

电工技术习题

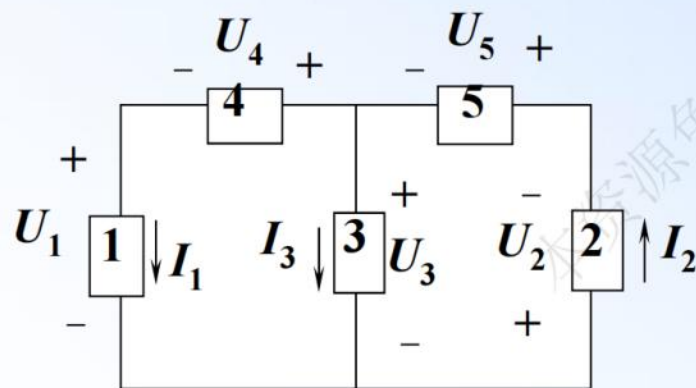
1.2.1在下图中，五个元件代表电源或负载，电流和电压的参考方向如图所示，今通过实验测量得知

$$I_1 = -4\text{A} \quad I_2 = 6\text{A} \quad I_3 = 10\text{A}$$

$$U_1 = 140\text{V} \quad U_2 = -90\text{V} \quad U_3 = 60\text{V}$$

$$U_4 = -80\text{V} \quad U_5 = 30\text{V}$$

- (1) 试标出各电流的实际方向和各电压的实际极性。
- (2) 判断哪些元件是电源？哪些是负载？
- (3) 计算各元件的功率，电源发出的功率和负载取用的功率是否平衡？



1、2为电源，其他为负载

$$|U_1 I_1| + |U_2 I_2| = 1100\text{W}$$

$$|U_3 I_3| + |U_4 I_4| + |U_5 I_5| = 1100\text{W}$$

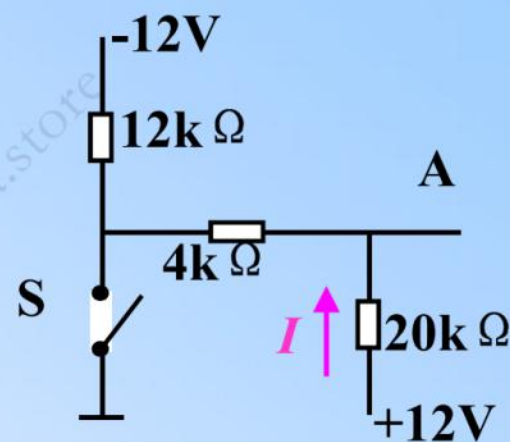
功率平衡

1.2.2 在图中，在开关S断开和闭合的两种情况下试求A点的电位。

1、S断开

$$I = \frac{12 - (-12)}{36} = \frac{2}{3} \text{ mA}$$

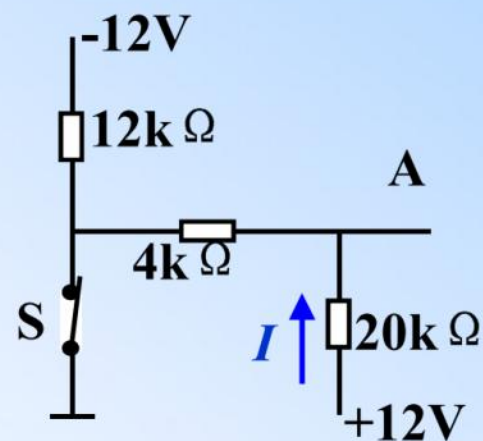
$$V_A = 12 - 20I = -\frac{4}{3} \text{ V}$$



2、S闭合

$$I = \frac{12}{24} = \frac{1}{2} \text{ mA}$$

$$V_A = 4I = 2 \text{ V}$$

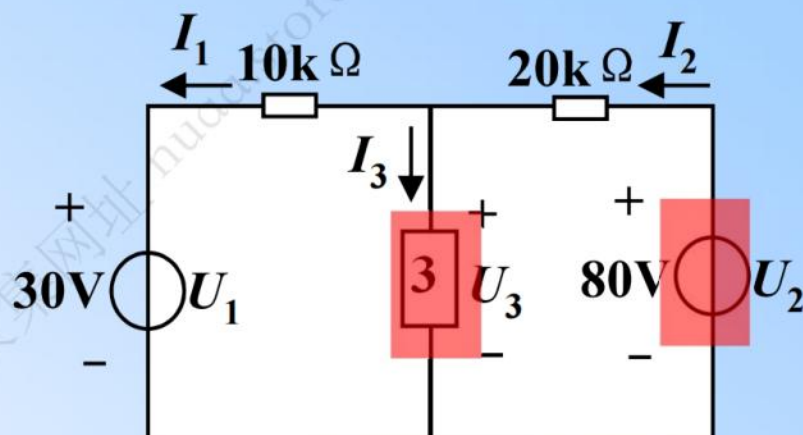


1.4.1 在下图中，已知 $I_1=3\text{mA}$ ， $I_2=1\text{mA}$ ，试确定电路元件3中的电流 I_3 和其两端电压 U_3 ，并说明它是电源还是负载，校验整个电路的功率是否平衡。

$$I_3 = -2\text{mA}$$

$$U_3 = 60\text{V}$$

可知3是电源



$$P_{\text{发}} = |U_3 I_3| + |U_2 I_2| = 200\text{mW}$$

$$P_{\text{吸}} = |U_1 I_1| + I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 = 200\text{mW}$$

1.5.1 在图示电路中，已知 $U_1=10\text{V}$ ， $E_1=4\text{V}$ ， $E_2=2\text{V}$ ， $R_1=4\ \Omega$ ， $R_2=2\ \Omega$ ， $R_3=5\ \Omega$ ，1、2两点间处于开路状态，试计算开路电压 U_2 。

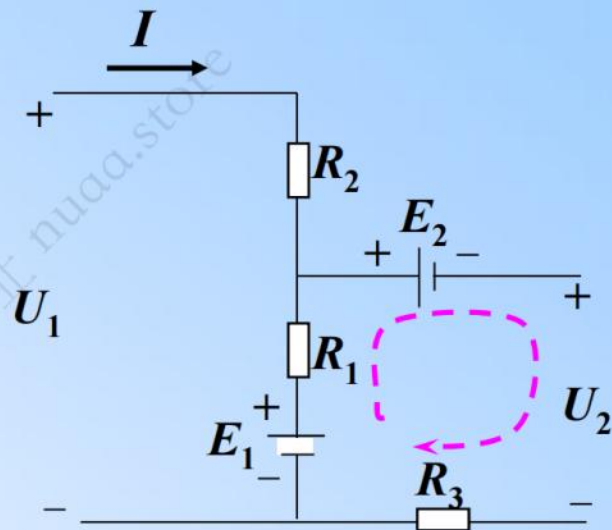
$$U_1 = IR_2 + IR_1 + E_1$$

$$\Rightarrow I = 1\text{A}$$

在图示回路中

$$U_2 = IR_1 + E_1 - E_2$$

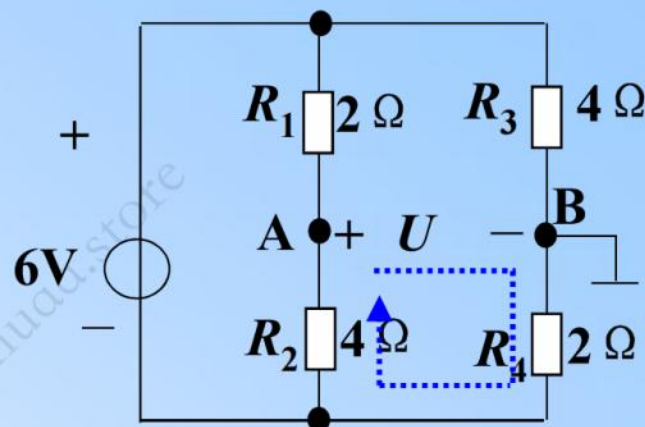
$$U_2 = 6\text{V}$$



1.5.2 在图示电路中，试求AB两点间的电压 U 。

$$U=2V$$

注意：电压和参考电位点没有关系。

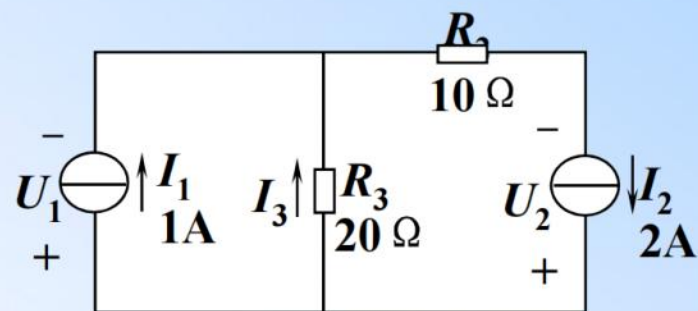


1.5.3 在图示电路中，求各理想电流源的端电压、功率及各电阻上消耗的功率。

$$I_3=1A$$

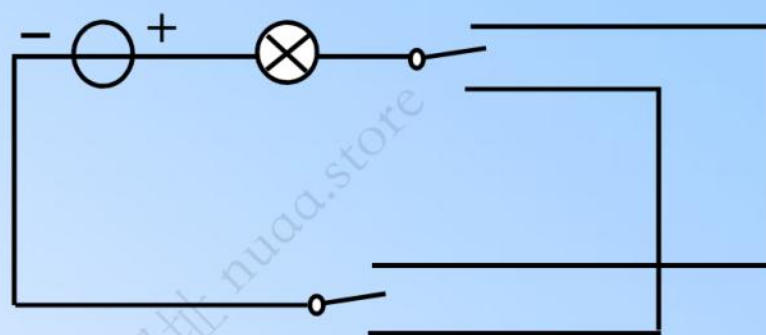
$$U_1=I_3R_3=20V$$

$$U_2=40V$$

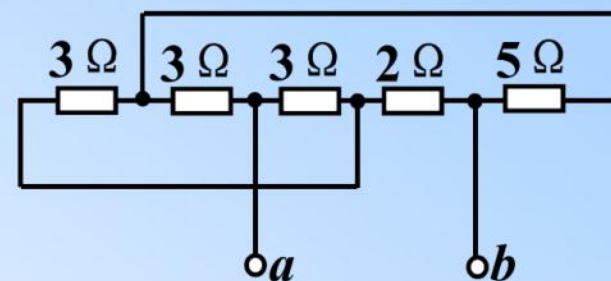
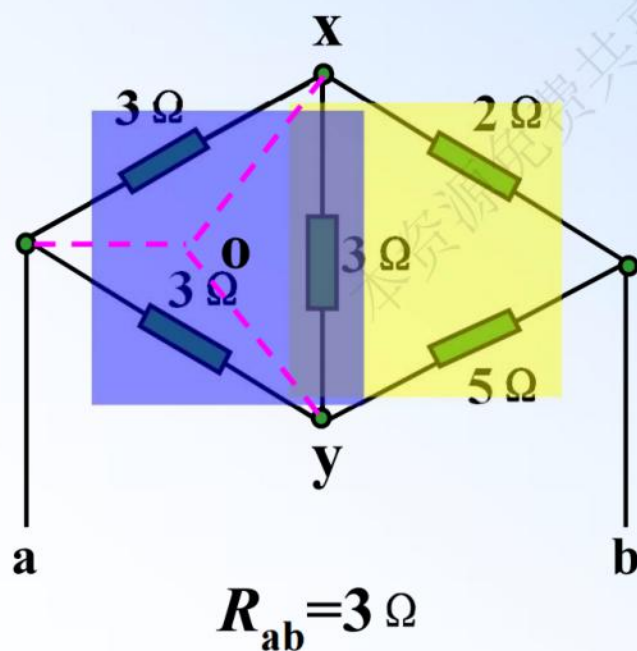


1.5.4 卧室通常设有两个灯控开关，其中任何一个开关动作都可以控制灯的亮灭，请设计并画出该开关电路。

采用单刀双掷开关



2.1.1 求图示电路的等效电阻 R_{ab} 。



$$R_{ao} = \frac{3 \times 3}{3 + 3 + 3} = 1\Omega$$

$$R_{xo} = 1\Omega$$

$$R_{yo} = 1\Omega$$

2.1.2 求图示电路中的 I 。

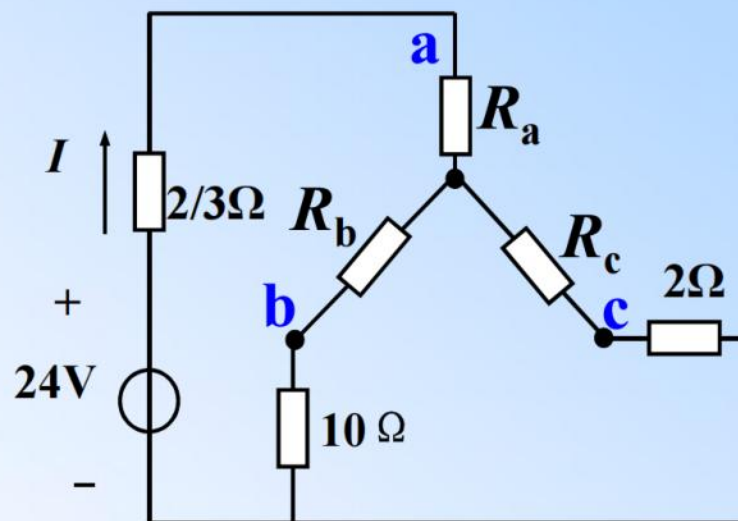
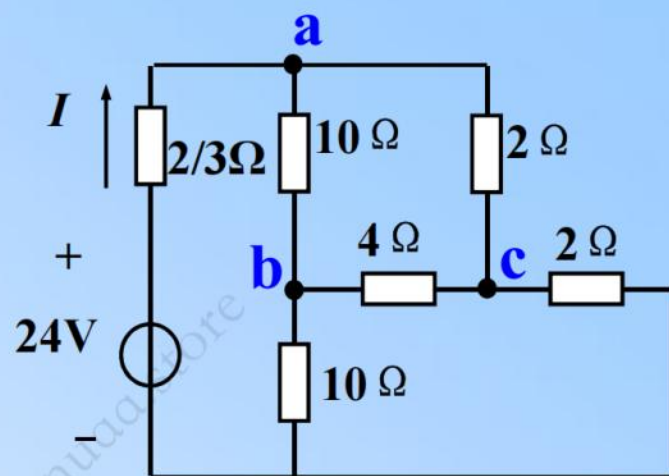
$$R_a = \frac{10 \times 2}{10 + 4 + 2} = \frac{5}{4} \Omega$$

$$R_b = \frac{10 \times 4}{10 + 4 + 2} = \frac{5}{2} \Omega$$

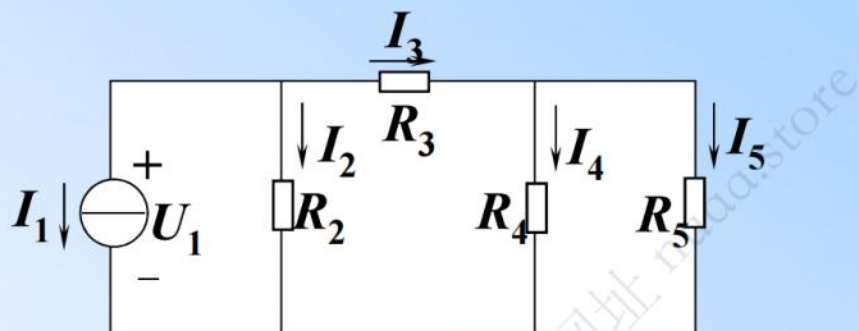
$$R_c = \frac{2 \times 4}{10 + 4 + 2} = \frac{1}{2} \Omega$$

$$I = 6A$$

此题也可以根据电路对称的原理进行分析，即 4Ω 电阻上电流为0，可视为开路。



2.1.3 求图示电路中各支路电流，并计算理想电流源的电压 U_1 。
已知 $I_1=3\text{A}$ ， $R_2=12\ \Omega$ ， $R_3=8\ \Omega$ ， $R_4=12\ \Omega$ ， $R_5=6\ \Omega$ 。



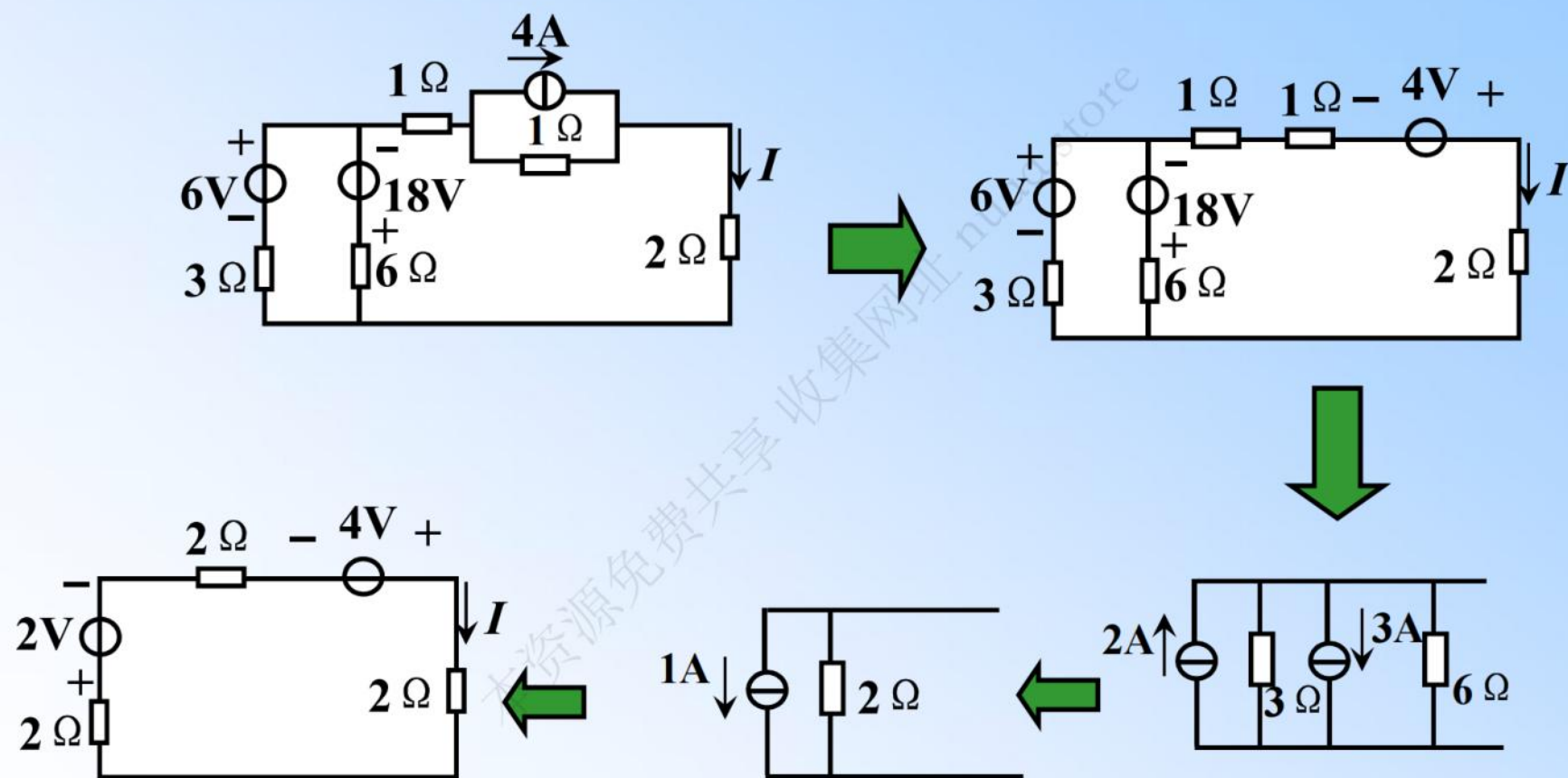
$$I_2 = I_3 = -3/2\text{A}$$

$$I_4 = -1/2\text{A}$$

$$I_5 = -1\text{A}$$

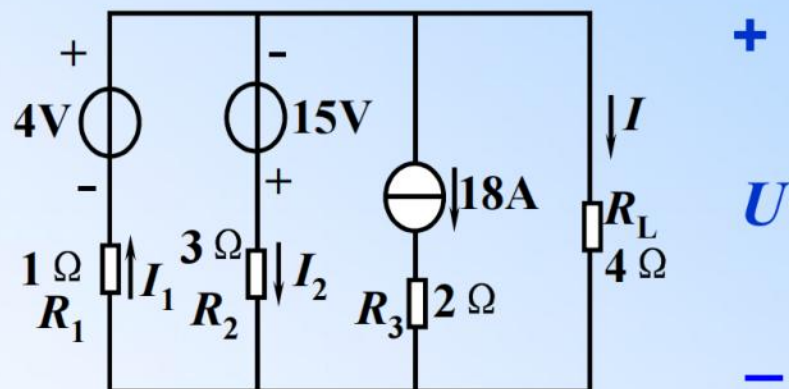
$$U_1 = -18\text{V}$$

2.2.1 试用电压源与电流源等效变换的方法计算图中 2Ω 电阻中的电流。



$$I = 1/3 \text{ A}$$

2.3.1 分别用支路电流法及节点电压法求图示电路中的各支路电流



$$U = \frac{\frac{4}{1} - \frac{15}{3} - 18}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_L} = -12V$$

$$I_1 = 16A, \quad I_2 = 1A, \quad I = -3A$$

注意：运用支路电流法列网孔电压方程时一定要避开电流源。

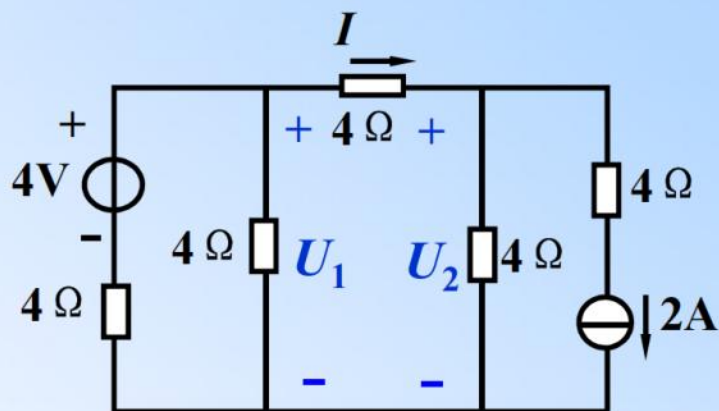
2.4.1 分别用节点电压法、叠加定理及电源等效变换方法求图示电路中的 I 。

$$\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right)U_1 - \frac{1}{4}U_2 = \frac{4}{4}$$

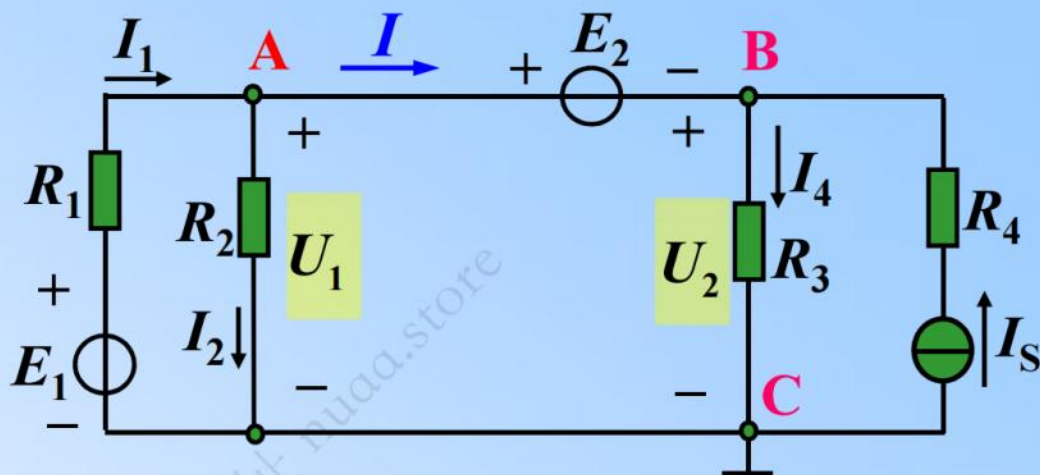
$$-\frac{1}{4}U_1 + \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right)U_2 = -2$$

$$\Rightarrow U_1 = 0V, \quad U_2 = -4V$$

$$I = 1A$$

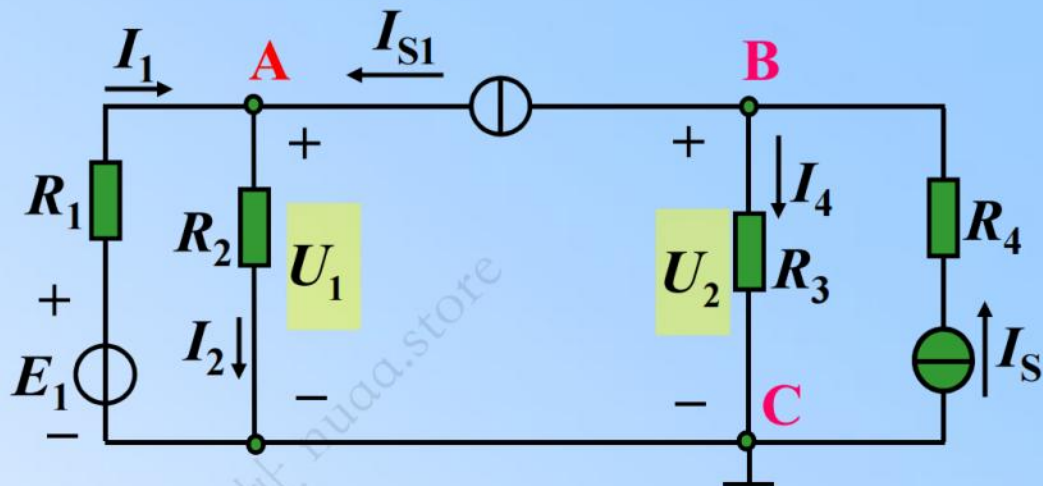


如果两个节点间仅有一个理想电源直接相连，该如何处理？



补充习题：上图中，假设 $E_1=10\text{V}$ ， $E_2=20\text{V}$ ， $R_1=5\Omega$ ， $R_2=10\Omega$ ， $R_3=10\Omega$ ， $R_4=20\Omega$ ， $I_S=2\text{A}$ ，求节点电压 U_1 及 U_2 。如将图中 E_2 换成电流为 3A 的电流源呢？

$$\left. \begin{aligned} \frac{E_1 - U_1}{R_1} - \frac{U_1}{R_2} - I &= 0 \Rightarrow \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) U_1 = \frac{E_1}{R_1} - I \\ \frac{U_2}{R_3} &= I + I_S \\ U_1 - U_2 &= E_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_1 = 15\text{V}, U_2 = -5\text{V}$$

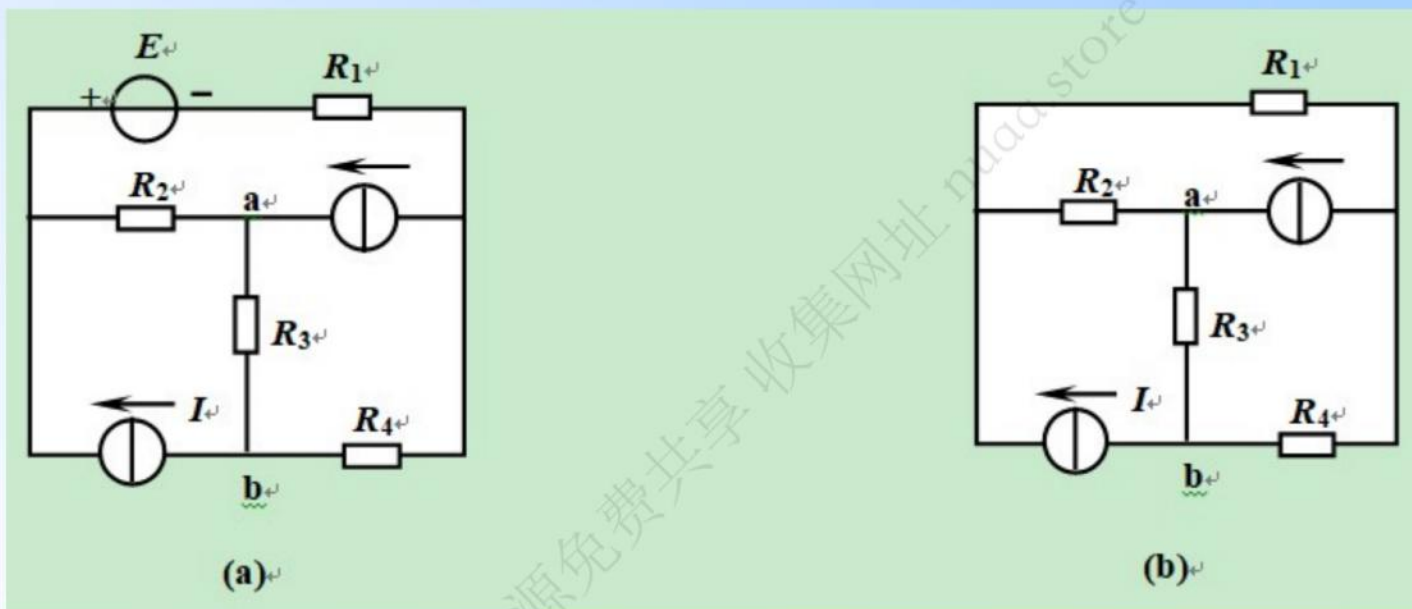


补充习题：上图中，假设 $E_1=10\text{V}$ ， $R_1=5\Omega$ ， $R_2=10\Omega$ ， $R_3=10\Omega$ ， $R_4=20\Omega$ ， $I_S=2\text{A}$ ， $I_{S1}=3\text{A}$ ，求节点电压 U_1 及 U_2 。

$$\left. \begin{aligned} \frac{E_1 - U_1}{R_1} - \frac{U_1}{R_2} + I_{S1} &= 0 \Rightarrow \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) U_1 = \frac{E_1}{R_1} + I_{S1} \\ \frac{U_2}{R_3} &= I_S - I_{S1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_1 = \frac{50}{3} \text{V}, U_2 = -10\text{V}$$

结论：如果两节点间连接一个恒压源，则需引入一个电流变量，同时不考虑互电导的影响；如果连接恒流源，则不考虑互电导影响即可。

2.5.1 电路如图所示, $E=12\text{V}$, $R_1=R_2=R_3=R_4$, $U_{ab}=10\text{V}$ 。
若将理想电压源除去后, 试问这时 U_{ab} 等于多少?



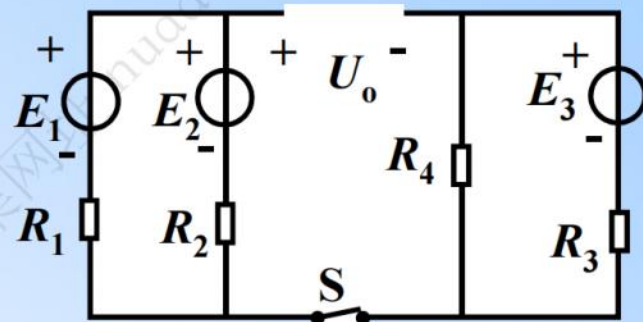
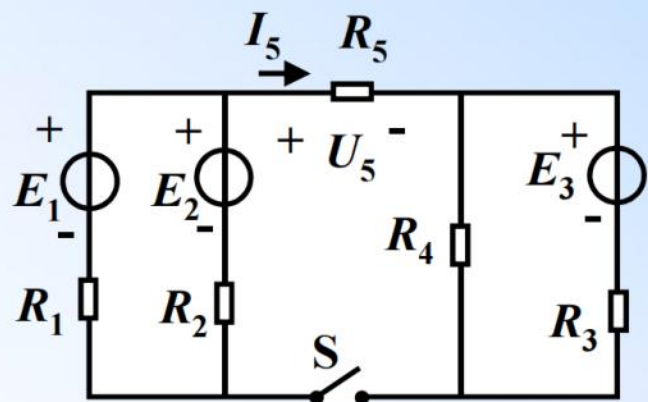
当电压源单独作用时 $U_{ab}=E/4=3$

根据叠加定理, 电压源除去后 $U_{ab}=10-3=7\text{ V}$

2.6.1 已知 $E_1=15\text{V}$, $E_2=13\text{V}$, $E_3=4\text{V}$, $R_1=R_2=R_3=R_4=1\Omega$, $R_5=10\Omega$ 。

(1) 当开关S断开时, 试求电阻 R_5 上的电压 U_5 和电流 I_5 ;

(2) 当开关S闭合后, 试用戴维宁定理计算 I_5 。



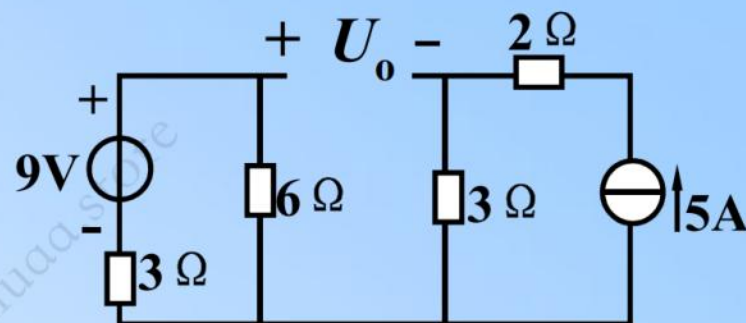
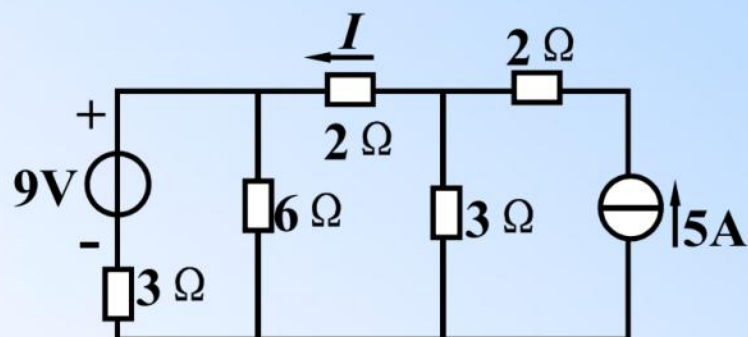
(1) 当开关S断开时, $I_5=0$, $U_5=0$

$$(2) U_0 = (E_2 + \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} R_2) - \frac{R_4}{R_3 + R_4} E_3 = 12\text{V}$$

$$R_0 = R_1 // R_2 + R_3 // R_4 = 1\Omega$$

$$I_5 = 12 / (10 + 1) = 1.09\text{A}$$

2.6.2 用戴维宁定理及诺顿定理计算 I 。

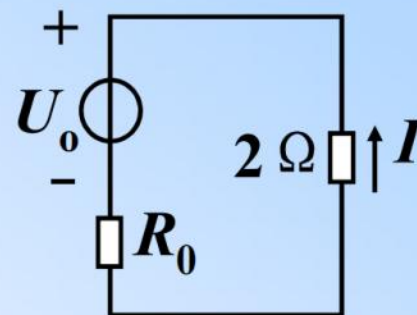


(1) 用戴维宁定理计算 I

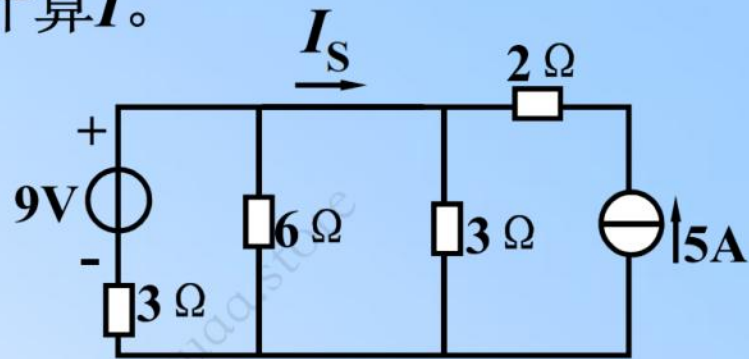
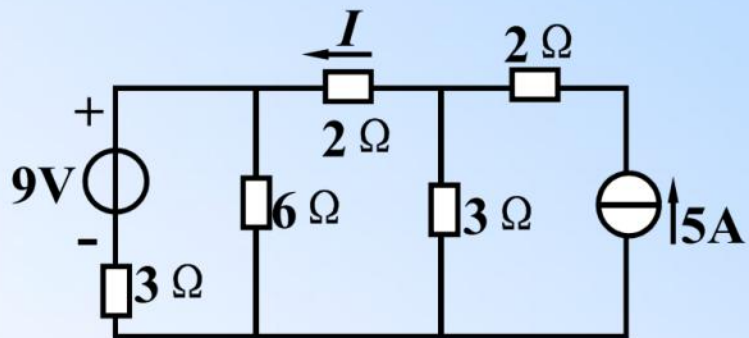
$$U_o = 9 \times \frac{6}{3+6} - 5 \times 3 = -9\text{V}$$

$$R_0 = 3 // 6 + 3 = 5\Omega$$

$$I = -\frac{U_o}{R_0 + 2} = \frac{9}{7}\text{A}$$



2.6.2 用戴维宁定理及诺顿定理计算 I 。

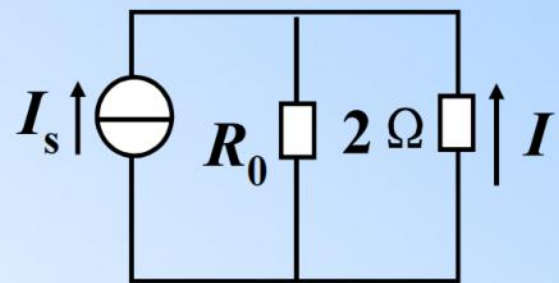


解：用诺顿定理求 I

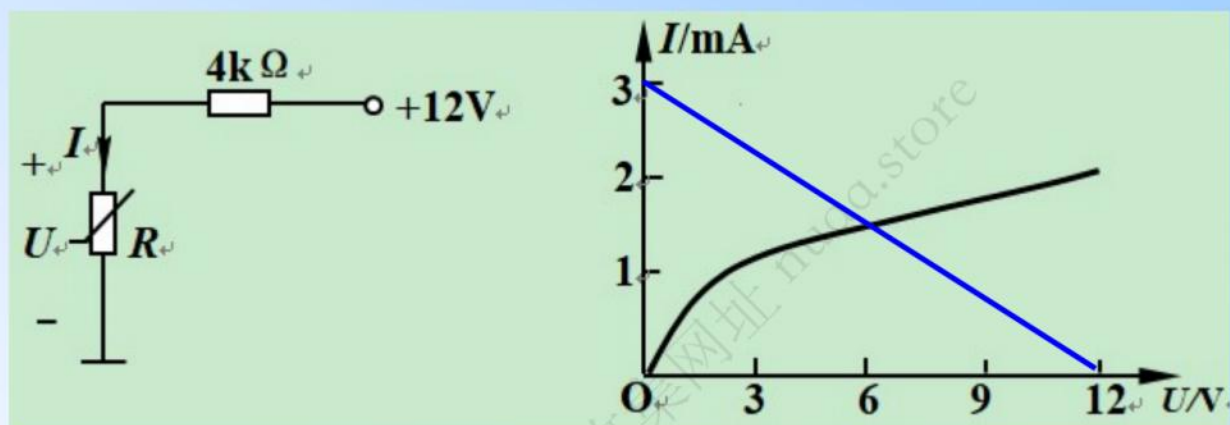
运用叠加定理

$$I_s = \frac{9}{3+6//3} \cdot \frac{6}{3+6} - \frac{3}{3+6//3} \cdot 5 = -\frac{9}{5} \text{ A}$$

$$I = -\frac{5}{5+2} I_s = \frac{9}{7} \text{ A}$$

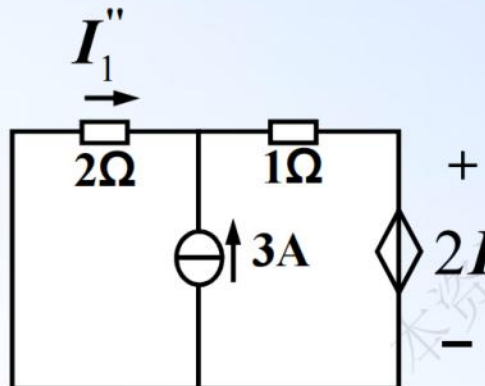
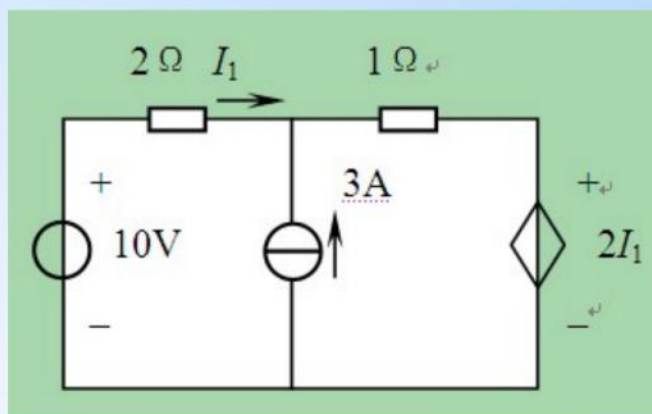


2.6.3 试用图解法计算图示电路中非线性电阻元件 R 中的电流 I 及其两端电压 U 。右图是非线性电阻元件的伏安特性曲线。



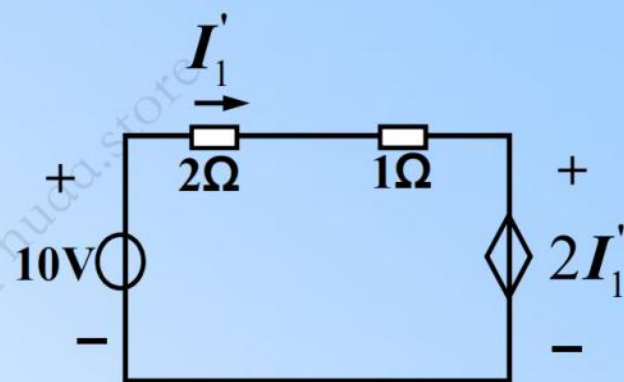
$$I = \frac{12 - U}{4}$$

2.7.1 用叠加原理求图示电路中的电流 I_1 。



$$2I_1'' + (3 + I_1'') \cdot 1 + 2I_1'' = 0$$

$$I_1'' = -0.6\text{A}$$

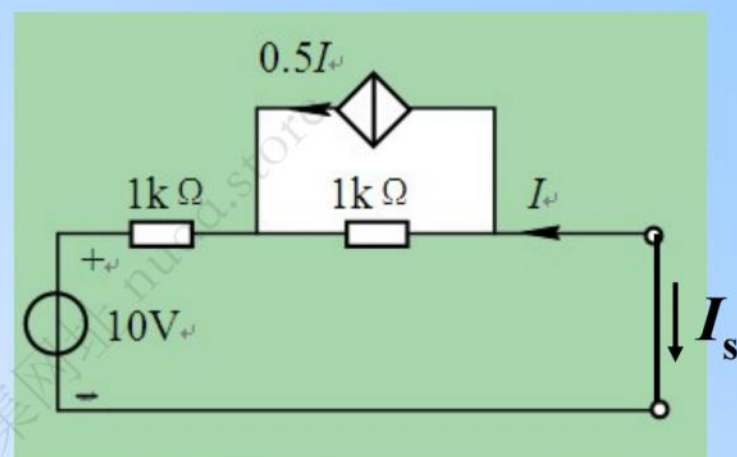
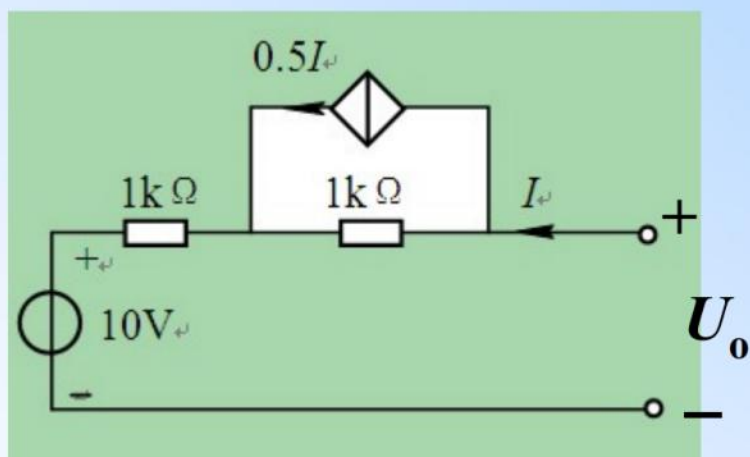


$$10 = 3I_1' + 2I_1'$$

$$I_1' = 2\text{A}$$

$$I = I_1' + I_1'' = 1.4\text{A}$$

2.7.2 试求图示电路的戴维宁等效电路和诺顿等效电路。



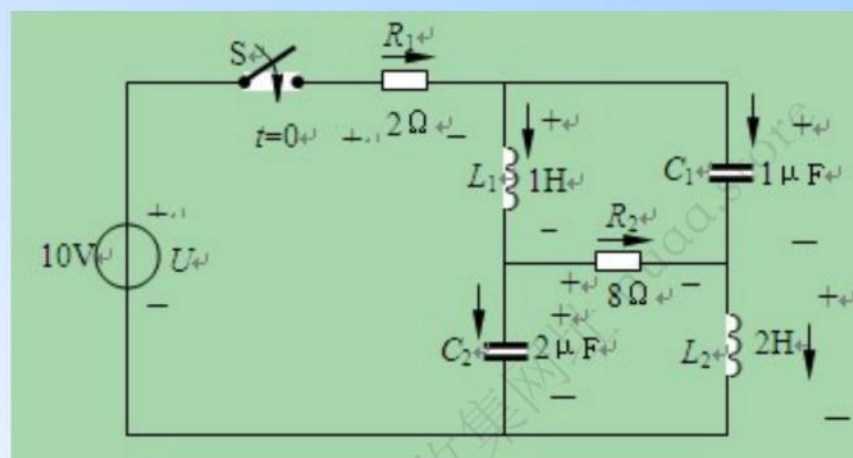
$$U_o = 10V$$

$$\left. \begin{aligned} 10 &= I_s \cdot 1 + (I_s + 0.5I) \cdot 1 \\ I &= -I_s \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_s = \frac{10}{1.5} \text{ mA}$$

$$\Rightarrow R_0 = U_o / I_s = 1.5 \text{ k}\Omega$$

电工技术习题

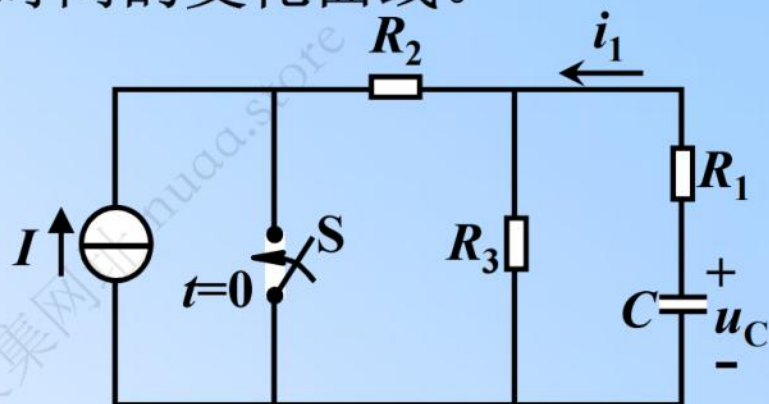
3.3.1 电路如图所示。求在开关S闭合瞬间 ($t=0+$) 各元件中的电流及其两端电压；当电路达到稳态时又各等于多少？设在 $t=0-$ 时，电路中的储能元件均未储能。



	R_1	L_1	C_1	R_2	C_2	L_2
$i(0+)/A$	1	0	1	-1	1	0
$u(0+)/V$	2	8	0	-8	0	8

	R_1	L_1	C_1	R_2	C_2	L_2
$i(\infty)/A$	1	1	0	1	0	1
$u(\infty)/V$	2	0	8	8	8	0

3.4.1 在图示电路中, $I=10\text{mA}$, $R_1=3\text{k}\Omega$, $R_2=3\text{k}\Omega$, $R_3=6\text{k}\Omega$, $C=2\mu\text{F}$ 。在开关S闭合前电路已处于稳态。求在 $t\geq 0$ 时 u_C 和 i_1 , 并作出它们随时间的变化曲线。



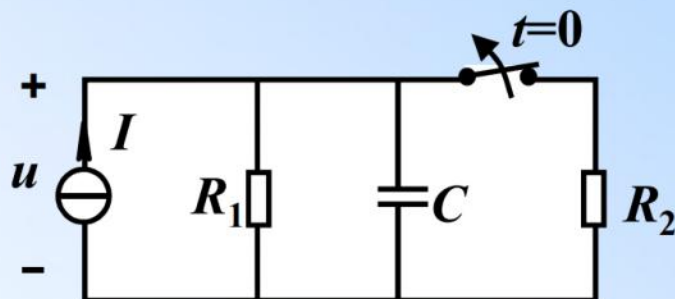
$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = IR_3 = 60\text{V}$$

$$u_C(\infty) = 0\text{V} \quad \tau = (R_1 + R_2 // R_3)C = 1 \times 10^{-2}\text{s}$$

$$u_C = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-t/\tau} = 60e^{-100t}\text{V}$$

$$i_1 = \frac{u_C}{R_1 + R_2 // R_3} = 12e^{-100t}\text{mA} \quad i_1 = -C \frac{du_C}{dt} = -12e^{-100t}\text{mA}$$

3.6.1 在下图中, $R_1=2\text{k}\Omega$, $R_2=1\text{k}\Omega$, $C=3\mu\text{F}$, $I=1\text{mA}$ 。
开关长时间闭合。当将开关断开后, 试求电流源两端的电压。



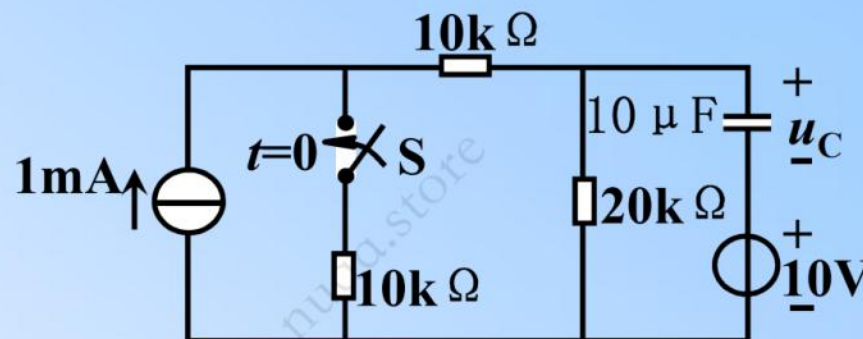
$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = I(R_1 // R_2) = 2/3\text{V}$$

$$u_C(\infty) = R_1 I = 2\text{V} \quad \tau = R_1 C = 6 \times 10^{-3}\text{s}$$

$$u_C = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-t/\tau}$$

$$= 2 + \left[\frac{2}{3} - 2 \right] e^{-t/6 \times 10^{-3}} = 2 - \frac{4}{3} e^{-500t/3} \text{V}$$

3.7.1 电路如图所示。换路前已处于稳态，试求换路后的 u_C 。



$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 10\text{V}$$

$$u_C(\infty) = -5\text{V}$$

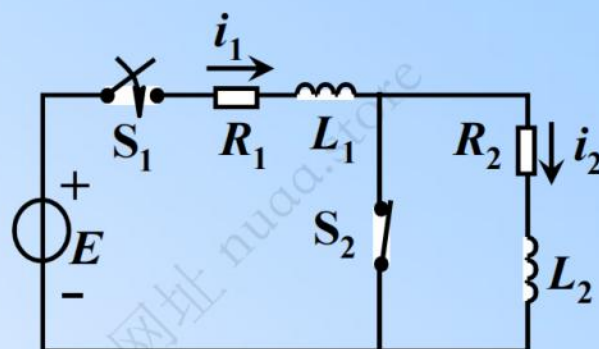
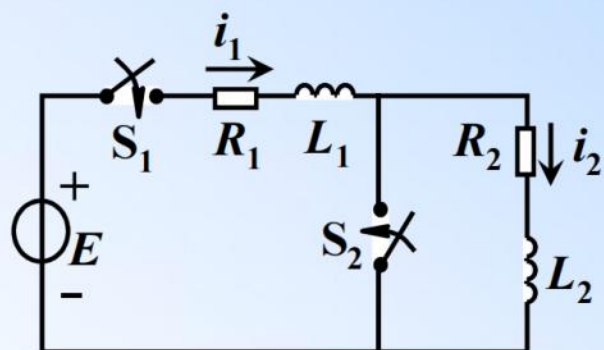
$$\tau = R_0 C = 0.1\text{s}$$

$$u_C = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-t/\tau} = -5 + 15e^{-10t}$$

3.7.2 在图示电路中, $R_1=2\Omega$, $R_2=1\Omega$, $L_1=0.01\text{H}$, $L_2=0.02\text{H}$, $E=6\text{V}$ 。

(1) 试求 S_1 闭合后电路中电流 i_1 和 i_2 的变化规律;

(2) 当 S_1 闭合后电路达到稳定状态时再闭合 S_2 , 试求 i_1 和 i_2 的变化规律。



$$(1) \quad i_1(0_+) = i_1(0_-) = 0\text{A} \quad \tau = \frac{L}{R} = \frac{0.01 + 0.02}{1 + 2} = 0.01\text{s} \quad i_1(\infty) = 2\text{A}$$

$$i_1 = i_1(\infty) + [i_1(0_+) - i_1(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = 2 - 2e^{-100t} = i_2$$

$$(2) \quad \tau_1 = \frac{L_1}{R_1} = \frac{0.01}{2} = 0.005\text{s} \quad i_1 = 3 - e^{-200t}$$

$$\tau_2 = \frac{L_2}{R_2} = \frac{0.02}{1} = 0.02\text{s} \quad i_2 = 2e^{-50t}$$

3.7.3 电路如图所示，在换路前以处于稳态。当将开关从1的位置合到2的位置后，试求 i_L 和 i ，并作出它们的变化曲线。

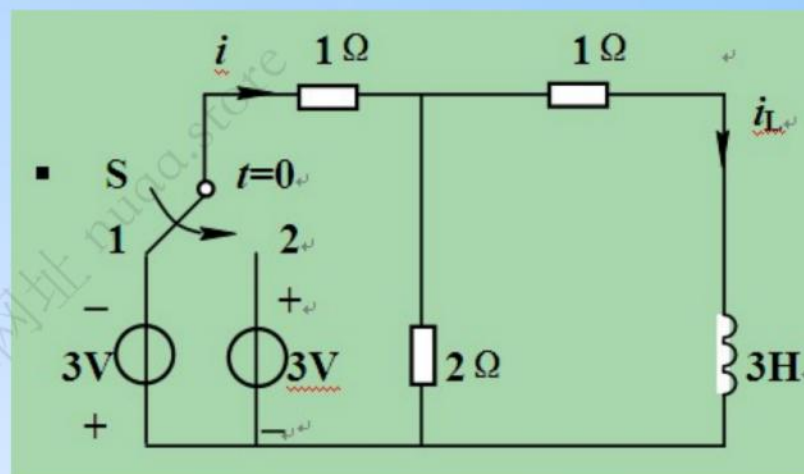
(1) 求 i_L

$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = -\frac{6}{5} \text{ A}$$

$$\tau = \frac{L}{R_0} = \frac{3}{1+1//2} = \frac{9}{5} \text{ s}$$

$$i_L(\infty) = \frac{6}{5} \text{ A}$$

$$i_L = i_L(\infty) + [i_L(0_+) - i_L(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{6}{5} - \frac{12}{5}e^{-\frac{5}{9}t} \text{ A}$$



3.7.3 电路如图所示，在换路前以处于稳态。当将开关从1的位置合到2的位置后，试求 i_L 和 i ，并作出它们的变化曲线。

(2) 求 i

~~$$i(0_+) = i(0_-) = -\frac{9}{5} \text{ A}$$~~

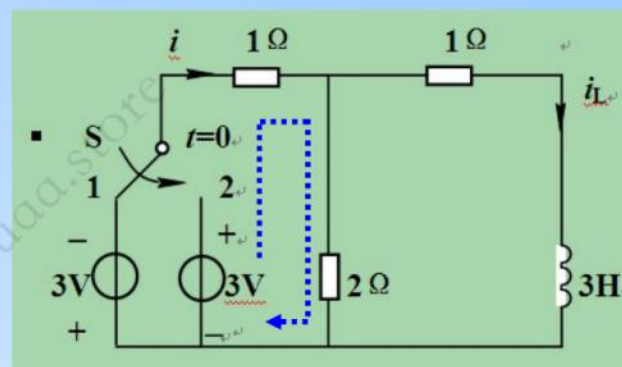
$$3 = i(0_+) \cdot 1 + [i(0_+) - i_L(0_+)] \cdot 2$$

$$i(0_+) = \frac{1}{5} \text{ A}$$

$$\tau = \frac{9}{5} \text{ s}$$

$$i(\infty) = \frac{9}{5} \text{ A}$$

$$i = i(\infty) + [i(0_+) - i(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{9}{5} - \frac{8}{5}e^{-\frac{5}{9}t} \text{ A}$$



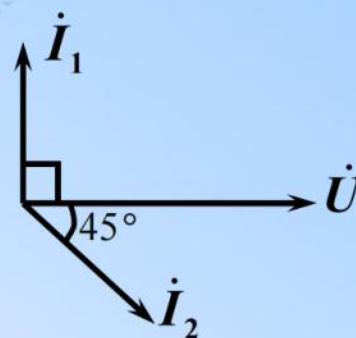
也可以这样求 i

$$3 = i \cdot 1 + 2 \cdot (i - i_L)$$

$$\Rightarrow i = \frac{9}{5} - \frac{8}{5}e^{-\frac{5}{9}t} \text{ A}$$

习题

4.3.1 图示为时间 $t=0$ 时电压和电流的相量图，已知 $U=220\text{V}$ ， $I_1=10\text{A}$ ， $I_2=5\sqrt{2}\text{A}$ ，试分别用三角函数式及复数式表示各正弦量。



$$u \quad U \quad U_m \quad \dot{U} \quad \sqrt{2}$$

$$i \quad I \quad I_m \quad \dot{I} \quad \sqrt{2}$$

习 题

4.3.2 已知正弦量 $\dot{U} = 220e^{j30^\circ} \text{V}$ 和 $\dot{I} = -4 - j3 \text{A}$,

写出 u 、 i 的表达式及 $\dot{U}$ 、 $\dot{I}$ 的三角函数式。

$$i = 5\sqrt{2} \sin(\omega t + 217^\circ) = 5\sqrt{2} \sin(\omega t - 143^\circ)$$

如 $\dot{I} = 4 - j3 \text{A}$,

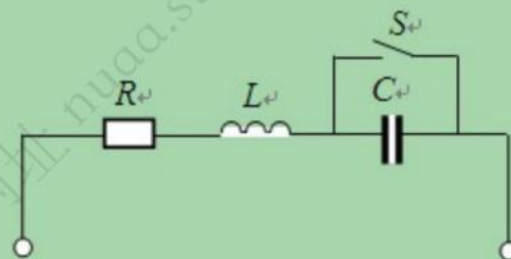
$$i = 5\sqrt{2} \sin(\omega t - 37^\circ)$$

4.4.1 有一由 R 、 L 、 C 元件串联的交流电路，已知 $R = 10\Omega$ ， $L = \frac{1}{31.4}\text{H}$ ， $C = \frac{1}{3140}\text{F}$ 。在电

容元件的两端并联一短路开关 S 。

(1) 当电源电压为 220V 的直流电压时，试分别计算在短路开关闭合和断开两种情况下电路中的电流 I 及各元件上的电压 U_R 、 U_L 、 U_C 。

(2) 当电源电压为正弦电压 $u = 220\sqrt{2}\sin 314t\text{V}$ 时，试分别计算在上述两种情况下电流及各电压的有效值。



(1)

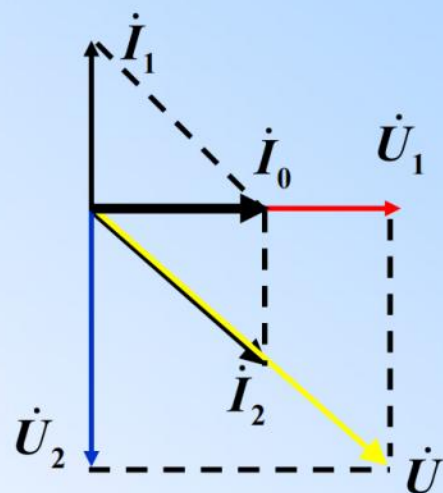
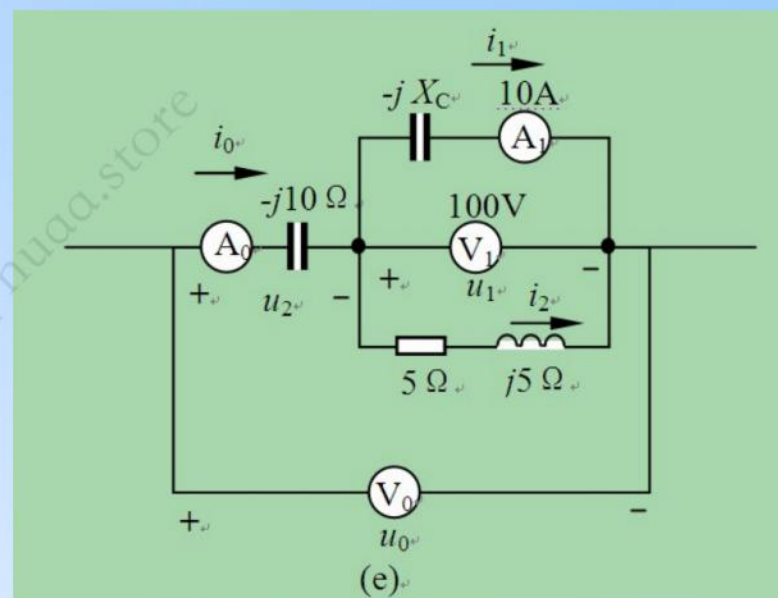
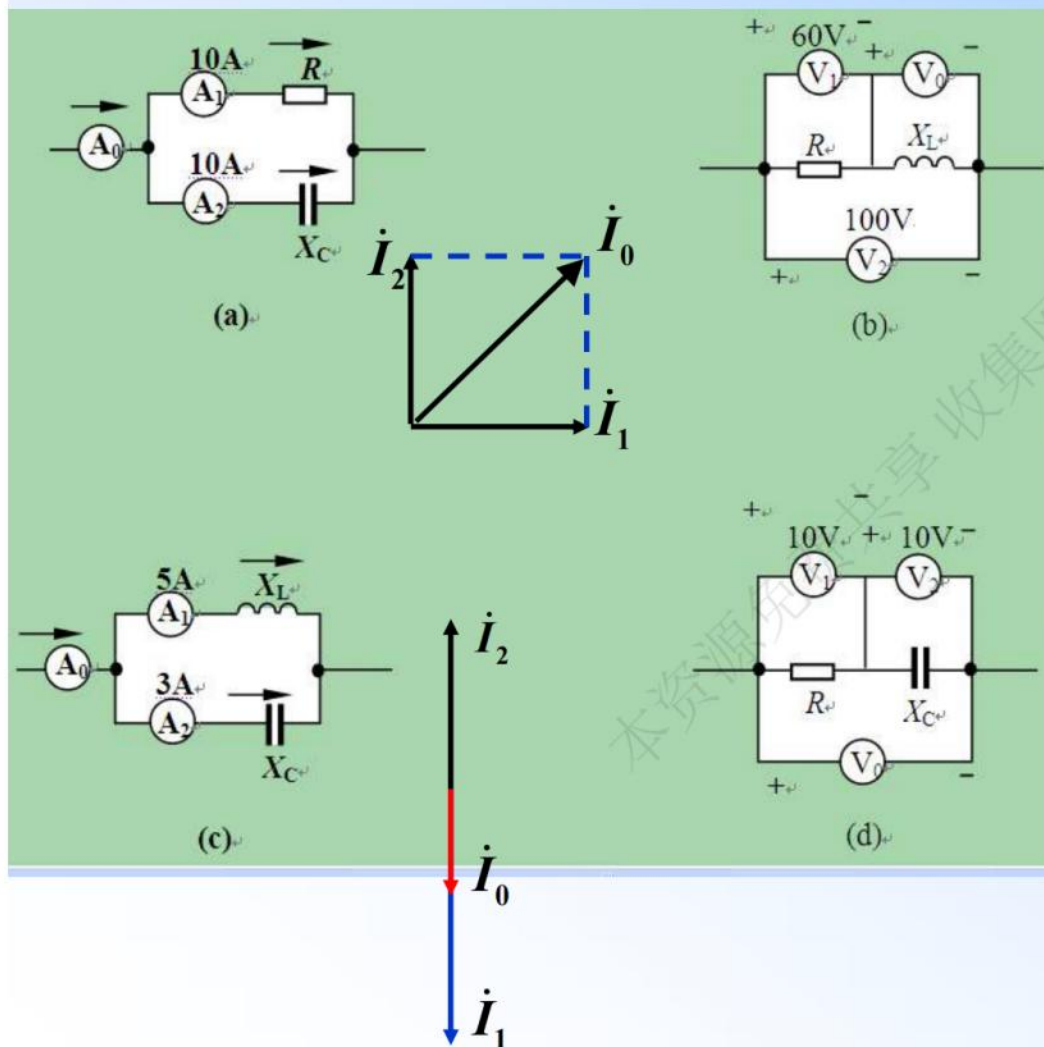
	$I(\text{A})$	$U_R(\text{V})$	$U_L(\text{V})$	$U_C(\text{V})$
S 闭合	22	220	0	0
S 断开	0	0	0	220

(2)

	$I(\text{A})$	$U_R(\text{V})$	$U_L(\text{V})$	$U_C(\text{V})$
S 闭合	$11\sqrt{2}$	$110\sqrt{2}$	$110\sqrt{2}$	0
S 断开	22	220	220	220

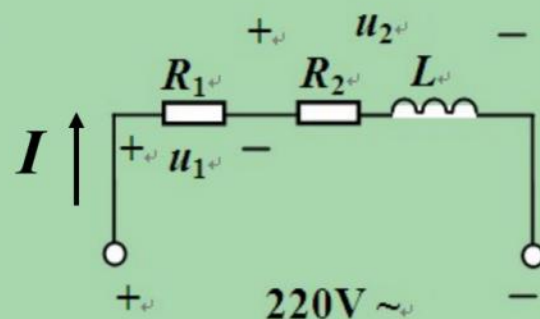
习题

4.5.1 在图示的各电路图中，试求电流表 $\mathbf{A}_0$ 或电压表 $\mathbf{V}_0$ 的读数，并画出各个参数的相量图。



习题

4.5.2 日光灯管与镇流器串联接到交流电压上，可看作为 R 、 L 串联电路。如已知灯管的等效电阻 $R_1=280\ \Omega$ ，镇流器的电阻和电感分别为 $R_2=20\ \Omega$ 和 $L=1.65\text{H}$ ，电源电压 $U=220\text{V}$ ，试求电路中的电流和灯管两端与镇流器上的电压，这两个电压加起来是否等于 220V ？电源频率为 50Hz 。



$$X_L = \omega L = 50 \cdot 2\pi \cdot 1.65 = 518$$

$$I = \frac{220}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + X_L^2}} = 0.367\text{A}$$

$$U_1 = IR_1 = 280 \cdot 0.367 = 102.8\text{V}$$

$$U_2 = I\sqrt{R_2^2 + X_L^2} = 190.2\text{V}$$

$$U_1 + U_2 \neq 220\text{V}$$

习 题

4.5.3 无源二端网络输入端的电压和电流为

$$u = 220\sqrt{2} \sin(314t + 20^\circ)\text{V}, \quad i = 4.4\sqrt{2} \sin(314t - 33^\circ)\text{A}$$

试求此二端网络由两个元件串联的等效电路和元件的参数值，并求二端网络的功率因数及输入的有功功率和无功功率。

$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = 50 \angle 53^\circ = 30 + j40$$

$$R = 30\Omega, \quad L = \frac{40}{314} = 0.127\text{H}$$

$$P = UI \cos 53^\circ = 580.8\text{W}$$

$$Q = UI \sin 53^\circ = 774.4\text{var}$$

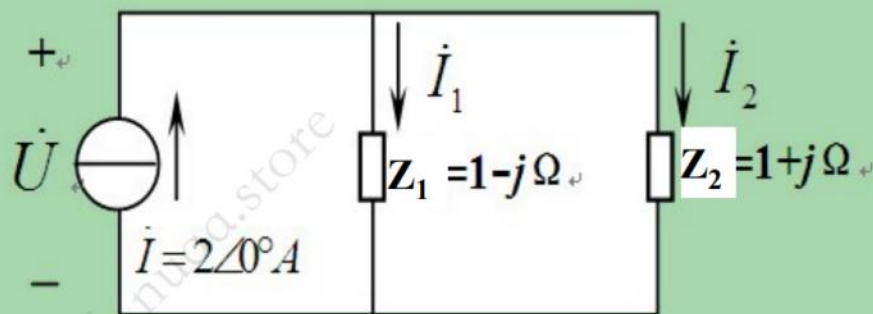
习题

4.6.1 计算图中各支路电流 $\dot{I}_1$ 与 $\dot{I}_2$ 和电压 $\dot{U}$ ，并作相量图。

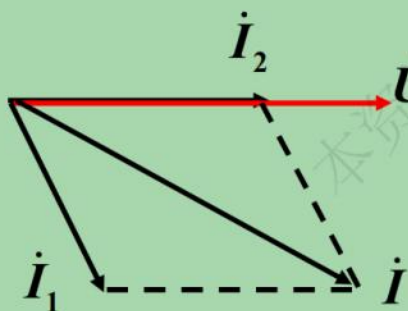
$$\dot{I}_1 = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \dot{I} = \sqrt{2} \angle 45^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_2 = \sqrt{2} \angle -45^\circ \text{ A}$$

$$Z = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = 1 \quad \dot{U} = \dot{I} Z = 2 \angle 0^\circ = 2 \text{ V}$$



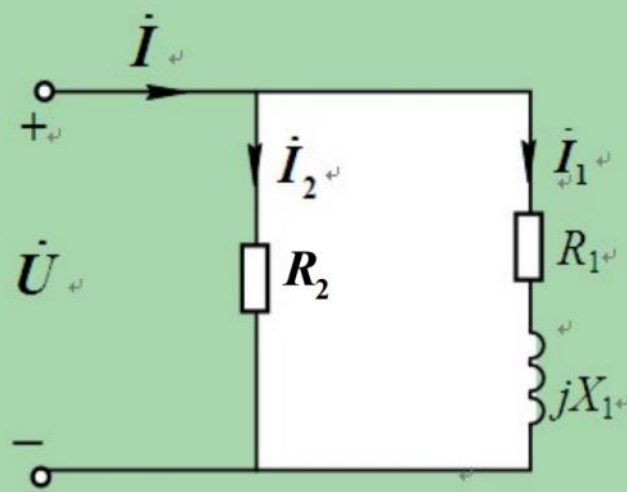
4.6.2 电路如图，已知 $U=220\text{V}$ ， $R_1=10\ \Omega$ ， $X_1=10\sqrt{3}\ \Omega$ ， $R_2=20\ \Omega$ ，试求各个电流的有效值、各条支路的平均功率以及电路总的有功功率。



$$I_1 = I_2 = 11 \text{ A}$$

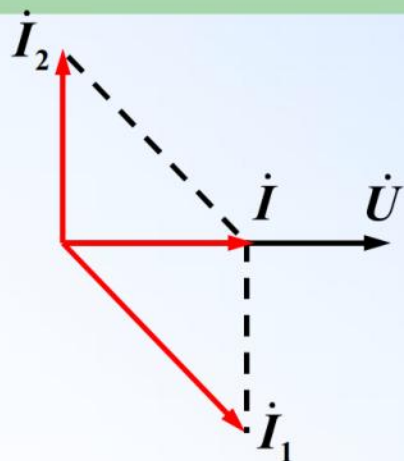
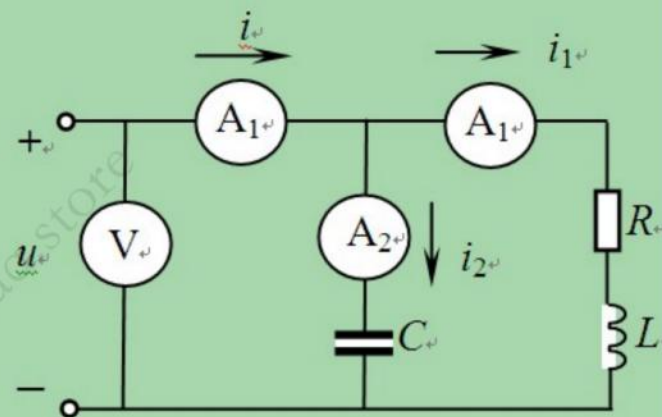
$$I = 11\sqrt{3} \text{ A}$$

$$P = P_1 + P_2 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 = 1210 + 2420 = 3630 \text{ W}$$



习题

4.6.3 在下图中, 已知 $u=220\sqrt{2}\sin 314t\text{V}$, $i_1=22\sin(314t-45^\circ)\text{A}$, $i_2=11\sqrt{2}\sin(314t+90^\circ)\text{A}$, 试求各仪表读数及电路参数 R , L 和 C 。



$$I_1 = 11\sqrt{2}\text{A} \quad I_2 = 11\text{A}$$

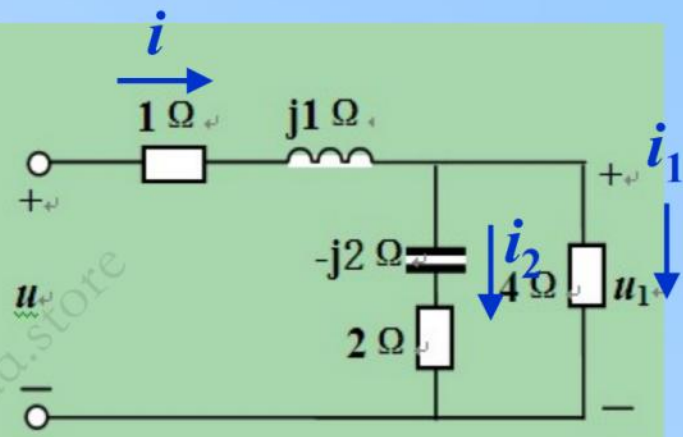
$$I = 11\text{A}$$

$$R = X_L = 10 \Rightarrow L = 0.032\text{H}$$

$$X_C = 20 \Rightarrow C = 159\mu\text{F}$$

习题

4.6.4 在下图中, 已知 $U_1=8\text{V}$, 求 U 、 P 、 Q 及 S 。



$$\text{令 } \dot{U}_1 = 8\angle 0^\circ$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{4} = 2\angle 0^\circ$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_1}{2 - j2} = 2\sqrt{2}\angle 45^\circ$$

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 4 + j2$$

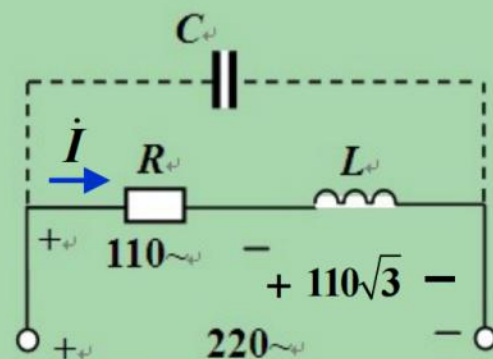
$$\dot{U} = \dot{I}(1 + j1) + \dot{U}_1 = 10 + j6 \Rightarrow U = \sqrt{136} = 2\sqrt{34}$$

$$P = \sum I^2 R = 52\text{W} \quad Q = I^2 X_L - I_2^2 X_C = 4\text{var} \quad S = UI = 4\sqrt{170}\text{VA}$$

习题

4.8.1 今有 40W 的日光灯一个，使用时与镇流器（可近似地把镇流器看成电感）串联在电压为 220V，频率为 50Hz 的电源上。已知灯管工作时属于纯电阻负载，灯管两端电压等于 110V，试求镇流器的感抗与电感。这时电路的功率因数等于多少？若将功率因数提高到 0.8，问应并联多大电容。并联电容器后，日光灯支路的功率因数、电流以及线路电流、有功功率和无功功率等有无改变？

$$I = \frac{P}{U_R} = \frac{40}{110}$$



$$220^2 = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} \Rightarrow U_L = 110\sqrt{3} = IX_L \Rightarrow X_L = 524\Omega, L = 1.67H$$

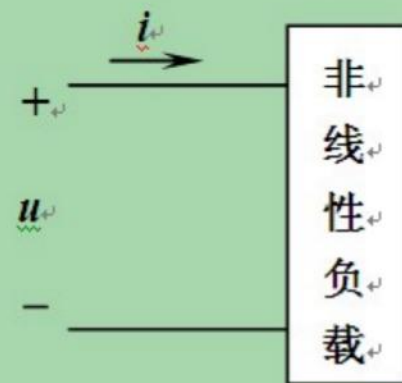
$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S} = 0.5 \quad \cos \varphi = 0.8 \quad \therefore C = \frac{P}{\omega U^2} [\tan \varphi_1 - \tan \varphi] = 2.58\mu F$$

日光灯支路的所有参数保持不变。

线路电流及无功功率减小，有功功率不变

习题

5.2.1 图示电路中， $u = 15 + 220\sqrt{2} \sin \omega t \text{ V}$ ， $i = 10 + 42 \sin \omega t + 7 \sin(5\omega t + 30^\circ) \text{ A}$ ，试求电流 i 的有效值及电路的有功功率。



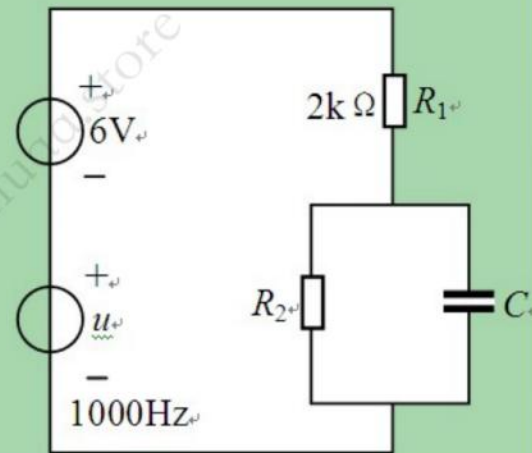
$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 \dots} = \sqrt{10^2 + \left(\frac{42}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{7}{\sqrt{2}}\right)^2} = 31.7 \text{ A}$$

$$P = U_0 I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \cos \varphi_k = 6683.7 \text{ W}$$

习题

5.3.1 在下图中，输入信号中含有直流分量 6V，还有 1000Hz 交流分量，设其有效值为 6V，今要求在电阻 R_2 上输出直流电压 1V，而交流电压很小可以忽略不计，问 R_2 该取多大？

旁路电容 C 大约该取多大（设 $X_C \leq \frac{R_2}{100}$ ）？

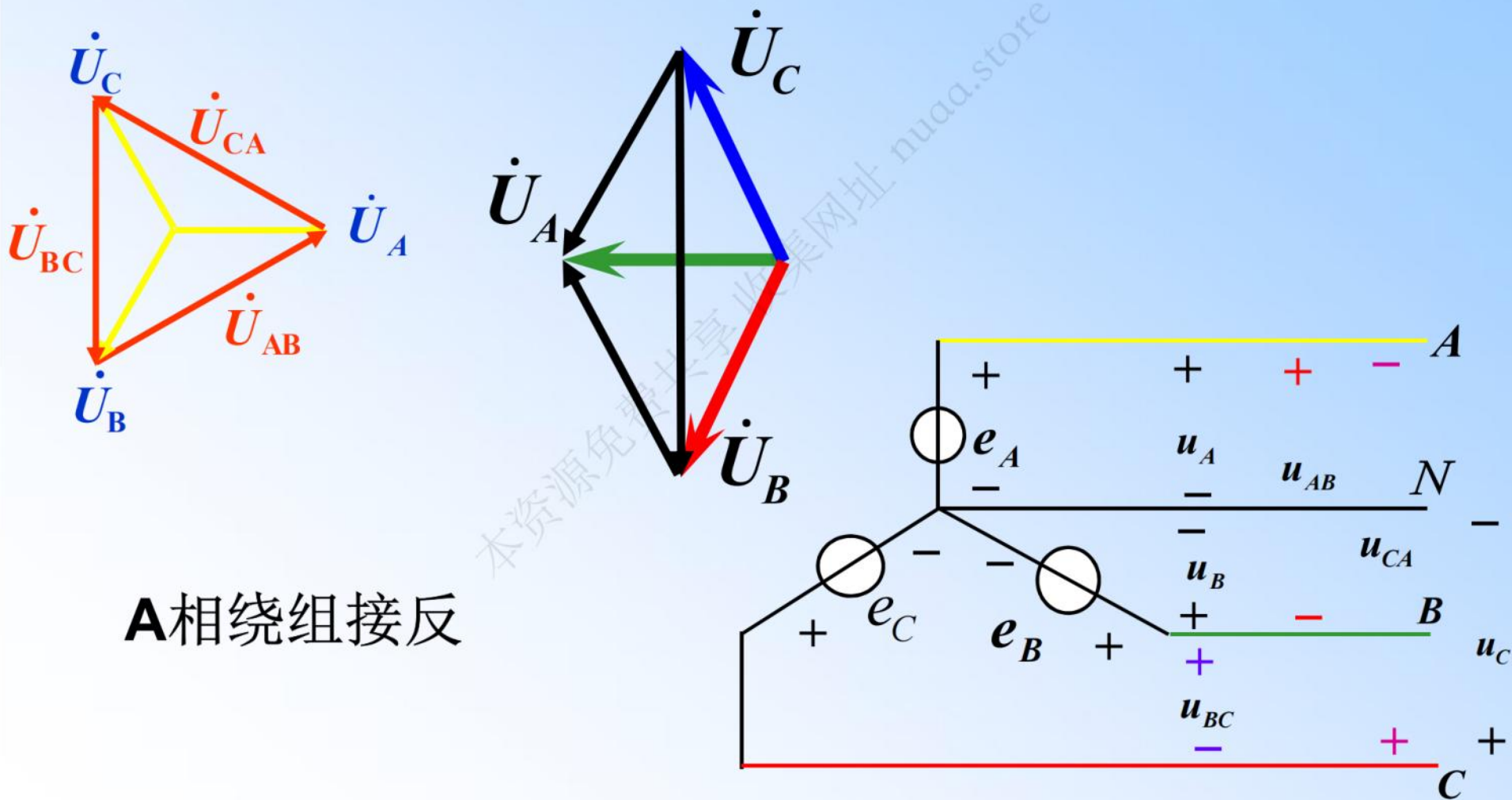


$$1 = 6 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_2 = 400\Omega$$

$$X_C \leq \frac{R_2}{100} = 4 \Rightarrow \frac{1}{\omega C} \leq 4 \Rightarrow C \geq \frac{1}{8000\pi} = 39.8\mu F$$

习题

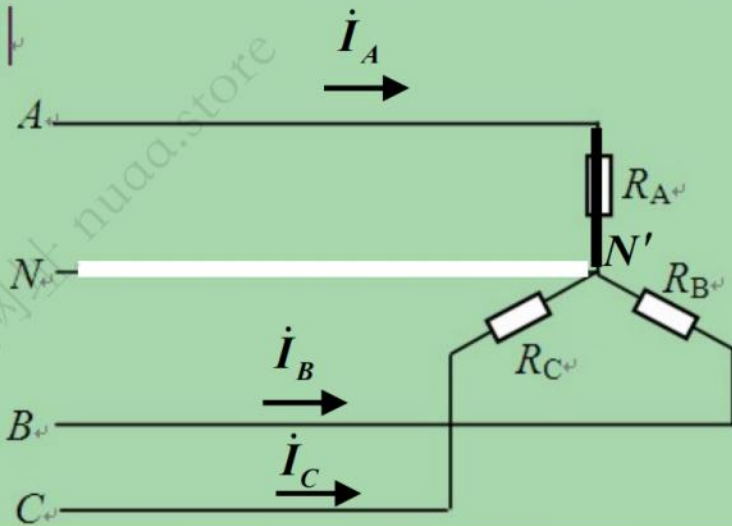
6.1.1 有一台三相发电机，其绕组联成星形，每相额定电压为220V。在一次试验时，用电压表量得相电压 $U_A=U_B=U_C=220V$ ，而线电压则为 $U_{AB}=U_{CA}=220V$ ， $U_{BC}=380V$ ，试问这种现象是如何造成的？



习题

6.2.2

下图所示的是三相四线制电路，电源线电压 $U_l=380\text{V}$ 。三个电阻性负载联成星形，其电阻为 $R_A=11\Omega$ ， $R_B=R_C=22\Omega$ 。(1) 试求负载相电压、相电流及中性线电流，并作出它们的相量图；(2) 如无中线，求负载相电压及中性点电压；(3) 如无中线，求当 A 相负载短路时各相负载电压及电流。



$$(1) \text{ 令 } \dot{U}_A = 220\angle 0^\circ$$

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{R_A} = 20\angle 0^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{R_B} = 10\angle -120^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{R_C} = 10\angle 120^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 10\angle 0^\circ \text{ A}$$

$$(2) \quad \dot{U}_{N'N} = \frac{\frac{\dot{U}_A}{R_A} + \frac{\dot{U}_B}{R_B} + \frac{\dot{U}_C}{R_C}}{\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C}} = 55\angle 0^\circ$$

$$\dot{U}_{AN'} = \dot{U}_A - \dot{U}_{N'N} = 165\angle 0^\circ$$

$$\dot{U}_{BN'} = \dot{U}_B - \dot{U}_{N'N} = 252\angle -131^\circ$$

$$\dot{U}_{CN'} = \dot{U}_C - \dot{U}_{N'N} = 252\angle 131^\circ$$

$$(3) \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_{BA}}{R_B} = \frac{380\angle -150^\circ}{22} = 10\sqrt{3}\angle -150^\circ$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{CA}}{R_C} = \frac{380\angle 150^\circ}{22} = 10\sqrt{3}\angle 150^\circ$$

$$\dot{I}_A = -(\dot{I}_B + \dot{I}_C) = 30\angle 0^\circ$$

6.2.3

在图示的电路中，三相四线制电源电压为 380/220V，接有对称星形联接的白炽灯负载，其总功率为 180W。此外，在 C 相上接有额定电压为 220V，功率为 40W 功率因数为 0.5 的日光灯一制。试求电流 $\dot{I}_A$ 、 $\dot{I}_B$ 、 $\dot{I}_C$ 、 $\dot{I}_N$ 。设 $\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ \text{V}$ 。

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{48400}{60} = 807\Omega$$

$$\dot{I}_A = \frac{220\angle 0^\circ}{R} = 0.273\angle 0^\circ$$

$$\dot{I}_B = \frac{220\angle -120^\circ}{R} = 0.273\angle -120^\circ$$

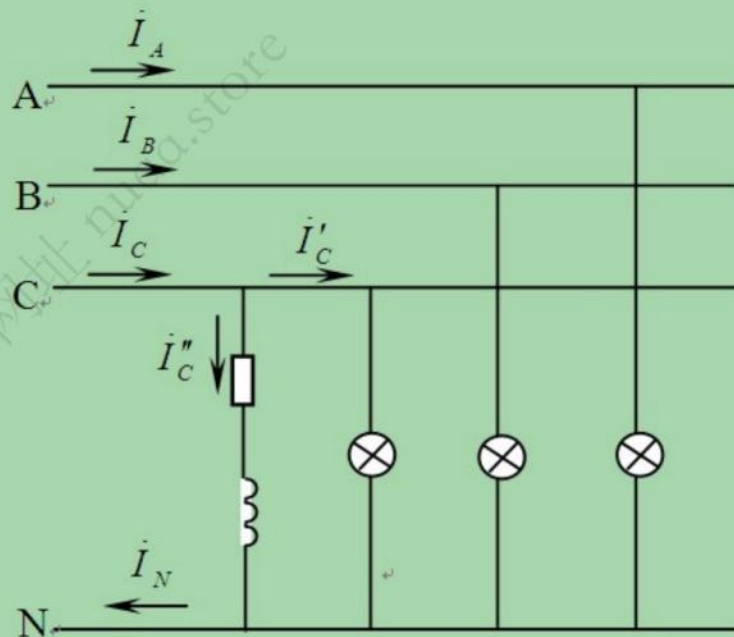
$$\dot{I}'_C = \frac{220\angle 120^\circ}{R} = 0.273\angle 120^\circ$$

$$I''_C = \frac{P}{U_C \cos \varphi} = \frac{40}{220 \times 0.5} = 0.364$$

$$\dot{I}''_C = 0.364\angle (120 - 60)^\circ$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}'_C + \dot{I}''_C = 0.554\angle 85.2^\circ$$

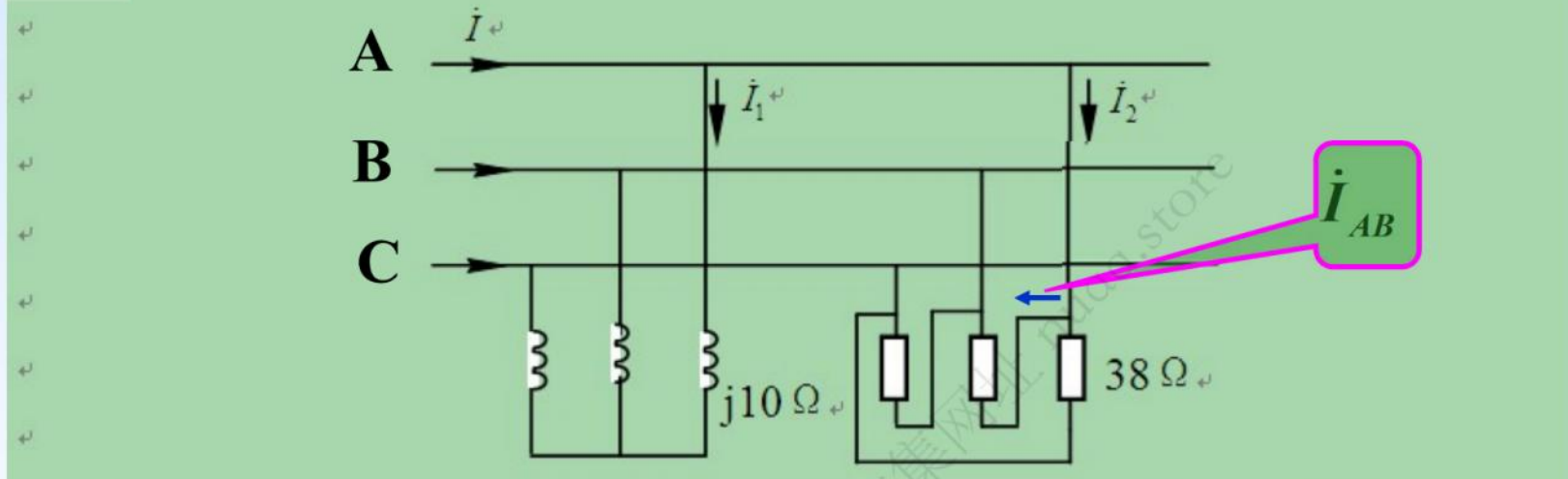
$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C + \dot{I}''_C = 0.364\angle 60^\circ$$



习题

6.3.1

在线电压为 380V 的三相电源上，接两组对称负载，试求线电流 I 。



$$\text{令 } \dot{U}_A = 220 \angle 0^\circ$$

$$\dot{I}_1 = \frac{220 \angle 0^\circ}{j10} = 22 \angle -90^\circ$$

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{38} = \frac{380 \angle 30^\circ}{38} = 10 \angle 30^\circ$$

$$\dot{I}_2 = \sqrt{3} \dot{I}_{AB} \angle -30^\circ = 10\sqrt{3} \angle 0^\circ$$

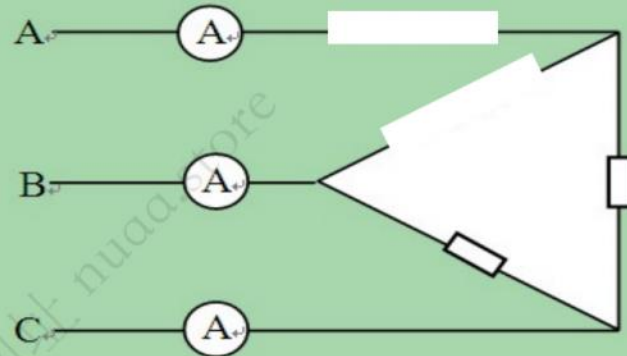
$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \quad I = 28\text{A}$$

本题也可以将 38Ω 的三角形电阻进行 Y- Δ 等效变换

$$\dot{I}_2 = \frac{220 \angle 0^\circ}{38/3} = 10\sqrt{3} \angle 0^\circ$$

习 题

6.4.2 在下图中，对称负载联成三角形，已知电源电压 $U_l=380V$ ，电流表读数 $I_l=17.3A$ ，三相功率 $P=4.5kW$ ，试求：（1）每相负载的电阻和感抗；（2）当 AB 相断开时，图中各电流表的读数和总功率 P ；（3）当 A 线断开时，图中各电流表的读数和总功率 P 。



$$(1) R = \frac{1500}{10^2} = 15 \quad |Z| = \frac{380}{10} = 38 \Rightarrow X = \sqrt{38^2 - 15^2} = 35$$

$$(2) I_A = I_{AC} = \frac{380}{38} = 10 \quad I_B = I_{BC} = 10 \quad I_C = 17.3$$

$$P = \frac{2}{3} \times 4500 = 3000W$$

$$(3) I_A = 0 \quad I_B = I_C = \frac{380}{\left| \frac{2}{3}Z \right|} = 15A \quad P = 1500 + \frac{1500}{2} = 2250W$$

习 题

7.3.1 有一线圈，其匝数 $N=1000$ ，绕在铸钢制成的闭合铁心上，铁心的截面积 $S_{Fe}=20\text{cm}^2$ ，铁心的平均长度 $l_{Fe}=40\text{cm}$ ，如果要在铁心中产生 $\Phi=0.003\text{Wb}$ 的磁通，线圈中应通入多大的直流电流？如果该铁心中含有一段长度 $=0.2\text{cm}$ 的气隙，不考虑磁通的边缘扩散，则此时需要多大的励磁电流才能产生相同大小的磁通？

$$(1) \oint Hdl = NI$$

$$B = \frac{\Phi}{S_{Fe}} = 1.5\text{T} \quad \text{查铸钢的磁化曲线可知 } H=5300\text{A/m}$$

$$\oint Hdl = NI = Hl_{Fe} \Rightarrow I = \frac{Hl_{Fe}}{N} = 2.1\text{A}$$

$$(2) \oint Hdl = H_u l_u + H_0 l_0 \quad B_0 = B_1 = \frac{\Phi}{S_{Fe}} = 1.5\text{T} \Rightarrow H_0 = \frac{B_0}{\mu_0} \Rightarrow I = 4.5\text{A}$$

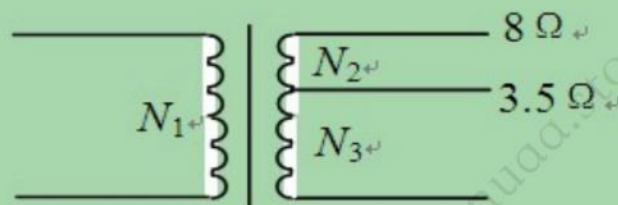
7.4.1 有一交流铁心线圈，接在 $f=50\text{Hz}$ 的工频电源上，在铁心中得到磁通的最大值 $\Phi_m=0.002\text{Wb}$ 。现在该铁心上再绕一个线圈，其匝数为 **300**，则当该线圈开路时，其两端电压 **U** 为多大？

$$U \approx E = 4.44 f N \Phi_m = 133.2\text{V}$$

习题

7.5.1

在下图中，输出变压器的副绕组有中间抽头，以便接 $8\ \Omega$ 或 $3.5\ \Omega$ 的扬声器，两者都能达到阻抗匹配，试求副绕组两部分匝数之比 N_2/N_3 。



$$\left(\frac{N_1}{N_3}\right)^2 \times 3.5 = \left(\frac{N_1}{N_3 + N_2}\right)^2 \times 8$$

$$\Rightarrow \frac{N_2}{N_3} \approx 0.51$$

习题

7.5.2

(1) 220V电源

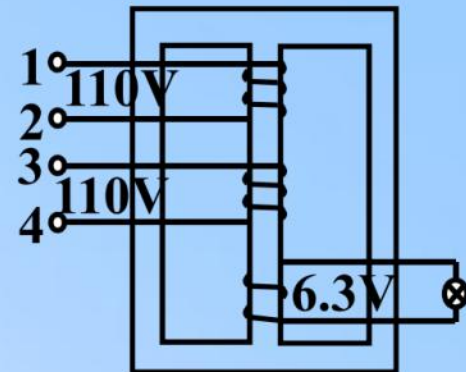
2、3相联

1、4接电源

110V电源

1、3相联 → 电

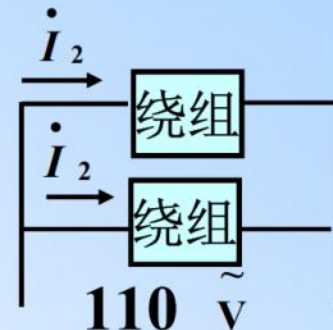
2、4相联 → 源



在这两种情况下，副绕组两端电压及其中电流有无改变？
每个原绕组中的电流有无改变？（设负载一定）

由 $110 = 4.44fN\Phi_m$ 可知无论串联还是并联， Φ_m 不变，也即副边输出电压不变

等效电路：



变压器输出功率不变 $P = 220 \times I_1 \cos \varphi = 110 \times 2I_2 \cos \varphi$

$$\rightarrow I_1 = I_2$$

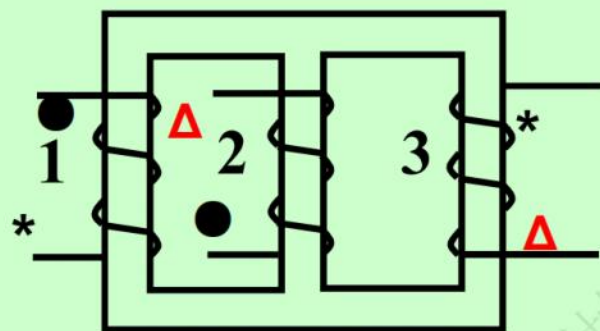
(2) 磁通相互抵消，副边感应电动势为零

原边线圈电流很大，烧毁绕组

习题

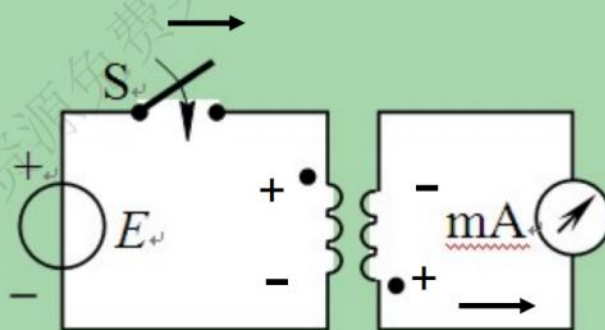
7.5.3

有三个线圈如图所示，试定出线圈 1 和 2，2 和 3，3 和 1 的同极性端，用三种记号●、 Δ 及* 标出。



7.5.4

当闭合 S 时，画出两回路中电流的实际方向。



习 题

8.3.1

有台三相异步电动机，其额定转速为 1470r/min 。电源频率为 50Hz 。在 (a) 起动瞬间，(b) 转子转速为同步转速的 $2/3$ 时，(c) 转差率为 0.02 时三种情况下，试求：(1) 定子旋转磁场对定子的转速；(2) 定子旋转磁场对转子的转速；(3) 转子旋转磁场对转子的转速；(4) 转子旋转磁场对定子的转速；(5) 转子旋转磁场对定子旋转磁场的转速。

转子旋转磁场？

磁场或磁通由定子电流和转子电流共同产生

转子旋转磁场即为定子旋转磁场

	定子磁场相 对于定子	定子磁场相 对于转子	转子磁场相 对于转子	转子磁场相 对于定子	转子磁场 相对于定 子磁场
$n=0$	1500	1500	1500	1500	0
$n=500$	1500	500	500	1500	0
$n=30$	1500	30	30	1500	0

习 题

8.6.1 某四极三相异步电动机的额定功率为 30kW，额定电压为 380V，三角形接法，频率为 50Hz。在额定负载下运行，其转差率为 0.02，效率为 90%，线电流为 57.5A，试求：（1）转子旋转磁场对转子的转速；（2）额定转矩；（3）电动机的功率因数。

$$(1) \quad p = 2 \qquad n_0 = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60 \times 50}{2} = 1500$$

转子旋转磁场相对转子的转速为 $n_0 - n = sn_0 = 30$

$$(2) \quad T_N = 9550 \frac{P}{n} = 9550 \frac{30}{1470} = 194.9 N \cdot m$$

$$(3) \quad P = \sqrt{3} U_N I_N \eta \cos \varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 57.5 \times 0.9 \cos \varphi$$

$$\cos \varphi = 0.88$$

习 题

8.7.1

上题中电动机的 $T_{st}/T_N=1.2$, $I_{st}/I_N=7$, 试求: (1) 用 Y- Δ 换接起动时的起动电流和起动转矩; (2) 当负载转矩为额定转矩的 60% 和 25% 时, 电动机能否起动?

$$(1) \quad I'_{ST} = \frac{1}{3} I_{ST} = \frac{1}{3} \times 7 \times 57.5 = 134.2 A$$

$$T'_{ST} = \frac{1}{3} T_{ST} = \frac{1}{3} \times 1.2 \times 194.9 = 77.96 N \cdot m$$

$$(2) \quad \frac{T'_{ST}}{T_N \times 60\%} < 1 \quad \text{不能起动}$$
$$\frac{T'_{ST}}{T_N \times 25\%} > 1 \quad \text{能起动}$$

习题

8.7.2

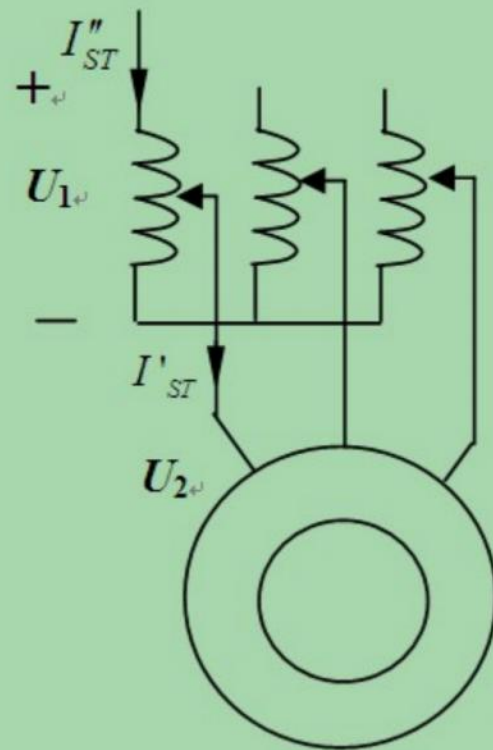
在习题 7.4.7 中，如果采用自耦变压器降压起动，而使电动机的起动转矩为额定转矩的 85%，试求：（1）自耦变压器的变比；（2）电动机的起动电流和线路上的起动电流各为多少？

$$\left. \begin{aligned} (1) \quad T'_{ST} &= 0.85T_N \\ T_{ST} &= 1.2T_N \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{T'_{ST}}{T_{ST}} = \frac{0.85}{1.2} = \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$$

$$\Rightarrow k = \frac{N_2}{N_1} = 0.84$$

$$(2) \quad \because \frac{I'_{ST}}{I_{ST}} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

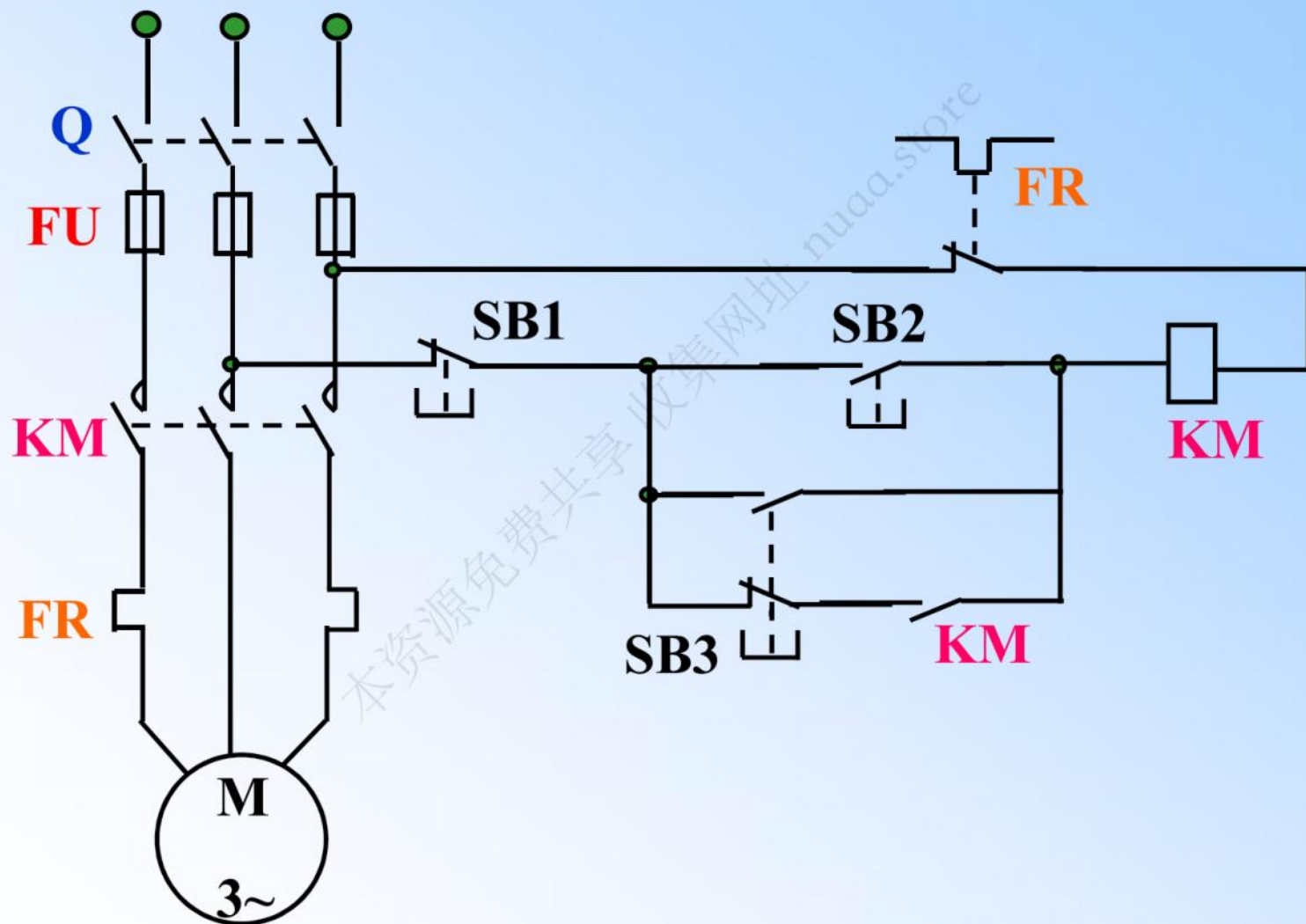
$$\Rightarrow I'_{ST} = \frac{N_2}{N_1} I_{ST} = 0.84 \times 7 \times 57.5 = 338.2 A$$



线路
$$I''_{ST} = \frac{N_2}{N_1} I'_{ST} = 0.84 \times 338.2 = 284.2 A$$

习题

10.3.1 画出三相鼠笼电动机既能连续工作又能点动工作的继电器接触器控制线路



习题

10.3.2 主轴电机和油泵电机

- (1) 主轴必须在油泵开动后才能开动
- (2) 主轴要求能用电器实现正反转，并能单独停车
- (3) 短路、过载、零压保护

