



哈爾濱工業大學

学习指导

指导教师 齐超





目 次

1 主要内容关系图及基础知识

2 直流电路

3 电路定理

4 正弦稳态电路

5 三相电路

6 非正弦周期电路

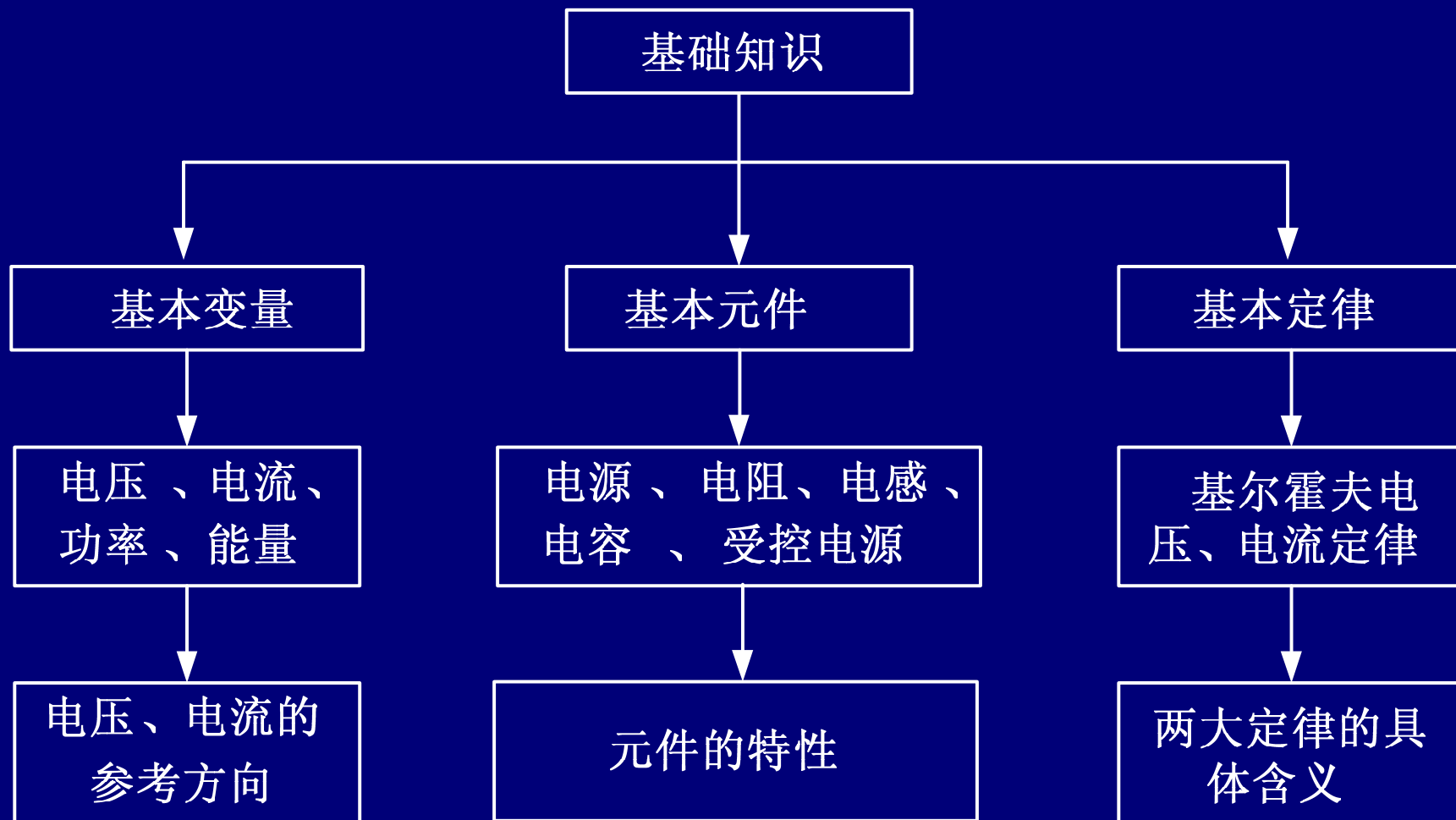
7 线性动态电路

8 模拟试题分析

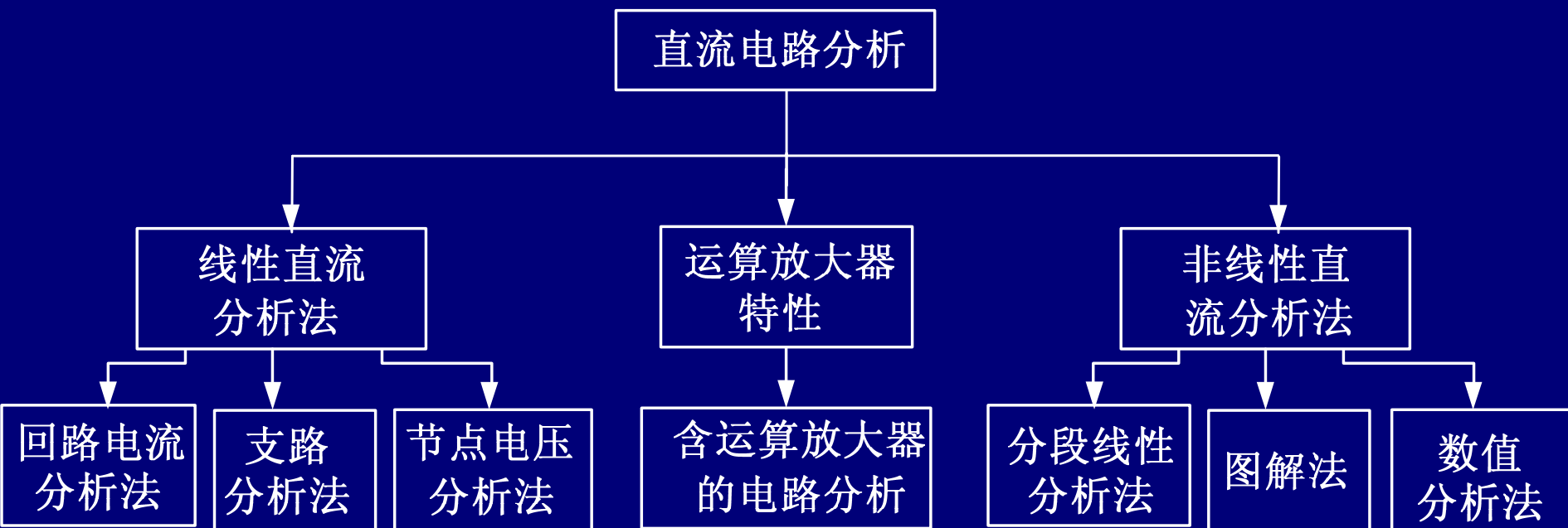
1 电路各主要内容关系图



基础知识



2 直流电路



直流电路知识点

1. 电路的基本概念、基本元件和电路定律

(1) 电流、电压及其参考方向

(2) 基本电路元件

(3) 电路元件的功率

(4) 基尔霍夫定律

2. 电路的等效变换

(1) 电阻的串联和并联

(2) Y - Δ 连接的等效变换

(3) 电源与电阻连接的等效变换

3. 电路分析的基本方法

(1) 支路电流法

(2) 回路电流法

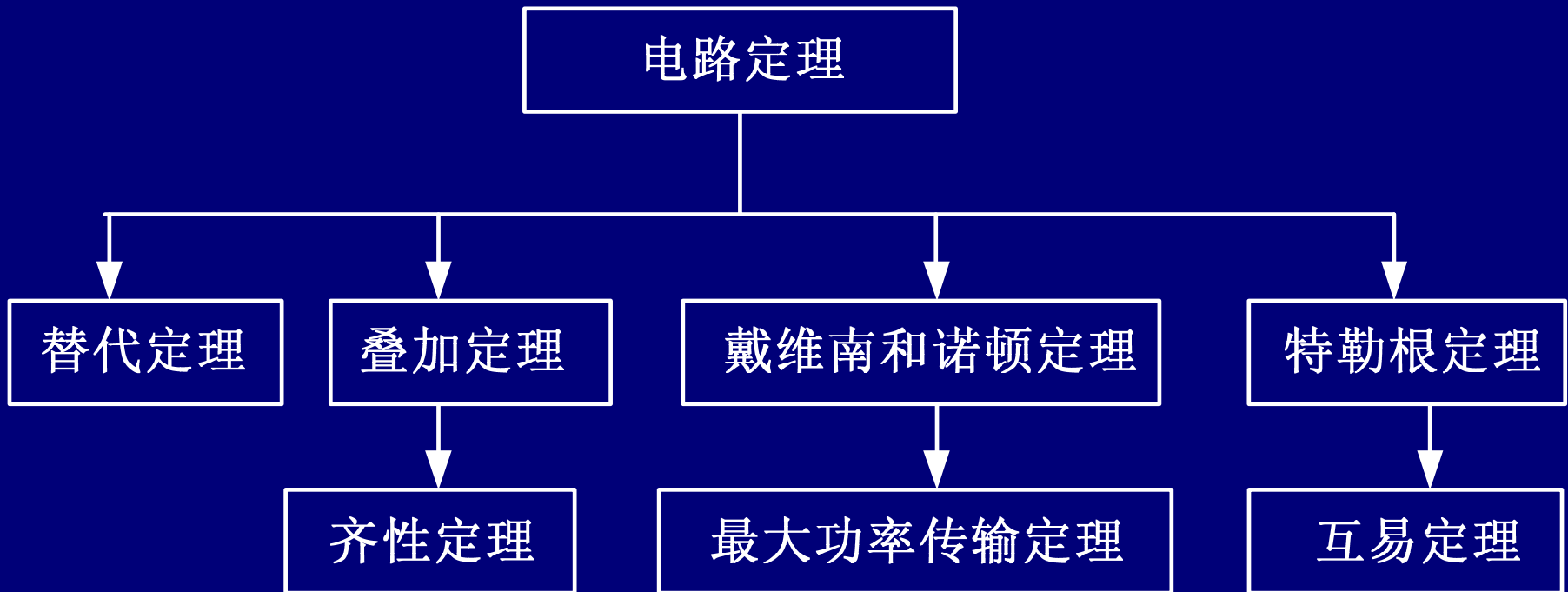
(3) 节点电压法

4. 含理想运算放大器的电路分析

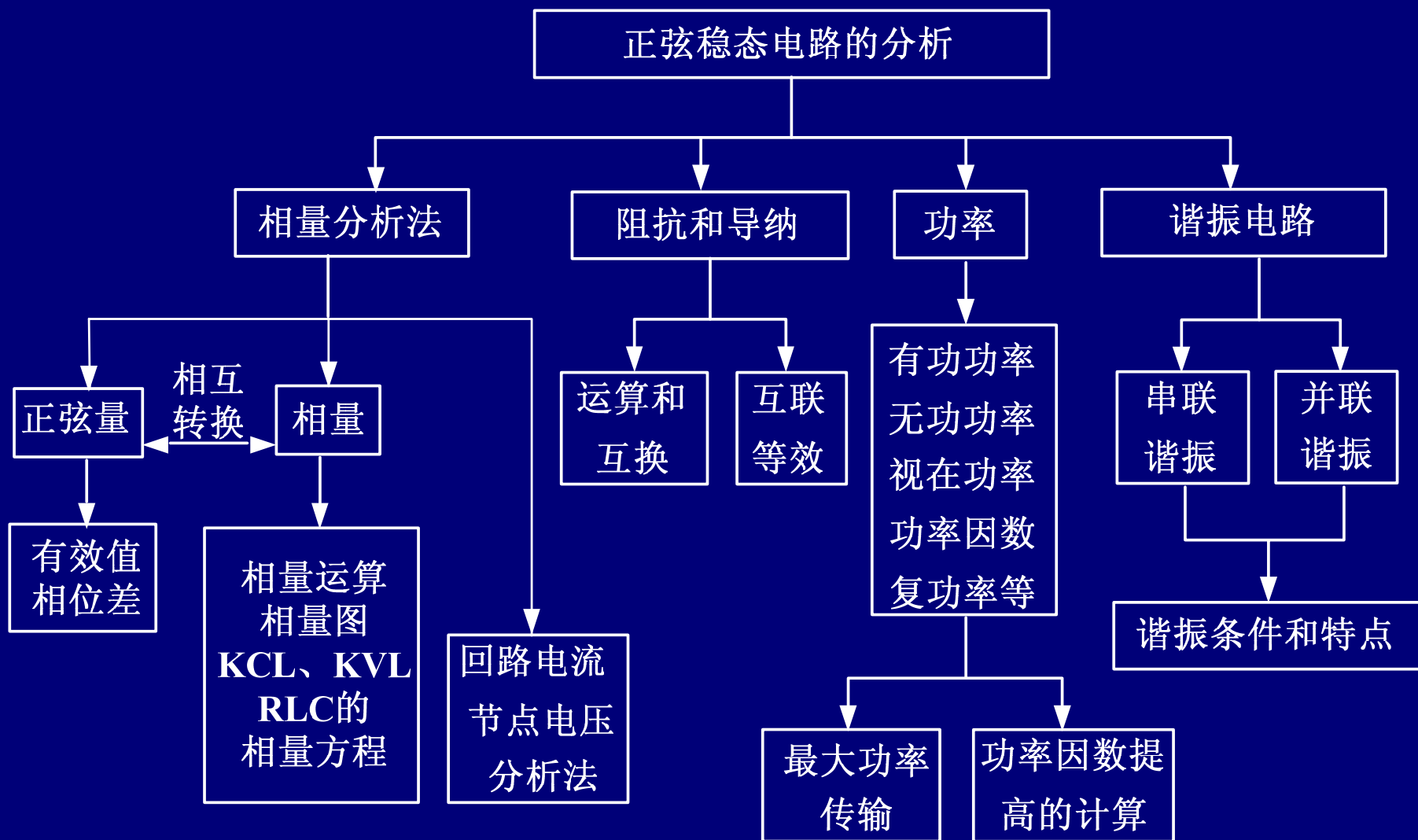
(1) 理想运算放大器的特性

(2) 含理想运算放大器的电路分析

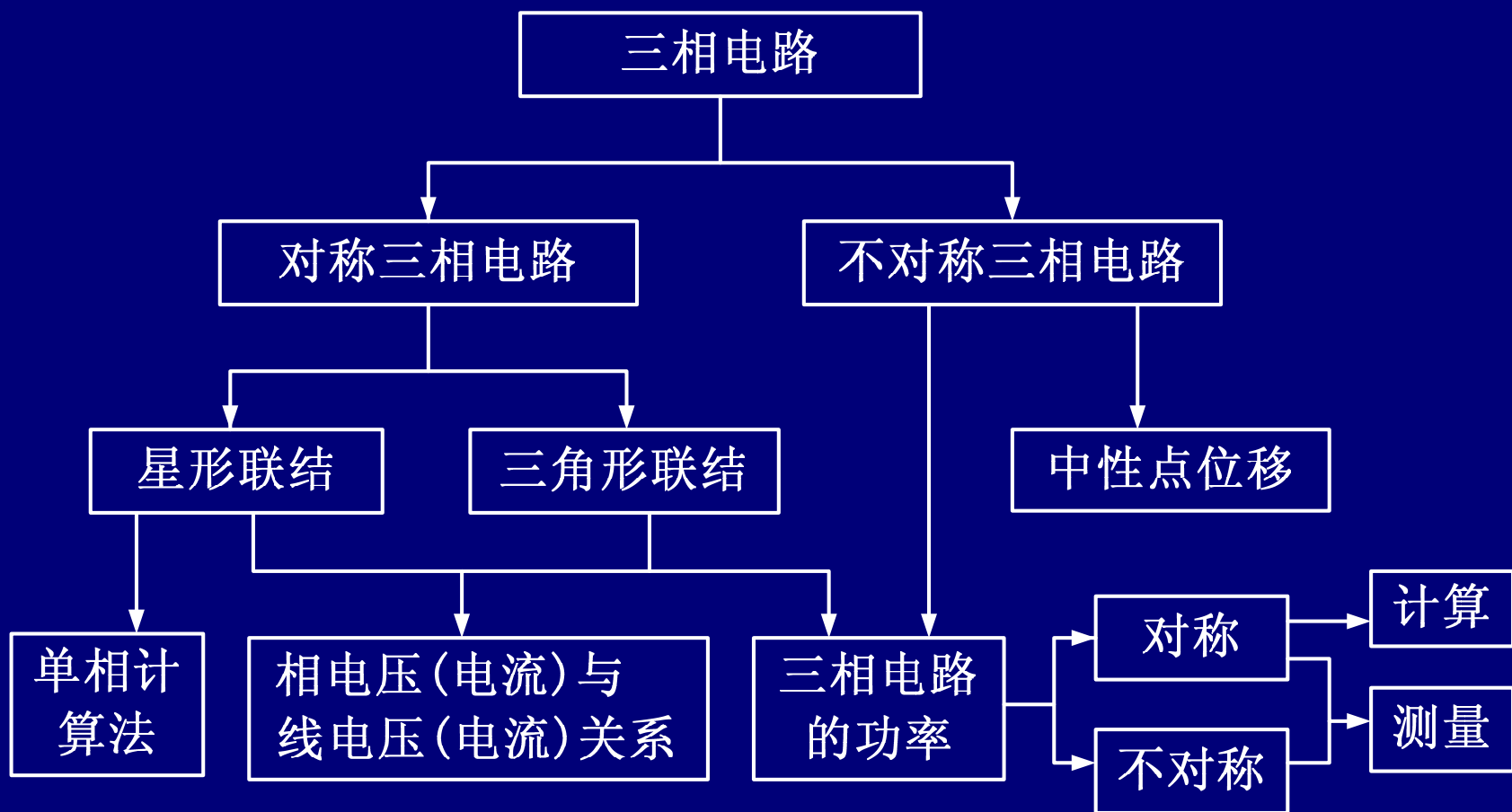
3 电路定理



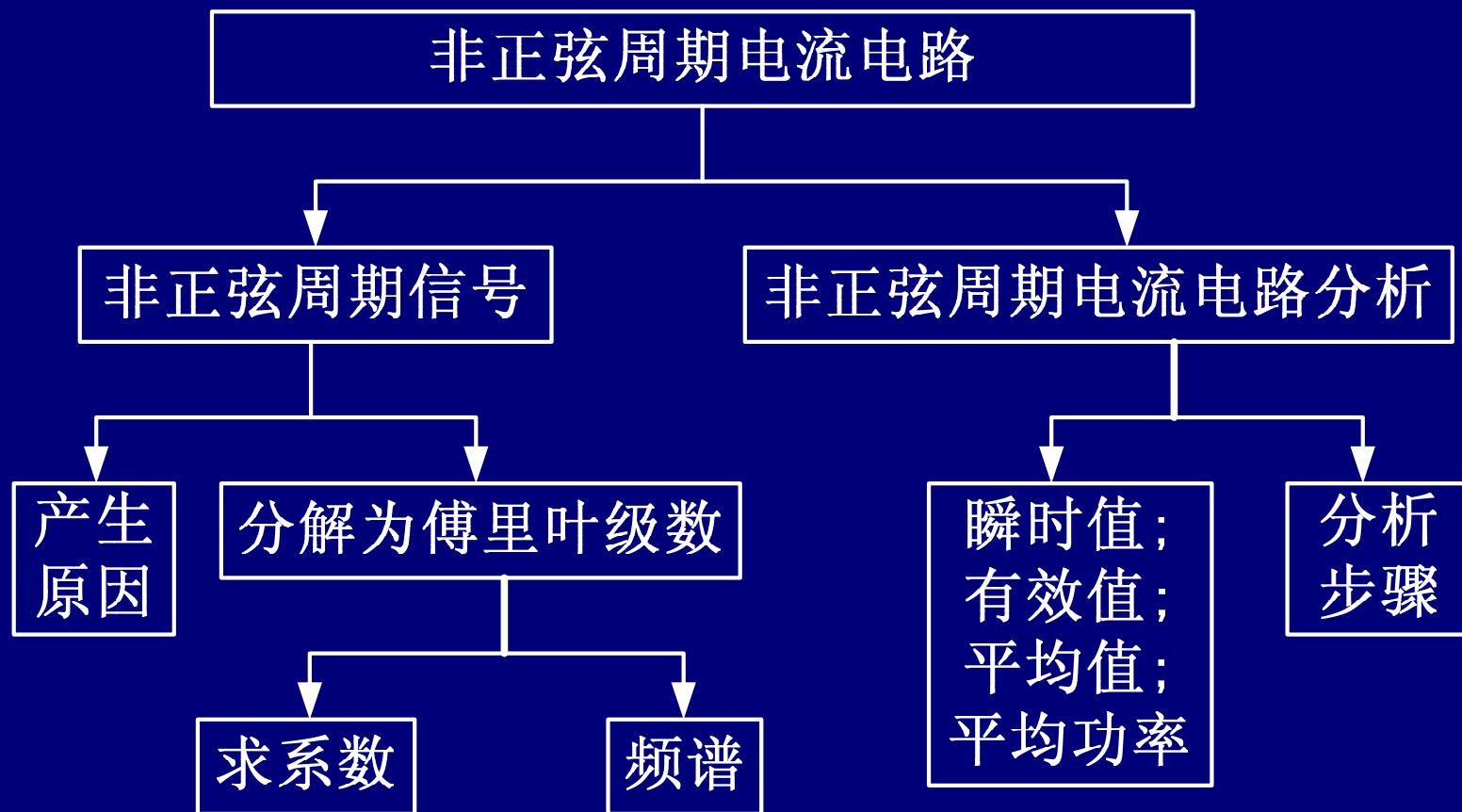
4 正弦稳态电路



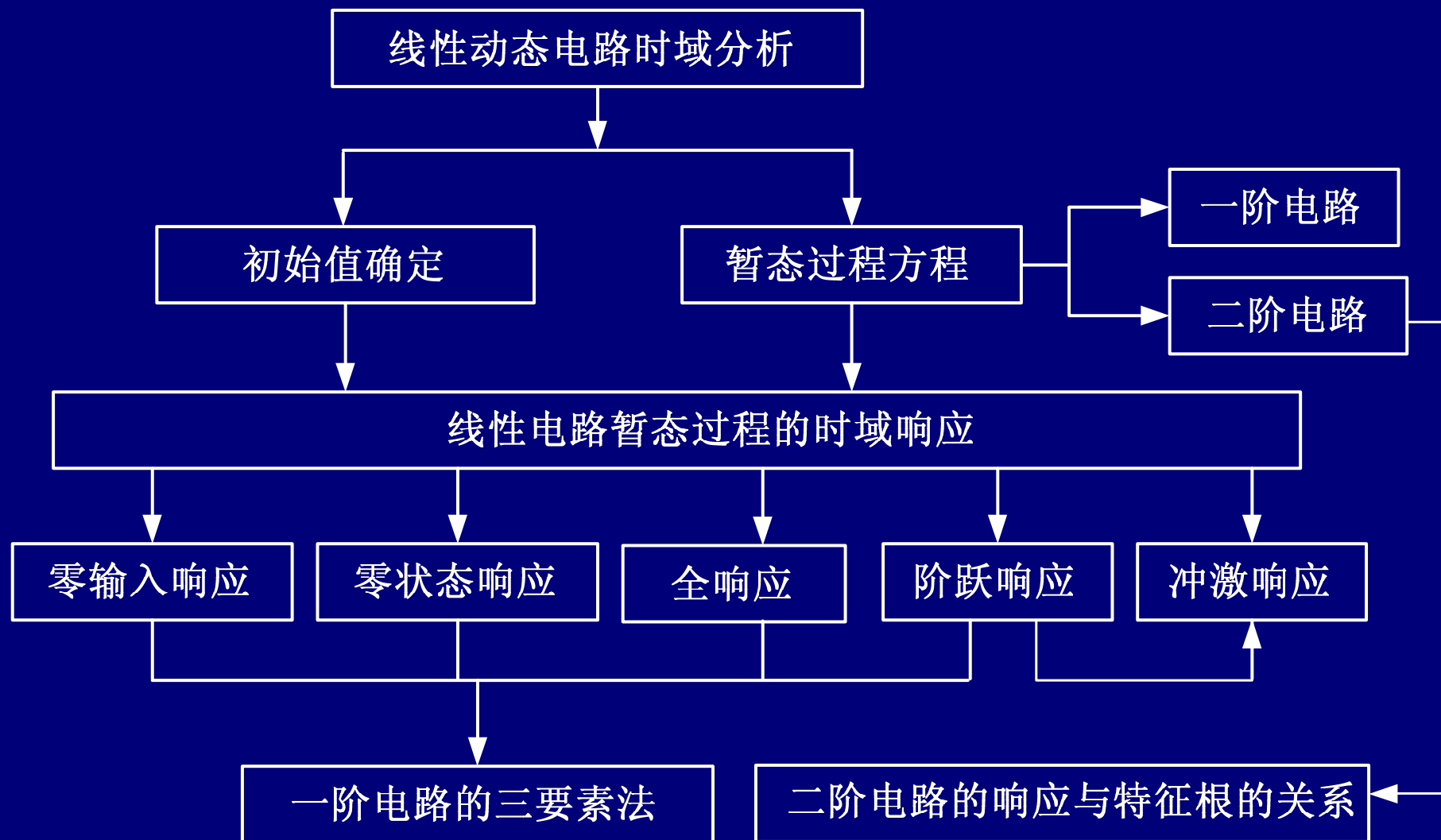
5 三相电路



6 非正弦周期电路



7 线性动态电路

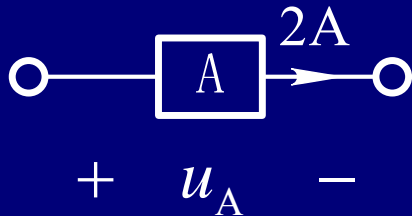


8 模拟试题分析

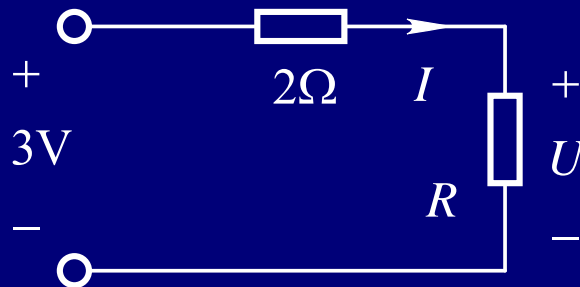
一、填充题

1. 图示电路，设元件A消耗功率为10W， $u_A = \underline{5\text{ V}}$ 。

2. 图示电路，若使电压 $U = (2/3)\text{ V}$ ，电阻 $R = \underline{\frac{4}{7}\Omega}$ 。



图题1.1



图题1.2

3. 自感分别为 L_1 、 L_2 互感为 M 的耦合串联反接时等效电感 $L = \underline{L = L_1 + L_2 - 2M}$ 。

4. 电流相量 $\dot{I} = -30\text{ A}$ 所代表的正弦电流 $i = \underline{30\sqrt{2} \cos(\omega t + 180^\circ)\text{ A}}$ 。

5. 图示电路的电流 $I_1 = \underline{8\text{mA}}$ 。

6. 图示最简诺顿等效电路中 $I_{\text{SC}} = \underline{3\text{A}}$ ； $R_i = \underline{5\Omega}$ 。

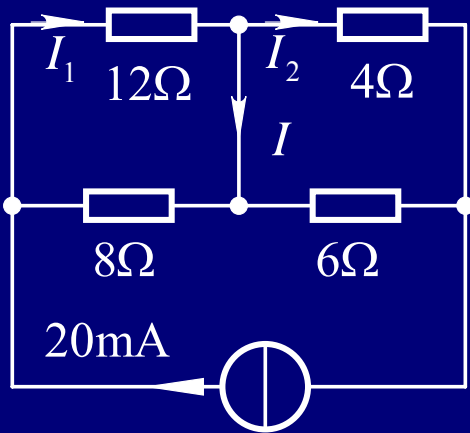


图 题1.5

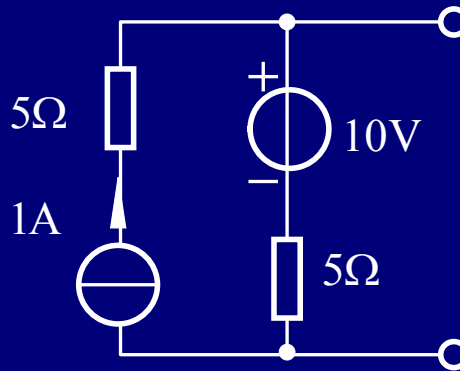


图 题1.6

7. 对称三相电路中，三角形联接时负载的平均功率是星形联接的 3 倍。

8. 动态电路暂态过程分析中换路定律是指

$$\underline{u_C(0_+) = u_C(0_-), i_L(0_+) = i_L(0_-)}。$$

9. 图示电路中电流为非正弦周期量

$i = [1 + 1.57 \cos(\omega t - 90^\circ) - 0.67 \cos(2\omega t) - 0.13 \cos(4\omega t)] \text{A}$ ，正弦电压 $u_i = 94.2 \cos(\omega t - 90^\circ) \text{V}$ ，此二端电路输入的平均功率 **73.95W**。

10. 以电阻电压作输出，图示CR串联电路属于 **高通** 滤波网络。

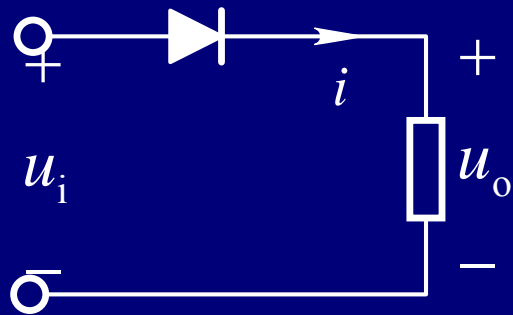


图 题1.9

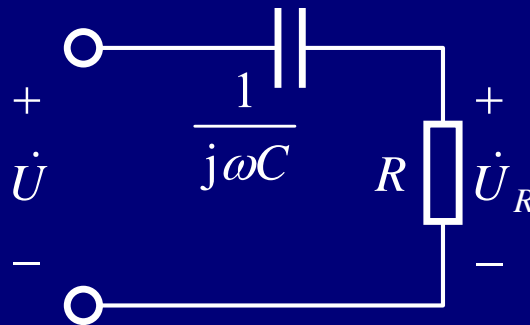


图 题1.10

二、单项选择题

1. 图示元件当时间 $t < 2\text{s}$ 时电流为 2A ，从a流向b；当 $t > 2\text{s}$ 时为 3A ，从b流向a。根据图示参考方向，电流的数学表达式为 (**A**)。

A. $i = \begin{cases} 2\text{A} & t < 2\text{s} \\ -3\text{A} & t > 2\text{s} \end{cases}$ B. $i = \begin{cases} -2\text{A} & t < 2\text{s} \\ 3\text{A} & t > 2\text{s} \end{cases}$ C. $i = \begin{cases} 2\text{A} & t < 2\text{s} \\ 3\text{A} & t > 2\text{s} \end{cases}$ D. $i = \begin{cases} -2\text{A} & t < 2\text{s} \\ -3\text{A} & t > 2\text{s} \end{cases}$

2. 图示电路， I 可表示为含源网络和 I_S 作用叠加，即 $I = I' + kI_S$ ，已知 $I_S = 2\text{A}$ 时， $I = -1\text{A}$ ；当 $I_S = 4\text{A}$ 时， $I = 0$ 。若要使 $I = 1\text{A}$ ， I_S 应为 (**B**)。

A. -2A B. 6A C. -6A D. 2A



图题 2.1



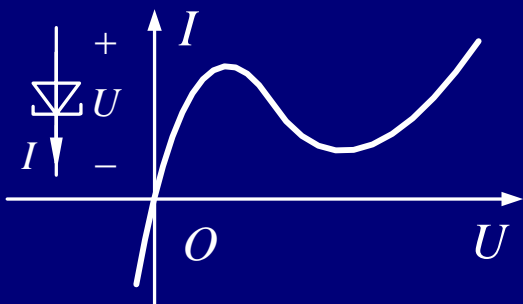
图题2.2

3. 图示隧道二极管特性可表示为 (**C**) 。

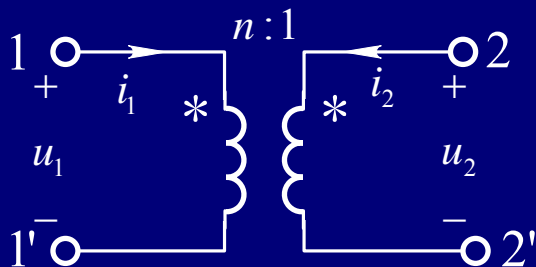
- A. $U = U(U)$ B. $U = U(I)$ C. $I = I(U)$ D. $I = I(I)$

4. 图示理想变压器实现的变压关系为 (**B**) 。

- A. $u_2 = nu_1$ B. $u_1 = nu_2$ C. $u_1 = \frac{1}{n}u_2$ D. $u_2 = \frac{1}{n}u_1$



图题 2.3



图题 2.4

5. 非正弦周期电流电路中, k 次谐波容抗和感抗分别为 (**B**) 。

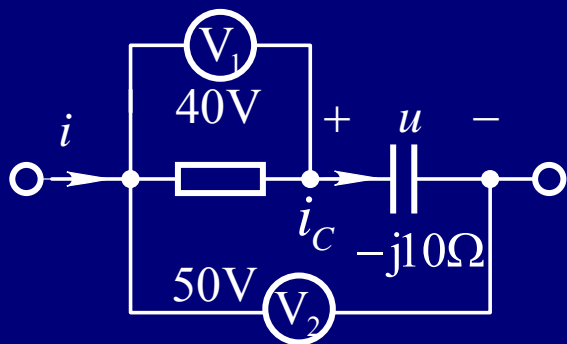
- A. $x_{ck} = kx_{c1}$, $x_{Lk} = \frac{1}{k}x_{L1}$ B. $x_{ck} = \frac{1}{k}x_{c1}$, $x_{Lk} = kx_{L1}$ C. $x_{ck} = x_{c1}$, $x_{Lk} = \frac{1}{k}x_{L1}$ D. $x_{ck} = kx_{c1}$, $x_{Lk} = x_{L1}$

6. 示电路已知电压表和电流表的读数, 电压 u 的有效值为(**C**)。

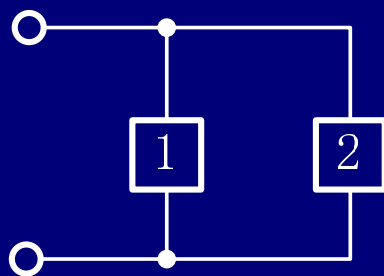
- A. 10V B. -10V C. 30V D. -30V

7. 图示电路负载1和2的平均功率、功率因数分别为 $P_1 = 80\text{W}$ 、 $\lambda_1 = 0.8$ (感性), $P_2 = 30\text{W}$ 、 $\lambda_2 = 0.6$ (容性)。则负载1和2的无功功率分别为(**D**)。

- A. $Q_1 = -60 \text{ var}$, $Q_2 = 40 \text{ var}$ B. $Q_1 = 60 \text{ var}$, $Q_2 = 40 \text{ var}$ C. $Q_1 = -60 \text{ var}$, $Q_2 = -40 \text{ var}$ D. $Q_1 = 60 \text{ var}$, $Q_2 = -40 \text{ var}$



图题 2.6



图题 2.7

8. 对称三相电路, Y型连接中相电压有效值是线电压有效值的(**D**), 线电压在相位上超前于先行相电压(**D**)

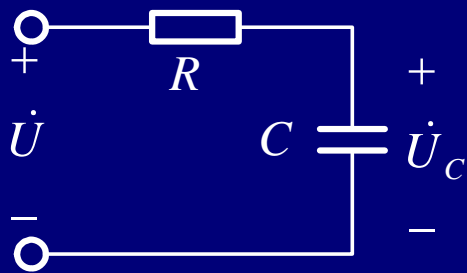
- A. $\sqrt{3}, 30^\circ$ B. $\sqrt{3}, -30^\circ$ C. $1/\sqrt{3}, -30^\circ$ D. $1/\sqrt{3}, 30^\circ$

9. 图示电路网络函数 $H(j\omega) = \frac{\dot{U}_C}{\dot{U}}$ 属于 (A)。

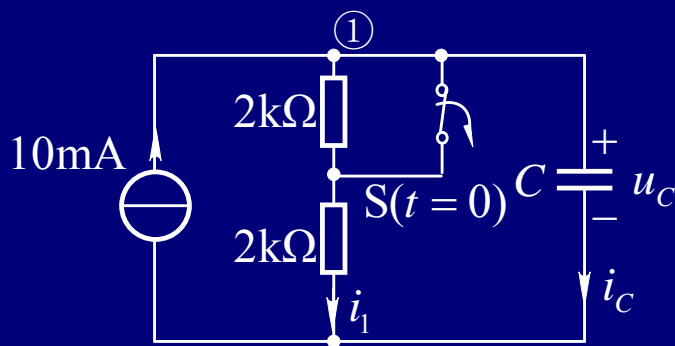
A. 转移电压比 B. 输入导纳 C. 转移阻抗 D. 输入阻抗

10. 图示电路 $t < 0$ 时处于稳态, $t = 0$ 时开关断开, 则初值 $u_C(0_+)$, $i_1(0_+)$ 为 (C)

A. $\begin{cases} u_C(0_+) = 40V \\ i_1(0_+) = 5mA \end{cases}$ B. $\begin{cases} u_C(0_+) = 20V \\ i_1(0_+) = 10mA \end{cases}$ C. $\begin{cases} u_C(0_+) = 20V \\ i_1(0_+) = 5mA \end{cases}$ D. $\begin{cases} u_C(0_+) = 40V \\ i_1(0_+) = 10mA \end{cases}$



图题 2.9



图题 2.10

三、计算题

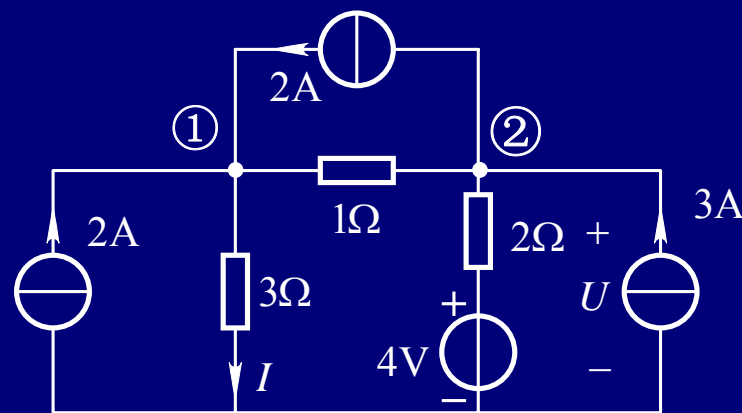
1. 求图示电路中电流 I 和电压 U 。

解: $(1 + \frac{1}{3})U_{n1} - U_{n2} = 2 + 2$
 $-U_{n1} + (1 + \frac{1}{2})U_{n2} = -2 + 3 + 2$

整理得 $4U_{n1} - 3U_{n2} = 12$
 $-2U_{n1} + 3U_{n2} = 6$

解得 $U_{n1} = 9V$
 $U_{n2} = 8V$

即 $I = \frac{U_{n1}}{3\Omega} = 3A$
 $U = U_{n2} = 8V$



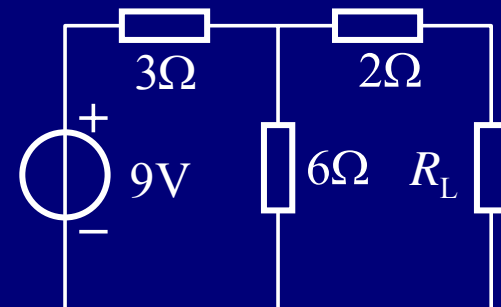
2. 求图示电路中 R_L 为何值时，它可以获得最大功率，最大功率为多少？

解：
$$U_{oc} = \frac{6}{3+6} \times 9V = 6V$$

$$R_i = 3 // 6 + 2 = 4\Omega$$

$$R_L = R_i = 4\Omega$$

$$P_{max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_i} = \frac{6^2}{4 \times 4} = 2.25W$$



3. 图示电路中，已知 $u = 20\cos(10t)\text{V}$, $i = \sqrt{2}\cos(10t - 45^\circ)\text{A}$
试求无源网络N的最简单等效电路。

解：

$$\dot{U} = \frac{20\sqrt{2}}{2} \angle 0^\circ \text{V},$$

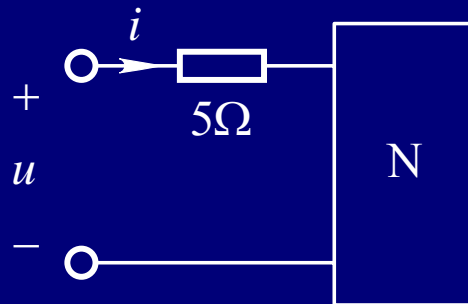
$$\dot{I} = 1 \angle -45^\circ \text{A}$$

$$(5 + Z)\dot{I} = \dot{U}$$

$$5 + Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{20\sqrt{2}}{2} \angle 45^\circ = 10 + \text{j}10$$

$$Z = (5 + \text{j}10)\Omega$$

$$R = 5\Omega, L = \frac{10\Omega}{\omega} = 1\text{H}$$



4. 某对称星形负载与对称三相电源相联接，已知线电流、线电压分别为 $\dot{I} = 5\angle 10^\circ \text{ A}$, $\dot{U}_{AB} = 380\angle 85^\circ \text{ V}$ ，试求此负载每相阻抗。

解：
$$\dot{U}_{AB} = \sqrt{3}\dot{U}_{AN}\angle 30^\circ$$

故
$$\dot{U}_{AN} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\sqrt{3}\angle 30^\circ} = 220\angle 55^\circ \text{ V}$$

得
$$Z = \frac{\dot{U}_{AN}}{\dot{I}_A} = \frac{220\angle 55^\circ}{5\angle 10^\circ} = 44\angle 45^\circ \Omega$$

5. 图示正弦交流电路，求电路发生谐振时电源的角频率 ω 。

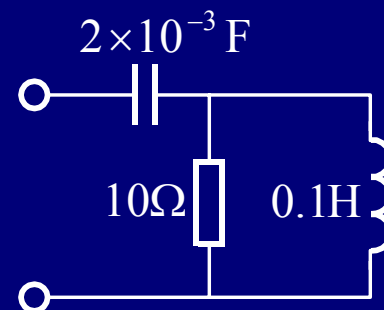
解：

$$Z = \frac{10 \times (j\omega \times 0.1)}{10 + (j\omega \times 0.1)} + \frac{1}{j\omega \times 2 \times 10^{-3}}$$

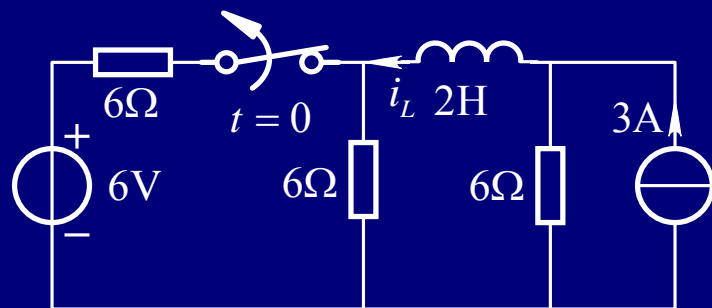
$$Z = \frac{j\omega 1000 - 10\omega^2}{10000 + \omega^2} - j\frac{500}{\omega}$$

$$\frac{\omega 1000}{10000 + \omega^2} = \frac{500}{\omega}$$

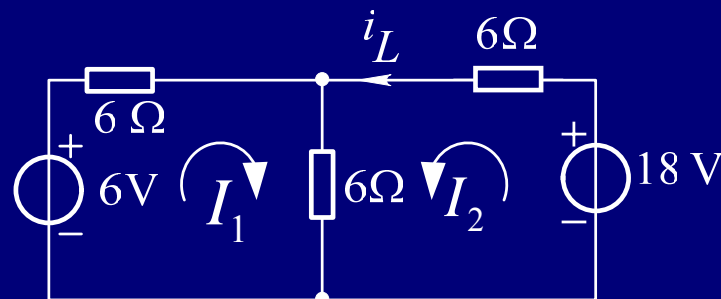
$$\omega = 100 \text{ rad/s}$$



6. 图 (a) 示电路原处于稳态, $t=0$ 时开关断开, 用三要素法求 $t>0$ 时的电感电流 i_L 。



(a)



(b)

解:

$$12I_1 + 6I_2 = 6$$

$$6I_1 + 12I_2 = 18$$

$$I_2 = i_L(0_-) = i_L(0_+) = \frac{5}{3} \text{ A}$$

$$i_L(\infty) = 1.5 \text{ A}$$

$$\tau = L/R = 2/(6+6) = 1/6 \text{ s}$$

$$i_L = i_L(\infty) + [i_L(0_+) - i_L(\infty)]e^{-t/\tau} = [1.5 + \frac{1}{6}e^{-6t}] \text{ A}$$

7. 图示电路，当 $R_L=4\Omega$ 时， $I=2\text{A}$ ，求 $R_L=10\Omega$ 时，电流 I 为多少？

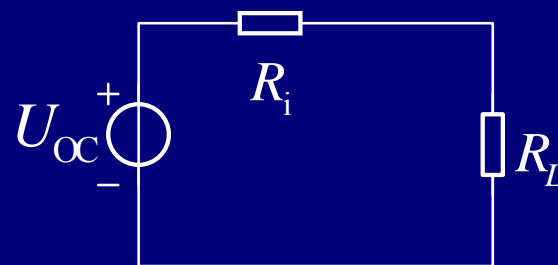
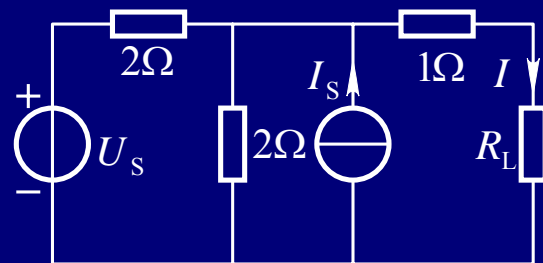
解： $R_i = (2 // 2) + 1 = 2\Omega$

$$I = \frac{U_{\text{oc}}}{R_i + R_L} = \frac{U_{\text{oc}}}{2 + R_L}$$

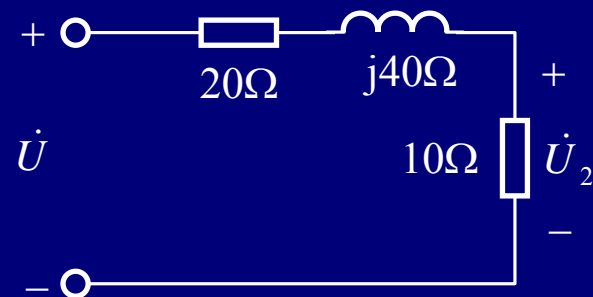
由已知 $2 = \frac{U_{\text{oc}}}{2 + 4}$

得 $U_{\text{oc}} = 12\text{V}$

即 $I = \frac{12}{2 + 10} = 1\text{A}$



8. 图示正弦交流电路中，已知 $U_2 = 20\text{V}$ ，求电压 U 和电路吸收的有功功率 P 和无功功率 Q 。



解：

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_2}{10} = 2\angle 0^\circ \text{ A}$$

$$\dot{U} = (20 + 10 + j40)\dot{I} = (30 + j40) \times 2 = 2 \times 50\angle 53.1^\circ = 100\angle 53.1^\circ$$

$$\therefore U = 100\text{V}$$

$$\tilde{S} = \dot{U}\dot{I}^* = 100\angle 53.1^\circ \times 2 = 200\left(\frac{3}{5} + j\frac{4}{5}\right) = 120 + j160 = P + jQ$$

$$P = 120\text{W}$$

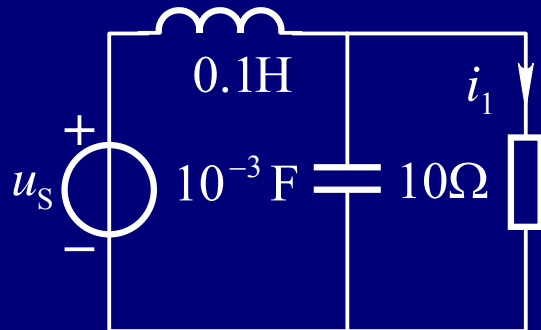
$$Q = 160\text{Var}$$

9. 图示电路中 $u_s = [10 + 10\sqrt{2} \cos 100t] \text{V}$ ，求电流 i_1 的瞬时值和有效值。

解：当直流单独作用时 $U_{s(0)} = 10 \text{V}$

$$I_{(0)} = \frac{U_{s(0)}}{R} = \frac{10 \text{V}}{10 \Omega} = 1 \text{A}$$

当交流单独作用时 $\dot{U}_{s(1)} = 10 \angle 0^\circ \text{V}$



$$\omega L = 100 \times 0.1 = 10 \Omega \quad \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100 \times 10^{-3}} = 10 \Omega$$

$$Z_{(1)} = j10 + \frac{-j10 \times 10}{-j10 + 10} = j10 + 5 - j5 = (5 + j5) \Omega$$

$$\dot{I}_{(1)} = \frac{\dot{U}_{s(1)}}{Z_{(1)}} = \frac{10 \angle 0^\circ}{5 + j5} = \sqrt{2} \angle -45^\circ \text{A}$$

$$\dot{I}_{1(1)} = \frac{-j10}{-j10 + 10} \dot{I}_{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \angle -45^\circ \times \sqrt{2} \angle -45^\circ = 1 \angle -90^\circ \text{A}$$

i_1 瞬时值 $i_1 = [1 + \sqrt{2} \cos(100t - 90^\circ)] \text{A}$

有效值 $I = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} = 1.414 \text{A}$

10. 图示电路原处于稳态， $t=0$ 时开关闭合，用三要素法求 $t>0$ 时的电容电压 u_C 。

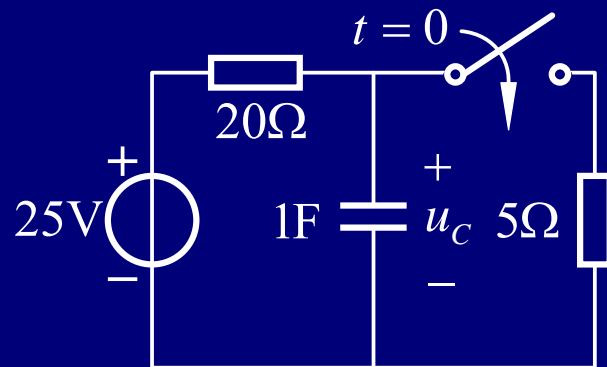
解：

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 25\text{V}$$

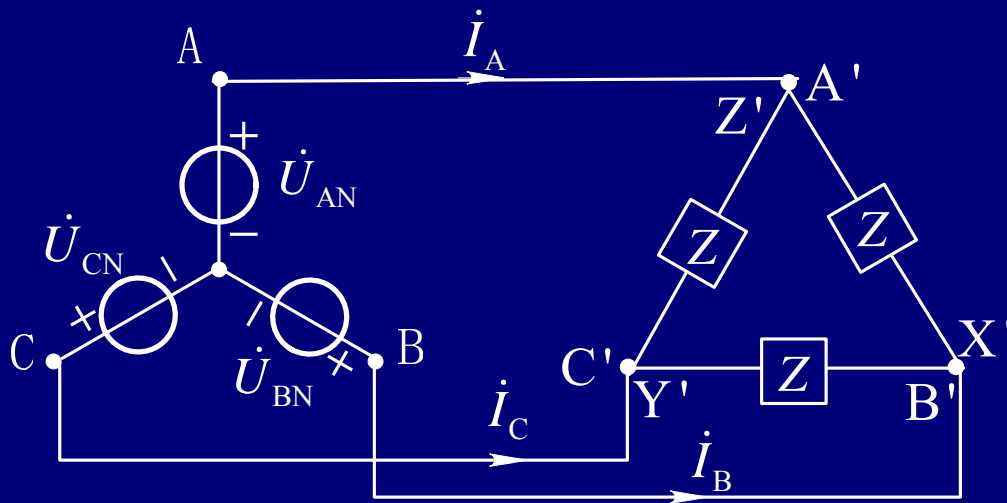
$$\tau = RC = (20 // 5) \times 1 = 4\text{s}$$

$$u_C(\infty) = \frac{5}{20+5} \times 25 = 5\text{V}$$

$$\begin{aligned} u_C(t) &= u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} \\ &= 5 + (25 - 5)e^{-0.25t} = 5 + 20e^{-0.25t} \end{aligned}$$



11. 图示对称三相电路，已知 $\dot{U}_{AN}=220\text{V}$ ， $Z=(3+j4)\Omega$ 。求负载每相电压、电流及线电流的相量值。



解: $\dot{U}_{A'B'} = \sqrt{3}\dot{U}_{AN}\angle 30^\circ = 380\angle 30^\circ \text{ V}$

$$\dot{I}_{A'B'} = \frac{\dot{U}_{A'B'}}{Z} = 76\angle -23.13^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_A = \sqrt{3}\dot{I}_{A'B'}\angle -30^\circ = 131.64\angle -53.13^\circ \text{ A}$$