2}{3} \text{ V}$ 。

3.13 $u_s = -13 \text{ V}$, $i_2 = -1.5 \text{ mA}$ 。

3.14 $R_T = R_a$ 时测温电路灵敏度最高。

习题 4

4.1 $u = 9.6V$ 。

4.2 $i = 2A$ 。

4.3 $i = -\frac{1}{3}A$

4.4 $i = 0.5A$
 $u = 12V$

4.5 略

4.6 $u = \frac{60}{11}V \approx 5.455V$

4.7 $u = 20V$, 发出的功率为 $-50W$ 。

4.8 $i_0 = -4A$ 。

$$(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4})u_{n1} - (\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4})u_{n2} = \frac{u_{s1}}{R_1} + \frac{2i}{R_4}$$

4.9 $u_{n2} = u_{s2}$

$$i = \frac{u_{n1} - u_{s1}}{R_1}$$

4.10 $i = 1.5A$ 。

$$u_{n1} = 10$$

$$(1+3)u_{n2} - u_{n1} - 3u_{n4} = i_2$$

$$(4+6)u_{n3} - 6u_{n1} = -2 \times 6 - i_2 + 6$$

4.11 $(3+5)u_{n4} - 3u_{n2} = 2u_1$

$$u_{n2} - u_{n3} = 3i_1$$

$$i_1 = 5u_{n4}$$

$$u_{n1} - 2 - u_{n3} = u_1$$

4.12

$$(R_1 + R_2)i_1 - R_2i_2 = u_{s1} - u_{s3}$$

$$-R_2i_1 + (R_2 + R_3)i_2 - R_3i_3 = -u_{s2}$$

$$-R_3i_2 + (R_3 + R_4)i_3 = u_{s3}$$

4.14 $i = 1A$ 。

4.15 $u = 88V$ 。

4.16 $p = -672W$, 实际吸收功率。

习题 5

5.1 $u = 20 \text{ V}$ 。

5.2 $i = -0.4 \text{ A}$ 。

5.3 $u = -1 \text{ V}$ 。

5.4 $u = 6 \text{ V}$ 。

5.5 $i = 5 \text{ A}$ 。

5.6 $u_{oc} = 18 \text{ V}$, $R_{eq} = 3 \Omega$ 。

5.7 $u_{oc} = 15 \text{ V}$, $R_{eq} = 7.5 \Omega$ 。

5.8 $u_{oc} = 0 \text{ V}$, $R_{eq} = 8 \Omega$ 。

5.9 $u_{oc} = -14 \text{ V}$, $R_{eq} = -2.6 \Omega$ 。

5.10 可变电阻可获得的最大功率为 3 W 。

5.11 $R = 6 \Omega$ 时可获最大功率，最大功率为 6 W 。

5.12 有戴维南等效电路， $u_{oc} = -2 \text{ V}$, $R_{eq} = 0 \Omega$ 。无诺顿等效电路。

5.13 $R = \frac{2}{3} \text{ k}\Omega$ 时可获最大功率，最大功率为 $\frac{2}{3} \text{ mW}$ 。

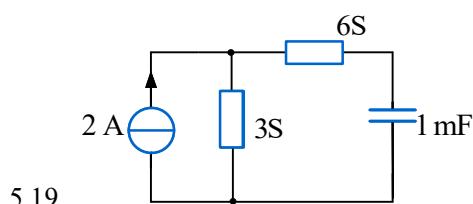
5.14 $R = 1 \text{ k}\Omega$ 。

5.15 $u = 1.25 \text{ V}$ 。

5.16 $u = 24 \text{ V}$ 。

5.17 $i = -1 \text{ A}$ 。

5.18 $i = -\frac{2}{3} \text{ A}$ 。



5.20 $R = 2\Omega$ 。

5.21 $i = 2.5A$ 或 $3.5A$

5.22 $R = 22.5\Omega$ 。

习题 6

6.1 $i_C(t) = -0.06e^{-300t}$ A。

6.2 $C_{eq} = 2$ F。

6.3 $u_C(t) = -19 + 20e^{-1000t}$ V。

6.4 $u_L(t) = 0.2e^{-1000t}$ V。

6.5 $L_{eq} = 5.636$ H。

6.6 $i_L(t) = 1 + 400t$ A。

6.7 $LC \frac{d^2 i_L}{dt^2} + \frac{L}{R} \frac{di_L}{dt} + i_L = \frac{u_s}{R}$ 。

*6.8 $\begin{bmatrix} \frac{du_C}{dt} \\ \frac{di_L}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{8} & \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_C \\ i_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{2} \end{bmatrix} u_s$ 。

6.9 $LC \frac{d^2 u_C}{dt^2} + RC(1-\alpha) \frac{du_C}{dt} + u_C = 2L\omega \cos \omega t$ 。

*6.10

$$\begin{bmatrix} \frac{di_{L_1}}{dt} \\ \frac{di_{L_2}}{dt} \\ \frac{du_{C_1}}{dt} \\ \frac{du_{C_2}}{dt} \\ \frac{du_{C_3}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{L_1} & 0 & -\frac{1}{L_1} \\ 0 & -\frac{R_3}{L_2} & 0 & 0 & \frac{1}{L_2} \\ -\frac{1}{C_1} & 0 & -\left(\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_1}\right) & \frac{1}{R_2 C_1} & \frac{1}{R_2 C_1} \\ 0 & 0 & \frac{1}{R_2 C_2} & -\frac{1}{R_2 C_2} & -\frac{1}{R_2 C_2} \\ \frac{1}{C_3} & -\frac{1}{C_3} & \frac{1}{R_2 C_3} & -\frac{1}{R_2 C_3} & -\frac{1}{R_2 C_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{L_1} \\ i_{L_2} \\ u_{C_1} \\ u_{C_2} \\ u_{C_3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \frac{1}{R_1 C_1} & -\frac{1}{C_1} \\ 0 & \frac{1}{C_2} \\ 0 & \frac{1}{C_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_s \\ i_s \end{bmatrix}$$

6.11 $u_C(0_-) = 8$ V, $i_C(0_-) = 0$ A, $u_C(0_+) = 8$ V, $i_C(0_+) = \frac{4}{3}$ A。

6.12 $i_L(0_-) = 2$ A, $u_L(0_-) = 0$ V, $i_L(0_+) = 2$ A, $u_L(0_+) = -4$ V。

6.13 $u_C(0_+) = 20$ V, $i_L(0_+) = 0$ A, $\left. \frac{di_L}{dt} \right|_{t=0_+} = 5$ A/s。

$$6.14 \quad \left. \frac{du_C}{dt} \right|_{t=0_+} = 2 \text{ V/s} , \quad \left. \frac{di_L}{dt} \right|_{t=0_+} = 160 \text{ A/s} .$$

$$6.15 \quad i_L(0_+) = 3 \text{ A} , \quad i(0_+) = -1 \text{ A} .$$

习题 7

7.1 2302.6 s.

7.2 $R = 0 \Omega$, 电感电流充电到 10 A 所需要的时间为 1 ms , $R = 0.5 \Omega$, 电感电流充电到 10 A 所需要的时间为 1.386 ms 。

7.3 $u_C(t) = 4e^{-2t} \text{ V.}$

7.4 $i_L(t) = e^{-0.25t} \text{ A.}$

7.5 $u_C(t) = 15 - 15e^{-4t} \text{ V}$ 和 $i(t) = 11.25 - 3.75e^{-4t} \text{ mA.}$

7.6 $u_C(t) = 8 + e^{-5000t} \text{ V}, i(t) = 2.4 - 0.15e^{-500t} \text{ A.}$

7.7 $i(t) = 2 - 2e^{-5000t} \text{ A}, i_{L1}(t) = \frac{4}{3} - \frac{4}{3}e^{-5000t} \text{ A}, i_{L2}(t) = \frac{2}{3} - \frac{2}{3}e^{-5000t} \text{ A.}$

7.8 $u_C(t) = 8e^{-5 \times 10^8 t} \text{ V}, i_L(t) = 2 + 2e^{-20t} \text{ A}, i(t) = 6 + 4e^{-5 \times 10^8 t} - e^{-20t} \text{ A.}$

7.9 $u_C(t) = -4 + 4e^{-\frac{2 \times 10^4}{3}t} \text{ V.}$

7.10 $i_L(t) = 3 - 1.125e^{-\frac{1000}{3}t} \text{ A.}$

7.11 (1) $u_{C1}(t) = -3 + 3e^{-t} \text{ V}, u_{C2}(t) = 12 - 12e^{-0.25t} \text{ V};$

(2) $u_{C1}(t) = 3.598 - 5.495e^{-0.5(t-1)} \text{ V}, u_{C2}(t) = 5.402 - 2.747e^{-0.5(t-1)} \text{ V.}$

7.12 $u_C(t) = (0.5 - 0.5e^{-0.1t})\varepsilon(t)\text{V.}$

7.13 $i_L(t) = (-\frac{1}{4} + \frac{1}{4}e^{-4t})\varepsilon(t)\text{A.}$

7.14 $u_C = 10e^{-5t}\varepsilon(t)\text{V}, u_C(0_+) = 10\text{V.}$

7.15 $i_L(t) = 2.5[1 - e^{-10^6(t-10^{-3})}]\varepsilon(t-10^{-3}) - 2.5[1 - e^{-10^6(t-2 \times 10^{-3})}]\varepsilon(t-2 \times 10^{-3}) + 2.5[1 - e^{-10^6(t-4 \times 10^{-3})}]\varepsilon(t-4 \times 10^{-3}) - 2.5[1 - e^{-10^6(t-5 \times 10^{-3})}]\varepsilon(t-5 \times 10^{-3}) \text{ (mA)}$

7.16 $i_2(t) = \left(\frac{5}{12} - \frac{1}{6}e^{-10^6 t}\right)\varepsilon(t) \text{ mA.}$

7.17 $t \approx 46.05 \text{ ms.}$

习题 8

$$8.1 \quad LC \frac{d^2 i_L}{dt^2} + RC \frac{di_L}{dt} + i_L = 0 \text{ 。}$$

8.2

$$u_C(t) = -\frac{4}{3}\sqrt{3}e^{-0.5t} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}t\right) \text{V}, \quad i_L(t) = e^{-0.5t} \left[2 \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}t\right) - \frac{2}{3}\sqrt{3} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}t\right) \right] \text{A} \text{ 。}$$

8.3 $R = 10 \Omega$ 时二阶电路工作于临界阻尼。绘制三种状态波形省略。

$$8.4 \quad u_C(t) = \frac{200}{3}e^{-10t} - \frac{200}{3}e^{-2.5t} \text{ V} \text{ 。}$$

$$8.5 \quad u_C(t) = 6 - e^{-t}[2 \cos(2t) + \sin(2t)] \text{ V}, \quad i_L(t) = -C \frac{du_C}{dt} = -e^{-t} \sin(2t) \text{ A} \text{ 。}$$

$$8.6 \quad u_C(t) = 8 - 32e^{-3t} + 24e^{-4t} \text{ V}, \quad i_L(t) = 4 + 8e^{-3t} - 12e^{-4t} \text{ A} \text{ 。}$$

$$8.7 \quad L = 24.8 \text{ mH}, \quad R = 45.448 \Omega \text{ 。}$$

习题 9

9.1 (1) $2 \cos(\omega t - 30^\circ)$ 相位超前 $3 \cos(\omega t - 60^\circ)$ 相位 30 度; (2) $3 \cos(\omega t - 60^\circ)$ 超前 $4 \cos(\omega t + 150^\circ)$ 相位 150 度。

$$9.2 \quad z_1 z_2 = 2 = 2\angle 0^\circ, \quad \frac{z_1}{z_2} = j = 1\angle 90^\circ.$$

$$9.3 \quad 3 \cos(\omega t - 60^\circ) = \operatorname{Re} \left[3e^{j(\omega t - 60^\circ)} \right].$$

$$9.4 \quad 3 \cos \omega t + 4 \sin \omega t = 5 \cos(\omega t - 53.1^\circ).$$

$$9.5 \quad \dot{U}_1 = 5\sqrt{2}\angle 30^\circ \text{ V}, \quad \dot{U}_2 = 100\angle -90^\circ \text{ V}, \quad \dot{I}_1 = \sqrt{2}\angle -120^\circ \text{ A},$$

$$\dot{I}_2 = 1.5\sqrt{2}\angle -60^\circ \text{ A}.$$

$$9.6 \quad u = 200\sqrt{2} \cos(100\pi t + 45^\circ) \text{ V}, \quad i = 4 \cos 100\pi t \text{ A}.$$

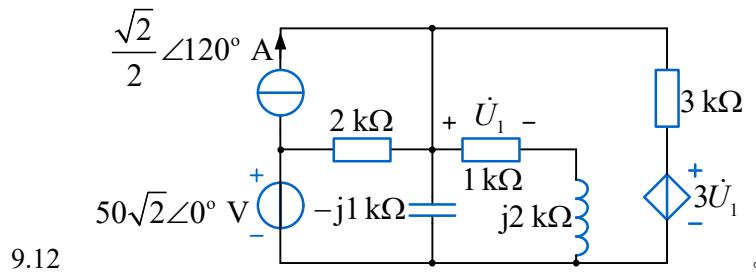
$$9.7 \quad Z_{\text{eq}} = \frac{25}{14} + j\frac{25}{14} \Omega.$$

$$9.8 \quad Z_{\text{eq}} = 3.5 - j0.5 \Omega.$$

$$9.9 \quad Y_{\text{eq}} = 1.5 \text{ S}, \quad Z_{\text{eq}} = \frac{2}{3} \Omega.$$

9.10 (1) $Z_{\text{eq}} = 0.75 - j0.125 \Omega$, 为容性阻抗; (2) $Z_{\text{eq}} = 0.6 + j0.05 \Omega$, 为感性阻抗。

$$9.11 \quad Z_{\text{eq}} = -0.8 - j0.6 \Omega.$$



习题 10

10.1 $\dot{U}_C = 5\sqrt{2}\angle -45^\circ \text{ V}$ 。

10.2 $\dot{U} = \sqrt{2}\angle -45^\circ \text{ V}$ 。

10.3 $\dot{I} = 10\sqrt{2}\angle 135^\circ \text{ A}$ 。

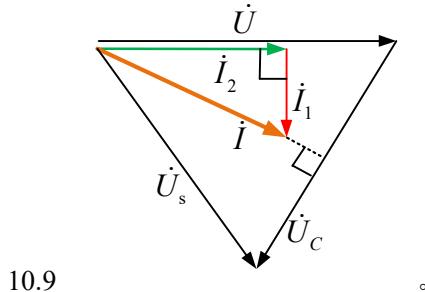
10.4 $u_C(t) = 10 \cos(10t - 15^\circ) \text{ V}$ 。

10.5 $\dot{I}_C = 0.67\angle 7.52^\circ \text{ A}$ 。

10.6 $I = 10\sqrt{2} \text{ A}$ 。

10.7 $U_s = 30\sqrt{2} \text{ V}$ 。

10.8 6 A。



10.9

10.10 $R = \frac{1}{\omega C} = 10 \Omega$, $\omega L = 5 \Omega$.

10.11 当 ω 由 0 逐渐增加到 ∞ , \dot{U}_{cd} 辐角逐渐由 180° 减小到 0° 。

10.12 60 V。

10.13 $i_L(t) = \frac{\sqrt{2}}{2} e^{-10^6 t} + \cos(10^6 t + 45^\circ) \text{ A}$ 。

10.14 (1) $R = \frac{1}{\omega C}$, $\frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}} = \frac{1}{3}$; (2) $R = \frac{1}{\omega C}$, $\frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}} = \frac{1}{3}$ 。

习题 11

11.1 $P = -250\sqrt{2}$ W。

11.2 1000 W。

11.3 6000 W。

11.4 (1) $Z_L = 1.5 + j0.5 \Omega$ 时获得最大功率, $P_{\max} = \frac{1}{12} \approx 0.0833$ W; (2) 纯电阻

$Z_L = 1.581 \Omega$ 时获得最大功率, $P_{\max} = 0.081$ W。

11.5 $Z_L = 0.42 + j0.06 \Omega$ 时获得最大功率, $P_{\max} = 29.17$ W。

11.6 电感的无功功率为 80 var, 电容的无功功率为 -40 var, 电压源发出的无功功率为 40 var。

11.7 $\bar{S} = 50 + j50\sqrt{3}$ VA。

11.8 $\bar{S} = 500 - j1500$ VA。

11.9 (1) 功率因数 $\lambda = 0.682$; (2) $Z_L = 75 + j80.467 \Omega$; (3) $C = 21.15 \mu F$ 。

11.10 $C = 394.6 \mu F$ 。

11.11 (1) 电容的无功功率为 -60 var; (2) $R = 125 \Omega$, $C = 60 \mu F$ 。

11.12 $Z_2 = 5 + j10 \Omega$ 。 $U_2 = 22.36$ V。

11.13 $\bar{S} = 240 + j80$ VA。

11.14 $\bar{S} = 8 + j9$ VA。

11.15 $P = 17$ W, $Q = 1$ var。

11.16 $\omega = 1000$ rad/s。

11.17 (1) $Z = -j15 \Omega$, $P_{\max} = 1382.86$ W; (2) 电路元件对应电容,

$C = 212.207 \mu F$ 。

习题 12

12.1 $\dot{U}_{AB} = 220\sqrt{3}\angle 30^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_{A'B'} = 358.03\angle 33.81^\circ \text{ V}$, $\dot{I}_C = 1.375\sqrt{2}\angle 75^\circ \text{ A}$ 。

12.2 $\dot{I}_{BA} = 3.8\angle 126.9^\circ \text{ A}$ 、 $\dot{I}_{BC} = 3.8\angle -173.1^\circ \text{ A}$ 和 $\dot{I}_B = 3.8\sqrt{3}\angle 156.9^\circ \text{ A}$ 。

12.3 总有功功率为 7.2 kW, 总无功功率为 5.4 kvar。

12.4 $\dot{I}_B = 0.39\angle -165^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_{A'C'} = 0.22\angle -75^\circ \text{ A}$ 。

12.5 $I = 1.5 \text{ A}$ 。

12.6 开关断开后, 电流表 A₂ 的读数为 30 A, 电流表 A₁ 和 A₃ 的读数均为 $10\sqrt{3} \text{ A}$ 。

12.7 $\dot{I}_A = \sqrt{2}\angle -45^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_B = 2.13\angle -80.1^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_C = 3.39\angle 113.8^\circ \text{ A}$ 。

12.8 功率表 1 读数为 $200\sqrt{3} \text{ W}$, 功率表 2 读数为 $100\sqrt{3} \text{ W}$ 。三相负载总有功功率为 $300\sqrt{3} \text{ W}$ 。

12.9 (1) 功率表 1 读数 654.2 W, 功率表 2 读数 1161.6 W; (2) 功率表 1 和功率表 2 读数均为 1540 W。

12.10 $Z = 225 + j75\sqrt{3} \Omega$, 三相负载总无功功率为 $100\sqrt{3} \text{ var}$ 。

12.11 功率表读数不变, 即功率表 1 读数为 -100 W, 功率表 2 读数为 100 W。

12.12 (1) $C = 63.66 \mu\text{F}$, 相电流有效值为 17.6 A; (2) 电容移除后, 相电流有效值为 22 A。

12.13

$$i_A(t) = -e^{-1000t} + \sqrt{2} \cos(1000t - 45^\circ) \text{ A}, \quad i_B(t) = 1.366e^{-1000t} + \sqrt{2} \cos(1000t - 165^\circ) \text{ A}$$

$$i_C(t) = -0.366e^{-1000t} + \sqrt{2} \cos(1000t + 75^\circ) \text{ A}.$$

12.14 亮度相对较高的灯泡位于 B 相。

习题 13

13.1 a 与 d 为同名端, b 与 c 为同名端。

$$13.2 \quad u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}, \quad u_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt}$$

13.3 电流表读数为 1.5 A, 电压表读数为 75 V。

$$13.4 \quad I_1 = 3 \text{ A}, \quad I_2 = 1 \text{ A}.$$

$$13.5 \quad \begin{aligned} (R_1 + j\omega L_1) \dot{I}_1 - (j\omega L_1 + j\omega M) \dot{I}_2 &= \dot{U}_s \\ -(j\omega L_1 + j\omega M) \dot{I}_1 + (R_2 + j\omega L_2 + j2\omega M) \dot{I}_2 &= 0 \end{aligned}^{\circ}$$

13.6 -200 var。

$$13.7 \quad \dot{U} = 36.06 \angle 146.3^\circ \text{ V}.$$

13.8 20 VA。

$$13.9 \quad \dot{I}_1 = 0 \text{ A}, \quad \dot{U}_2 = 32 \angle 0^\circ \text{ V}.$$

13.10 $Z_L = 32 - j16 \Omega$ 时获得最大功率, $P_{\max} = 12.5 \text{ W}$ 。

$$13.11 \quad \dot{I}_C = 5\sqrt{2} \angle -135^\circ \text{ A}.$$

13.12 -800 var。

$$13.13 \quad Z_{\text{eq}} = \frac{(1-n)^2 R}{1+j\omega CRn^2}.$$

$$13.14 \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{L_p C_p}}.$$

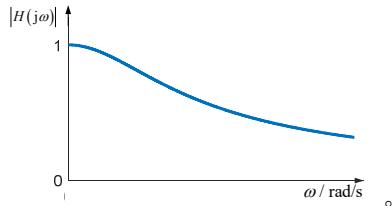
$$13.15 \quad i(t) = \left(-\frac{1}{8} + \frac{1}{8} e^{-\frac{40000}{7}t} \right) \approx (-0.125 + 0.125 e^{-5741.3t}) \text{ A}.$$

$$13.16 \quad n = 10\sqrt{10}, \quad u_C(t) = \frac{1}{10\sqrt{10}} \left[(-10 - 5 \times 10^4 t) e^{-5000t} + 10 \right] \text{ V}.$$

$$13.17 \quad n = 4\sqrt{6}.$$

习题 14

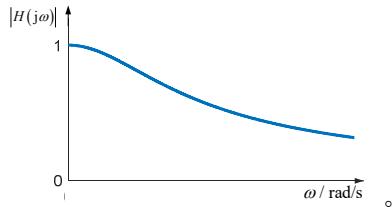
14.1 $H(j\omega) = \frac{\dot{U}_c}{\dot{U}_s} = \frac{1}{1 + jR\omega C},$



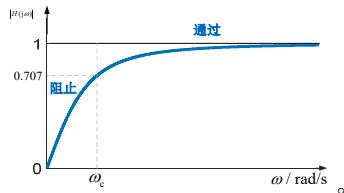
14.2 $H(j\omega) = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{R}{R - \omega^2 RLC + j\omega L}.$

14.3 $H(j\omega) = \frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_i} = 1 \Omega.$

14.4 $H(j\omega) = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{1}{1 - (R\omega C)^2 + j3R\omega C},$



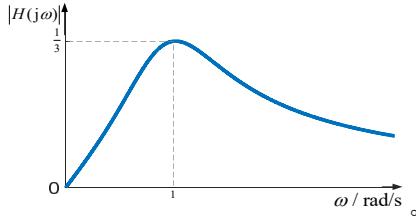
14.5 高通滤波器， $H(j\omega) = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{1}{1 - j\frac{10^4}{\omega}},$ 截止频率 $\omega_c = 10^4 \text{ rad/s},$



14.6 低通滤波器。

14.7 高通滤波器。

14.8 带通滤波器， $H(j\omega) = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{j\omega}{(j\omega)^2 + 3j\omega + 1} = \frac{1}{3 + j\left(\omega - \frac{1}{\omega}\right)}$ ，



14.9 谐振角频率 $\omega_0 = 1.25 \times 10^7$ rad/s，品质因数 $Q = 80$ ，带宽 $B = 1.5625 \times 10^5$ rad/s，

$U_C = 80$ V。

14.10 谐振角频率 $\omega_0 = 1.581 \times 10^4$ rad/s， $I_L = 63.3$ A。

14.11 谐振角频率 $\omega_0 = 1$ rad/s。 $\omega = \omega_0$ 时， $U_R = 1$ V。 $\omega = 1.2\omega_0$ 时， $U_R = 0.939$ V。

14.12 对 RLC 串联谐振电路， $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$

对 RLC 并联谐振电路， $Q = \frac{R}{\omega_0 L} = \frac{R}{\frac{1}{\sqrt{LC}} \times L} = R \sqrt{\frac{C}{L}}$ 。

14.13 $R < \sqrt{\frac{L}{C}}$ ， $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{1 - R^2 \frac{C}{L}}$ 。

14.14 并联谐振， $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$ ；串联谐振 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{\frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} C}}$ 。

14.15 $\omega_0 = 100$ rad/s； $Z_{eq} = 50$ Ω。

14.16 (1) $\omega_0 = 10^4$ rad/s 时电阻电流有效值最大，最大有效值为 $\sqrt{2}$ A；(2)

$\omega_0 = 5 \times 10^3$ rad/s 时电阻电流有效值最小，最小有效值为 0 A。

14.17 电流表 1 的读数为 1 A，电流表 2 和电流表 3 的读数均为 10 A。

14.18 R_1 和 R_2 吸收的有功功率均为 $1000\sqrt{3}$ W，电压源发出的复功率为 $2000\sqrt{3}$ VA。

14.19 $L_0 = 271.26$ μH， $C_0 = 26.25$ pF。

习题 15

$$15.1 \quad f(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin(n\pi t), \quad n = 2k - 1.$$

$$15.2 \quad i_C(t) = 2 \cos(\omega t + 90^\circ) A, \quad i_L(t) = 2 + 2 \cos(\omega t - 90^\circ) A.$$

$$15.3 \quad i(t) = \frac{1}{2} \cos(1000t + 96.9^\circ) + \frac{5}{16} \cos 2000t A.$$

$$15.4 \quad u_C(t) = \frac{1}{9} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sqrt{n^2\pi^2+1}}{n^2\pi^2\sqrt{4n^2+9}} \cos\left(nt - \arctan\frac{2n}{3} + \arctan n\pi\right) V.$$

$$15.5 \quad L = 4 H, \quad C_1 = 33.33 \mu F, \quad i_2(t) = 1 + 0.5 \cos(100t + 45^\circ) A.$$

$$15.6 \quad U = 2.55 V.$$

$$15.7 \quad P = 1.875 W.$$

$$15.8 \quad i(t) = 2 + 2 \cos(1000t + 45^\circ) + 2 \cos(2000t + 45^\circ) A, \quad P = 35 W.$$

$$15.9 \quad i(t) = 5 \cos 1000t A, \quad \text{电阻吸收的平均功率为 } 125 W.$$

$$15.10 \quad C = 100 \mu F, \quad i(t) = 0.5 + 0.2 \cos(1000t - 36.9^\circ) + 0.0588 \cos(2000t - 61.9^\circ) A.$$

$$15.11 \quad \text{功率表 1 读数为 } 2.5 W, \quad \text{功率表 2 读数为 } 6.4 W.$$

$$15.12 \quad C = 11.258 \mu F, \quad i_R(t) = 0.9992 \cos(100\pi t - 2.28^\circ) A.$$

习题 16

$$16.1 \quad \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0.75 & -0.5 \\ -0.5 & 0.625 \end{bmatrix}.$$

$$16.2 \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} j\omega L & j\omega L \\ j\omega L & R + j\omega L \end{bmatrix}.$$

$$16.3 \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 18 & 3 \\ 12 & 3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} \frac{1}{6} & -\frac{1}{6} \\ -\frac{2}{3} & 1 \end{bmatrix}.$$

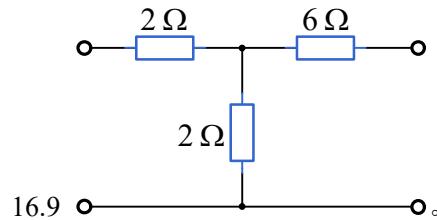
$$16.4 \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} 1.2 & 0.4 \\ -0.4 & 0.4 \end{bmatrix}.$$

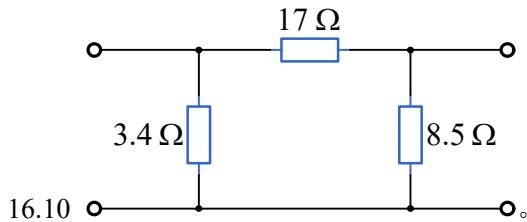
$$16.5 \quad \mathbf{T} = \begin{bmatrix} \frac{3}{5} & \frac{3}{5} \\ \frac{4}{15} & \frac{3}{5} \end{bmatrix}.$$

$$16.6 \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} j\omega \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_2} & \frac{M}{L_2} \\ -\frac{M}{L_2} & \frac{1}{j\omega L_2} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{T} = \begin{bmatrix} \frac{L_1}{M} & j\omega \frac{L_1 L_2 - M^2}{M} \\ \frac{1}{j\omega M} & \frac{L_2}{M} \end{bmatrix}.$$

$$16.7 \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} \frac{10}{3} & \frac{2}{3} \\ -\frac{2}{3} & \frac{1}{6} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1.5 & 5 \\ 0.25 & 1.5 \end{bmatrix}.$$

$$16.8 \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ -3 & 5 \end{bmatrix}.$$





$$16.11 \quad \mathbf{T} = \begin{bmatrix} 19 & 22 \\ 43 & 50 \end{bmatrix}.$$

$$16.12 \quad (1) \text{ 证明过程略;} \quad (2) \quad \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 27 - j15 & -25 + j10 \\ -25 + j10 & 27 - j5 \end{bmatrix}.$$

$$16.13 \quad R_L = 2 \Omega, \quad P_{\max} = 0.5 \text{ W}.$$

$$16.14 \quad (1) \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} 15 \Omega & 0.5 \\ -0.5 & 0.05 \text{ S} \end{bmatrix}; \quad (2) \quad i_l = 1.4 \text{ A}, \quad i_R = 0.4 \text{ A}.$$

16.15

$$4 \times 10^{-7} \frac{d^2 u_c}{dt^2} + 8 \times 10^{-4} \frac{du_c}{dt} + u_c = 30 \quad \text{或} \quad \frac{d^2 u_c}{dt^2} + 2000 \frac{du_c}{dt} + 2.5 \times 10^6 u_c = 7.5 \times 10^7,$$

工

作于欠阻尼状态。

$$16.16 \quad H(j\omega) = \frac{\dot{U}_{\text{out}}}{\dot{U}_{\text{in}}} = \frac{1}{T_{11} + \frac{T_{12}}{R}} = \frac{R}{RT_{11} + T_{12}}.$$

习题 17

$$17.1 \quad u_o = 4 \text{ V}.$$

$$17.2 \quad u_o = 6 \text{ V}.$$

$$17.3 \quad u_o = -4 \text{ V}, \quad i_o = -2 \text{ mA}.$$

$$17.4 \quad u_o(t) = 2 \cos(5000t - 90^\circ) = 2 \sin 5000t \text{ V}.$$

$$17.5 \quad u_o = -4 \text{ V}.$$

$$17.6 \quad R_{\text{eq}} = -1 \text{ k}\Omega.$$

$$17.7 \quad u_o = -30 \text{ V}.$$

$$17.8 \quad u_o(t) = \frac{R_2 R_3 C}{R_1} \frac{du_{\text{in}}(t)}{dt}.$$

$$17.9 \quad u_o = \frac{R_2 R_4}{R_1 R_5} u_1 - \frac{R_4}{R_3} u_2.$$

$$17.10 \quad H(j\omega) = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_{\text{in}}} = \frac{1 + jR_2\omega C_2}{\omega^2 R_1 R_2 C_1 C_2 - jR_1\omega(C_1 + C_2)}, \quad \text{低通滤波器}.$$

$$17.11 \quad i_o(t) = -0.6e^{-t} \text{ mA}.$$

$$17.12 \quad u_o(t) = -12 + 12e^{-2500t} \text{ V}.$$

$$17.13 \quad Z = \begin{bmatrix} R_1 + R_2 & 0 \\ \frac{R_2}{R_3}(R_3 + R_4) & R_5 \end{bmatrix}.$$

$$17.14 \quad Z_{\text{eq}} = \frac{\dot{U}_{\text{in}}}{\dot{I}_{\text{in}}} = j\omega C \frac{R_1 R_3 R_4}{R_2}, \quad L_{\text{eq}} = \frac{R_1 R_3 R_4}{R_2} C.$$

习题 18

18.1 $\frac{1}{s+3}$ 。

18.2 $2-3e^{-2s}$ 。

18.3 $\frac{3(s+1)}{(s+1)^2+100^2} + \frac{4 \times 100}{(s+2)^2+100^2}$ 。

18.4 $\frac{e^{-2(s+1)}}{s+1}$ 。

18.5 $\frac{2}{(s+a)^3}$ 。

18.6 $(-2 + 0.5e^{-t} + 1.5e^t)\varepsilon(t)$, $(3e^{-t} + 2e^{-2t} + e^{-3t})\varepsilon(t)$ 。

18.7 $(1 + 2te^{-t} + 3e^{-t})\varepsilon(t)$, $\left(\frac{1}{9}e^t - \frac{1}{9}e^{-2t} + \frac{5}{3}te^{-2t}\right)\varepsilon(t)$ 。

18.8

$\left(\frac{2}{3}\cos t - \frac{2}{3}\sin t\right)e^{-t}\varepsilon(t) = \frac{2}{3}\sqrt{2}\cos(t + 45^\circ)e^{-t}\varepsilon(t)$, $(10e^{-5t} - 8.33e^{-5t}\sin 12t)\varepsilon(t)$ 。

18.9 $(20 - 200t^2e^{-5t} - 100te^{-5t} - 20e^{-5t})\varepsilon(t)$ 。

18.10 $[1 - \cos(t-1)]\varepsilon(t-1)$ 。

18.11 $u_{C1}(t) = \frac{11}{3} - \frac{8}{3}e^{-2t}$ V, $u_{C2}(t) = \frac{7}{3} - \frac{4}{3}e^{-2t}$ V。

18.12 $u_{C1}(t) = 1.2e^{-0.1t}$ V, $i(t) = 2.4e^{-0.1t} - 2.4\delta(t)$ A。

18.13 $i(t) = -5e^{-0.6t} \sin 0.8t$ A。

18.14 $u_C(t) = 1.2 \times 10^5 te^{-5000t}$ V。

18.15 $i_L(t) = 20 - 10e^{-2t} - 0.76e^{-0.05t} \sin 25t$ mA。

18.16 $i_L(t) = \left[\frac{2}{3} + \frac{16}{75}e^{-3t} + \frac{1}{5}\cos(4t - 53.1^\circ) \right]$ A。

18.17 $u_C(t) = (-6 - 13e^{-0.5t} - 4e^{-2t})\varepsilon(t)$ V。

$$18.18 \quad H(s) = \frac{U(s)}{I_s(s)} = \frac{10(s+2)}{s^2 + 2s + 10} \quad , \quad \text{单 位 冲 激 响 应 为}$$

$$\left(10e^{-t} \cos 3t + \frac{10}{3}e^{-t} \sin 3t\right)\varepsilon(t) \text{ V}, \text{ 单位阶跃响应为 } \left(2 - 2e^{-t} \cos 3t + 2e^{-t} \sin 3t\right)\varepsilon(t) \text{ V}.$$

$$18.19 \quad \text{传 递 函 数 为 } \frac{\frac{1}{2}}{(s+1)^2 + \frac{1}{2}} \quad , \quad \text{单 位 阶 跃 响 应 为}$$

$$\frac{2}{3} - \frac{1}{3}e^{-t} \cos\left(\frac{\sqrt{2}}{2}t\right) - \frac{\sqrt{2}}{3}e^{-t} \sin\left(\frac{\sqrt{2}}{2}t\right).$$

$$18.20 \quad i_1(t) = \begin{pmatrix} 10 - 5e^{-4t} - 5e^{-\frac{4}{3}t} \end{pmatrix} A, \quad i_2(t) = \begin{pmatrix} -5e^{-4t} - 5e^{-\frac{4}{3}t} \end{pmatrix} A.$$

$$18.21 \quad u_o(t) = (e^{-5t} - e^{-2t})\varepsilon(t) \text{ V}.$$

习题 19

19.1 i 中包含直流分量 0.5、基波分量 $\cos \omega t$ 和 2 次谐波分量 $0.5 \cos 2\omega t$ 。

$$19.2 \quad 2u^3 + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) u = \frac{u_s}{R_1}.$$

$$19.3 \quad \frac{u_s - 3i^2}{R_1} + i_s = i, \text{ 即 } 3i^2 + R_1 i = u_s + R_1 i_s.$$

$$19.4 \quad \begin{aligned} & \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) u_{n1} - \frac{1}{R_2} u_{n2} = i_s \\ & - \frac{1}{R_2} u_{n1} + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) u_{n2} + 2u_{n2}^3 = \frac{u_s}{R_3} \end{aligned}, \text{ 也可以将非线性电阻的电压与电流关系作}$$

为补充方程，此时需要列写 3 个方程。

$$19.5 \quad R \frac{dq}{dt} + 2q^3 = u_s.$$

$$19.6 \quad \begin{aligned} & \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) u_{n1} - \frac{1}{R_2} u_{n2} = i_s - i_1 \\ & - \frac{1}{R_2} u_{n1} + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) u_{n2} = i_1 - i_2 + \frac{2i_1}{R_3}, \text{ 也可以将最后两个附加方程代入到前面} \\ & (u_{n1} - u_{n2})^2 = i_1 \\ & u_{n2} = i_2^3 \end{aligned}$$

两个方程中。

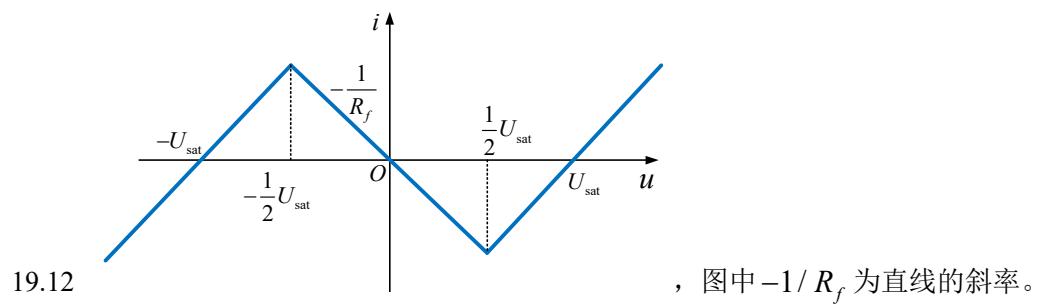
$$19.7 \quad LC \frac{d^2u_C}{dt^2} + \left(C \frac{du_C}{dt} \right)^2 + u_C = u_s(t), \quad LC \frac{d^2i_L}{dt^2} + 2Ci_L \frac{di_L}{dt} + i_L = C \frac{du_s(t)}{dt}.$$

$$19.8 \quad u(t) = 2 + \frac{1}{30} \cos 3t \text{ V}, \quad i(t) = 1 + \frac{1}{12} \cos 3t \text{ A}.$$

$$19.9 \quad i(t) = 1 + 0.04 \sin 10t \text{ A}, \quad u(t) = -6 + 0.12 \sin 10t \text{ V}.$$

$$19.10 \quad \begin{aligned} & \frac{du_C}{dt} = \frac{1}{C} i_L \\ & i_L \frac{di_L}{dt} = -\frac{1}{2} u_C - \frac{R}{2} i_L + \frac{1}{2} u_s \end{aligned}$$

$$19.11 \quad u = 3 \text{ V}, i = 3 \text{ A}; \text{ 或 } u = -1.5 \text{ V}, i = 4.75 \text{ A}.$$



19.12

，图中 $-1/R_f$ 为直线的斜率。