

互感电路分析

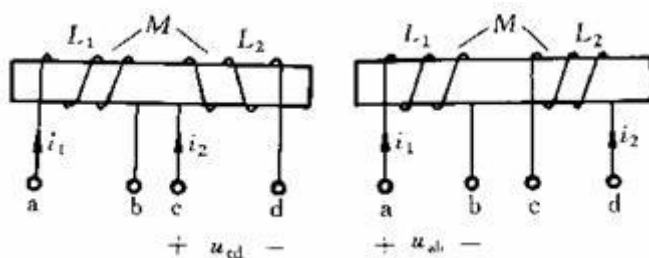
一、是非题

1. 互感耦合线圈的同名端仅与两线圈的绕向及相对位置有关，而与电流的参考方向无关。
2. 图示两互感线圈的 a、c 两端互为同名端，则可推断 b、d 也互为同名端。



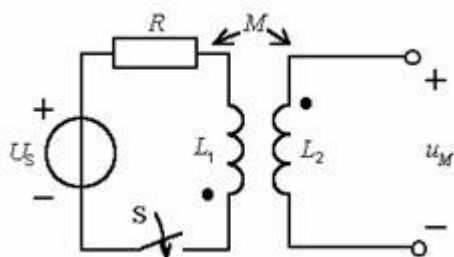
3. 当两互感线圈的电流同时流出同名端时，两个电流所产生磁场是互相削弱的。
4. 互感电压的正负不仅与线圈的同名端有关，还与电流的参考方向有关。
5. 耦合电感初、次级的电压、电流分别为 u_1 、 u_2 和 i_1 、 i_2 。若次级电流 i_2 为零，则次级电压 u_2 一定为零。

6. 对图示电路有 $u_{cd} = M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}$ 。

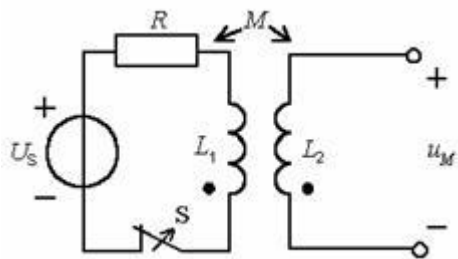


7. 对右上图示电路有 $u_{ab} = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$ 。

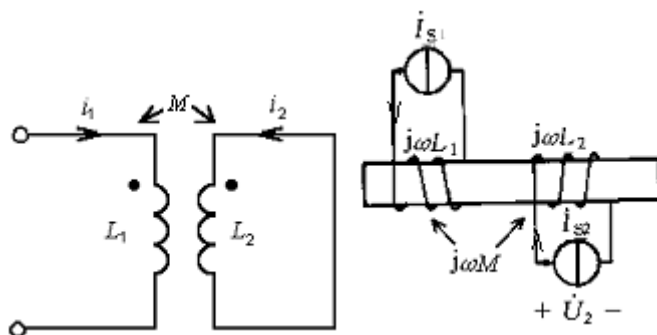
8. 图示电路中互感电压 u_M 为参考方向，当开关 S 闭合瞬间， u_M 的真实方向与参考方向相同。



9. 图示耦合电感电路中，互感电压 u_M 为参考方向，当开关 S 断开瞬间， u_M 的真实方向与参考方向相反。



10. 如图所示，当 i_1 按图示方向流动且不断增大时， i_2 的实际方向如图所示。



11. 对右上图示电路有： $\dot{U}_2 = j\omega M \dot{I}_{S1} + j\omega L_2 \dot{I}_{S2}$

12. 某匝数为 N 的线圈，自感为 L ，如果此线圈的匝数增加一倍，则其自感变为 $4L$ 。

13. 两个耦合电感串联，接至某正弦电压源。这两个电感无论怎样串联都不影响电压源的电流。

1. 答案(+) 2. 答案(+) 3. 答案(-) 4. 答案(+) 5. 答案(-) 6. 答案(-) 7. 答案(-)

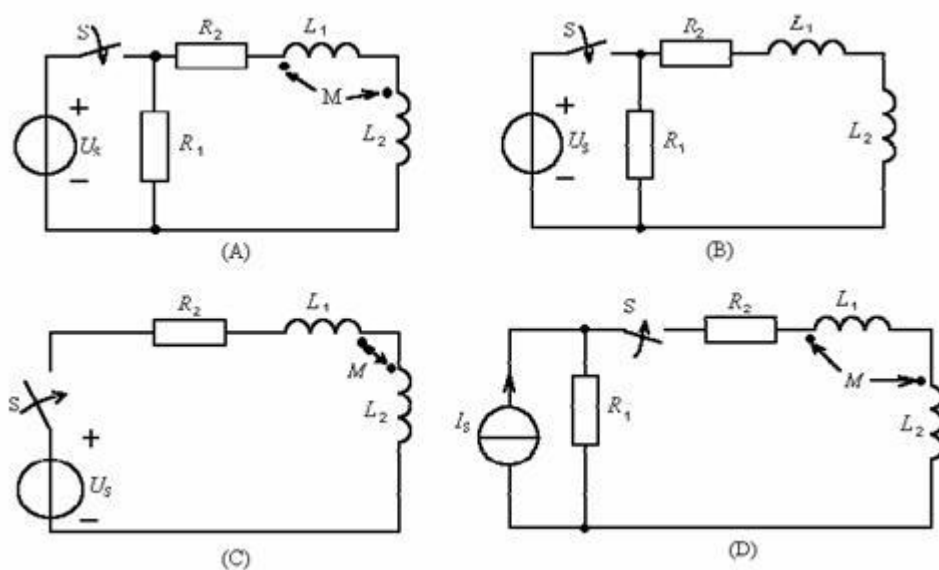
8. 答案(-) 9. 答案(+) 10. 答案(-) 11. 答案(-) 12. 答案(+) 13. 答案(-)

二、单项选择题

1. 两个自感系数各为 L_1 、 L_2 的耦合电感，其互感系数 M 的最大值为

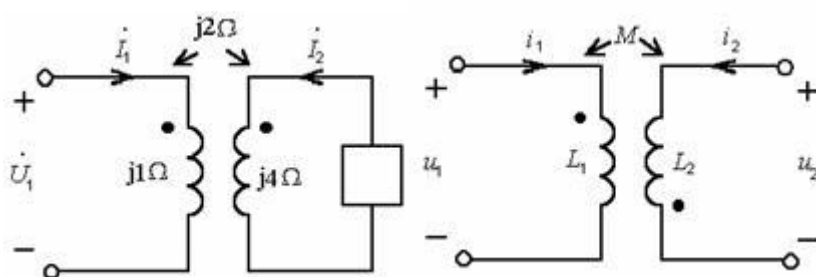
- (A) $L_1 L_2$ (B) $\frac{(L_1 + L_2)}{2}$ (C) $L_1 + L_2$ (D) $\sqrt{L_1 L_2}$

2. 电路如图所示，开关 S 动作后时间常数最大的电路是：



3. 图示电路中，若 \dot{U}_1 已知，而 \dot{U}_2 不详，则电压 \dot{U}_1 为

- (A) $j\dot{U}_1$ (B) 不能确定 (C) $2\dot{U}_1$ (D) $3\dot{U}_1$

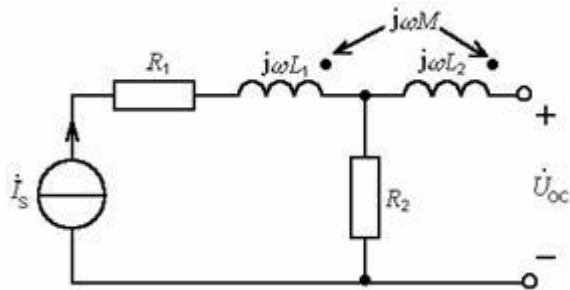


4. 右上图示电路中 $\frac{di_1}{dt} = 0$ 、 $\frac{di_2}{dt} \neq 0$ ，则 u_1 为

- (A) 0 (B) $M \frac{di_2}{dt}$ (C) $-M \frac{di_2}{dt}$ (D) $L_2 \frac{di_2}{dt}$

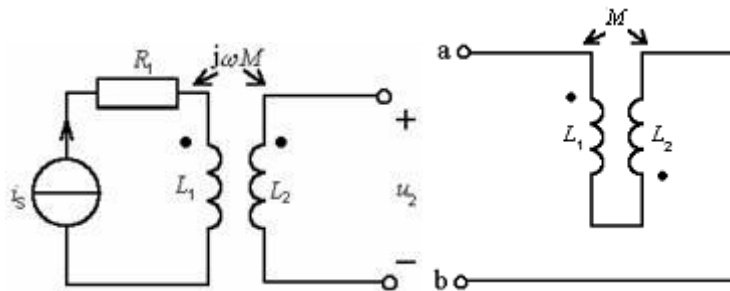
5. 图示电路中的开路电压 \dot{U}_{oc} 为

- (A) $\frac{R_2}{R_1} R_2$ (B) $\frac{R_2}{R_1} (R_2 - j\omega M)$
 (C) $\frac{R_2}{R_1} (R_2 + j\omega M)$ (D) $\frac{R_2}{R_1} (j\omega L_2 + j\omega M)$



6. 图示电路中, $i_s = \sin(2f\pi t + 45^\circ)$ A, $f = 50$ Hz 当 $t = 10$ ms 时, u_2 为

- (A) 正值 (B) 负值 (C) 零值 (D) 不能确定

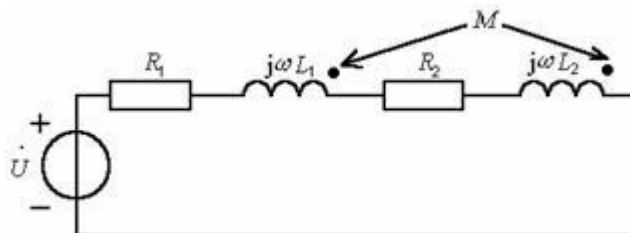


7. 电路如右上图所示, 已知 $L_1 = 6$ H, $L_2 = 3$ H, $M = 2$ H, 则 ab 两端的等效电感为

- (A) 13H (B) 5H (C) 7H (D) 11H

8. 图示两互感线圈串联接于正弦交流电源, 则当耦合因数 k 逐渐增大时, 电源 \dot{U} 输出的平均功率 P

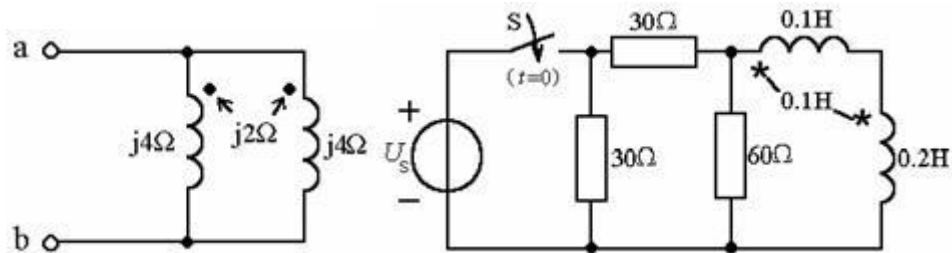
- (A) 逐渐减小 (B) 逐渐增大 (C) 无法确定



9. 两耦合线圈顺向串联时等效电感为 0.7H ，反向串联时等效电感为 0.3H ，则可确定其互感 M 为 (A) 0.1H (B) 0.2H (C) 0.4H (D) 无法确定

10. 图示二端网络的等效阻抗 Z_{ab} 为：

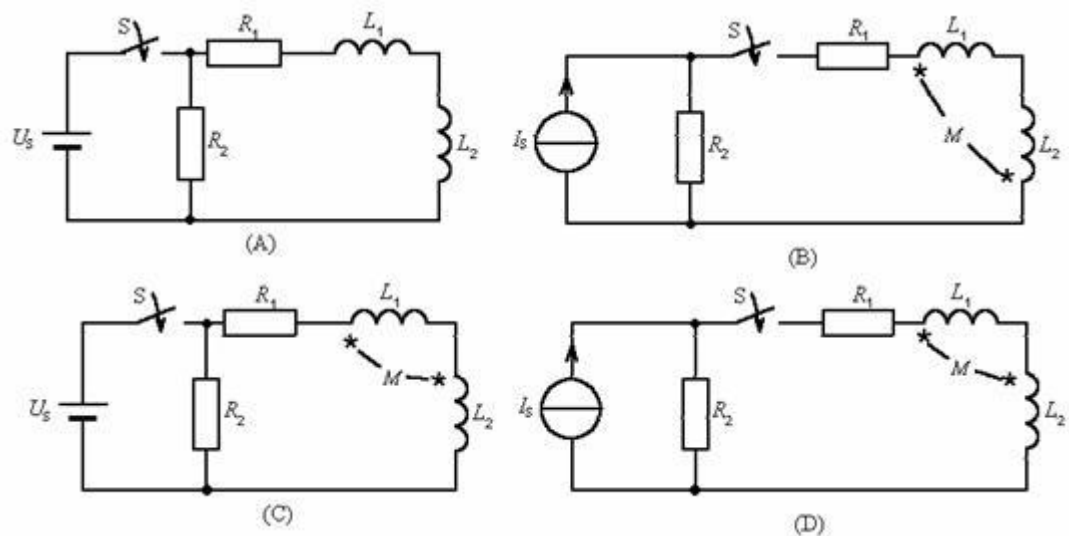
(A) $j1\Omega$ (B) $j2\Omega$ (C) $j3\Omega$



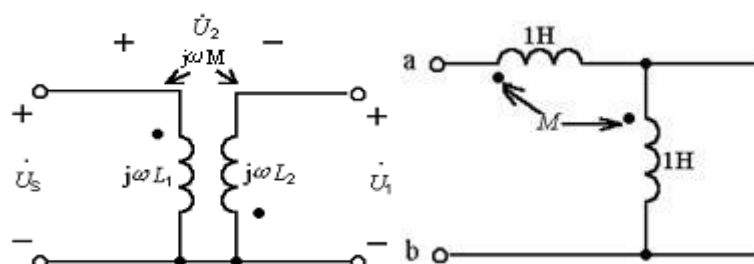
11. 右上图示电路，S 闭合后电路的时间常数 τ 为

(A) 15ms (B) 25ms (C) 5ms (D) 其他值

12. 图示电路中，开关 S 动作后时间常数最大的电路是：



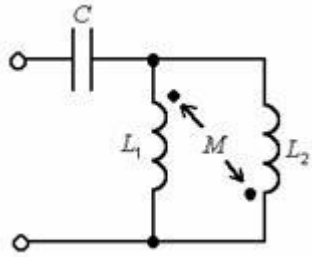
13. 左下图示电路，耦合因数 $k=1$ ， $L_1=1\text{H}$ ， $L_2=1\text{H}$ ， $\dot{U}_s=10\angle 0^\circ\text{V}$ ，则 \dot{U}_1 与 \dot{U}_2 分别为 (A) 10V 与 0V (B) 10V 与 20V (C) -10V 与 0V (D) -10V 与 20V



14. 右上图示电路中，互感 $M=1\text{H}$ ，电源频率 $\omega=1\text{rad/s}$ ，a、b 两端的等效阻抗 Z 为 (A) $j1\Omega$ (B) 0 (C) $j2\Omega$ (D) $j4\Omega$

15. 图示电路中 $L_1=1\text{H}$ ， $L_2=1\text{H}$ ， $M=0.5\text{H}$ ， $C=100\mu\text{F}$ ，则电路的谐振频率 f_0 为

(A) $\frac{50\sqrt{2}}{\pi}\text{Hz}$ (B) $\frac{50}{\pi}\text{Hz}$ (C) $\frac{100\sqrt{3}}{\pi}\text{Hz}$ (D) $\frac{100}{\pi}\text{Hz}$



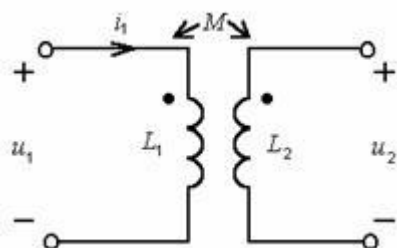
1. 答案(D) 2. 答案(A) 3. 答案(B) 4. 答案(C) 5. 答案(B) 6. 答案(B) 7. 答案(A)

8. 答案(A) 9. 答案(A) 10. 答案(C) 11. 答案(B) 12. 答案(C) 13. 答案(D)

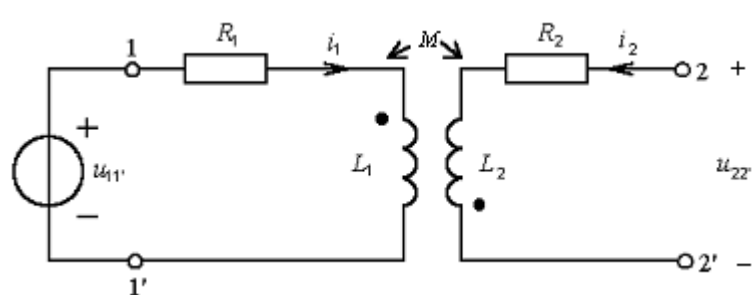
14. 答案(B) 15. 答案(D)

三、填空题

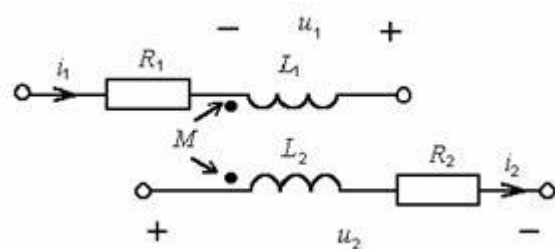
1. 对于 $L_1=1\text{H}$ 、 $L_2=4\text{H}$ 的耦合电感，若能实现全耦合，则互感 M 为_____。
2. 耦合电感的同名端与两个线圈的绕向和相对位置有关，与电流的参考方向_____。
3. 耦合电感如图所示，若次级开路，则初级电压 u_1 为_____。



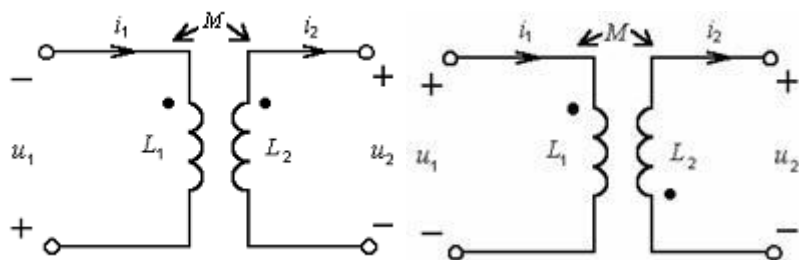
4. 图示电路中，当线圈 2 中无电流时， $u_{11}' = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $u_{22}' = \underline{\hspace{2cm}}$ ；当电流 i_2 从线圈 2 的 2 端流入时， $u_{11}' = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $u_{22}' = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



5. 图示电路， $u_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $u_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



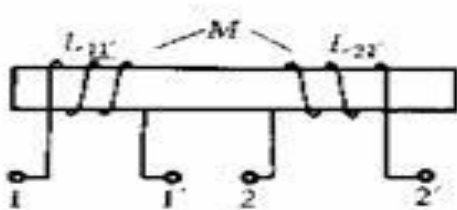
6. 图示电路中， u_1 与 u_2 的导数表达式分别为 $u_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ 和 $u_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ ；相量表达式分别为 $\dot{U}_1^{\omega} = \underline{\hspace{2cm}}$ 和 $\dot{U}_2^{\omega} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



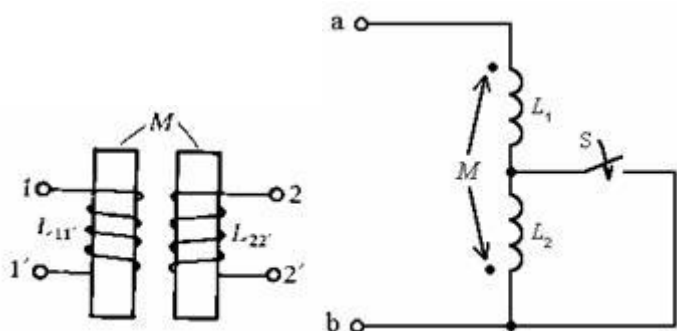
7. 右上图示电路中, u_1 与 u_2 的导数表达式分别为 $u_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ 和 $u_2 = \underline{\hspace{2cm}}$; 相量表达式分别为 $\dot{U}_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ 和 $\dot{U}_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

8. 若耦合电感的两个线圈分别以顺接串联及反接串联形式与同一正弦电压源连接, 比较两种情况下的电流大小, 应是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 时的电流大。

9. 图示两耦合电感, 耦合因数 $k=0.75$, $L_{11'}=0.2\text{H}$, $L_{22'}=0.8\text{H}$, 若 $1'$ 、 $2'$ 短接, 则 1 、 2 端的等效电感 $L_{12} = \underline{\hspace{2cm}}\text{H}$ 。

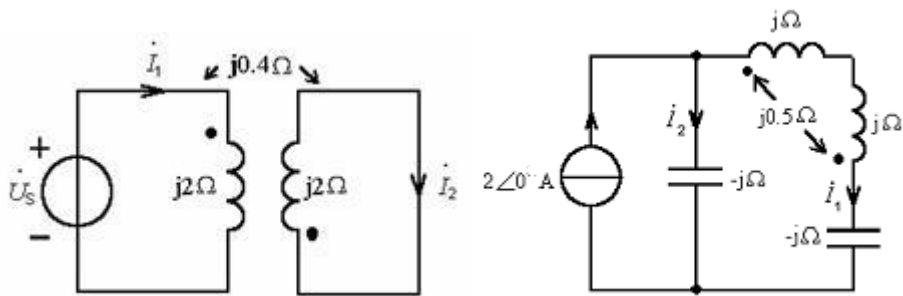


11. 图示为两耦合电感, 耦合因数 $k=0.75$, $L_{11'}=0.2\text{H}$, $L_{22'}=0.8\text{H}$, 若 1 、 2 短接, $1'$ 、 $2'$ 短接, 则等效电感 $L_{11'}$ (即 $L_{22'}$) = $\underline{\hspace{2cm}}\text{H}$ 。



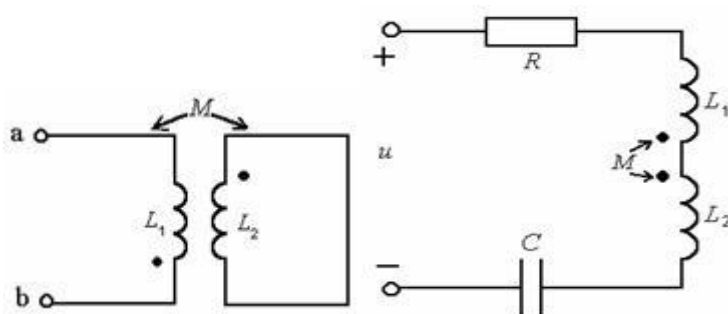
12. 右上图示电路中, $L_1=4\text{mH}$, $L_2=9\text{mH}$, $M=3\text{mH}$, 当 S 断开时 $L_{ab} = \underline{\hspace{2cm}}\text{mH}$; 当 S 闭合后, $L_{ab} = \underline{\hspace{2cm}}\text{mH}$ 。

13. 图示为含耦合电感的正弦稳态电路, 若 $\dot{I}_1 = 5\angle 90^\circ \text{A}$, 则 \dot{I}_2 等于 $\underline{\hspace{2cm}}\text{A}$ 。



14. 右上图示正弦稳态电路中, $\frac{U_2}{U_1} =$ _____, $\frac{I_2}{I_1} =$ _____。

15. 图示电路, 等效电感 $L_{ab} =$ _____。



16. 图示电路中, $L_1 = M = 10\text{mH}$, $L_2 = 20\text{mH}$, 电路谐振时的角频率为 $\omega_0 = 10^3 \text{ rad/s}$; 则电容 $C =$ _____ μF , 且当 R 的值增大时, ω_0 _____, Q 值 _____。

1. 答案 2H 2. 答案 无关 3. 答案 $L_1 \frac{di_1}{dt}$ 4. 答案 $R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt}, -M \frac{di_1}{dt},$
 $R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}, R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt}$

5. 答案 $-L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}, R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$

6. 答案 $-L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}, -L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}, -j\omega L_1 \frac{di_1}{dt} + j\omega M \frac{di_2}{dt},$

$-j\omega L_2 \frac{di_2}{dt} + j\omega M \frac{di_1}{dt}$ 7. 答案 $L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}, -L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt},$
 $j\omega L_1 \frac{di_1}{dt} + j\omega M \frac{di_2}{dt}, -j\omega L_2 \frac{di_2}{dt} - j\omega M \frac{di_1}{dt}$ 8. 答案 反接串联

9. 答案 1.6

11. 答案 0.175,

12. 答案 7, 3

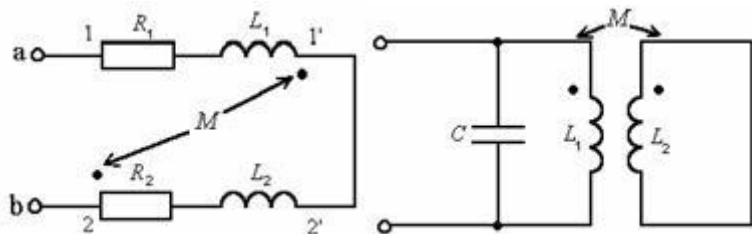
13. 答案 $1/\sqrt{2}$

14. 答案 $2\angle 0^\circ \text{ A}$ 15. 答案 $L_1 - \frac{M^2}{L_2}$

16. 答案 100 不变, 变小

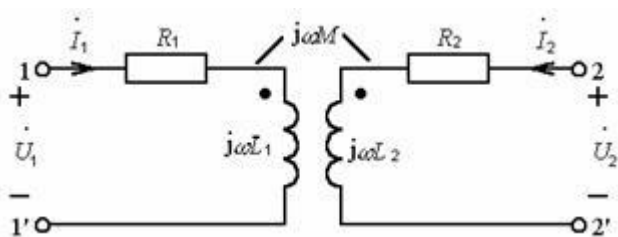
四、计算题

1. 电路如图所示，不考虑互感影响时，线圈 11' 的 $Z_1 = (5 + j9)\Omega$ ，线圈 22' 的 $Z_2 = (3 + j4)\Omega$ 。若耦合因数 $k = 0.5$ ，求考虑互感影响时的 Z_{ab} 。

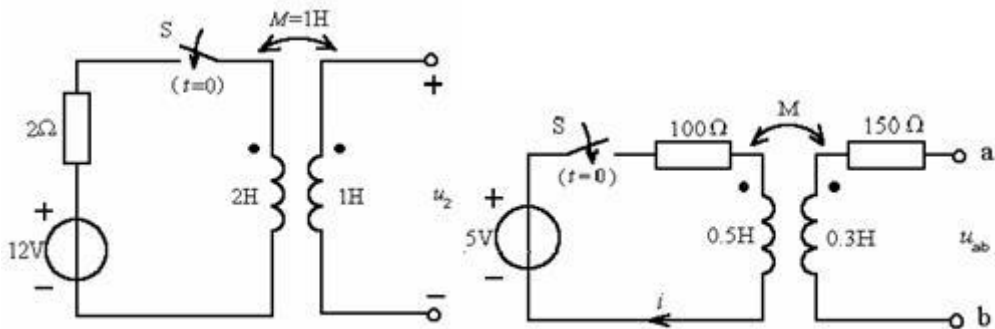


2. 图示网络中， $C = 1\mu\text{F}$ ， $L_1 = 3\text{mH}$ ， $L_2 = 2\text{mH}$ ， $M = 1\text{mH}$ 。试求网络的谐振频率 f_0 及谐振时的输入阻抗 Z_0 。

3. 求图示空心变压器的阻抗参数。已知正弦电源角频率为 ω 。

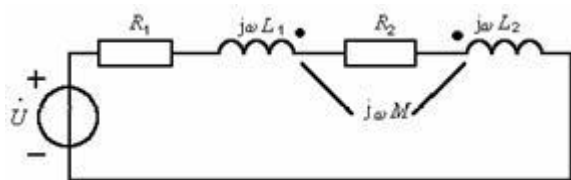


5. 图示电路中，电压源电压恒定，耦合电感都无初始储能，试求开关 S 闭合后的开路电压 $u_2(t)$ 。

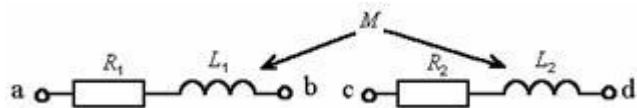


6. 右上图示电路中电压源电压恒定，电路为零状态， $M = 0.1\text{H}$ ， $t = 0$ 时闭合开关 S，试求 $i(t)$ 及开路电压 $u_{ab}(t)$ 。

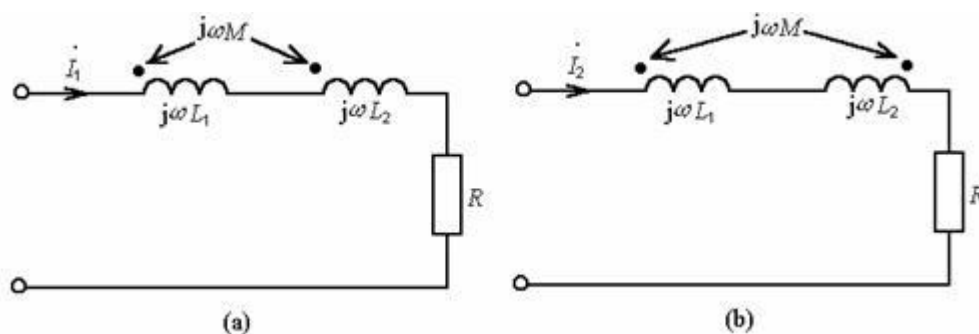
7. 如图两耦合线圈串联，接于 $U = 220\text{V}$ ， $\omega = 100\text{rad/s}$ 的正弦电源，已知 $R_1 = R_2 = 200\Omega$ ， $L_1 = 2\text{H}$ ， $L_2 = 8\text{H}$ 。当电路的 $\cos\varphi = 0.8$ 时，试求：(1) 耦合因数 k 的值；(2) 两线圈消耗的平均功率各为多少？



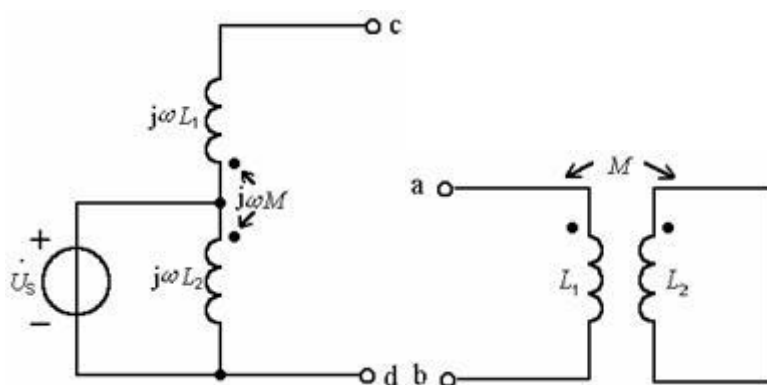
8. 图示两互感线圈串联后接到 220V, 50Hz 的正弦交流电源上, 当 b、c 相连, a、d 接电源时, 测得 $I=2.5\text{A}$, $P=62.5\text{W}$ 。当 b、d 相连, a、c 接电源时, 测得 $P=250\text{W}$ 。(1) 试在图上标出同名端; (2) 求两线圈之间的互感 M 。



9. 为测量耦合电感元件的互感系数 M , 现将耦合电感分别以顺接串联和反接串联形式接至 24V、50Hz 的正弦电源, 如图 (a)、(b)。在图 (a) 中, 测得 $I_1=0.24\text{A}$, 在图 (b) 中测得 $I_2=0.3\text{A}$ 。串联电阻 $R=50\Omega$, 试求互感系数 M 。

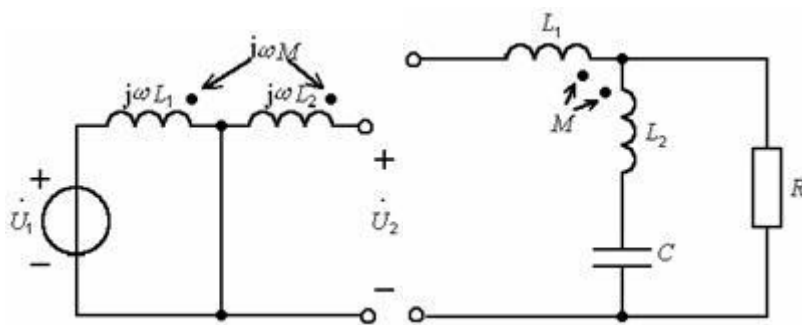


10. 图示电路中, 已知 $\omega L_1=\omega L_2=4\Omega$, $\omega M=2\Omega$, $\dot{U}_s=8\angle 0^\circ \text{V}$, 试求 \dot{U}_{ca} 。



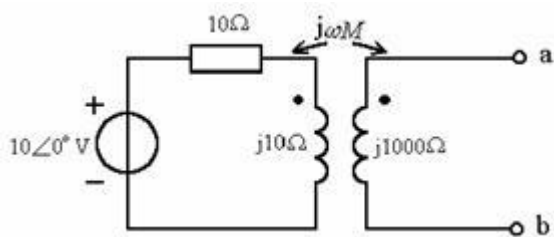
11. 右上图示耦合电感电路中, $L_1=6\text{H}$, $L_2=4\text{H}$, $M=3\text{H}$, 试求 ab 两端的等效电感 L_{ab} 。

12. 图示电路中, $L_1=1\text{H}$, $L_2=4\text{H}$, 耦合因数 $k=1$ 。试证明开路电压 $\dot{U}_2=-2\dot{U}_1$ 。

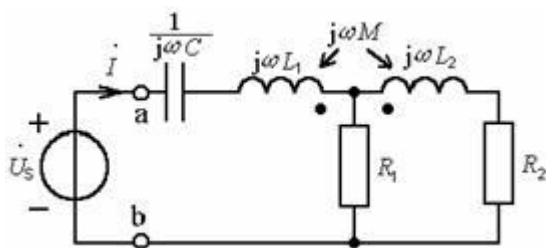


13. 试求右上图示网络的输入阻抗, 已知 $L_1=2\text{H}$, $L_2=1\text{H}$, $M=1\text{H}$, $R=100\Omega$, $C=100\mu\text{F}$, 电源角频率为 100rad/s 。

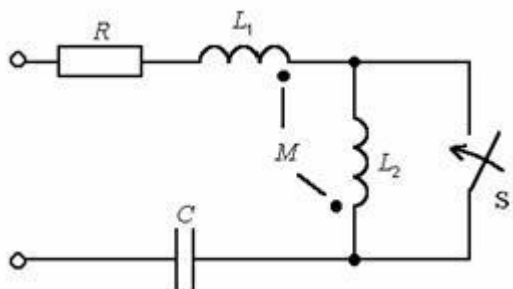
14. 图示全耦合 ($k=1$) 变压器电路, 求 ab 端的戴维南等效电路。



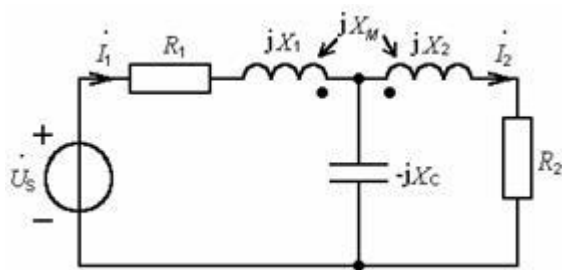
15. 图示电路中, $R_1=R_2=6\Omega$, $\omega L_1=\omega L_2=10\Omega$, $\omega M=5\Omega$, $\omega=10^3\text{rad/s}$, 如果 \dot{U}_s 与 \dot{I} 同相, C 应为何值? 此时电路输入阻抗 Z_{ab} 为何值?



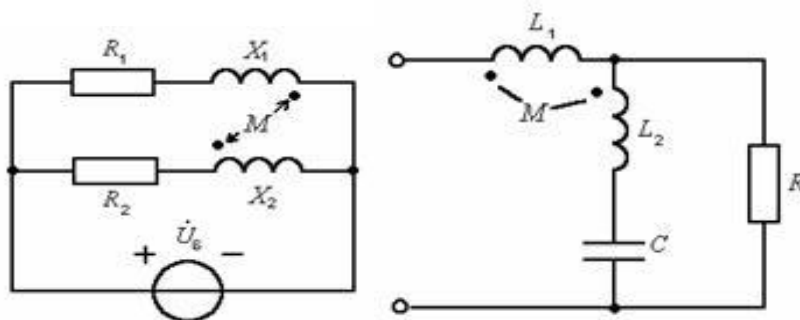
16. 图示电路中, $L_1=0.2\text{H}$, $L_2=0.1\text{H}$, $M=0.1\text{H}$, $C=10\mu\text{F}$, 试求开关 S 断开和 S 闭合两种情况下电路的谐振角频率 ω_0 。



17. 图示电路中，已知 $\dot{U}_s = 100 \angle 0^\circ \text{ V}$ ， $R_1 = 55 \Omega$ ， $R_2 = 40 \Omega$ ， $jX_1 = j160 \Omega$ ， $jX_2 = j40 \Omega$ ， $-jX_C = -j80 \Omega$ ，耦合因数 $k = 0.5$ 。(1) 画出消去互感后的等效电路；(2) 求电流 \dot{I}_1 与 \dot{I}_2 。

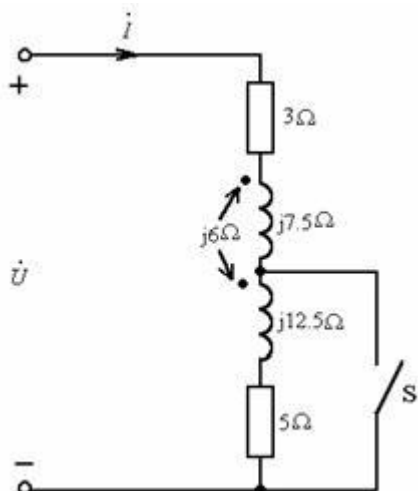


18. 图示电路中， $U_s = 100 \text{ V}$ ， $R_1 = 20 \Omega$ ， $R_2 = 80 \Omega$ ， $X_1 = 80 \Omega$ ， $X_2 = 20 \Omega$ ，耦合因数 $k = 1$ 。试求电源 U_s 供出的有功功率与无功功率。

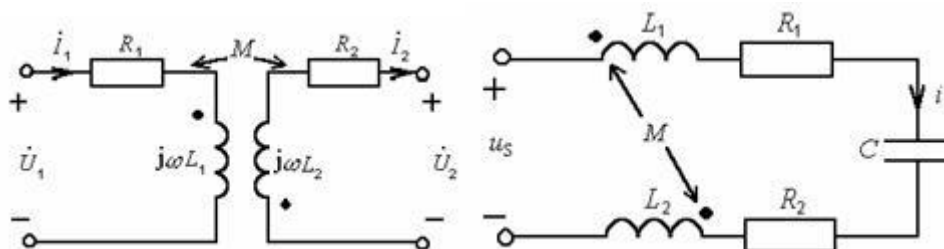


19. 右上图示网络中 $L_1 = 1 \text{ H}$ ， $L_2 = 2 \text{ H}$ ， $M = 1 \text{ H}$ ， $R = 100 \Omega$ ， $C = 100 \mu\text{F}$ ，电源角频率为 100 rad/s 。试求网络的输入阻抗 Z_i 。

21. 图示电路， $\dot{U}_s = 50 \angle 0^\circ \text{ V}$ ，试求 S 断开和闭合时的电流 \dot{I} 。

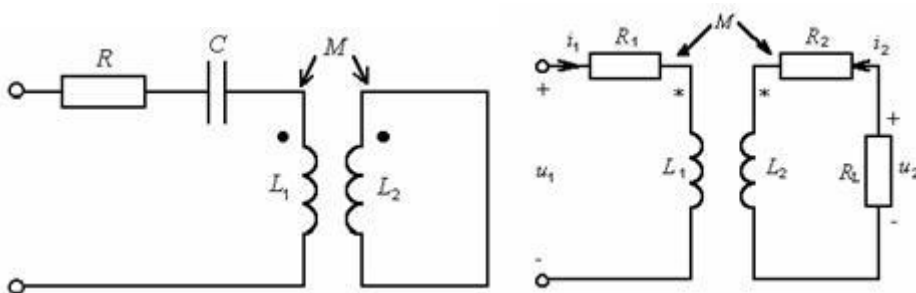


22. 图示空心变压器电路, $R_1=10\Omega$, $R_2=5\Omega$, $\omega L_1=10\Omega$, $\omega L_2=\omega M=5\Omega$, $U_1=100V$ 。试求: (1) 副边开路时, 原边线圈的电流, 副边线圈的电压; (2) 副边短路时, 原副边线圈的电流。



23. 右上图示电路的各元件参数为 $R_1=5\Omega$, $R_2=10\Omega$, $L_1=0.01H$, $L_2=0.02H$, $C=20\mu F$, $M=0.01H$, $U_s=10\angle 0^\circ V$ 。试求该电路的谐振角频率 ω_0 , 以及谐振时的电流 I 。

24. 图示网络中, $R=100\Omega$, $C=1\mu F$, $L_1=3mH$, $L_2=2mH$, $M=1mH$ 。试求网络的谐振频率及谐振时的输入阻抗 Z_0 。



27. 右上图示电路中, 已知输入电流 $i_1=(1+2\sin\omega t)A$, $R_1=R_2=\omega L_1=\omega L_2=10\Omega$, 耦合因数 $k=0.5$, 负载电阻 $R_L=100\Omega$, 求输入电压 u_1 和输出电压 u_2 。

答案部分

1. 答案 $\omega M = k\sqrt{\omega L_1 \cdot \omega L_2} = 3\Omega$ 两电感为顺接串联, 故

$$Z_{ab}=Z_1+Z_2+j2\omega M=(8+j19)\Omega$$

2. 答案 $L' = L_1 - \frac{M^2}{L_2} = 2.5 \text{ mH}$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L'C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2.5 \times 10^{-3} \times 10^{-6}}} \text{ Hz} = 3183 \text{ Hz}$$

$$Z_0 = \frac{L}{RC} = \infty \quad (R=0)$$

3. 答案列 KVL 方程

$$\begin{aligned} U_1 &= (R_1 + j\omega L_1) I_1 + j\omega M I_2 \\ U_2 &= j\omega M I_1 + (R_2 + j\omega L_2) I_2 \end{aligned}$$

得 Z 参数

$$Z_{11}=R_1+j\omega L_1, \quad Z_{12}=Z_{21}=j\omega M, \quad Z_{22}=R_2+j\omega L_2$$

5. 答案 $i_1(0_+)=i_1(0_-)=0\text{A}$

$$\begin{aligned} i_1(\infty) &= \frac{12}{2} = 6 \text{ A} \quad \tau = \frac{2}{2} = 1 \text{ s} \\ i_1(t) &= 6(1-e^{-t}) \quad u_2(t) = M \frac{di_1}{dt} = (-6)(-1)e^{-t} = 6e^{-t} \text{ A} \end{aligned}$$

6. 答案 $i(0)=0, \quad i(\infty)=\frac{5}{100}=0.05 \text{ A}$

$$\tau = \frac{0.5}{100} = \frac{1}{200} \text{ s} \quad \therefore i(t) = 0.05(1-e^{-200t}) \text{ A}$$

$$u_{ab} = M \frac{di}{dt} = 0.1 \times (-0.05)(-200)e^{-200t} = e^{-200t} \text{ V}$$

7. 答案(1)两线圈反接串联

$$M = k\sqrt{L_1 L_2} = 4k \text{ 等效电感 } L' = L_1 + L_2 - 2M = 10 - 8k$$

因为 $\cos\varphi=0.8$, 故

$$\frac{L'}{R_1 + R_2} = \frac{3}{4}, \quad \text{即} \quad \frac{100(10-8k)}{400} = \frac{3}{4} \text{ 解得 } k=0.875$$

$$(2) L' = 10 - 8k = 3\text{H}$$

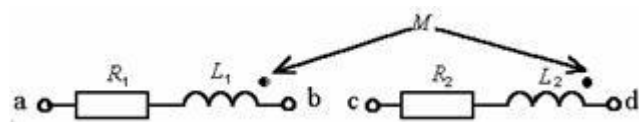
$$Z = (400 + j300) = 500/\underline{36.9^\circ} \Omega$$

$$I = \frac{U'}{|Z|} = 0.44 \text{ A} \quad \text{故 } P_1 = P_2 = I^2 R_1 = I^2 R_2 = 38.72 \text{ W}$$

8. 答案(1)第一种接法: $R_1 + R_2 = \frac{P}{I^2} = 10 \Omega \quad I = 2.5 \text{ A}$

设等效电感为 L' 第二种接法: $I = \sqrt{\frac{P}{R_1 + R_2}} = 5 \text{ A}$ 设等效电感为 L'' $2.5 \text{ A} < 5 \text{ A}$, $L' < L''$

即第一种接法为顺向串联, 如图 a、c 为同名端



$$(2) L' = L_1 + L_2 + 2M \quad |Z'| = \frac{220}{2.5} \Omega = 88 \Omega$$

$$L'' = L_1 + L_2 - 2M \quad |Z''| = \frac{220}{5} \Omega = 44 \Omega$$

$$\omega L' = \sqrt{|Z'|^2 - (R_1 + R_2)^2} = 87.43 \Omega$$

$$\omega L'' = \sqrt{|Z''|^2 - (R_1 + R_2)^2} = 42.85 \Omega$$

$$\text{故 } L' = 0.278 \text{ H}, L'' = 0.136 \text{ H}$$

$$M = \frac{L' - L''}{4} = 0.0355 \text{ H}$$

9. 答案 对图 (a) $X_1 = \omega(L_1 + L_2 + 2M)$

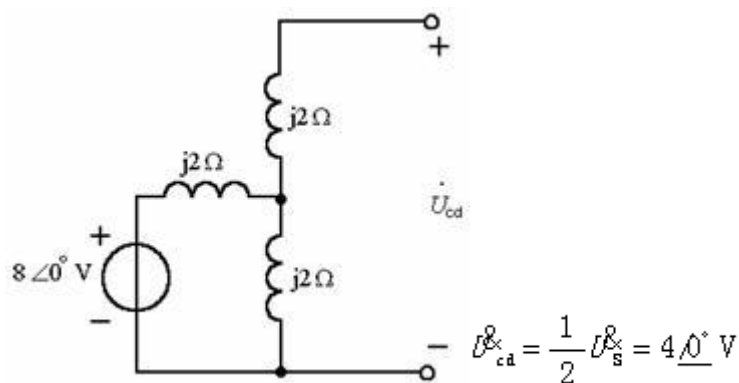
(1) 图 (b) $X_2 = \omega(L_1 + L_2 - 2M)$

$$(2) \text{ 由 } \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_1^2}} = 0.24 \quad \text{和} \quad \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_2^2}} = 0.3$$

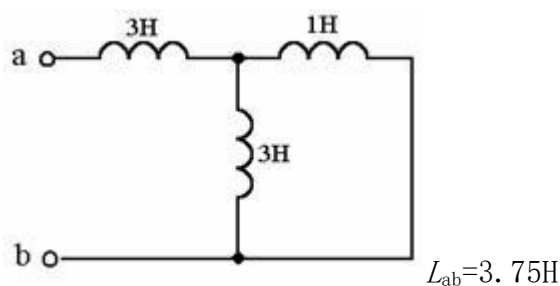
可求得 $\begin{cases} X_1 = 86.6 \Omega \\ X_2 = 62.45 \Omega \end{cases}$ 将 X_1 和 X_2 分别代入 (1)、(2) 式, 联立求得

$$M = \frac{X_1 - X_2}{4\omega} = 0.019 \text{ H} = 19 \text{ mH}$$

10. 答案 原电路去耦后的相量模型为

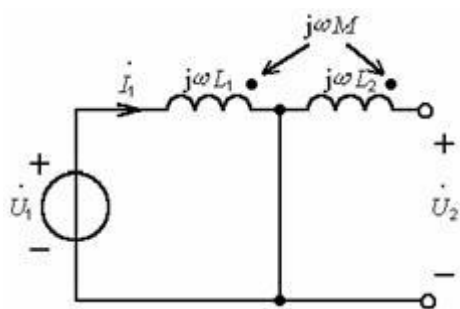


11. 答案 将耦合电感化成去耦 T 型等效电路



12. 答案 因为 $k=1$, 故 $M = \sqrt{L_1 L_2} = 2\text{H}$

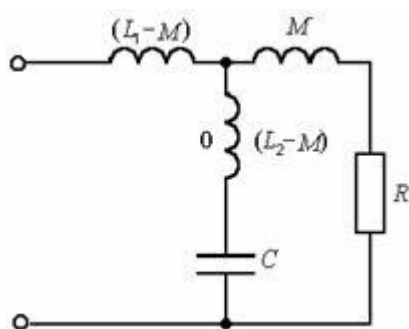
$$\dot{U}_2 = -j\omega M \dot{I}_1 = \frac{-j\omega M}{j\omega L_1} \dot{U}_1 = -\frac{M}{L_1} \dot{U}_1 = -2 \dot{U}_1, \dots, \dot{U}_2 = -2 \dot{U}_1$$



13. 答案 去耦等效电路如下图所示

$$\omega M = 100\Omega, \quad \omega(L_1 - M) = 100\Omega, \quad \omega(L_2 - M) = 0\Omega \quad \frac{1}{\omega C} = 100\Omega$$

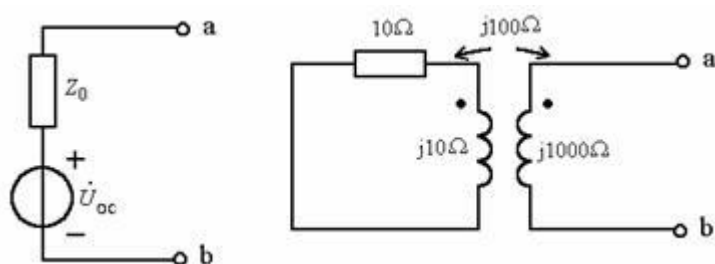
$$Z = j\omega(L_1 - M) + \frac{j\left[\omega(L_2 - M) - \frac{1}{\omega C}\right](R + j\omega M)}{j\left[\omega(L_2 - M) - \frac{1}{\omega C}\right] + (R + j\omega M)} = 100\Omega$$



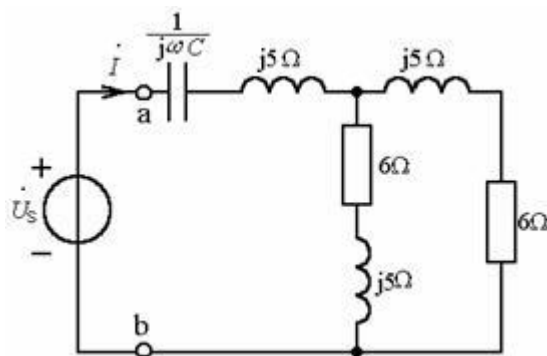
14. 答案 $k=1 \quad j\omega M = j\sqrt{10 \times 1000} = j100 \Omega$

$$\text{如图} \quad \dot{U}_{oc} = j100 \frac{10 \angle 0^\circ}{10 + j10} \text{ V} = 70.7 \angle 45^\circ \text{ V}$$

$$Z_o = \left(j1000 + \frac{100^2}{10 + j10} \right) \Omega = (500 + j500) \Omega = 707 \angle 45^\circ \Omega$$



15. 答案去耦等效电路如下图所示



$$Z_{ab} = j5 - j\frac{1}{\omega C} + \frac{6 + j5}{2} = 3 + j\left(7.5 - \frac{1}{\omega C}\right)$$

若 \dot{U}_s 与 \dot{I} 同相, 则 $7.5 - \frac{1}{\omega C} = 0$

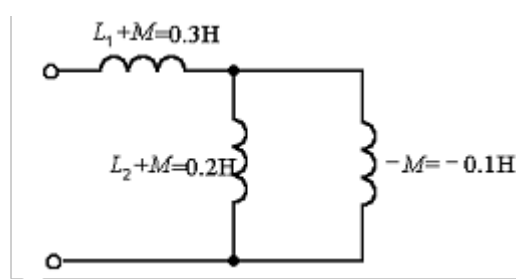
$$C = \frac{1}{7.5\omega} = 133\mu\text{F} \text{ 此时 } Z_{ab} = 3\Omega$$

16. 答案 S 断开时 $L' = L_1 + L_2 + 2M = 0.5\text{H}$

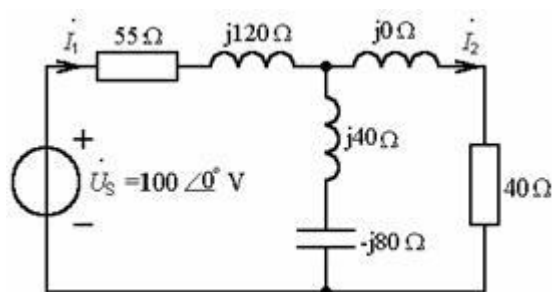
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L'C}} = \frac{10^3}{\sqrt{5}} \text{ rad/s} = 447 \text{ rad/s}$$

S 闭合时, $L'' = 0.1\text{H}$ 。去耦电路如下图所示。

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L''C}} = 1000 \text{ rad/s}$$



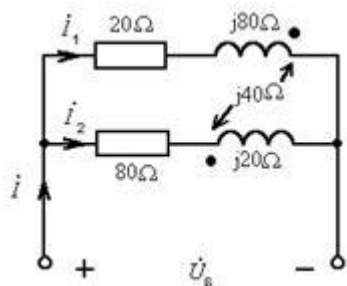
17. 答案 (1) $jX_{\#} = jk\sqrt{X_1 X_2} = j40\Omega$



$$\frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = \frac{100\angle 0^\circ}{55 + j120 + \frac{-j40 \times 40}{40 - j40}} \text{ A} = 0.8\angle -53.1^\circ \text{ A}$$

$$\frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = \frac{-j40}{40 - j40} \quad \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = 0.566\angle 98.1^\circ \text{ A}$$

18. 答案 $X_{\#} = k\sqrt{L_1 L_2} = 40\Omega$



设 $\dot{U}_s = 100 \angle 0^\circ \text{ V}$

$$\begin{cases} (20 + j80)\dot{I}_1 - j40\dot{I}_2 = 100 \\ -j40\dot{I}_1 + (80 + j20)\dot{I}_2 = 100 \end{cases}$$

解得 $\dot{I}_1 = \frac{20 + j15}{4 + j17} \text{ A} \quad \dot{I}_2 = \frac{5 + j30}{4 + j17} \text{ A}$

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = \frac{25 + j45}{4 + j17} = 2.95 \angle -15.81^\circ \text{ A}$$

故 $P = U_s I \cos 15.81^\circ = 284 \text{ W}$

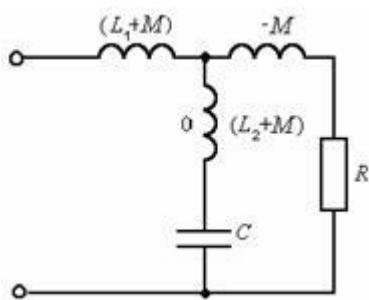
$Q = U_s I \sin 15.81^\circ = 80.4 \text{ var}$

19. 答案 去耦等效电路如图

$$-\omega M = -100 \Omega, \omega(L_1 + M) = 200 \Omega$$

$$\omega(L_2 + M) = 300 \Omega, \frac{1}{\omega C} = 100 \Omega \quad \text{故}$$

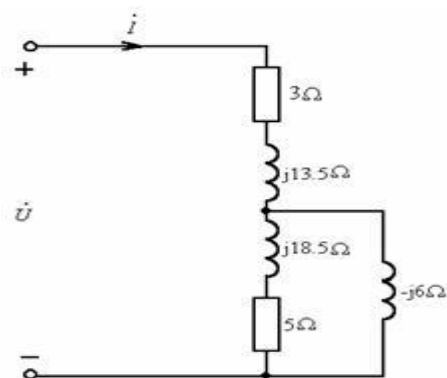
$$\begin{aligned} Z_i &= j\omega(L_1 + M) + \frac{j\left[\omega(L_2 + M) - \frac{1}{\omega C}\right](R - j\omega M)}{j\left[\omega(L_2 + M) - \frac{1}{\omega C}\right] + (R - j\omega M)} \\ &= \left[j200 + \frac{j200(100 - j100)}{j200 + 100 - j100} \right] \Omega = (200 + j200) \Omega \end{aligned}$$



21. 答案(1)当 S 断开时

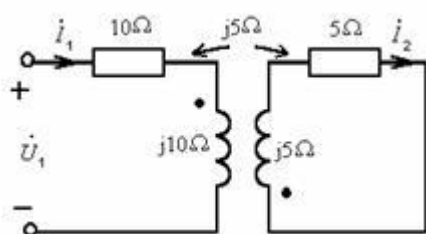
$$Z = 3 + 5 + Z_{L1} + Z_{L2} + 2Z_M = 33 / \underline{76^\circ} \Omega, \quad \underline{I} = \frac{\underline{U}}{Z} = 1.52 / \underline{-76^\circ} \text{ A}$$

(2)当 K 闭合时由去耦等效电路



$$Z = 6.4 / \underline{51.5^\circ} \Omega, \quad \underline{I} = \frac{\underline{U}}{Z} = 7.8 / \underline{-51.5^\circ} \text{ A}$$

22. (1) 设 $\underline{U}_1 = 100 \angle 0^\circ \text{ V}$, $\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{R_1 + j\omega L_1} = 5\sqrt{2} / \underline{-45^\circ} \text{ A}$
 $\underline{U}_2 = -j\omega M \underline{I}_1 = 25\sqrt{2} / \underline{-135^\circ} \text{ V}$ (2) 副边短路时, 如图:



$$\begin{cases} (10 + j10) \underline{I}_1 + j5 \underline{I}_2 = 100 \\ j5 \underline{I}_1 + (5 + j5) \underline{I}_2 = 0 \end{cases} \text{ 得}$$

$$\underline{I}_1 = \frac{100 \angle 0^\circ}{12.5 + j7.5} \text{ A} = 6.86 / \underline{-30.96^\circ} \text{ A}, \quad \underline{I}_2 = 4.85 / \underline{-165.96^\circ} \text{ A}$$

$$23. \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{(L_1 + L_2 + 2M)C}} = 1000 \text{ rad/s}, \quad \underline{I}_s = \frac{\underline{U}_s}{R_1 + R_2} = \frac{2}{3} \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$24. \quad L' = L_1 - \frac{M^2}{L_2} = 2.5 \text{ mH}$$

$$\underline{f}_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L'C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2.5 \times 10^{-3} \times 10^{-6}}} \text{ Hz} = 3183 \text{ Hz}, \quad Z_0 = R = 100 \Omega$$

$$27. \quad U_{1(0)} = I_{1(0)} \times R_1 = 1 \times 10 \text{ V} = 10 \text{ V} \quad U_{2(0)} = 0$$

$$\text{基波分量: } \omega M = k\sqrt{\omega L_1 \cdot \omega L_2} = 0.5\sqrt{10 \times 10} \quad \Omega = 5 \quad \Omega$$

$$\begin{cases} (R_1 + j\omega L_1)\underline{I}_{1\omega} + j\omega M \underline{I}_{2\omega} = \underline{U}_{1\omega} & (1) \\ (R_2 + R_1 + j\omega L_2)\underline{I}_{2\omega} + j\omega M \underline{I}_{1\omega} = 0 & (2) \end{cases}$$

$$\text{由(2)得: } \underline{I}_{2\omega} = 0.064 \angle -95.2^\circ \text{ A}$$

$$\text{代入(1)式得 } \underline{U}_{1\omega} = 20.2 \angle 44.3^\circ \text{ V}$$

$$\underline{U}_{2\omega} = -\underline{I}_{2\omega} \times R_1 = -0.064 \angle -95.2^\circ \times 100 \text{ V} = 6.4 \angle 84.8^\circ \text{ V}$$

$$u_1 = [10 + 20.2\sqrt{2} \sin(\omega t + 44.3^\circ)] \text{ V}$$

$$u_2 = 6.4\sqrt{2} \sin(\omega t + 84.8^\circ) \text{ V}$$