

第一章 参考答案

一、填空题

- 1、电路；电源；负载；中间环节
- 2、传输；分配；转换；传递；变换；存储；处理
- 3、单一；确切；多元；复杂；电阻；电感；电容
- 4、理想电路；电路模型；集总
- 5、稳恒直流；交流；正弦交流
- 6、电压；两点电位
- 7、电位
- 8、电动势；电源；电源正极高；电源负极低；电源端电压
- 9、电功；焦耳；度；电功率；瓦特；千瓦
- 10、关联；非关联
- 11、欧姆；基尔霍夫； KCL ；支路电流； KVL ；元件上电压
- 12、电压；电流值；电流；电压
- 13、3
- 14、20；1
- 15、对臂电阻的乘积；电源内阻；负载电阻； $U_S^2/4R_0$

- 16、无源；电源；控制量

二、判断题

- 1、√ 2、× 3、√ 4、× 5、× 6、× 7、√ 8、√ 9、× 10、√ 11、× 12、× 13、√ 14、× 15、× 16、×

三、单项选择题

- 1、B 2、B 3、B 4、A 5、B 6、C 7、C；B；A 8、C 9、B 10、B

四、简答题

- 1、电路中发生了4号灯短路故障，当它短路时，在电路中不起作用，因此放上和取下对电路不发生影响。
- 2、不能，因为这两个白炽灯的灯丝电阻不同，瓦数大的灯电阻小分压少，不能正常工作，瓦数小的灯电阻大分压多易烧。
- 3、电桥电路处于平衡状态时，由于桥支路电流为零可拿掉，因此四个桥臂具有了串、并联关系，是简单电路，如果电桥电路不平衡，则为复杂电路。
- 4、直流电的大小和方向均不随时间变化；脉动直流电的大小随时间变化，方向不随时间变化；交流电的大小和方向均随时间变化；正弦交流电的大小和方向随时间按正弦规律变化。
- 5、负载上获得最大功率时，电源的利用率约为50%。
- 6、电路等效变换时，电压为零的支路不可以去掉。因为短路相当于短接，要用一根短接线代替。
- 7、在电路等效变换的过程中，受控电压源的控制量为零时相当于短路；受控电流源控制量为零时相当于开路。当控制量不为零时，受控源的处理与独立源无原则上区别，只是要注意在对电路化简的过程中不能随意把含有控制量的支路消除掉。
- 8、工程实际应用中，利用平衡电桥可以较为精确地测量电阻，电桥平衡的条件是对臂电阻的乘积相等。
- 9、两个电路等效，是指其对端口以外的部分作用效果相同。
- 10、“正、负”是指在参考方向下，某电量为正值还是为负值；“加、减”是指方程式各量前面的加、减号；“相反、相同”则指电压和电流方向是非关联还是关联。

五、计算分析题

- 1、 $2k\Omega$
- 2、 $-1V$ ， $5A$
- 3、 1Ω ， $9W$
- 4、 $-16/3W$

- 5、 -35W
6、S 打开：A -10.5V ，B -7.5V ；S 闭合：A -0V ，B -1.6V
7、 150Ω

第二章 参考答案

一、填空题

- 1、简单；复杂
2、 KCL ； KVL ；支路电流
3、回路；假想；回路； KVL
4、结点；客观存在；结点； KCL ；欧姆
5、结点电压；1； $V_1 = \frac{\sum U_s / R}{\sum 1/R}$ ；弥尔曼

- 6、线性；叠加
7、二端；有源二端；无源二端
8、端口处等效；除源；入端；开路
9、回路；结点；叠加
10、短路；开路；独立源的

二、判断题

- 1、 \times 2、 \checkmark 3、 \checkmark 4、 \times 5、 \times 6、 \times 7、 \times 8、 \checkmark 9、 \checkmark 10、 \checkmark

三、单项选择题

- 1、C 2、B 3、C 4、C 5、C

四、简答题

- 1、用弥尔曼定理求解最为简便，因为电路中只含有两个结点。
2、回路电流法求解电路的基本步骤如下：

(1) 选取独立回路（一般选择网孔作为独立回路），在回路中标示出假想回路电流的参考方向，并把这一参考方向作为回路的绕行方向。

(2) 建立回路的 KVL 方程式。应注意自电阻压降恒为正值，公共支路上互电阻压降的正、负由相邻回路电流的方向来决定：当相邻回路电流方向流经互电阻时与本回路电流方向一致时该部分压降取正，相反时取负。方程式右边电压升的正、负取值方法与支路电流法相同。

(3) 求解联立方程式，得出假想的各回路电流。

(4) 在电路图上标出客观存在的各支路电流的参考方向，按照它们与回路电流之间的关系，求出各条支路电流。

回路电流是为了减少方程式数目而人为假想的绕回路流动的电流，不是电路的最终求解响应，最后要根据客观存在的支路电流与回路电流之间的关系求出支路电流。

3、不平衡电桥电路是复杂电路，只用电阻的串并联和欧姆定律是无法求解的，必须采用 KCL 和 KVL 及欧姆定律才能求解电路。

4、戴维南定理的解题步骤为：

(1) 将待求支路与有源二端网络分离，对断开的两个端钮分别标以记号（例如 a 和 b ）；

(2) 对有源二端网络求解其开路电压 U_{oc} ；

(3) 把有源二端网络进行除源处理：其中电压源用短接线代替；电流源断开。然后对无源二端网络求解其入端电阻 R_λ ；

(4) 让开路电压 U_{oc} 等于戴维南等效电路的电压源 U_s ，入端电阻 R_λ 等于戴维南等效电路的内阻 R_0 ，在戴维南等效电路两端断开处重新把待求支路接上，根据欧姆定律求出其电流或电压。

把一个有源二端网络化为一个无源二端网络就是除源，如上述 (3) 所述。

5、直流电源的开路电压即为它的戴维南等效电路的电压源 U_s ， $225/50 = 4.5\Omega$ 等于该直流电源戴维南等效电路的内阻 R_0 。

五、计算分析题

1、 18Ω 。

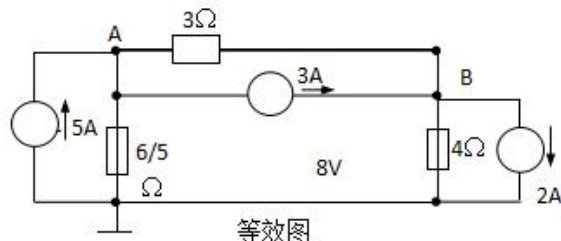
2、 $U_{ab} = 0V$ ， $R_0 = 8.8\Omega$ 。

3、在电流源单独作用下 $U = 1V$ ， $I' = -1/3A$ ，电压源单独作用时， $I'' = 2A$ ，所以电流 $I = 5/3A$ 。

4、解：画出图 2.5.4 等效电路图如下：

$$\text{对结点 A: } \left(\frac{1}{3} + \frac{5}{6}\right)V_A - \frac{1}{3}V_B = 2$$

$$\text{对结点 B: } \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4}\right)V_B - \frac{1}{3}V_A = 1$$



第三章 参考答案

一、填空题

1、最大值；角频率；初相

2、最大值；频率；初相

3、 R ；无关； X_L ；成正比； X_C ；成反比

4、有效；开方；有效；有效；热效应

5、同频率；不同

6、有效；有效；最大值是有效值的 1.414 倍

7、同相；正交；超前；正交；滞后

8、同相； W ；正交；Var

9、有；无；有交换；消耗；交换；消耗

10、7.07；5；314；50；0.02； $314t - 30^\circ$ 电角； -30° ； $-\pi/6$

二、判断题

1、× 2、× 3、× 4、√ 5、√ 6、× 7、× 8、×

三、单项选择题

1、C 2、B 3、C 4、C 5、A 6、B 7、B 8、C 9、B 10、A 11、C 12、C

四、简答题

1、频率变化时，感抗增大，所以电源电压不变，电感元件的电流将减小。

2、 $380 \times 1.414 = 537V > 450V$ ，不能把耐压为 450V 的电容器接在交流 380V 的电源上使用，因为电源最大值为 537V，超过了电容器的耐压值。

3、电阻在阻碍电流时伴随着消耗，电抗在阻碍电流时无消耗，二者单位相同。

4、有功功率反映了电路中能量转换过程中不可逆的那部分功率，无功功率反映了电路中能量转换过程中只交换、不消耗的那部分功率，无功功率不能从字面上理解为无用之功，因为变压器、电动机工作时如果没有电路提供的无功功率将无法工作。

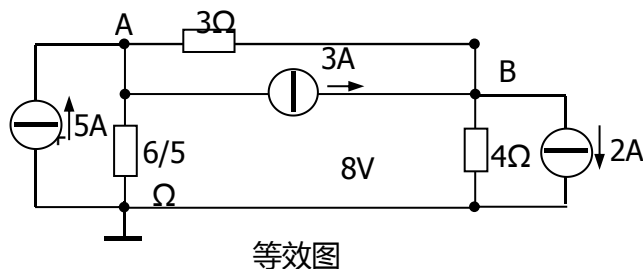
5、从电压和电流的瞬时值关系来说，电阻元件电压电流为欧姆定律的即时对应关系，因此称为即时元件；电感和电容上的电压电流上关系都是微分或积分的动态关系，因此称为动态元件。从瞬时功率表达式来看，电阻元件上的瞬时功率恒为正值或零，所以为耗能元件，而电感和电容元件的瞬时功率在一个周期内的平均值为零，只进行能量的吞吐而不耗能，所以称为储能元件。

6、正弦量的初相和相位差都规定不得超过 $\pm 180^\circ$ 。

- 7、直流情况下，电容的容抗等于无穷大，称隔直作用。容抗与频率成反比，与电容量成反比。
- 8、感抗、容抗在阻碍电流的过程中没有消耗，电阻在阻碍电流的过程中伴随着消耗，这是它们的不同之处，三者都是电压和电流的比值，因此它们的单位相同，都是欧姆。
- 9、额定电压相同、额定功率不等的两个白炽灯是不能串联使用的，因为串联时通过的电流相同，而这两盏灯由于功率不同它们的灯丝电阻是不同的：功率大的白炽灯灯丝电阻小分压少，不能正常工作；功率小的白炽灯灯丝电阻大分压多容易烧损。
- 10、直流电路中，电容元件对直流呈现的容抗为无穷大，阻碍直流电通过，称隔直作用；交流电路中，电容元件对交流呈现的容抗很小，有利于交流电流通过，称通交作用。

五、计算分析题

- 1、(1) $3\sin 314t$ 是工频交流电，周期为 $0.02s$ 、频率是 $50Hz$ 、初相是零；
(2) $8\sin(5t+17^\circ)$ 是周期为 $1.256s$ 、频率为 $0.796Hz$ 、初相为 17° 的正弦交流电。
- 2、 $i = 38.9\sin 314tA$ ，用电流表测量电流值应为 $27.5A$ ， $P = 6050W$ ；当电源频率增大一倍时，电压有效值不变时，由于电阻与频率无关，所以电阻上通过的电流有效值不变。
- 3、 $i \approx 9.91\sin(314t - 90^\circ)A$ ，用电流表测量电流值应为 $7A$ ， $Q = 1538.6Var$ ；当电源频率增大为 $100Hz$ 时，电压有效值不变，由于电感与频率成正比，所以电感上通过的电流有效值及无功功率均减半， $i' \approx 4.95\sin(628t - 90^\circ)A$ 。
- 4、图 b 电流表计数为零，因为电容隔直；图 a 和图 c 中都是正弦交流电，且电容端电压相同，电流与电容量成正比，因此 A_3 电流表读数最大。
- 5、 $0.707A$ 。
- 6、(1) $22.2mA$ ， $i \approx 31.4\sin(314t + 60^\circ)A$ ；
(2) 频率增倍时，容抗减半，电压有效值不变则电流增倍，为 $44.4A$ 。



第四章 参考答案

一、填空题

- 1、相量；相量；最大；相量；有效；初相
- 2、 R ； jX_L ； $-jX_C$ ； $R + jX_L$ ； $R - jX_C$ ； $R + j(X_L - X_C)$
- 3、 G ； $-jB_L$ ； jB_C ； $G + j(B_C - B_L)$
- 4、相量
- 5、相量；复阻抗；复数
- 6、有效；初相；数量；相位
- 7、电压；数量；阻抗；功率；数量
- 8、感；容；阻；同相；谐振
- 9、容；感；阻；同相；谐振
- 10、200
- 11、5；感
- 12、有功，瓦，无功，乏尔，视在，伏安

二、判断题

- 1、× 2、× 3、√ 4、× 5、× 6、√ 7、× 8、√ 9、× 10、×

三、单项选择题

- 1、B 2、B 3、C 4、B 5、C 6、C 7、C；A 8、B

四、简答题

- 1、不能串联使用。因为额定功率不同时两个白炽灯分压不同。

2、提高功率因数可减少线路上的功率损耗，同时可提高电源设备的利用率，有利于国民经济的发展。

提高功率因数的方法有两种：一是自然提高法，就是避免感性设备的空载和尽量减少其空载；二是人工补偿法，就是在感性线路两端并联适当的电容。

3、相量可以用来表示正弦量，相量不是正弦量，因此正弦量的解析式和相量式之间是不能画等号的。

4、电压、电流相位同相时只吸收有功功率，当它们相位正交时只吸收无功功率

5、阻抗三角形和功率三角形都不是相量图，电压三角形是相量图。

6、并联电容器可以提高电路的功率因数，但提倡欠补偿，如果并联电容器的容量过大而出现过补偿时，会使电路的功率因数为负值，即电路由感性变为容性，当并联电容达到某一数值时，还会导致功率因数继续下降（可用相量图分析）。实际中是不能用串联电容器的方法提高电路的功率因数的，因为串联电容器可以分压，设备的额定电压将发生变化而不能正常工作。

五、计算分析题

1、解：

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{1200} \approx 40.3\Omega \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{600}{40.3}} \approx 3.86A$$

$$|z| = \frac{U}{I} = \frac{220}{3.86} \approx 57\Omega \quad L = \frac{\sqrt{|z|^2 - R^2}}{2\pi f} = \frac{\sqrt{57^2 - 40.3^2}}{314} = \frac{40.3}{314} \approx 0.128H$$

2、解：

$$I = \frac{U}{\sqrt{200^2 + (314 \times 7.3)^2}} = \frac{220}{2300} = 0.0956 \approx 0.1A$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{200} \approx 1.1A \text{ 为额定电流的11倍，线圈会因过热而烧损。}$$

3、解：

$$\text{电动机中通过的电流：} I = \frac{180}{\sqrt{190^2 + 260^2}} \approx 0.559A$$

$$\text{电机电阻和电感上的电压为：} U_R = 0.559 \times 190 = 106V, \quad U_L = 0.559 \times 260 = 145V$$

$$\text{串联线圈端电压：} U'_L = \sqrt{220^2 - 106^2} - 145 = 47.8V$$

$$\text{串联线圈电感量：} L' = \frac{U'_L}{I\omega} = \frac{47.8}{0.559 \times 314} \approx 0.272mH$$

$$\text{若用电阻代替，则串联电阻端电压：} U''_R = \sqrt{220^2 - 145^2} - 106 \approx 59.5V$$

$$\text{串联电阻值：} R' = \frac{U''_R}{I} = \frac{59.5}{0.559} \approx 106\Omega$$

比较两种方法，串联电阻的阻值为电动机电阻的二分之一还要多些，因此需多消耗功率： $\Delta P = 0.5592 \times 106 \approx 33W$ ，这部分能量显然对用户来讲是要计入电表的。而串联的线圈本身铜耗电阻很小，一般不需要消耗多少有功功率。所以，对用户来讲，用串联线圈的方法降低电压比较合适。

4、解：根据题意可知，电路中发生了串联谐振。

$$Z_{BC} = \frac{1}{0.1 + j0.1} = \frac{1}{0.1414 \angle 45^\circ} = 7.07 \angle -45^\circ = 5 - j5(\Omega)$$

$$\text{因谐振，所以 } Z_{AB} = Z_{BC}^* = 5 + j5(\Omega)$$

$$5、\text{解：} I = \frac{U_Z}{Z} = \frac{85}{\sqrt{30^2 + 30^2}} \approx 2A,$$

$$\text{设 } \dot{I} = 2 \angle 0^\circ A, \text{ 则 } \dot{U}_Z = 85 \angle 0^\circ + 45^\circ = 85 \angle 45^\circ V, \quad \dot{U}_L = j \dot{I} X_L = j20V,$$

$$\dot{U} = \dot{U}_Z + \dot{U}_L = 85 \angle 45^\circ + j20 = 60 + j(60 + 20) = 60 + j80 = 100 \angle 53.1^\circ V$$

路端电压有效值为 100 伏。

6、解：

$u = 100\sqrt{2}\sin(314t + 90^\circ)\text{V}$ 电路若有 $I = I_C = I_L$ ，由相量图分析可得必有电容支路电流与电感支路电流相位差为 120° ，这样两支路电流的相量和的模才符合 $I = I_C = I_L$ ，又知电容支路的电流超前总电压 90° ，则电感支路的电流必滞后

总电压 30° ，在电阻 R 上的分压即为： $\dot{U}_R = 100\cos 30^\circ \angle -120^\circ = 86.6\angle -120^\circ\text{V}$ ，

$$\dot{I}_L = \frac{P}{U_R} \angle -120^\circ = \frac{866}{86.6} \angle -120^\circ = 10\angle -120^\circ\text{A}$$

$$\text{则：} i = 10\sqrt{2}\sin(314t + 120^\circ)\text{A} \quad i_L = 10\sqrt{2}\sin(314t - 120^\circ)\text{A} \quad i_C = 10\sqrt{2}\sin(314t + 180^\circ)\text{A}$$

7、解：

$$\text{串联时：} \tilde{S} = 7.5 + j5.5 \approx 75.2\angle 36.3^\circ\text{kVA} \quad I = 75.2/220 \approx 0.342\text{A}$$

$$Z = \frac{220}{0.342} \angle 36.3^\circ \approx 643\angle 36.3^\circ \approx 518 + j380\Omega$$

$$\text{则 } R = 518\Omega \quad L = 380/314 \approx 1.21\text{H}$$

$$\text{并联时：} R = 220^2/7500 \approx 6.45\Omega \quad L = 220^2/(5500 \times 314) \approx 28\text{mH}$$

8、解：

设串联电路中的电流为参考相量，则 $\dot{I} = 240/60\angle 0^\circ \approx 4\angle 0^\circ\text{A}$

由相量图分析可知，总电压应呈感性，设有功电压分量为 60V ，则无功电压分量应为 80V ，即 $240 - 80 = 160\text{V}$ ，

$$\text{有 } \Phi_1 = \arcsin 160/171 \approx 69.3^\circ, \quad Z_1 = \frac{171}{4} \angle 69.3^\circ = 42.75\angle 69.3^\circ \approx 15.1 + j40\Omega$$

9、解：

设并联支路端电压为参考相量，则 $\dot{U}_{ab} = 2 \times 1\angle 0^\circ = 2\angle 0^\circ\text{V}$

1Ω 电阻上通过的电流： $\dot{I}_1 = 2\angle 0^\circ/1 \approx 2\angle 0^\circ\text{A}$

总电流为： $\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 2 + j2 \approx 2.828\angle 45^\circ\text{A}$ 即总电流有效值为 2.828A

总电压： $\dot{U}_S = 2 - 5.9 + j5.9 \approx 7.07\angle 123^\circ\text{V}$ 因电感上电压相位为 135° ，所以其实部虚部数值相等，

用凑数法求出总电压的角度为 123° ，则电感上端电压为： $\dot{U}_L = -5.9 + j5.9 \approx 8.34\angle 135^\circ\text{V}$

即总电压、电流之间的相位差角为 78° ，电路呈感性。

10、解：

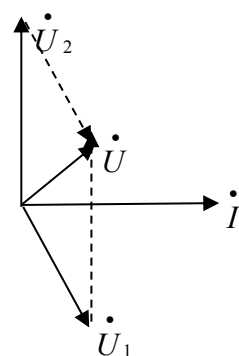
$$\dot{U}_{\#} = 10^{-2} \angle 150^\circ / 10^7 \times 10^{-10} \angle -90^\circ = 10\angle 65^\circ\text{mV}$$

$$R = 0.01^2/0.1 = 10^{-3}\Omega \quad \dot{I}_R = 10^{-2}/0.001\angle 65^\circ = 10\angle 65^\circ\text{mA}$$

$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_C = (4.23 - 8.66) + j(9.06 + 5) \approx 14.7\angle 107^\circ\text{mA}$$

$$\dot{U} = \dot{U}_{\#} + \dot{U}_L = 0.01\angle 65^\circ + 14.7\angle -17^\circ \approx 14.7\angle -17^\circ\text{mV}$$

$$\therefore u \approx 14.7\sqrt{2}\sin(10^7t - 17^\circ)\text{mV}$$



第五章 参考答案

一、填空题

1、谐振；最小；最大；过电压；最大；最小；过电流

- 2、 $1/\sqrt{LC}$; $1/2\pi\sqrt{LC}$
- 3、 $\sqrt{L/C}$; $\omega_0 L/R$
- 4、 ∞ ; 0
- 5、 R/R_S ; $R/\omega_0 L$; $R/R_S/\omega_0 L$; 差 ; 宽
- 6、 $Z_L = Z_S^*$; $U_S |z_S| / [(R_S + |z_S|)^2 + X_S^2]$
- 7、信号的选择 ; 元器件的测量 ; 提高功率的传输效率
- 8、大 ; 选择 ; 通频带

二、判断题

- 1、 \times 2、 \times 3、 \checkmark 4、 \checkmark 5、 \checkmark 6、 \checkmark 7、 \times 8、 \checkmark 9、 \checkmark 10、 \checkmark

三、单项选择题

- 1、B 2、B 3、A 4、B 5、C 6、C

四、简答题

- 1、在含有 LC 的串联电路中，出现了总电压与电流同相的情况，称电路发生了串联谐振。串联谐振时电路中的阻抗最小，电压一定时电路电流最大，且在电感和电容两端出现过电压现象。
- 2、电路发生并谐时，电路中电压电流同相，呈纯电阻性，此时电路阻抗最大，总电流最小，在 L 和 C 支路上出现过电流现象。
- 3、串联谐振时在动态元件两端出现过电压因之称为电压谐振；并联谐振时在动态元件的支路中出现过电流而称为电流谐振。
- 4、电流与谐振电流的比值随着频率的变化而变化的关系曲线称为谐振曲线。由谐振曲线可看出，品质因数 Q 值的大小对谐振曲线影响较大， Q 值越大时，谐振曲线的顶部越尖锐，电路选择性越好； Q 值越小，谐振曲线的顶部越圆钝，选择性越差。
- 5、串联谐振电路的品质因数 $Q = \frac{\omega_0 L}{R}$ ，并联谐振电路的 $Q' = \frac{R}{\omega_0 L}$
- 6、谐振电路规定：当电流衰减到最大值的 0.707 倍时， $I/I_0 \geq 0.707$ 所对应的频率范围称为通频带，通频带与电路的品质因数成反比，实际应用中，应根据具体情况选择适当的品质因数 Q ，以兼顾电路的选择性和通频带之间存在的矛盾。
- 7、 LC 并联谐振电路接在理想电压源上就不再具有选频性。因为理想电压源不随负载的变化而变化。

五、计算分析题

1、解：

$$I = U/R = 0.005/10 = 0.5\text{mA}, \quad Q = \frac{\sqrt{L/C}}{R} = \frac{\sqrt{0.00013/558 \times 10^{-12}}}{10} = 48.3$$

$$U_L = U_C = QU = 48.3 \times 5 \approx 241.5\text{V}$$

2、解：

$$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{700}{10} = 70, \quad R = \frac{1}{\omega_0 C Q} = \frac{1}{6.28 \times 700 \times 10^{-6} \times 2 \times 70} \approx 1.625\Omega$$

3、解：串联谐振在感抗等于容抗之处发生，据题中数据可得：

$$C = 1/\omega_0^2 L = 1/2500^2 \times 0.002 = 80\mu\text{F} \quad Q = \frac{\sqrt{L/C}}{R} = \frac{\sqrt{0.002/80 \times 10^{-6}}}{1} = 5 \quad I_0 = \frac{U}{R} = \frac{10}{1} = 10\text{A}$$

$$U_C = QU = 5 \times 10 = 50\text{V} \quad U_{RL} = \sqrt{10^2 + 50^2} \approx 51\text{V}$$

$$4、解：L/R = Q/\omega_0 = 100/5 \times 10^6 = 2 \times 10^{-5}$$

谐振阻抗： $r = L/(R \cdot C)$ ，

$$\text{所以：} C = L/R/r = 2 \times 10^{-5} / 2000 = 0.01\mu\text{F} \quad L = 1/\omega_0^2 C = 1/(5 \times 10^6)^2 \times 0.01 \times 10^{-6} = 4\mu\text{H} \quad R = L/Cr = 0.2\Omega$$

$$5、解：I_C = \sqrt{15^2 - 9^2} = 12\text{A}$$

6、解： $R = 100/2 = 50\Omega$ $C = 2/314 \times 200 = 31.8\mu\text{F}$ $L = 1/\omega_0^2 C = 1/314^2 \times 31.8 \times 10^{-6} = 0.319\text{H}$

当频率下调为 $f_0/2$ 时，电路呈容性。

第六章 参考答案

一、填空题

- 1、自感；互感
- 2、关联；非关联时
- 3、方向；同名
- 4、 $L = L_1 + L_2 + 2M$ $L = L_1 + L_2 - 2M$
- 5、 $(L_1 L_2 - M^2)/(L_1 + L_2 - 2M)$ ； $(L_1 L_2 - M^2)/(L_1 + L_2 + 2M)$
- 6、损耗；1；自感；互感；电压；电流；阻抗
- 7、 U_1/U_2 ； $\sqrt{L_1/L_2}$
- 8、损耗；1；全耦合；电感；互感
- 9、初级；次级； $\omega^2 M^2 / Z_{22}$
- 10、 $n^2 Z_L$

二、判断题

- 1、√ 2、× 3、√ 4、× 5、× 6、√ 7、√ 8、× 9、× 10、×

三、单项选择题

- 1、B 2、C 3、B 4、A 5、C 6、A 7、C 8、B

四、简答题

- 1、由同一电流产生的感应电压的极性始终保持一致的端子称为同名端，电流同时由同名端流入或流出时，它们所产生的磁场彼此增强。实际应用中，为了小电流获得强磁场，通常把两个互感线圈顺向串联或同侧并联，如果接反了，电感量大大减小，通过线圈的电流会大大增加，将造成线圈的过热而导致烧损，所以在应用时必须注意线圈的同名端。
- 2、两个具有互感的线圈之间磁耦合的松紧程度用耦合系数表示，如果一个线圈产生的磁通全部穿过另一个线圈，即漏磁通很小可忽略不计时，耦合系数 $K = 1$ ，称为全耦合。
- 3、理想变压器和全耦合变压器都是无损耗，耦合系数 $K = 1$ ，只是理想变压器的自感和互感均为无穷大，而全耦合变压器的自感和互感均为有限值。
- 4、空芯变压器的反射阻抗 $Z_{1r} = \omega^2 M^2 / Z_{22}$ 反映了次级回路通过互感对初级回路产生的影响，反射阻抗与初级回路的自阻抗串联，空芯变压器的反射阻抗电抗特性与次级回路阻抗的电抗特性相反；理想变压器反射阻抗 $Z_{1r} = n^2 Z_L$ 是负载电阻折合到初级线圈两端的等效阻抗，直接跨接于初级线圈两端，与初级回路相并联，且反射阻抗的性质与负载阻抗的性质相同。
- 5、两个互感线圈的同名端两两连在一起与电源相接的方式称为同侧相并，两个异名端两两连在一起与电源相接的方式为异侧相并，同侧相并时获得的等效电感量大。
- 6、两互感线圈顺串时 $L_{\text{顺}} = L_1 + L_2 + 2M$ ，反串时 $L_{\text{反}} = L_1 + L_2 - 2M$ ，由两式可看出，顺接时等效电感量大，因而感抗大，电压一定时电流小，如果误把顺串的两互感线圈反串，由于等效电感量大大减小，致使通过线圈的电流大大增加，线圈将由于过热而有烧损的危险。故联接时必须注意同名端
- 7、解：图（a）中两线圈的磁场相互增强，因此必为顺串，所以它们相连的一对端子为异名端，如红色圆点所示；图（b）初级线圈的电流在开关闭合一瞬间变化率大于零，所以自感电动势的极性下负上正，阻碍电流的增强，次级电压表反偏，说明互感电压的极性与电压表的极性相反，即上负下正，可判断出同名端如图中红色实心点所示。

五、计算分析题

- 1、解：两线圈为异侧相并，

所以等效阻抗 $X_L = \omega \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$

- 2、解： $L_{\text{顺}} = 6 + 4 + 2 \times 3 = 16\text{H}$ $L_{\text{反}} = 6 + 4 - 2 \times 3 = 4\text{H}$

$$L_{\text{同}} = \frac{4 \times 6 - 3^2}{6 + 4 - 6} = \frac{15}{4} = 3.75\text{H} \quad L_{\text{异}} = \frac{4 \times 6 - 3^2}{6 + 4 + 6} = \frac{15}{16} = 0.9375\text{H}$$

3、解：

(1) 若 L_2 短路，设在 L_1 两端加电压 \dot{U}_1 ，则

$$\dot{U}_1 = j\omega L_1 \dot{I}_1 - j\omega M \dot{I}_2 \quad (1)$$

$$j\omega L_2 \dot{I}_2 - j\omega M \dot{I}_1 = 0 \quad (2)$$

由 (2) 式得 $\dot{I}_2 = \frac{M}{L_2} \dot{I}_1$ 代入式 (1) $\dot{U}_1 = j\omega L_1 \dot{I}_1 - j\omega \frac{M^2}{L_2} \dot{I}_1 = j\omega(L_1 - \frac{M^2}{L_2}) \dot{I}_1$

所以： $\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = j\omega(L_1 - \frac{M^2}{L_2})$ 得 L_1 端等效电感 $L_1' = L_1 - \frac{M^2}{L_2} = 6 - \frac{9}{4} = 3.75\text{H}$

(2) 同理可得 L_1 短路时 L_2 端的等效电感 $L_2' = L_2 - \frac{M^2}{L_1} = 4 - \frac{9}{6} = 2.5\text{H}$

也可根据反射阻抗的公式直接计算等效电感量： $Z_{1r} = \frac{\omega^2 M^2}{Z_{22}} = j\omega L_2$

可得 $Z_{1r} = \frac{\omega^2 M^2}{j\omega L_2} = -j\omega M^2 / L_2$ ，所以 $L_1' = L_1 - \frac{M^2}{L_2} = 6 - \frac{9}{4} = 3.75\text{H}$

4、解：应用回路电流法求解。在图上标出各回路参考绕行方向，对两回路列 KVL 方程

$$(1 + j3)\dot{I}_1 - j2\dot{I}_2 = 100\angle 0^\circ \quad (1)$$

$$-j2\dot{I}_1 + (1 + j2)\dot{I}_2 = 0 \quad (2)$$

由 (2) 得 $\dot{I}_1 = \frac{1 + j2}{j2} \dot{I}_2$ 代入 (1) $(1 + j3)\frac{1 + j2}{j2} \dot{I}_2 - j2\dot{I}_2 = 100\angle 0^\circ$

解得： $\dot{I}_2 \approx 39.2\angle -11.3^\circ \text{A}$

5、解：

理想变压器的反射阻抗 $Z_{1n} = \frac{1}{n^2} \Omega$ (因图中 $n:1$ 标为 $1:n$ ，所以 n^2 变为 $1/n^2$)

由负载上获得最大功率的条件可得 $10^4 = \frac{1}{n^2}$ ， $n = \sqrt{\frac{1}{10^4}} = 0.01$

因理想变压器的反射阻抗与初级回路阻抗相并联，所以负载上获得的最大功率只有电源发出的最大功率的一半，

即： $P_{\min} = \frac{1}{2} \times \frac{100^2}{4 \times 10^4} = 0.125\text{W}$

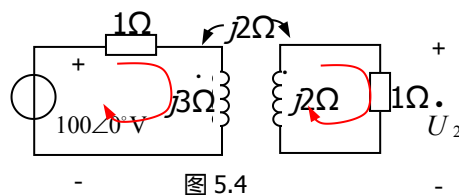


图 5.4

第七章 参考答案

一、填空题

1、火；零；三相四线

2、线；相；1.732；1

3、线；相；1；1.732

4、不对称；对称

5、 $3U_p I \cos \Phi$ ； $3U_p I_p \sin \Phi$ ； $3U_p I_p$

6、中线电流 I_N ；电流电压；一相

7、三角；过热

8、最大值；角频率；120；对称

9、常量；有功

10、二瓦计；二瓦计

二、判断题

1、× 2、× 3、× 4、√ 5、× 6、× 7、× 8、× 9、√ 10、√

三、单项选择题

1、C 2、B 3、B 4、C 5、B 6、C 7、A 8、C 9、B 10、C

四、简答题

1、三相电源作三角形联接时，如果有一相绕组接反，就会在发电机绕组内环中发生较大的环流，致使电源烧损。相量图略。

2、中线的作用是使不对称 Y 接三相负载的相电压保持对称。

3、三相电动机是对称三相负载，中线不起作用，因此采用三相三线制供电即可。而三相照明电路是由单相设备接成三相四线制中，工作时通常不对称，因此必须有中线才能保证各相负载的端电压对称。

4、此规定说明不允许中线随意断开，以保证在 Y 接不对称三相电路工作时各相负载的端电压对称。如果安装了保险丝，若一相发生短路时，中线上的保险丝就有可能烧断而造成中线断开，开关若不慎在三相负载工作时拉断同样造成三相不平衡。

5、第一问略，有功功率编者上式中的 $\cos\Phi$ 称为功率因数，表示有功功率占电源提供的总功率的比重。

6、任调电动机的两根电源线，通往电动机中的电流相序将发生变化，电动机将由正转变为反转，因为正转和反转的旋转磁场方向相反，而异步电动机的旋转方向总是顺着旋转磁场的方向转动的。

五、计算分析题

1、解：各相电流均为 $220/10 = 22\text{A}$ ，由于三相不对称，

所以中线电流 $\dot{I}_N = 22 + 22\angle -30^\circ + 22\angle 30^\circ = 22 + 19.05 - j11 + 19.05 + j11 = 60.1\angle 0^\circ\text{A}$

三相有功功率实际上只在 U 相负载上产生，因此 $P = 22^2 \times 10 = 4840\text{W}$ 相量图略。

2、解：

$$u_{BC} = 380\sqrt{2} \sin(314t - 90^\circ)\text{V} \quad u_{CA} = 380\sqrt{2} \sin(314t + 150^\circ)\text{V}$$

$$u_A = 220\sqrt{2} \sin(314t)\text{V} \quad u_B = 220\sqrt{2} \sin(314t - 120^\circ)\text{V}$$

$$u_A = 220\sqrt{2} \sin(314t + 120^\circ)\text{V}$$

3、解：

$$|z_p| = 8 + j6 = 10\angle 36.9^\circ\Omega \quad \dot{U}_A = 220\angle 30^\circ\text{V} \quad \dot{I}_A = \frac{220\angle 30^\circ}{10\angle 36.9^\circ} = 22\angle -6.9^\circ\text{V}$$

根据对称关系可得：

$$i_A = 22\sqrt{2} \sin(314t - 6.9^\circ)\text{A}$$

$$i_B = 22\sqrt{2} \sin(314t - 126.9^\circ)\text{A}$$

$$i_A = 22\sqrt{2} \sin(314t + 113.1^\circ)\text{A}$$

4、解：

$$(1) \Delta p = 3I^2 R_l = 3 \times \left(\frac{24 \times 10^7}{\sqrt{3} \times 22 \times 10^4 \times 0.9} \right)^2 \times 10 = 3 \times 700^2 \times 10 = 147 \times 10^2 \text{kW}$$

一年按 365 天计，电能损耗为： $\Delta W = \Delta p t = 147 \times 10^2 \times 365 \times 24 \approx 1.288 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$

输电线上的电压降： $\Delta U = I R_l = 700 \times 10 = 7000\text{V}$

$$(2) \Delta p = 3I^2 R_l = 3 \times \left(\frac{24 \times 10^7}{\sqrt{3} \times 22 \times 10^4 \times 0.6} \right)^2 \times 10 \approx 3 \times 1050^2 \times 10 \approx 330.6 \times 10^2 \text{kW}$$

电能损耗为： $\Delta W = \Delta p t = 330.6 \times 10^2 \times 365 \times 24 \approx 2.90 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$

输电线上的电压降： $\Delta U = I' R_l = 1050 \times 10 = 10500\text{V}$

5、解：

$$\cos \varphi = \frac{3300}{\sqrt{3} \times 380 \times 6.1} = 0.822$$

$$\text{各相电阻: } R = \frac{3300}{3 \times 6.1^2} \approx 29.6 \Omega$$

$$\text{各相感抗: } X_L = \sqrt{\left(\frac{380}{\sqrt{3} \times 6.1}\right)^2 - 29.6^2} \approx \sqrt{36.1^2 - 29.6^2} \approx 20.6 \Omega$$

$$\text{各相等效电感量为: } L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{20.6}{314} \approx 65.6 \text{mH}$$

6、解:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{2200}{0.88} = 2500 \text{W}, \text{ 电流: } I = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_l \cos \varphi} = \frac{2500}{1.732 \times 380 \times 0.86} \approx 4.42 \text{A}$$

$$7、(\text{Y 接}) I_1 = 22 \text{A}, P = \sqrt{3} 380 \times 22 \times 0.6 \approx 8688 \text{W}$$

$$(\Delta \text{接}) I_1 = 66 \text{A}, P = \sqrt{3} 380 \times 66 \times 0.6 \approx 26064 \text{W}$$

8、解:

$$\text{电动机满载时 } P_1 = 11.1 \text{W}, \cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} UI} = \frac{11111}{1.732 \times 380 \times 20} \approx 0.844$$

$$\text{电动机轻载时 } P_1 = 3333 \text{W}, \cos \varphi' = \frac{P}{\sqrt{3} UI} = \frac{3333}{1.732 \times 380 \times 10.5} \approx 0.482$$

比较两种结果可知, 电动机轻载时功率因数下降, 因此应尽量让电动机工作在满载或接近满载情况下。

第八章 参考答案

一、填空题

- 1、暂; 稳; 稳
- 2、电感; 电容
- 3、零; 原始能量; 零输入
- 4、动态; 一阶微分; 零状态; 零输入; 全
- 5、 RC ; L/R ; 结构; 电路参数
- 6、初始; 稳态; 时间常数
- 7、 $>$; $<$; $=$; 等幅
- 8、换路
- 9、 $i_L(0+) = i_L(0-)$; $u_C(0+) = u_C(0-)$
- 10、长; 短

二、判断题

- 1、 \times 2、 \checkmark 3、 \checkmark 4、 \checkmark 5、 \times 6、 \times 7、 \checkmark 8、 \checkmark 9、 \times 10、 \checkmark

三、单项选择题

- 1、B 2、A 3、C 4、C 5、B 6、A 7、A

四、简答题

- 1、电路由一种稳态过渡到另一种稳态所经历的过程称过渡过程, 也叫“暂态”。含有动态元件的电路在发生“换路”时一般存在过渡过程。
- 2、在含有动态元件 L 和 C 的电路中, 电路的接通、断开、接线的改变或是电路参数、电源的突然变化等, 统称为“换路”。根据换路定律, 在换路瞬间, 电容器上的电压初始值应保持换路前一瞬间的数值不变。
- 3、在 RC 充电及放电电路中, 电容器上的电压初始值应根据换路定律求解。
- 4、这句话不确切。未充电的电容器接在直流电源上时, 必定发生充电的过渡过程, 充电完毕后, 电路中不再有电流, 相当于开路。
- 5、 RC 充电电路中, 电容器两端的电压按照指数规律上升, 充电电流按照指数规律下降, RC 放电电路, 电容电压和放电流

流均按指数规律下降。

6、 RC 一阶电路的时间常数 $\tau = RC$ ， RL 一阶电路的时间常数 $\tau = L/R$ ，其中的 R 是指动态元件 C 或 L 两端的等效电阻。

7、 RL 一阶电路的零输入响应中，电感两端的电压和电感中通过的电流均按指数规律下降； RL 一阶电路的零状态响应中，电感两端的电压按指数规律下降，电压源通过的电流按指数规律上升。

8、通过电流的 RL 电路被短接，即发生换路时，电流应保持换路前一瞬间的数值不变。

9、二阶电路中，过渡过程的性质取决于电路元件的参数：当 $R > 2\sqrt{L/C}$ 时，电路“过阻尼”；当 $R < 2\sqrt{L/C}$ 时，电路“欠阻尼”；当 $R = 2\sqrt{L/C}$ 时，电路“临界阻尼”；当 $R = 0$ 时，电路发生“等幅振荡”。

10、 RL 电路的时间常数 $\tau = L/R$ 。当 R 一定时， L 越大，动态元件对变化的电量所产生的自感作用越大，过渡过程进行的时间越长；当 L 一定时， R 越大，对一定电流的阻碍作用越大，过渡过程进行的时间就越长。

五、计算分析题

1、解：开关闭合前， $i_L(0-) = 0$ ，开关闭合电路发生换路时，根据换路定律可知，电感中通过的电流应保持换路前一瞬间的数值不变，即 $i_L(0+) = i_L(0-) = 0$

2、解：

开关 S 在位置“1”时， $\tau_1 = 0.2/2 = 0.1\text{ms}$

开关在位置“2”时， $\tau_2 = 0.2/(3+2) = 0.04\text{ms}$

3、解： $u_C(0-) = 4\text{V}$ ， $u_C(0+) = u_C(0-) = 4\text{V}$ ， $i_1(0+) = i_C(0+) = (6-4)/2 = 1\text{A}$ ， $i_2(0+) = 0$ 。

4、解：换路后的稳态值： $u_C(\infty) = 6\text{V}$ ，时间常数 $\tau = RC = 2 \times 0.5 = 1\mu\text{s}$ ，

所以电路全响应： $u_C(t) = u_C(\infty) + [u_C(0+) - u_C(\infty)]e^{-t/\tau} = 6 - 2e^{-1000000t}\text{V}$

第九章 参考答案

一、填空题

1、最大值；频率；非正弦

2、基；基本；奇；偶

3、谐波；谐波；傅里叶级数

4、波形；振幅；频率

5、正弦；奇

6、镜像；奇；直流；偶；原点

7、偶；直流；偶；纵轴

8、频谱；离散

9、正弦；谐波；平方和

10、同频率；频率；各次谐波单独作用时

二、判断题

1、 \times 2、 \checkmark 3、 \times 4、 \checkmark 5、 \times 6、 \times 7、 \times 8、 \checkmark 9、 \checkmark 10、 \times

三、单项选择题

1、B 2、C 3、B 4、A 5、B 6、B 7、B 8、A

四、简答题

1、周而复始地重复前面循环的非正弦量均可称为周期性非正弦波，如等腰三角波、矩形方波及半波整流等。

2、周期性的非正弦线性电路的分析步骤为：

① 根据已知傅里叶级数展开式分项，求解各次谐波单独作用时电路的响应；

② 求解直流谐波分量的响应时，遇电容元件按开路处理，遇电感元件按短路处理；

③ 求正弦分量的响应时按相量法进行求解，注意对不同频率的谐波分量，电容元件和电感元件上所呈现的容抗和感抗各不相同，应分别加以计算；

④ 用相量分析法计算出来的各次谐波分量的结果一般是用复数表示的，不能直接进行叠加，必须要把它们化为瞬时值表达式后才能进行叠加。

周期性非正弦线性电路分析思想遵循线性电路的叠加定理。

- 3、非正弦周期信号的谐波分量表达式是用傅里叶级数展开式表示的，式中的每一项代表非正弦量的一次谐波。
- 4、频率与非正弦波相同的谐波称为基波，它是非正弦量的基本成分；二次以上的谐波均称为高次谐波；谐波频率是非正弦波频率的奇数倍时称为奇次谐波；谐波频率是非正弦波频率的偶数倍时称为偶次谐波。
- 5、具有奇次对称性的非正弦周期波中，只具有奇次谐波成分，不存在直流成分及偶次谐波成分。
- 6、说法不对！电源虽然是正弦的，但是如果电路中存在非线性元件，在非线性元件上就会出现非正弦响应。
- 7、非正弦波所包含的高次谐波的幅度是否显著，取决于波形的平滑性，因此波形的平滑性对非正弦波谐波影响很大。如稳恒直流电和正弦波，平滑性最好，不含有高次谐波；而方波和尖脉冲波，由于平滑性极差而含有丰富的高次谐波。
- 8、这种说法对正弦量是对的，对非正弦量就不对。例如一个方波的峰值和等腰三角波的峰值相比，如果等腰三角波的峰值大于方波，但等腰三角波的有效值不一定比方波大。

五、计算分析题

1、解：直流分量单独作用时： $I = 25/20 = 1.25\text{A}$

$$\text{基波单独作用时： } I_1 = \frac{100}{\sqrt{20^2 + 20^2}} \approx 3.536\text{A}$$

$$\text{二次谐波单独作用时： } 2\omega L = 40\Omega \quad I_2 = \frac{25}{\sqrt{20^2 + 40^2}} \approx 0.559\text{A}$$

$$\text{三次谐波单独作用时： } 3\omega L = 60\Omega \quad I_3 = \frac{10}{\sqrt{20^2 + 60^2}} \approx 0.158\text{A}$$

$$\text{所以电流的有效值： } I = \sqrt{1.25^2 + 3.536^2 + 0.559^2 + 0.158^2} \approx 3.795\text{A}$$

$$\text{直流分量功率： } P_0 = 25 \times 1.25 = 31.25\text{W}$$

$$\text{一次谐波功率： } P_1 = 3.536^2 \times 10 \approx 250\text{W}$$

$$\text{二次谐波功率： } P_2 = 0.559^2 \times 20 \approx 6.25\text{W}$$

$$\text{三次谐波功率： } P_3 = 0.158^2 \times 20 \approx 0.5\text{W}$$

$$\text{电路消耗的平均功率： } P \approx 31.25 + 250 + 6.25 + 0.5 = 288\text{W}$$

2、解：

$$\text{直流分量单独作用时： } I = 200/20 = 10\text{A}$$

$$\text{三次谐波单独作用时： } 3\omega L = 10\Omega \quad 1/3\omega C = 20\Omega$$

$$Z_3 = 20 + \frac{j10(-j20)}{-j10} = 20 + j20 = 28.28\angle 45^\circ \Omega$$

$$I_3 = \frac{100}{28.28\angle 45^\circ} \approx 3.536\angle -45^\circ \text{A}$$

$$i(t) = 10 + 5\sin(3\omega t - 45^\circ)\text{A} \quad u_L(t) = 100\sin(3\omega t + 45^\circ)\text{V}$$

3、解：基波单独作用时： $I_0 = 0 \quad U_0 = 0 \quad W_0 = 0$

$$\text{一次谐波单独作用时： } Z_1 = 6 + j(2 - 18) \approx 17.1\angle -69.4^\circ \Omega$$

$$I_1 = \frac{80/\sqrt{2}\angle 30^\circ}{17.1\angle -69.4^\circ} \approx 3.31\angle 99.4^\circ \text{A}$$

$$\text{RL 串联部分电压有效值： } U_{RL} = 3.31 \times 6.32 \approx 20.9\text{V}$$

$$\text{三次谐波单独作用时： } Z_3 = 6 + j(6 - 6) = 6\angle 0^\circ \Omega \text{ 发生串联谐振 } I_3 = \frac{18/\sqrt{2}\angle 0^\circ}{6\angle 0^\circ} \approx 2.12\angle 0^\circ \text{A}$$

$$\text{RL 串联部分电压有效值： } U_{RL3} = 2.12 \times 8.48 \approx 18\text{V}$$

$$\text{电流表读数： } I = \sqrt{3.31^2 + 2.12^2} \approx 3.93\text{A}$$

$$\text{电压表读数： } U = \sqrt{20.9^2 + 18^2} \approx 27.6\text{V}$$

$$\text{功率表读数： } P = P_1 + P_3 = 3.31 \times 56.56 \times \cos 69.4^\circ + 2.12^2 \times 6 \approx 65.9 + 27 = 92.9\text{W}$$

4、解：据题意可知，基波单独作用时，电路发生串联谐振，当二次谐波单独作用时，并联组合发生并联谐振，由并联谐振

$$\text{可得 } C_1 = \frac{1}{(2 \times 6.28 \times 50000)^2 \times 0.01} \approx 254 \text{ pF}$$

$$\text{基波时： } Z_{LC1} = \frac{j(3.14)(-j12.5)}{-j9.36} \approx j4.19 \text{ k}\Omega \text{ 与 } C_2 \text{ 发生串谐，}$$

$$\text{则 } C_2 = \frac{1}{4.19 \times 10^3 \times 314000} \approx 760 \text{ pF}$$

第十章 参考答案

一、填空题

1、 U_1 ； I_1 ； U_2 ； I_2

2、6；Z；Y；A；h

3、3；2

4、 π ；T

5、传输；幅频；相频

6、 $Z = Z_A + Z_B$ ； $Y = Y_A + Y_B$ ； $A = A_A + A_B$

7、传输；衰减；相移

8、带阻

9、电容；电感

10、衰减；0； $j\beta$

二、判断题

1、 $\sqrt{}$ 2、 \times 3、 \times 4、 \times 5、 $\sqrt{}$ 6、 \times 7、 \times 8、 \times 9、 $\sqrt{}$ 10、 $\sqrt{}$

三、单项选择题

1、C 2、C 3、B 4、C 5、B 6、B 7、B 8、B

四、简答题

1、低通滤波器的结构特点是串联臂是电感，并联臂是电容；高通滤波器则相反，其结构特点是串联臂是电容，并联臂是电感。

2、对线性无源二端网络进行分析时，通常采用的参数有Z参数、Y参数、A参数和h参数。除此之外，还可以采用网络的开路阻抗和短路阻抗描述，这种通过简单测量得到的参数称为实验参数，共有输出端口开路时的输入阻抗、输出端口短路时的输入阻抗、输入端口开路时的输出阻抗和输入端口短路时的输出阻抗4个。

3、最简单的电路形式有T形网络和 π 形网络，图略。

4、参看课本第10章的第6节。

5、当二端口网络输出端接负载阻抗 $Z_L = Z_{C2}$ 时，网络的输入阻抗恰好为 Z_{C1} ；输入端接阻抗 $Z_S = Z_{C1}$ 时，网络的输出阻抗恰好为 Z_{C2} ，则 Z_{C1} 、 Z_{C2} 分别为输入特性阻抗和输出特性阻抗，这时网络工作在匹配状态。

$$\text{二端口网络在匹配工作状态下衰减常数 } \alpha = \ln \frac{U_1}{U_2} = \ln \frac{I_1}{I_2} \quad \text{相移常数 } \beta = \varphi_u = \varphi_i$$

五、计算分析题

1、解：由图可知，图中二端口网络是对称二端口网络，因此实验参数只有两个是独立的，

$$\text{即 } (R_{\text{out}})_{\infty} = (R_{\text{in}})_{\infty} = 200 + 800 = 1000 \Omega$$

$$(R_{\text{out}})_0 = (R_{\text{in}})_0 = \frac{\dot{I}_1 (200 + \frac{800 \times 200}{800 + 200})}{\dot{I}_1} = 360 \Omega$$

将上述结果代入输入阻抗、输出阻抗的计算公式中，可得

$$R_{\text{in}} = (R_{\text{in}})_{\infty} \times \frac{R_L + (R_{\text{out}})_0}{R_L + (R_{\text{out}})_{\infty}} = 1000 \times \frac{600 + 360}{600 + 1000} = 600 \Omega$$

$$R_{\text{out}} = (R_{\text{out}})_{\infty} \times \frac{R_S + (R_{\text{in}})_0}{R_S + (R_{\text{in}})_{\infty}} = 1000 \times \frac{400 + 360}{400 + 1000} \approx 543\Omega$$

第十一章 参考答案

一、填空题

- 1、分布；分布； $\lambda < 100l$
- 2、均匀；距离
- 3、行；波长
- 4、正向；入射；反向；反射
- 5、 $R/L = G/C$ ； $\sqrt{L/C}$ ；纯电阻
- 6、零；线性
- 7、频率；负载
- 8、 $R/L = G/C$ ； \sqrt{GR} ； $\omega\sqrt{LC}$
- 9、驻；波腹；波节
- 10、反射；指数； Z_C

二、判断题

- 1、×
- 2、×
- 3、√
- 4、√
- 5、×
- 6、√
- 7、×
- 8、√

三、单项选择题

- 1、C
- 2、B
- 3、A
- 4、C
- 5、B
- 6、C

四、简答题

- 1、随时间增长不断向信号传播方向移动的波称为行波。行波由始端向终端传播时为入射波，由终端向始端传播的行波叫反射波。
- 2、波形不沿 X 方向移动，而是上下摆动的波称为驻波。驻波上某些地方入射波与反射波相位接近同相处有效值较大，其极大值处称为波腹；入射波与反射波反相处的有效值较小，极小值处称为波节。
- 3、当终端所接负载满足与传输线特性阻抗相等的条件时，称为负载与传输线阻抗匹配。阻抗匹配时感抗与容抗相等，终端反射系数 $N = 0$ ，即匹配时只有入射波而无反射波。
- 4、传输线的最小衰减和不抢走条件是： $R/L = G/C$ ，当终端负载感抗与容抗相待时，传输线与负载达到阻抗匹配，此时只有入射波而无反射波。

五、计算分析题

- 1、解：此电缆的特性阻抗为：

$$Z_C = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \sqrt{\frac{7 + j(0.3 \times 10^6 \times 2\pi \times 800)}{0.5 \times 10^{-6} + j(2\pi \times 800 \times 0.2 \times 10^{-6})}} \approx \sqrt{\frac{1.51 \times 10^9 / 90^\circ}{0.001 / 90^\circ}} / 90^\circ \approx 1.23 \text{M}\Omega/\text{km}$$

此时特性阻抗是一个纯电阻其数值与信号频率无关。

传播常数为：

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \sqrt{(7 + j2\pi \times 800 \times 0.3 \times 10^6)(0.5 \times 10^{-6} + j2\pi \times 800 \times 0.2 \times 10^{-6})}$$

$$= \sqrt{(1.51 \times 10^9 / 90^\circ) \times (0.001 / 90^\circ)} \approx -1230$$

$$\text{波长 } \lambda \text{ 为： } \lambda = \frac{1}{f\sqrt{LC}} = \frac{1}{800 \times \sqrt{300000 \times 0.0000002}} \approx 0.0051 \text{m}$$

$$2、\text{解：据题意及输入阻抗公式可得 } Z_{\text{in}} = Z_C \frac{Z_2 + j \tan(\beta l)}{Z_C + j \tan(\beta l)} = 0$$

可得： $Z_2 + j \tan(\beta l) = 0$ 式中 $\beta = \omega / v_\phi$ 其中 v_ϕ 为真空中的光速，

$$\text{故终端阻抗： } Z_2 = -jZ_C \tan(\beta l) = -j100 \tan\left(\frac{2\pi \times 10^6}{3 \times 10^8} \times 60\right) = -j308\Omega$$

即终端应接阻抗值为 308Ω 的电容负载。

第十二章 参考答案

一、填空题

1、时域；频域； $\alpha + j\omega$ ；复频率；正；正；负；零

2、积分；积分

3、拉氏；拉氏反

4、原；象；一一对应；惟一

5、线性；微分；积分；象

二、判断题

1、 \checkmark 2、 \times 3、 \times 4、 \checkmark 5、 \times

三、简答题

1、线性性质、微分性质和积分性质等。

2、时域函数 $f(t)$ 称为原函数，频域函数 $F(s)$ 称为象函数，已知原函数求解象函数的过程称为拉氏变换，已知象函数求解原函数的过程称为拉氏反变换，可记作 $F(s) = L[f(t)]$ 或 $f(t) = L^{-1}[F(s)]$ 。

3、单个正弦半波是线性时变函数，不在拉氏变换的范畴，因此无法求出其拉氏变换。

4、零状态线性电路的复频域分析中，不需要应用叠加定理。若电路为非零状态时，可应用叠加定理：即先求出零状态响应，再求出零输入响应，将二者叠加后可得到全响应。

四、计算分析题

1、解：先把已知函数分为两个部分： $F(s) = \frac{3s-8}{s^2+4} = \frac{3(s)}{s^2+4} - \frac{4(2)}{s^2+4}$ 使它们分别具有表 16.1 中的形式，

由表可得： $f(t) = L^{-1}[F(s)] = L^{-1}\left[\frac{3(s)}{s^2+4} - \frac{4(2)}{s^2+4}\right] = 3\cos 2t - 4\sin 2t = 5\cos(2t + 53.13^\circ)$

2、解：画出运算电路如图示。

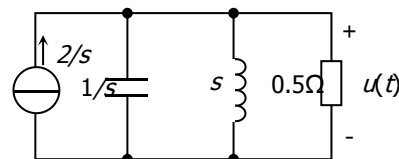
对电路用弥尔曼定理求解 $U(s) = \frac{\frac{1}{s+3}}{s + \frac{1}{s} + 2} = \frac{\frac{1}{s+3}}{s^2 + 2s + 1} = \frac{\frac{1}{s+3}}{(s+1)(s+1)}$

令 $F_2(s) = 0$ ，可得 $p_1 = -1$ 为二重根，所以

$$k_{11} = (s+1)^2 F(s) \Big|_{s=-1} = \frac{1}{s+3} \Big|_{s=-1} = 0.5$$

$$k_{12} = \frac{d}{ds} [(s+1)^2 F(s)] \Big|_{s=-1} = \frac{-1}{(s+3)^2} \Big|_{s=-1} = -0.25$$

所以 $u(t) = 0.5e^{-t} - 0.25te^{-t} \text{ V}$



习题 4.2 运算电路图