电工与电子技术复习要点

一、电路的基本概念与定律

1. 电压、电流的参考方向。

2. 电路中功率平衡的概念及功率的计算。

3. 电路中电位的计算。

4. 元件开路和短路时是否有电压和电流。

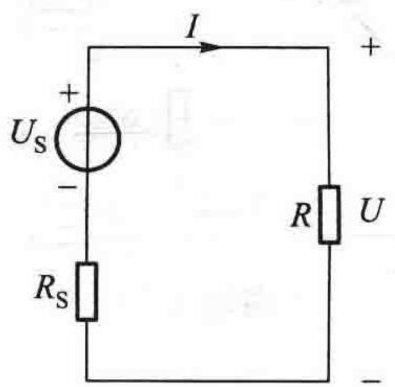
5. 欧姆定律，基尔霍夫定律的应用。

1.4　一直流电源的电路模型如图题 1.4 所示，电源的额定电压 $U_N=220$ V，额定功率 $P_N=10$ kW，内阻 $R_S=0.6\Omega$，负载电阻 $R=10\ \Omega$。试求：

(1) 电源的额定电流以及电源电压 U_S；

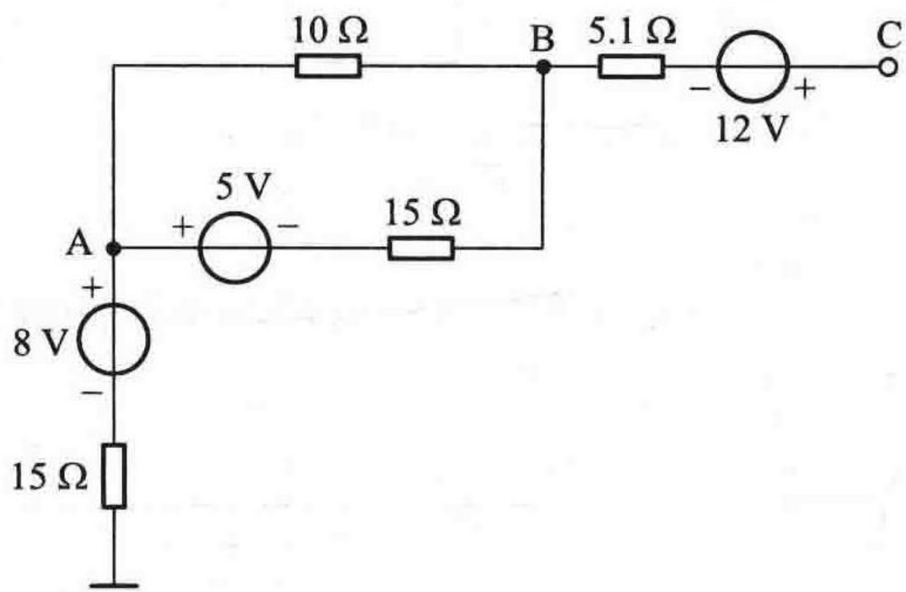
(2) 电源带 1 个负载时，电源的输出电流、端电压及输出功率；

(3) 电源带 5 个这样的负载时，电源的输出电流、端电压及功率。

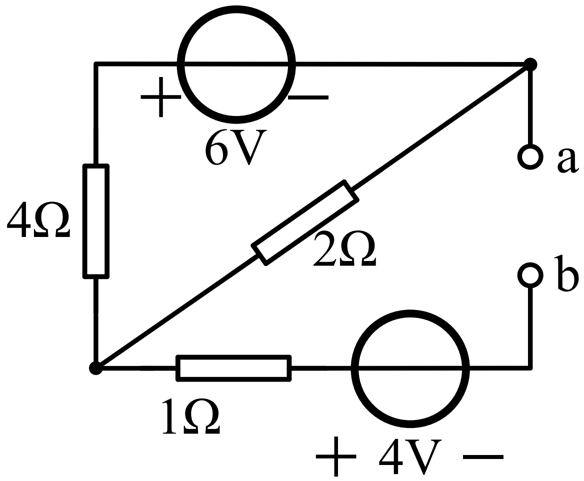


图题 1.4

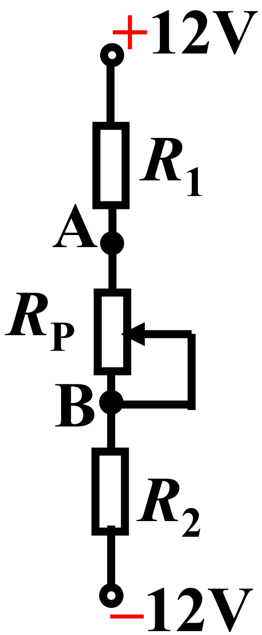
1.7　电路如图题 1.7 所示，试计算 A、B、C 各点的电位。

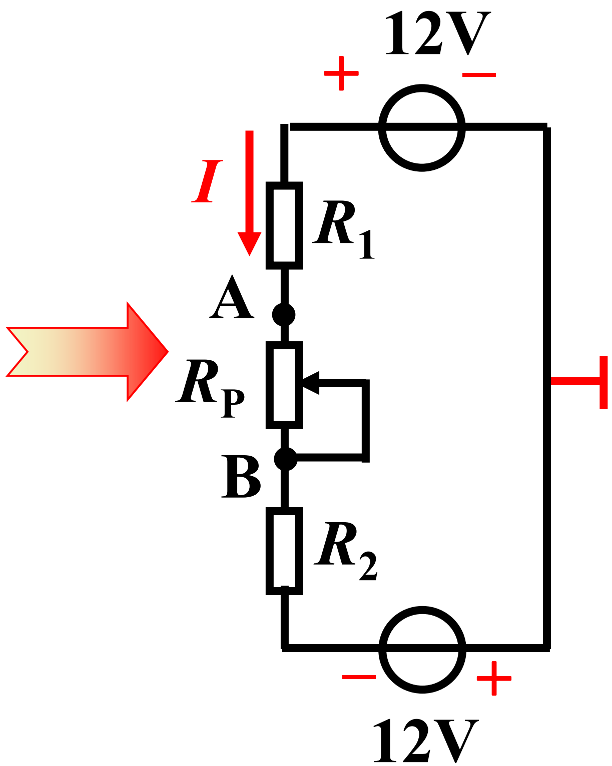


例1.1：求图示电路中, V_{ab} =?



例1.2：电路如下图所示，(1) 零电位参考点在哪里？画电路图表示出来。(2) 当电位器R_P的滑动触点向下滑动时，A、B两点的电位增高了还是降低了？





解：（1）电路如左图，零电位参考点为+12V电源的“–”端与–12V电源的“+”端的联接处。

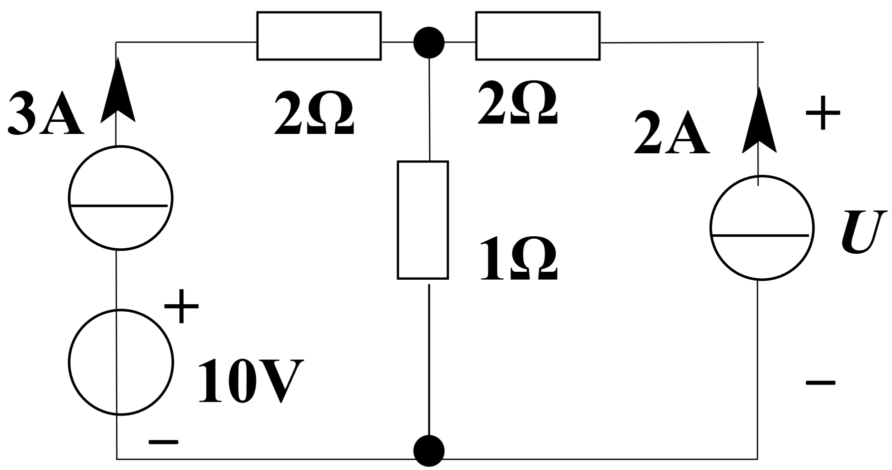
（2） $V_A = -IR_1 + 12$

$V_B = IR_2 - 12$

当电位器R_P的滑动触点向下滑动时，回路中的电流 I 减小，所以A电位增高、B点电位降低。

例1.3：求: (1) 电压U；

(2) 3A电流源发出的功率。



解: (1) $U = 2 \times 2 + 5 \times 1 = 9\text{V}$

(2) $P = -3\text{W}$

二、电路的分析方法

1. 电阻的串、并联及等效电路；分压公式与分流公式要牢记。

2. 两种电源的等效变换。

3. 支路电流法

注意1：列回路电压方程时要避开电流源支路。

注意1：列结点电流方程时，方程数为n-1；列回路电压方程时，方程数为网孔数。

4. 结点电压法

注意1：列两个结点电压方程时，电流源支路中的电阻相当短路。

5. 叠加原理

注意1：电压源不起作用时相当短路，电流源不起作用时相当开路。

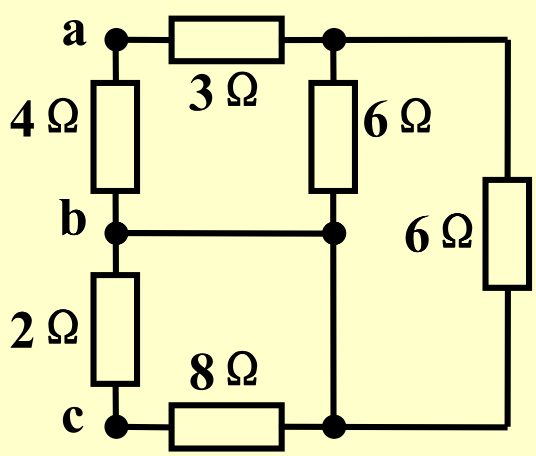
注意2：电路中有三个电源时，将电源分成组，还是叠加两次。

6.戴维南定理

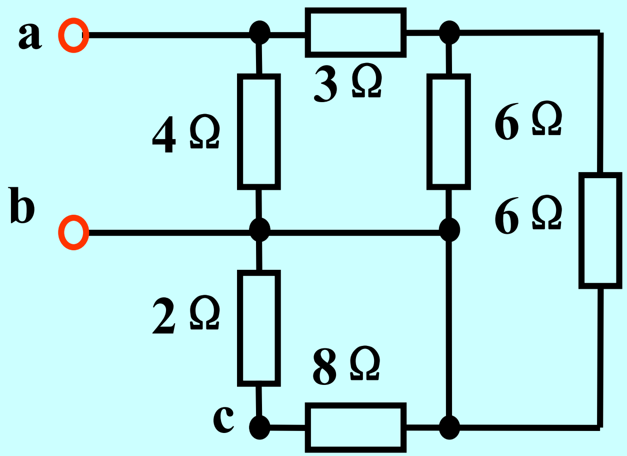
电压源的电压等于有源一端口网络的开路电压，

电阻等于有源一端口网络对应的无源一端口网络的等效电阻。

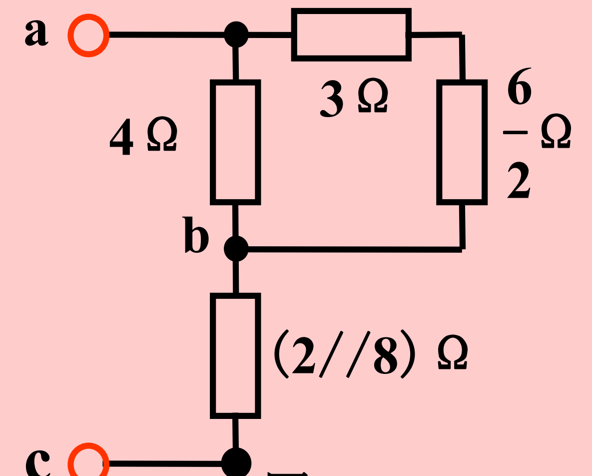
例2.1: 求图A电路的 (1) R_{ab} (2) R_{ac}



图A



图B



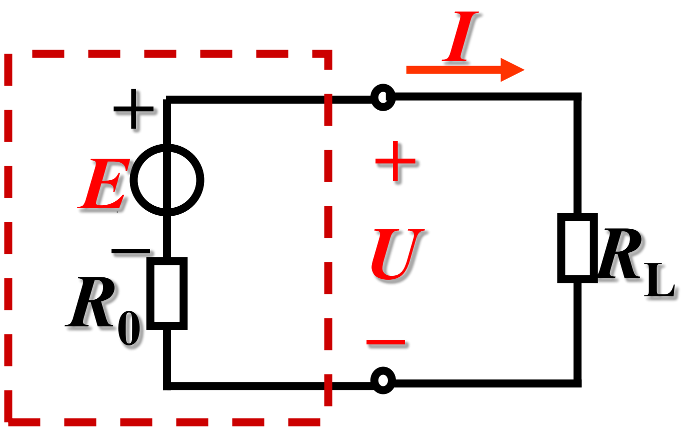
图C

解:

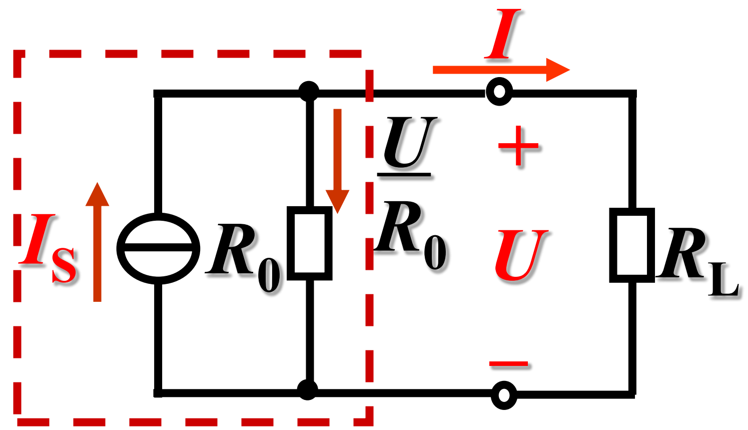
$$(1) R_{ab}= 4 // [3+(6 // 6)]=4 // [3+3]=(4\times 6) / (4+6)=2.4\Omega$$

$$(2)\ R_{ac}=\{4 // [3+(6 / 2)]\}+(2 // 8) = 2.4+1.6 = 4\ \Omega$$

电压源与电流源的等效变换



电压源



电流源

由图a：

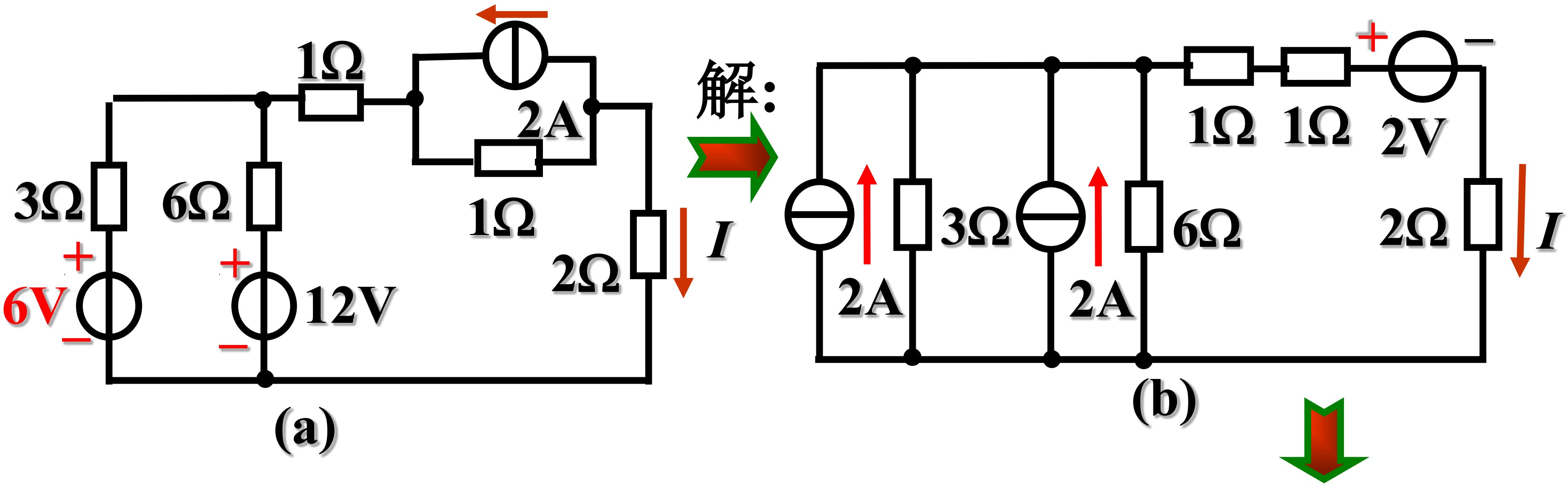
$U = E - IR_0$

由图b：

$U = I_S R_0 - IR_0$

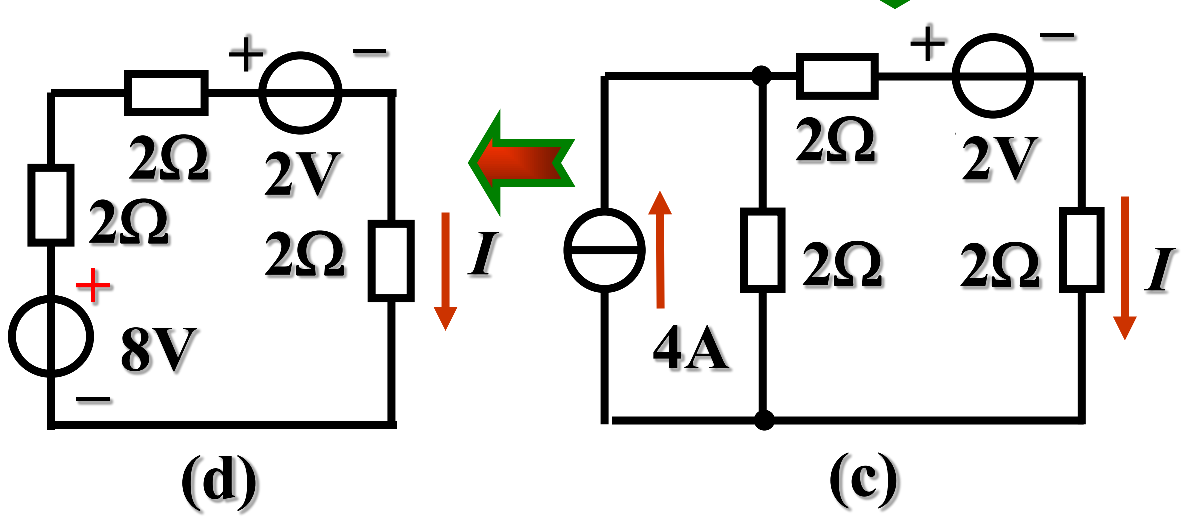
等效变换条件：$\begin{cases} E = I_S R_0 \\ I_S = \dfrac{E}{R_0} \end{cases}$

例2.2:试用电压源与电流源等效变换的方法，计算2Ω电阻中的电流I。

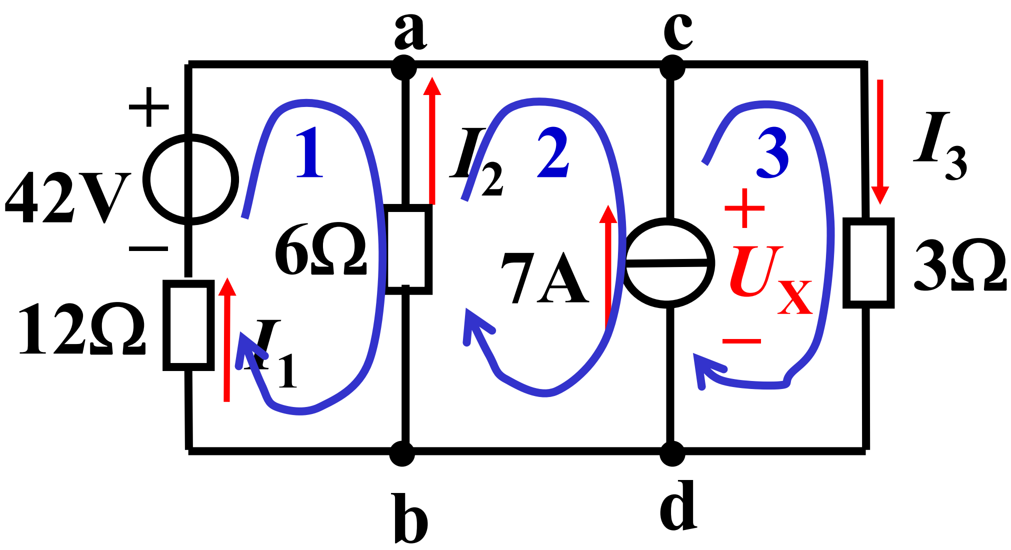


由图(d)可得

$$I = \frac{8-2}{2+2+2}\text{A} = 1\text{A}$$



例2.3：试用支路电流法求各支路电流。



注意：

1.支路数b=4，但电流源支路的电流已知，则未知数只有3个，只需列写3个方程。

2.因电流源两端的电压未知，列KVL方程时要避开电流源支路。

(1) 应用KCL列结点电流方程，方程数为n-1

对结点 a： $I_1 + I_2 – I_3 = – 7$

(2) 应用KVL列电压方程，方程数为网孔数

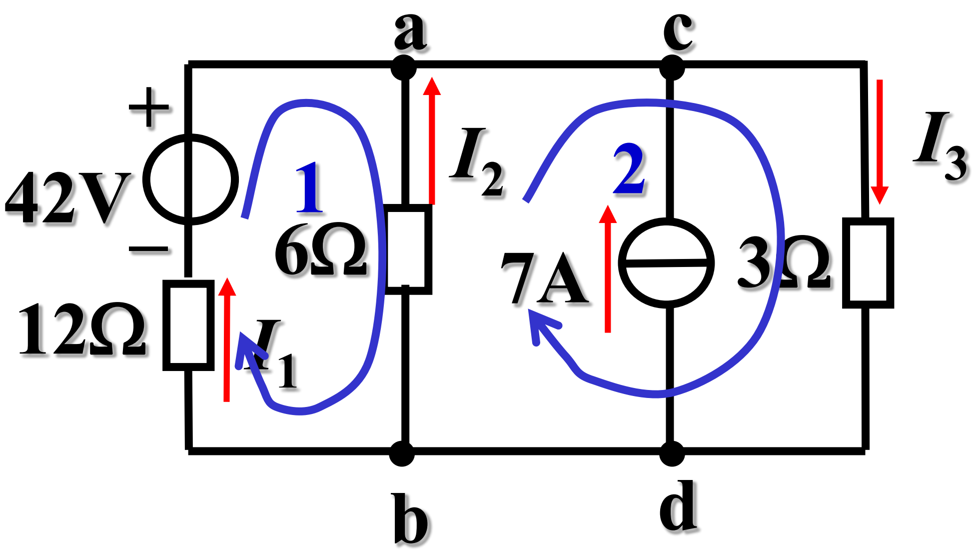
对回路1： $12I_1 – 6I_2 = 42$

对回路2： $6I_2 + U_X = 0$

对回路3： $–U_X + 3I_3 = 0$

(3) 联立解得：I_1= 2A， I_2= –3A， I_3=6A

例2.3：试用支路电流法求各支路电流。



(1) 应用KCL列结点电流方程

对结点 a：$I_1 + I_2 - I_3 = -7$

(2) 应用KVL列回路电压方程

对回路1：$12I_1 - 6I_2 = 42$

对回路2：$6I_2 + 3I_3 = 0$

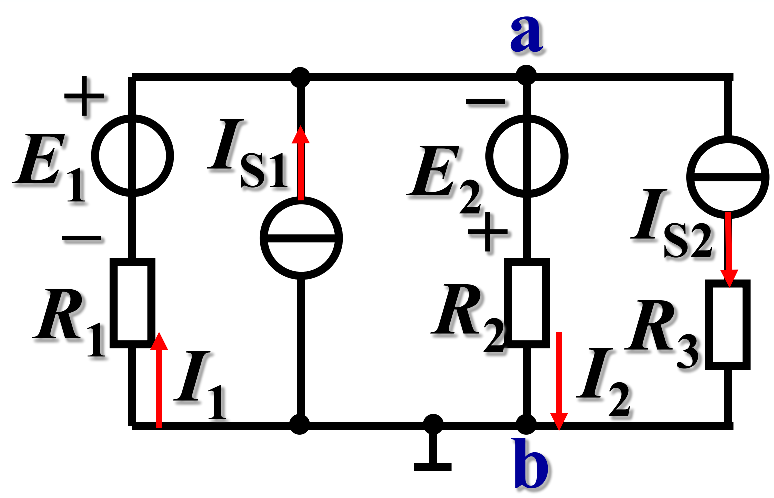
(3) 联立解得：$I_1 = 2A$，$I_2 = -3A$，$I_3 = 6A$

例2.4: 利用结点电压法求U_{ab}

已知：E_1=50 V、E_2=30 V

I_{S1}=7 A、 I_{S2}=2 A

R_1=2 Ω、R_2=3 Ω、R_3=5 Ω

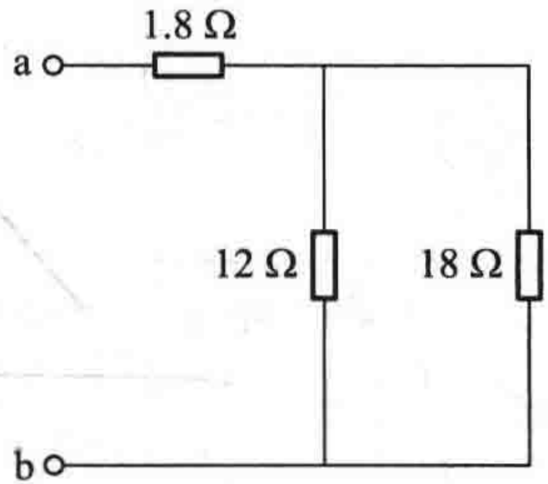


解:

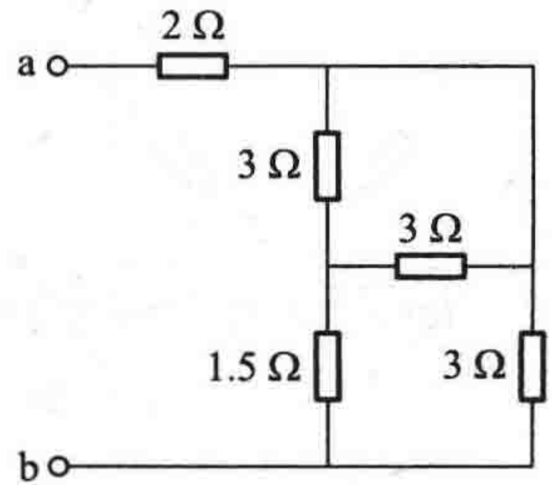
$$U_{ab}=\frac{\dfrac{E_1}{R_1}-\dfrac{E_2}{R_2}+I_{S1}-I_{S2}}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}}=\frac{\dfrac{50}{2}-\dfrac{30}{3}+7-2}{\dfrac{1}{2}+\dfrac{1}{3}}\mathrm{V}=24\mathrm{V}$$

注意：电流源支路的电阻R_3不应出现在分母中。

2.1 电路如图题 2.1(a)、(b)所示，求出 a、b 端口间的等效电阻 R_{ab}。



(a)



(b)

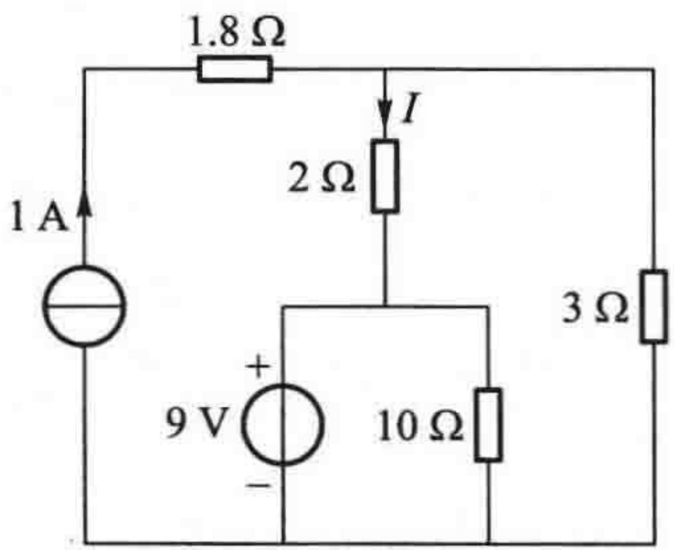
图题 2.1

2.7 已知电路如图题 2.7 所示。要求：

(1) 能否快速计算出流过 1.8 Ω 电阻和 10 Ω 电阻的电流？

(2) 用叠加原理计算电流 I；

(3) 再用戴维宁定理计算电流 I。



图题 2.7

三、正弦交流电路的分析

1. 正弦量的相量法。

注意1：熟练掌握相量公式及其转换。

注意2：会用相量图求解正弦量。

2. 熟练掌握阻抗、感抗、容抗的概念与公式。

3. 理解电感、电容的工作性质。

4. 掌握交流电路的有功功率、无功功率、视在功率、功率因数的概念与计算公式

5. RLC串联、并联电路的分析（用相量图与相量式）

注意1：不论是用相量图还是用相量式求解，都要设参考相量。

注意2：用相量图求解时，对于串联电路，应以电流为参考相量。对于并联电路，应以电压为参考相量。

正弦量的相量表示法

$$F = a + \mathrm{j}b = |F|(\cos\theta + \mathrm{j}\sin\theta) = |F|e^{\mathrm{j}\theta} = |F|\angle\theta$$

代数式　　指数式　　极坐标式

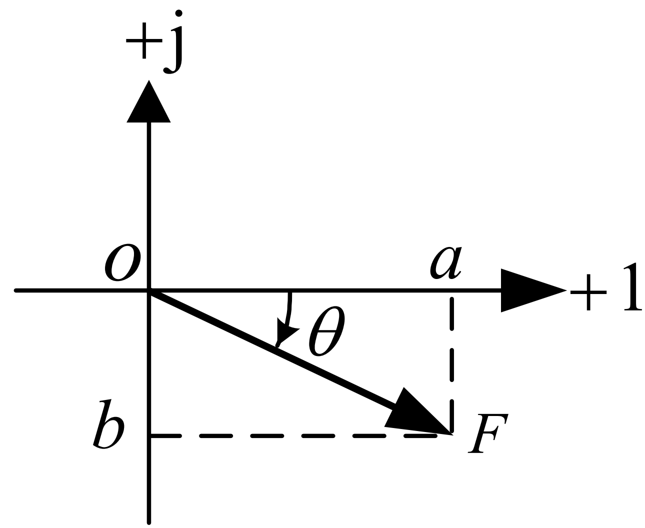
两组参数（相互关系）

$$\begin{cases} |F| = \sqrt{a^2 + b^2} \\ \theta = \arctan\dfrac{b}{a} \end{cases}$$

取值由复数在复平面上的象限而定

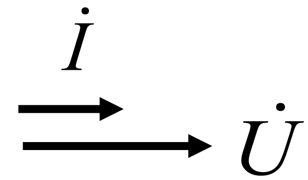
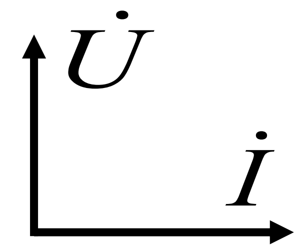
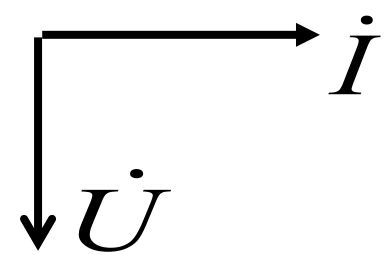
$(-\pi < \theta < \pi)$

$$\begin{cases} a = |F|\cos\theta \\ b = |F|\sin\theta \end{cases}$$

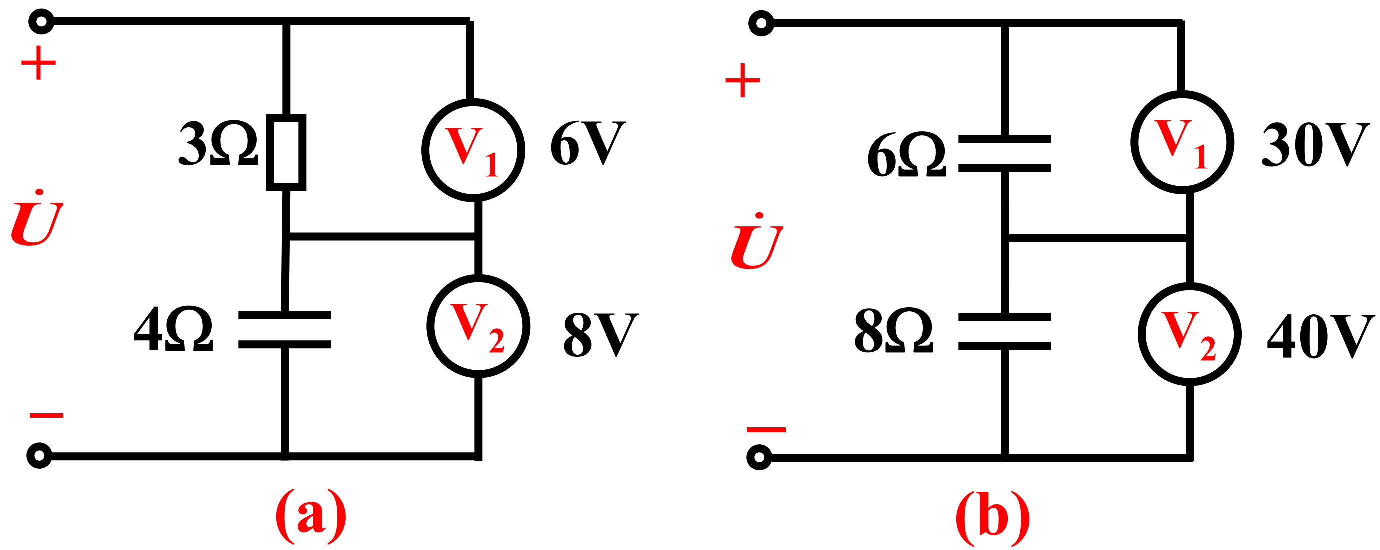


$(-90^\circ, 0^\circ)$

单一参数正弦交流电路的分析计算小结

电路参数 **R**：$u = iR$	$\dot{U} = R\dot{I}$	
电路参数 **L**：$u = L\dfrac{di}{dt}$	$\dot{U} = \mathrm{j}X_{\mathrm{L}}\dot{I}$	
电路参数 **C**：$i = C\dfrac{du}{dt}$	$\dot{U} = -\mathrm{j}X_{\mathrm{C}}\dot{I}$	

思考：下列各图中给定的电路电压、阻抗是否正确?

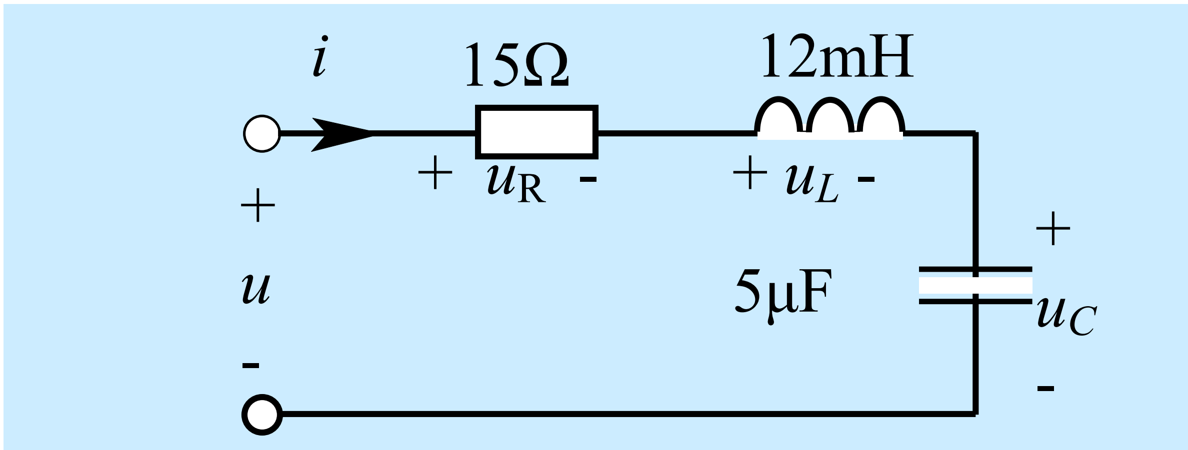


$|Z| = 7\Omega$ $\quad U$=14V ？ $\qquad |Z| = 14\,\Omega$ $\quad U$=70V ?

两个阻抗串联时，在什么情况下:

$|Z| = |Z_1| + |Z_2|$ 成立。

例1：图示电路已知：$u = 100\sqrt{2}\cos(5000t + 80°)\mathrm{V}$，试求正弦稳态下的$i$、$u_R$、$u_L$与$u_C$，并作相量图。



解：

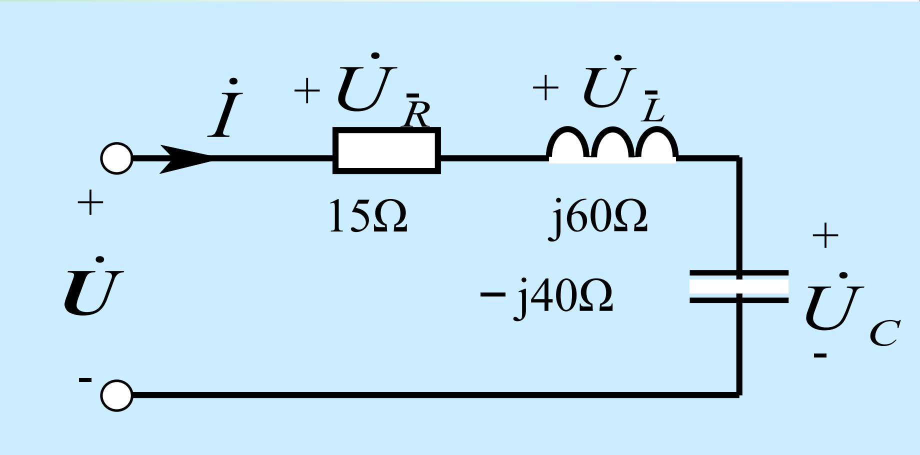
$$u_L + u_R + u_C = u$$

$$L\frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} idt = u$$

$$\boxed{LC\frac{d^2 i}{dt^2} + RC\frac{di}{dt} + i = C\frac{du}{dt}}$$

对正弦量的二阶微分方程很难求解。

建立电路的相量模型



$$X_L = \omega L = 5\times 12 = 60\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{5\times 0.005} = 40\Omega\ ;$$

$$\dot{U} = 100\angle 80°V$$

$$Z = Z_R + Z_L + Z_C = R + jX_L - jX_C$$

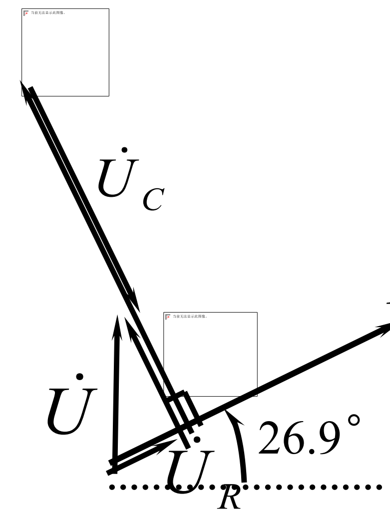
$$= 15 + j60 - j40 = 15 + j20 = 25\angle 53.1$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{100\angle 80°}{25\angle 53.1°} = 4\angle 26.9°\ \ \text{A};$$

$$\dot{U}_R = R\dot{I} = 15\times 4\angle 26.9° = 60\angle 26.9°$$

$$\dot{U}_L = jX_L\dot{I} = j60\times 4\angle 26.9° = 240\angle 116.9°$$

$$\dot{U}_c = -jX_c\dot{I} = -j40\times 4\angle 26.9° = 160\angle -63.1°$$

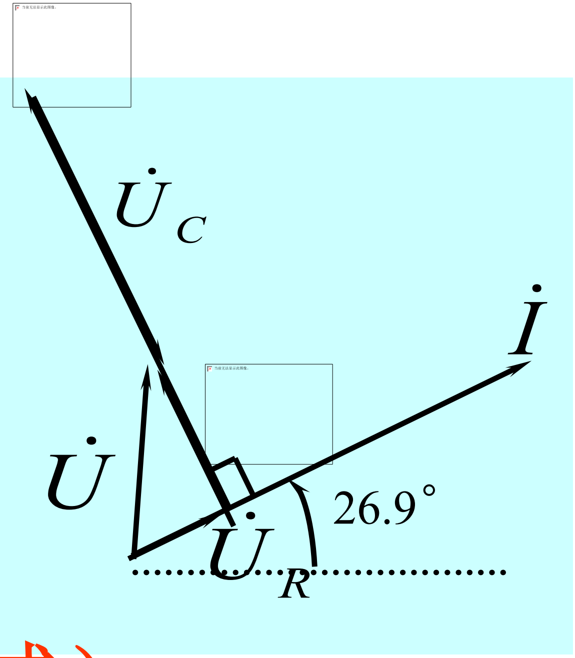


$$i = 4\sqrt{2}\cos(5000t + 26.9°)\text{A}\ ;u_R = 60\sqrt{2}\cos(5000t + 26.9°)\text{V};$$

$$u_L = 240\sqrt{2}\cos(5000t + 116.9°)\text{V}$$

$$u_C = 160\sqrt{2}\cos(5000t - 63.1°)\text{V};$$

串联电路以电流相量为参考作相量图比较方便；
并联电路以电压相量为参考作出相量图比较方便。



讨论：

i)对RLC串联正弦稳态电路有：

$$u = u_R + u_L + u_C \text{;(时域KVL)}$$

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C \text{;（KVL相量形式）}$$

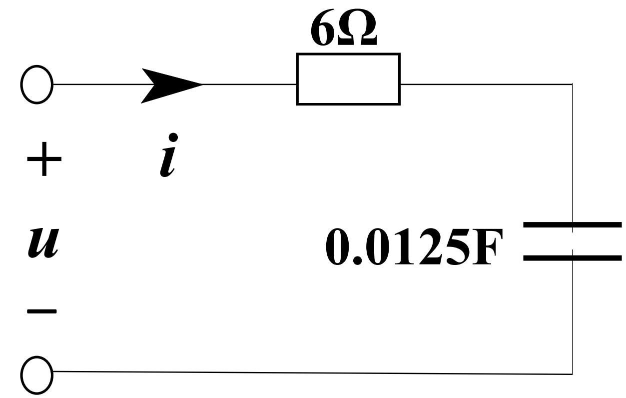
但 $U \neq U_R + U_L + U_C$;（有效值）

ii) U_L =240V，U_C =160V，大于电源电压U =100V，这是由于…(DC电路不会如此，why?)

例2：已知：

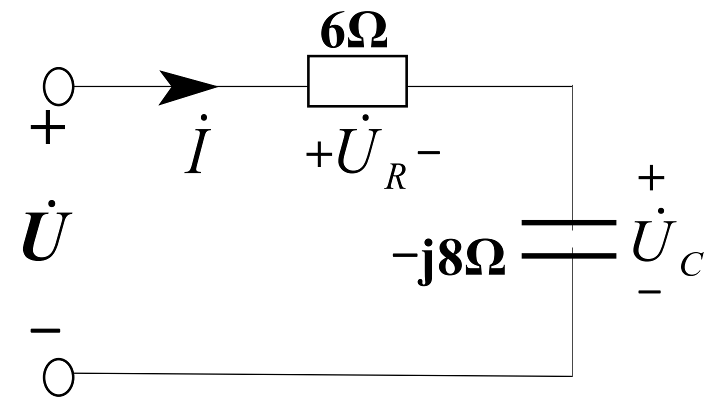
$$u = 20\sqrt{2}\cos 10t\text{V}$$

求：电流 i ？并画出相量图。



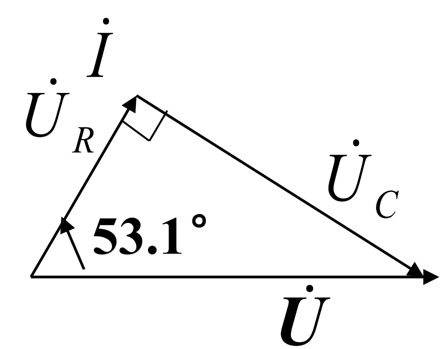
解答：$\dot{I} = \dfrac{\dot{U}}{Z} = 2\angle 53.1^\circ$

$$i = 2\sqrt{2}\cos(10t + 53.1^\circ)\text{A}$$



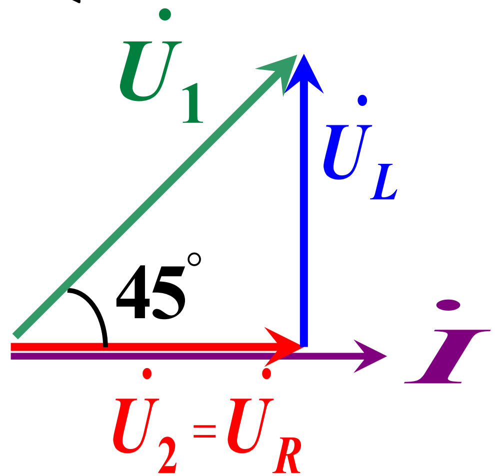
$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_C$$

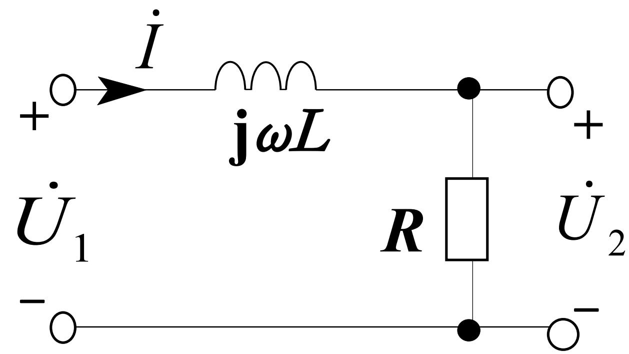
$U_R = 12\text{V}$ $\qquad$ $U_C = 16\text{V}$



例3： 已知R=2000Ω，f= 400Hz，要使$\dot{U}_2$与$\dot{U}_1$相位差为45°，求：L？

解： 先作相量图



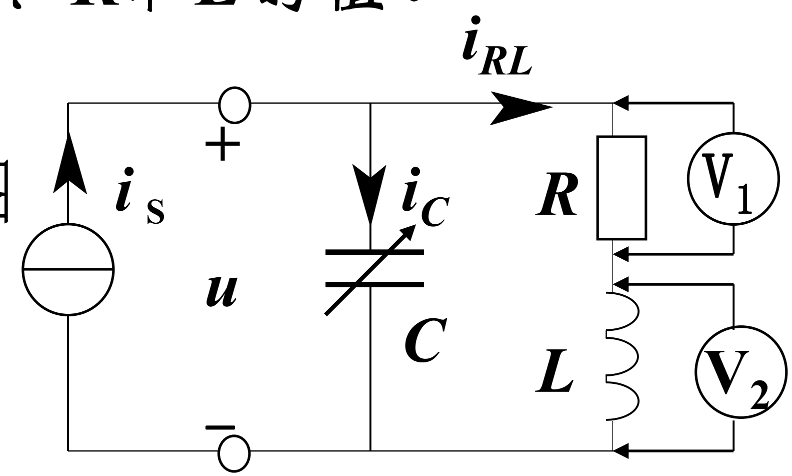


$$\varphi_Z = 45°$$

$$U_L = U_2 = RI = \omega LI$$

$$L = \frac{R}{\omega} = \frac{2000}{2\pi \times 400} \approx 0.8\text{H}$$

例4. 图示电路，$i_s(t)$为正弦电流源，其ω=1000rad/s，调节C=1μF时，$i_s(t)$与其端电压$u(t)$同相，此时电压表V_1的读数为30V，V_2的读数为40V。求：R和L的值？



解：

以$\dot{I}_{RL}$为参考相量,作出相量图

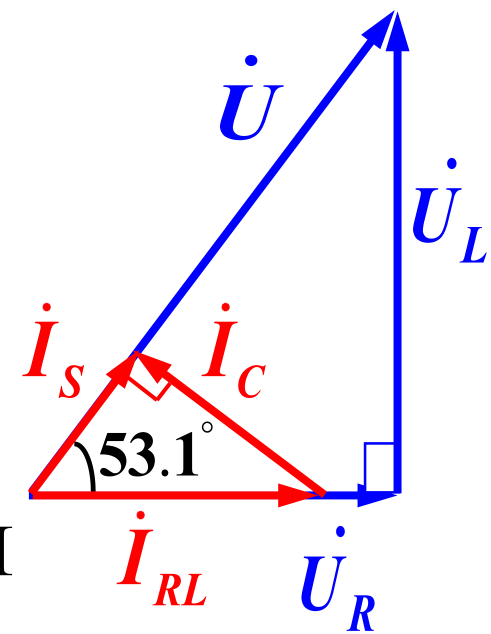
$$U = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50\text{V}$$

$$I_C = \omega C U = 10^3 \times 10^{-6} \times 50 = 50 \times 10^{-3}\text{A}$$

$$I_{RL} = \frac{I_C}{\sin 53.1°} = \frac{50 \times 10^{-3}}{0.8} = 62.5\text{mA}$$

$$R = \frac{U_R}{I_{RL}} = \frac{30}{62.5 \times 10^{-3}} = 480\Omega$$

$$L = \frac{U_L}{\omega I_{RL}} = \frac{40}{1000 \times 62.5 \times 10^{-3}} = 0.64\text{H}$$



关于功率因数(λ=cosφ)的提高

原因

（1）低的功率因数λ使得有功功率远低于视在功率S,从而直接影响电源设备的利用率。

（2）通常恒压供电，输送一定的P， λ越小，则电流越大，输电线路的损耗也越大。

由于电力系统的负载多为感性负载（如日光灯、电机、电扇等），故提高λ的方法：在感性负载的“附近”（如某单位的变电所）并联适当的电容，不会影响原负载的工作状态（电压电流不变）。

关于功率因数($\lambda=\cos\varphi$)的提高

(1) 提高功率因数的原则

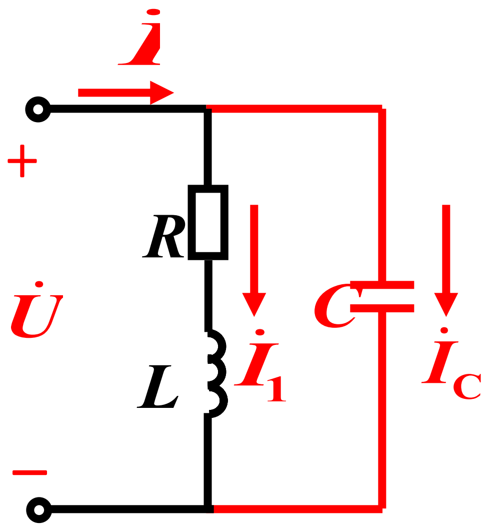
必须保证原负载的工作状态不变。

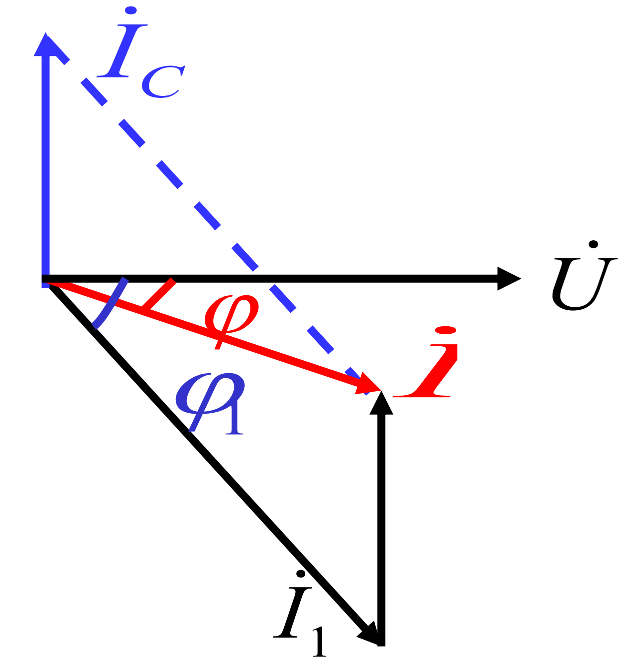
即：加至负载上的电压和负载的有功功率不变。

(2) 提高功率因数的措施

$$\begin{cases} \varphi\downarrow \Rightarrow \cos\varphi\uparrow \\ \cos\varphi\uparrow \Rightarrow I\downarrow \end{cases}$$

在感性负载两端并电容





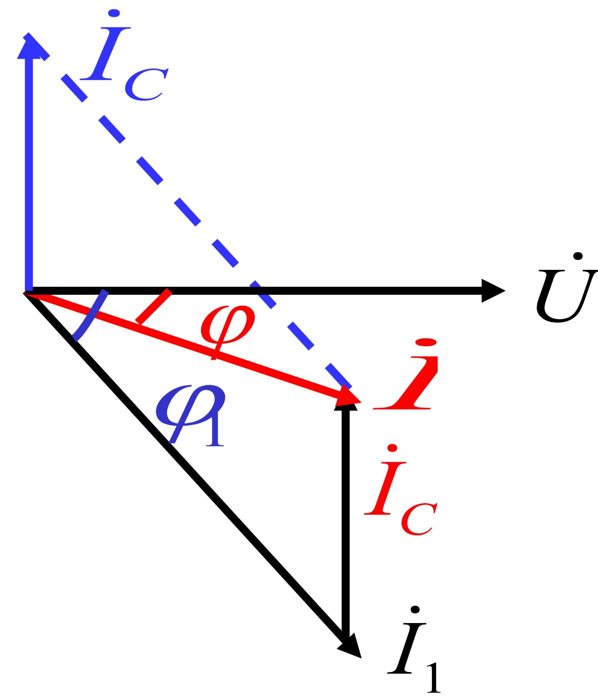
结论 并联电容C后

(1) 电路的总电流 $I\downarrow$，电路总功率因数 $\cos\varphi\uparrow$

电路总视在功率 $S\downarrow$

(2) 原感性支路的工作状态不变:

$\begin{cases}\text{感性支路的功率因数}\cos\varphi_1\text{不变} \\ \text{感性支路的电流 } I_1\text{不变}\end{cases}$

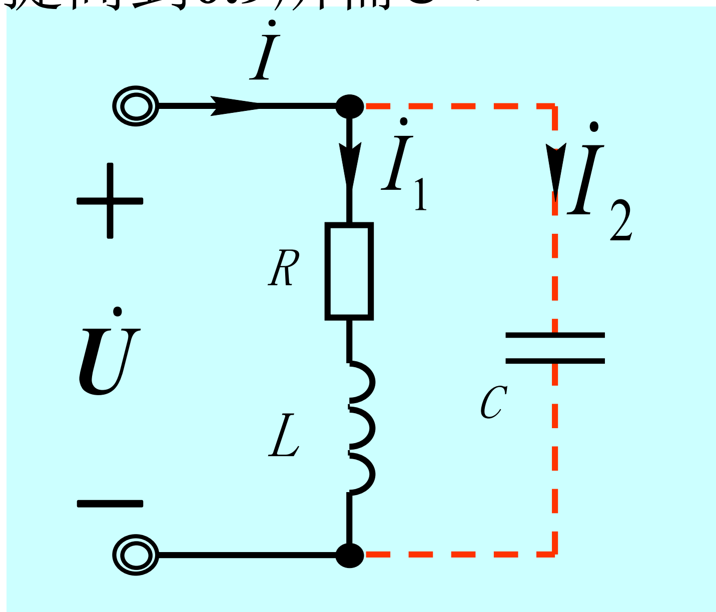


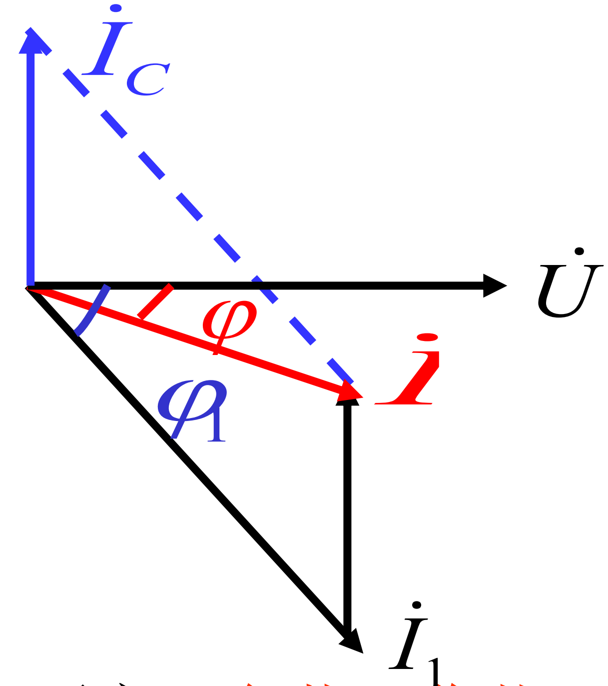
(3) 电路总的有功功率不变

因为电路中电阻没有变，

所以消耗的功率也不变。

例：原电路P =10kW，U=220V，$\cos\varphi_1$ =0.6(感性)。使电路的功率因数提高到**0.9**所需***C***？





解：原负载电路的电压、电流的大小和相位不变（负载工作状况不变）；而总电流（输电线路）I 明显小于I_1 。

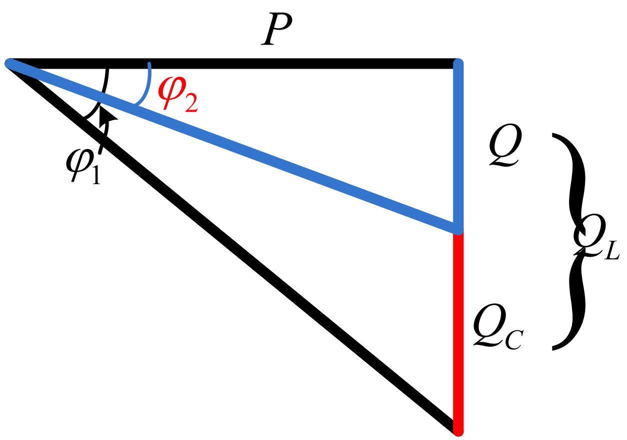
$$I_1=\frac{P}{U\cos\varphi_1}=\frac{10000}{220\times0.6}=75.8\text{A}$$

$$I_2=I_1\sin\varphi_1-I_1\cos\varphi_1 tg\varphi=38.6\text{A}$$

$$I_2=\omega CU, C=\frac{I_2}{\omega U}=\frac{38.6}{220\times2\pi\times50}=559\mu\text{F}$$

并联电容不改变电路的P，只改变其无功（无功补偿）

由$\cos\varphi_1$提高到$\cos\varphi_2$所需C的公式



$$Q_L = P\tan\varphi_1$$

$$Q = P\tan\varphi_2$$

$$|Q_c| = Q_L - Q = P\tan\varphi_1 - P\tan\varphi_2$$

$$C = \frac{Q_c}{\omega U^2} = \frac{P\tan\varphi_1 - P\tan\varphi_2}{\omega U^2}$$

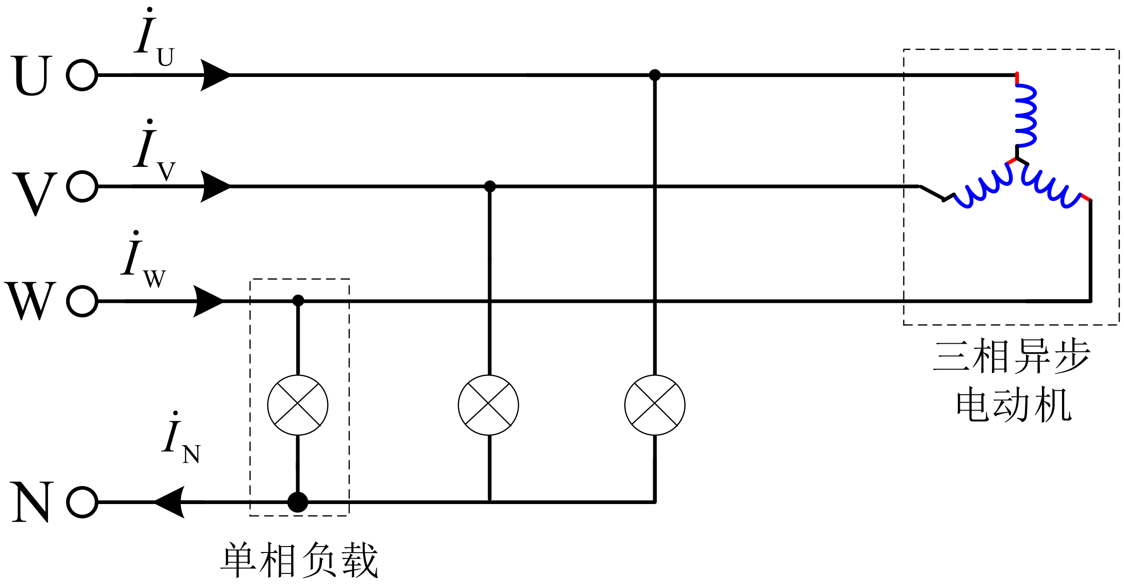
$$\cos\varphi_1 = 0.6 \Rightarrow \varphi_1 = 53.1^\circ\;;\quad \cos\varphi = 0.9 \Rightarrow \varphi = 25.8^\circ\;;$$

$$C = \frac{P(\mathrm{tg}\varphi_1 - \mathrm{tg}\varphi)}{\omega U^2} = \frac{10000(\mathrm{tg}53.1^\circ - \mathrm{tg}25.8^\circ)}{314\times 220^2}\,\mathrm{F} = 559\,\mu\mathrm{F}$$

要使$\cos\varphi$ 提高到接近于**1**，所需的C将要大大增加，但I的减小已十分有限了 → 效益差 → 故一般将$\cos\varphi$ 提高到**0.9**左右即可。

四、三相电路

1. 三相电源、三相负载。
2. 三相四线制电路的分析，三相三线制电路的分析（星形联结和三角形联结）
3. 三相电路的功率计算。


$\dot{I}_U$
$\dot{I}_V$
$\dot{I}_W$
$\dot{I}_N$
U
V
W
N
三相异步
电动机
单相负载