电路D 总复习

电工基础教研室　杨旭强

一校区 制造楼 602

Email：hitlaoyang@126.com

hitlaoyang@hit.edu.cn

答疑时间：6月19日

答疑地点：西配楼教休室

主要内容

一. 电路的基本规律
二. 电路课程的主要内容
三. 线性直流电路的重要性
四. 主要内容的学习要点
五. 例题及注意事项

一 电路的基本规律——
——般表述之结构约束

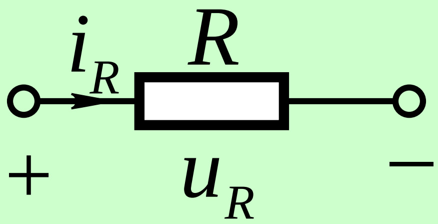
KCL $\sum i = 0$ (n-1)个独立方程

KVL $\sum u = 0$ b-(n-1)个独立方程

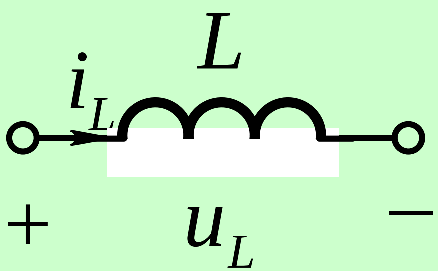
公理，适用于任意集中参数电路，仅与电路结构相关，与具体元器件特性无关，相对简单。

一 电路的基本规律——

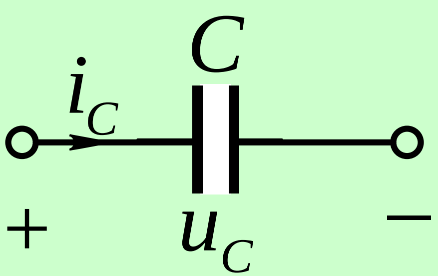
一般表述之元件约束(1)



$$R: u = Ri,\ \ i = Gu$$



$$L: \psi = Li_L,\ \ u_L = L\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}$$



$$C: \quad q = Cu_C, \quad i_C = C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$$

一 电路的基本规律——

一般表述之元件约束(2)

电压源：$u = u_S$

电压确定，电流和功率由外电路决定

电流源：$i = i_S$

电流确定，电压和功率由外电路决定

受控源：VCVS，VCCS，CCVS，CCCS

具有独立源全部特性，不能单独激励电路

VCR
变化多样

一 电路的基本规律——
在直流电路中的表述

$$\mathrm{KCL}: \sum I = 0$$

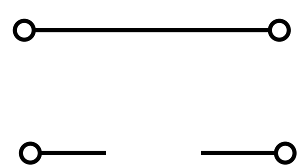
$$\mathrm{KVL}: \sum U = 0$$

$$\mathrm{VCR}\quad R: U = RI \quad I = GU$$

动态电路暂态过程用于分析中求直流激励的下响应的原始值和稳态值

$L:$

$C:$



电压源：U_S　　　电流源：I_S

在上述方程基础之上，建立了电路的各种**分析法**方法，**基本定理**，**等效变换**

一 电路的基本规律——
正弦交流电路中的表述

$$\text{KCL}: \sum \dot{I} = 0$$

$$\text{KVL}: \sum \dot{U} = 0$$

$$\text{VCR} \quad R: \dot{U} = R\dot{I} \quad \dot{I} = G\dot{U}$$

$$L: \dot{U}_L = \mathrm{j}\omega L \dot{I}_L$$

$$C: \dot{U}_C = \frac{1}{\mathrm{j}\omega C}\dot{I}_C$$

$$\boxed{\dot{U} = Z\dot{I}}$$

欧姆定律的相量形式

电源： $\dot{U}_\mathrm{S}$ $\dot{I}_\mathrm{S}$

二 电路课程的主要内容

介绍电路的简化、分析方法、各种电路定理

稳态分析

- 直流电路 → 第2章 线性直流电路；第3章 电路定理
- 交流电路 → 第4章 正弦交流电路；第5章 三相电路；第6章 非正弦周期电流电路；第7章 频率特性和谐振现象

暂态分析

- 动态电路 → 第8章 线性动态电路暂态过程的时域分析

三 线性直流电路的重要性——

在线性直流电路中

电阻电路

$$\text{KCL}: \quad \sum I = 0$$

$$\text{KVL}: \quad \sum U = 0$$

$$VCR: \quad U_R = RI_R$$

电源：$U_S \quad I_S$

支路电流法、回路电流法、节点电压法、等效电源定理、叠加定理、齐性定理、置换定理、对偶原理、各种等效变换

三 线性直流电路的重要性——在正弦交流电路中

$$u(t)=\sqrt{2}U\cos(\omega t+\psi_u)$$

$$i(t)=\sqrt{2}I\cos(\omega t+\psi_i)$$

电路时域模型：

$$\sum i=0 \qquad \sum u=0$$

$$u_R=Ri_R$$

$$u_L=L\dot{i}_L \qquad i_C=C\dot{u}_C$$

$$u_S=\sqrt{2}U_S\cos(\omega t+\psi_A)$$

$$i_S=\sqrt{2}I_S\cos(\omega t+\psi_B)$$

……

$$u(t)=? \quad i(t)=?$$

电路相量模型：

$$\sum\dot{I}=0,\ \sum\dot{U}=0$$

$$\dot{U}_R=R\dot{I}_R,\dot{U}_L=\mathrm{j}\omega L\dot{I}_L$$

$$\dot{I}_C=\mathrm{j}\omega C\dot{U}_C$$

$$\dot{U}_S=U_S\angle\psi_A$$

$$\dot{I}_S=I_S\angle\psi_B$$

……

$$\dot{U}=? \quad \dot{I}=?$$

利用线性直流电路的分析方法求出

$$\dot{U}=U\angle\psi_u$$

$$\dot{I}=I\angle\psi_i$$

三 线性直流电路的重要性——在非正弦周期电流电路中

非正弦周期激励＝直流分量＋Σ各次谐波分量

对应**线性直流电路**

对应**正弦交流电路**

四 主要内容的学习要点——线性直流电路

支路电流法
回路电流法
节点电压法

规范的求解方法对应的电路方程的列写。

叠加定理
置换定理
齐性定理
等效电源定理
对偶原理

透彻理解和准确应用电路定理。(重点难点)

含独立源与不含独立源一端口网络的等效电路；二端口网络的等效电路；星三角等效变换。

四 主要内容的学习要点——支路电流方程

- 各**支路电流**为待求量。
- 对(n-1)个节点列KCL方程。
- 对b-(n-1)个**独立回路**列KVL方程

独立回路的选择： **全部内**网孔或回路中至少包含一条其它回路不包含的新支路

- **电流源支路**的电流是已知量，其端电压是未知的，若无需求此电压，则可不列含电流源回路的KVL方程。

若求电流源源电压时，应在电流源两端设一未知电压，列入方程。同时引入**支路电流**等于电流源电流

四 主要内容的学习要点——

回路电流方程

设法将电流源的源电流、待求电流、电流控制的受控源的控制电流选为回路电流

的回路电流为待求量。

以回路电流表示控制量

“互阻”、“回路源电压”等规方程。

互阻有正负

源处理，但最后需要补充方程。

路，其端电压是未知的，适当选取回路，使电流源只包含在一个回路中，若无需求电流源端电压，则可不列含电流源回路的KVL方程。

若要求电流源发出功率，应在电流源两端设一未知电压，列入方程。同时引入回路电流等于电流源电流

四 主要内容的学习要点——
节点电压方程

含运算放大器电路，通常选择节点电压法

- 取一节点作为电位参考点，以其余(n-1)个**节点电压**为待求量。

互导总是**负**的

- 按“自导”、“互导”、“节点源电流”等规则，列KCL方程。

以**节点电压**表示控制量

- 受控源按独立源处理，最后补充方程。
- 对**纯电压源**支路，应取一端作为参考节点，另一端电位则已知，一般不列此节点方程。

若必须列此方程，应在**电压源中设一未知电流**，列入方程。
同时引入两**节点**间的**电位差**等于电压源电压

四 主要内容的学习要点——求解方法小结

	本质	要　　点	适用电路
支路法	KCL +KVL	所列方程要独立	含耦合电感电路
回路法	KVL	回路要独立且完备， 尽量利用已知和待求电流	回路少或已知待求电流多的电路
节点法	KCL	自导互导要找全且不能多 尽量利用已知和待求电压	节点少或已知待求电压多的电路

四 主要内容的学习要点——电路定理之叠加定理(1)

- 各独立电源可以分组作用，也可将某个电源的激励值分成若干不同的激励值作用多次，只要各次激励值之和等于总激励值即可。
- 叠加只是对独立电源而言，在独立电源单独作用时，**受控源**要保留在电路中。
- 不作用的电压源用短路线代替，不作用的电流源用开路端口代替。
- **功率**不是激励的一次齐次函数，因此不能用每个独立电源作用时的功率叠加来求得总功率。
- 只适用于线性而不适用于非线性电路。

四 主要内容的学习要点——

电路定理之叠加定理$_{(2)}$

- 非正弦周期电流电路的计算：
  - 把给定的非正弦周期性激励分解为恒定分量、基波和谐波分量。
  - 分别计算电路在上述分量单独作用下的响应。
  - 根据**叠加定理**，把恒定分量、基波和谐波分量引起响应的**瞬时响应**进行叠加。
  - 根据响应的时间函数，进一步求出响应的有效值和电路的平均功率。
- 线性动态电路
  - 全响应＝零输入响应＋零状态响应。

四 主要内容的学习要点——
电路定理之齐次定理

- 齐次定理：只含一个独立源的网络，输出与输入成正比或等于**网络函数**。

- 叠加与齐次的联合应用
  - 线性直流电路的任意响应Y都是激励X_1，X_2，…，X_m的线性组合，即

$$Y = K_1X_1 + K_2X_2 + \cdots + K_mX_m$$

四 主要内容的学习要点——
电路定理之等效电源定理

- 含源一端口网络的等效电路：戴维宁和诺顿等效电路。

戴维宁电路＝开路电压串等效电阻
诺顿电路＝短路电流并等效电阻

- 无源一端口网络等效电阻、阻抗/运算阻抗

简单串并联：所有独立源置零；
外加电源法：所有独立源置零，在端口加电压源或电流源，$R=U/I$；
开路短路法：求开路电压和短路电流，$R=U_{OC}/I_{SC}$

外加电源法特别适合含受控源、运放等特殊元件电路求等效电阻

此时独立源保留在电路中

四 主要内容的学习要点——

电路定理之置换定理

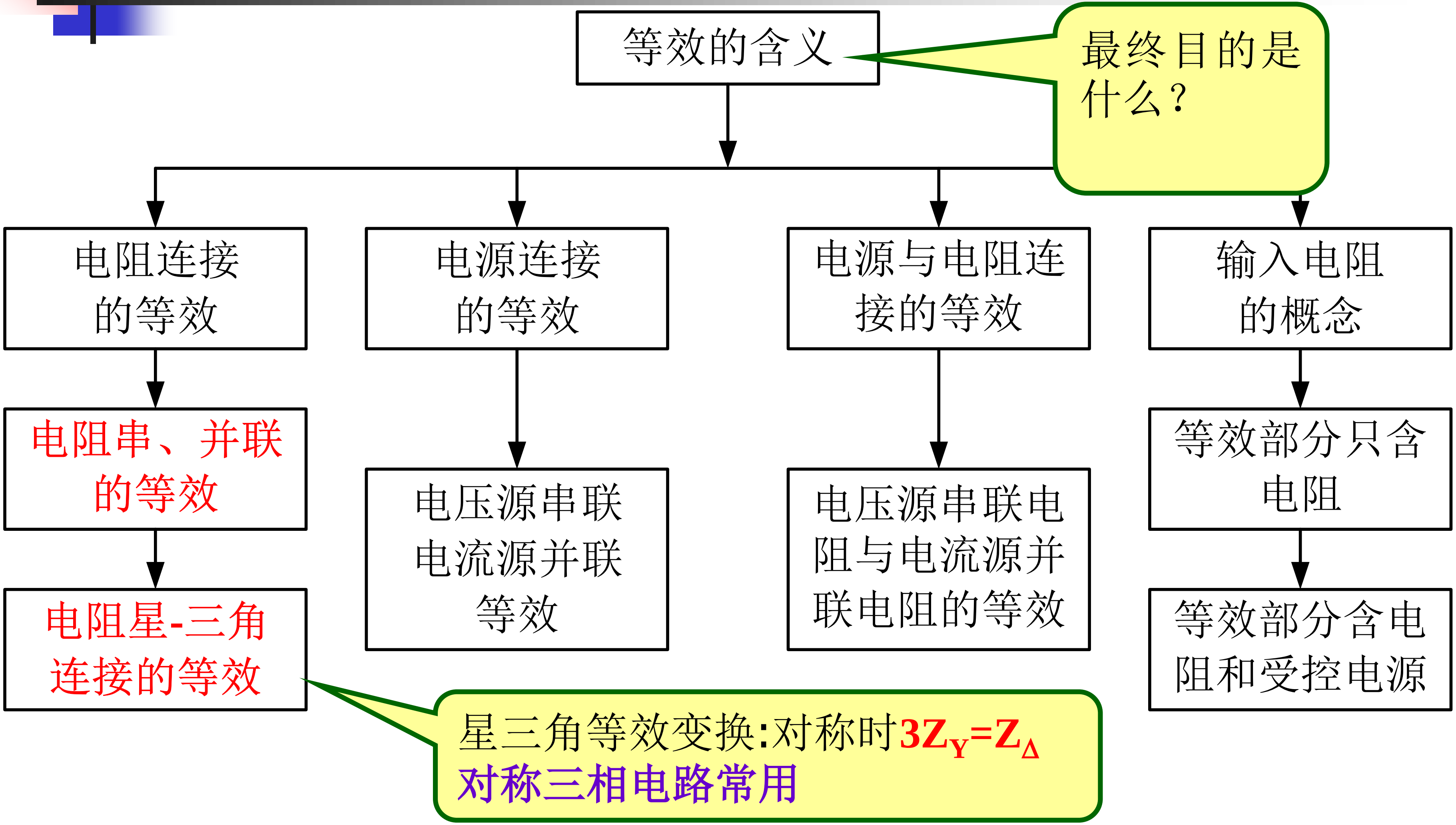
- 置换是在某一具体条件下进行的，置换后电路的解不应改变。

- 直流电路中的电感和电容的等效
- 非线性电路：求线性部分变量
- 动态电路：求非状态变量的初始值

四 主要内容的学习要点——
电路定理小结

	适用范围	应用特点
置换定理	线性和非线性均适用	将未知结构或特性电路用已知特性元件或电路替换
叠加齐性定理	线性适用	求解缺条件或特殊结构电路，适用于**电源变化**电路
等效电源定理	线性适用	主要目的化简电路，也用于求解缺条件或未知结构电路，尤其适合**负载变化**电路

四 主要内容的学习要点——
等效变换



四 主要内容的学习要点——正弦和非正弦交流电路

- 同：使用线性直流电路的任一方法分析相量形式的电路；三相电路中的单相计算。
- 异：功率的计算；频率特性；谐振条件和特点；三相电路相线关系、相位关系；非正弦的有效值和平均功率等等。

四 主要内容的学习要点——暂态电路时域分析

- 三要素公式
- 关于全响应的两种分解方法

四 主要内容的学习要点——

三要素公式(1)

$$f(t)=\underbrace{f_{\mathrm{p}}(t)}_{\text{特解}}+\underbrace{[f(0_+)-f_{\mathrm{p}}(0_+)]\mathrm{e}^{-t/\tau}}_{\text{对应齐次方程的通解}}$$

特解

初始值

时间常数

激励为直流时 $f_{\mathrm{p}}(t)=f(\infty)$

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

激励为交流或非正弦周期量等特殊函数时注意特解和初值的求取。

四 主要内容的学习要点——三要素公式(2)

响应初始值的确定：

何时满足

- u_C和i_L：满足换路定律时

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) \qquad i_L(0_+) = i_L(0_-)$$

- 除u_C和i_L外其它量

1、换路后都可能发生跃变

2、须由换路后电容电压、电感电流和独立源的初值共同确定。

四 主要内容的学习要点——

三要素公式(3)

时间常数的确定：

RC电路

$$\tau = RC$$

RL电路

$$\tau = GL$$

- 注意：***R***为从**动态元件或等效后的*L*、*C***看进去的不含源一端口等效电路的等效电阻。

- 强调：三要素公式同样适用于**非状态变量**的求解。

四 主要内容的学习要点——全响应

关于全响应的两种分解方法

强调响应与激励函数形式的关系

注意：自由分量肯定是暂态分量；强制分量不一定是稳态分量

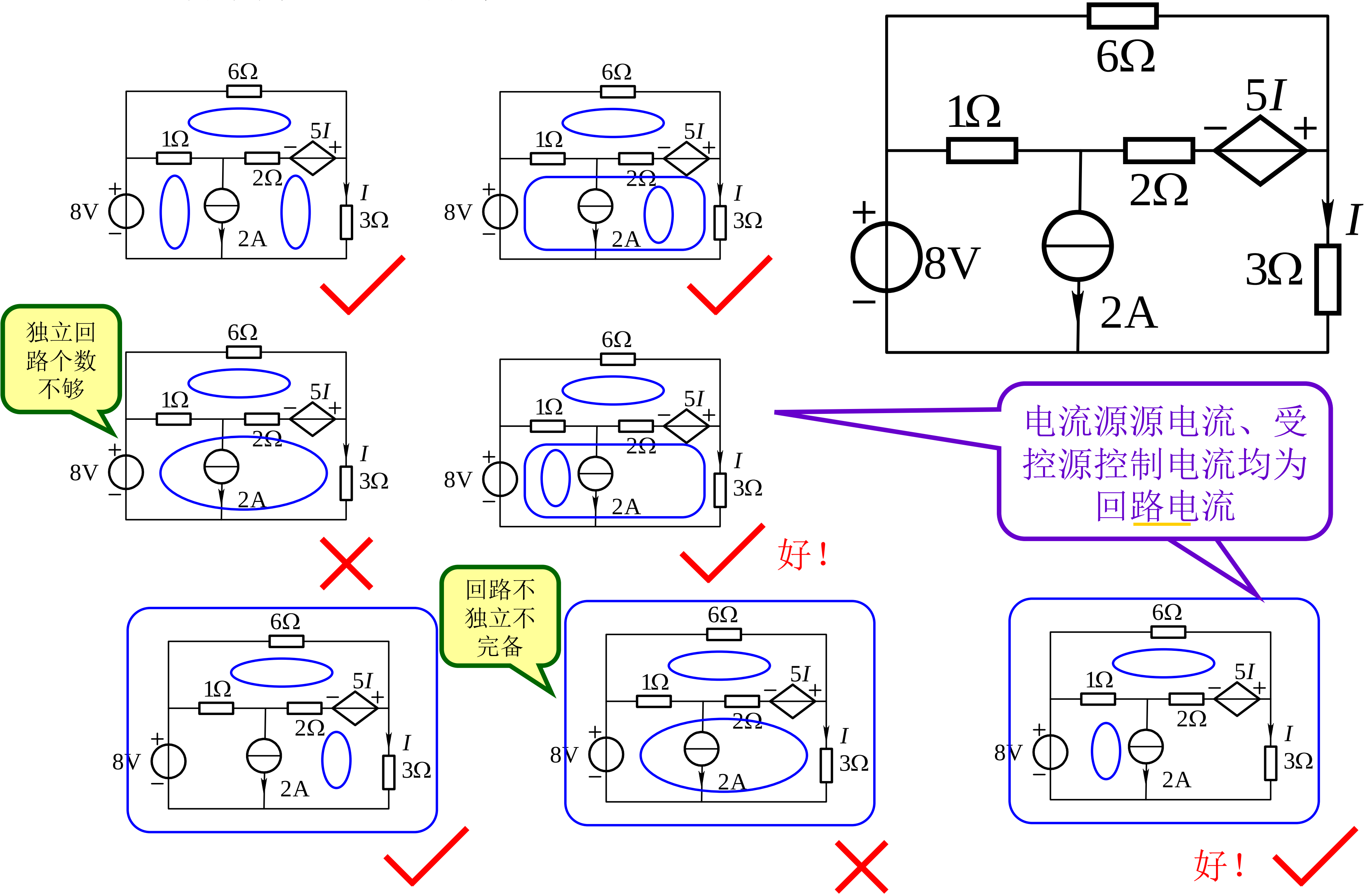
全响应＝强制分量＋自由分量

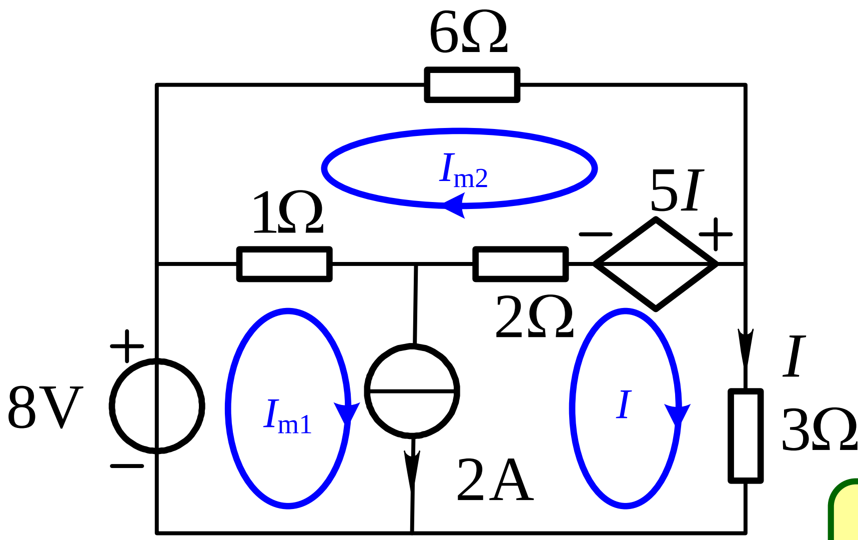
全响应＝零输入响应＋零状态响应

注意：零输入一般只有自由分量；零状态一般既有强制分量又有自由分量

强调响应与激励的能量来源的关系

例1 图示线性直流电路，试用回路法或节点法求两个独立电源各自发出的功率。

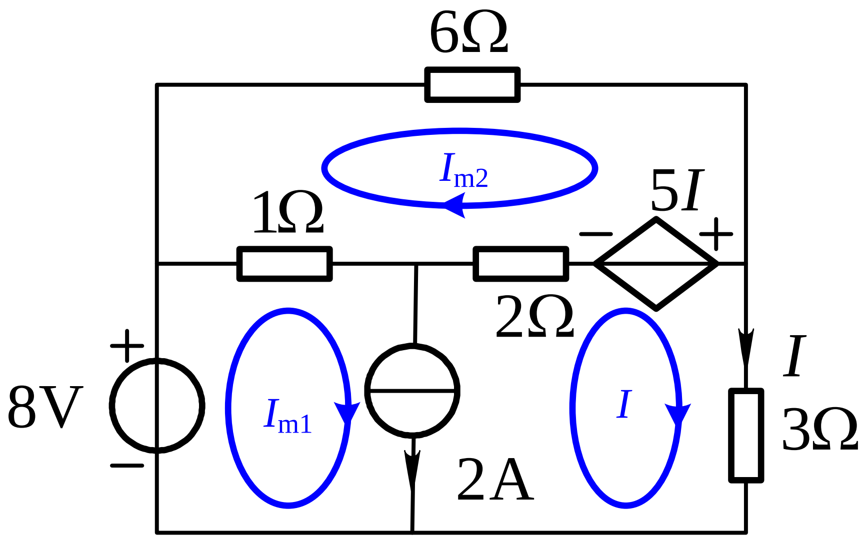




电流源有端电压存在，
应列入方程

解：

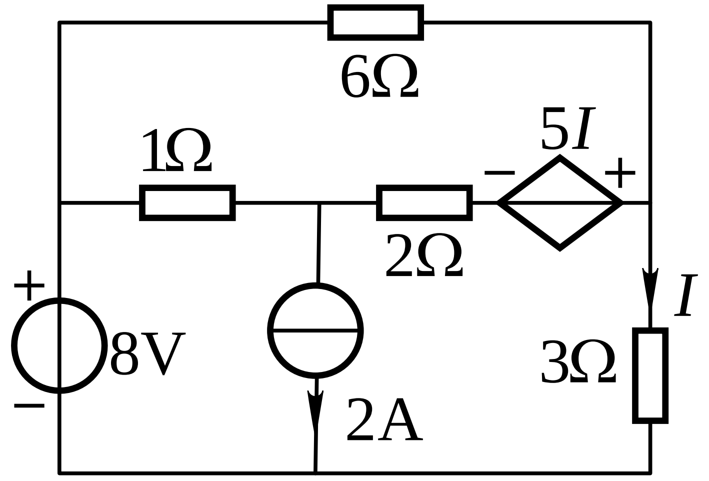
$$\left.\begin{aligned}
&1\times I_{\mathrm{m1}}-1\times I_{\mathrm{m2}}=8\\
&-1\times I_{\mathrm{m1}}+(1+2+6)\times I_{\mathrm{m2}}-2\times I+5\times I=0\\
&-2\times I_{\mathrm{m2}}+(2+3)\times I-5\times I=0
\end{aligned}\right\}$$



U是什么？方程中出现的变量在电路图中一定要标明其位置及参考方向

解：

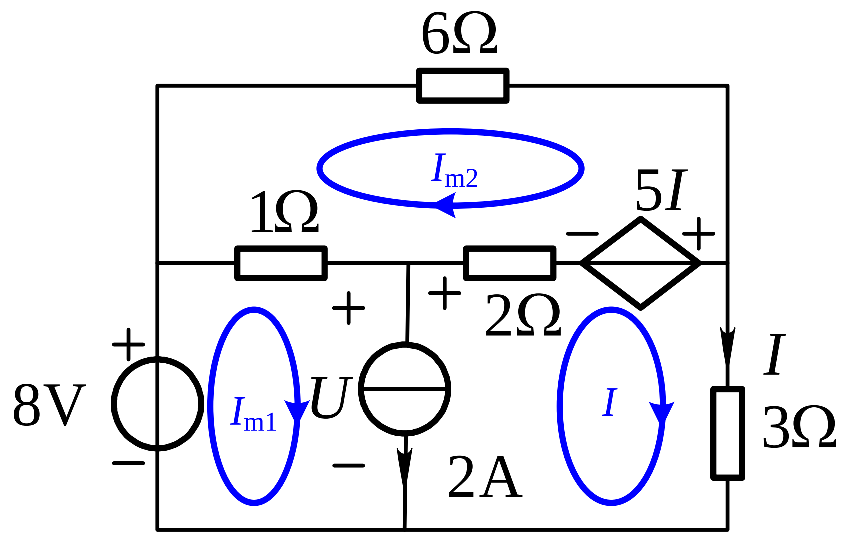
$$
\left.
\begin{aligned}
&1\times I_{m1}-1\times I_{m2}+U=8\\
&-1\times I_{m1}+(1+2+6)\times I_{m2}-2\times I+5\times I=0\\
&-2\times I_{m2}+(2+3)\times I-5\times I-U=0
\end{aligned}
\right\}
$$



所选回路及方向在电路图中一定要标明

解：

$$\left.\begin{array}{l}1\times I_{\mathrm{m1}}-1\times I_{\mathrm{m2}}+U=8\\ -1\times I_{\mathrm{m1}}+(1+2+6)\times I_{\mathrm{m2}}-2\times I+5\times I=0\\ -2\times I_{\mathrm{m2}}+(2+3)\times I-5\times I-U=0\end{array}\right\}$$



解：

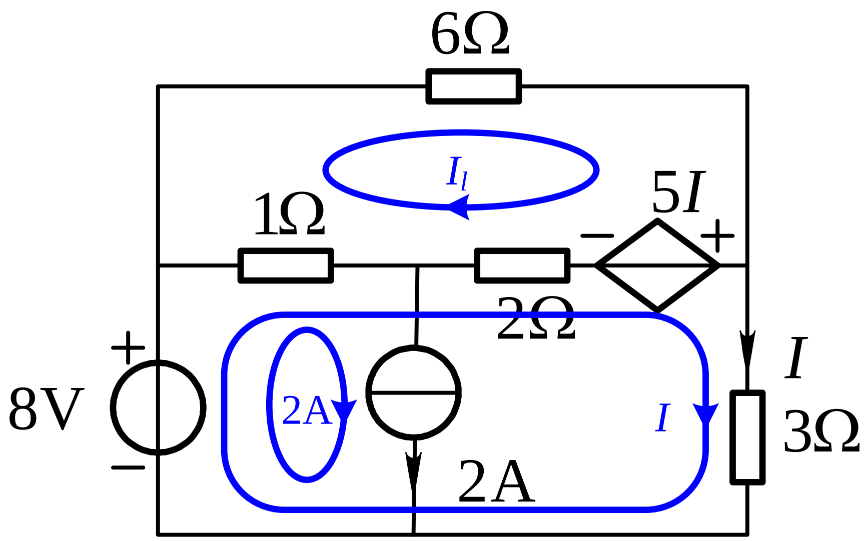
$$\left.\begin{aligned}&1\times I_{m1}-1\times I_{m2}+U=8\\&-1\times I_{m1}+(1+2+6)\times I_{m2}-2\times I+5\times I=0\\&-2\times I_{m2}+(2+3)\times I-5\times I-U=0\end{aligned}\right\}$$

$$I_{m1}-I=2$$

电压源发出的功率 $P_{8V}=8\times I_{m1}$

电流源发出的功率 $P_{2A}=-2\times U$

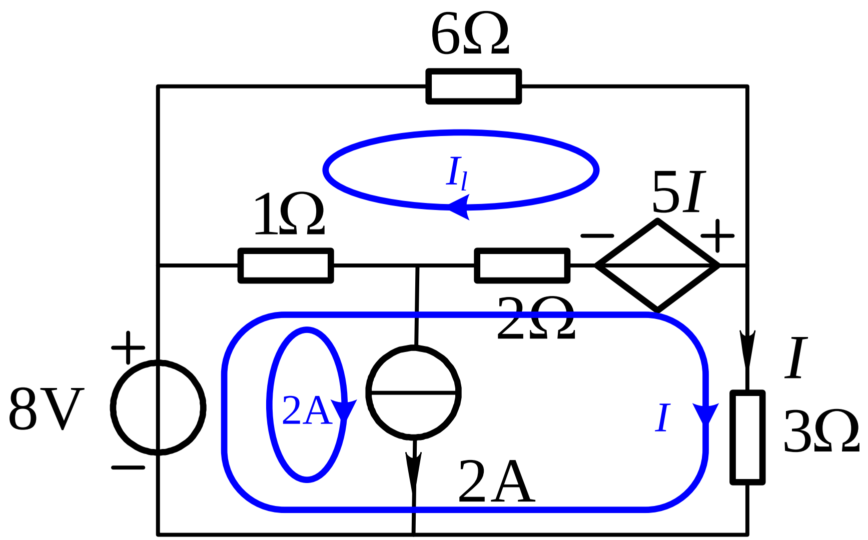
电流源端电压与源电流是关联参考方向，直接相乘，所求功率是吸收功率，故前面填加负号，表明最后结果是发出功率



解：

电流源所在回路的电流呢？

$$\left.\begin{aligned}(1+2+6)\times I_l-(1+2)\times I+5\times I&=0\\-(1+2)\times I_l+(1+2+3)\times I-5\times I&=8\end{aligned}\right\}$$



解：

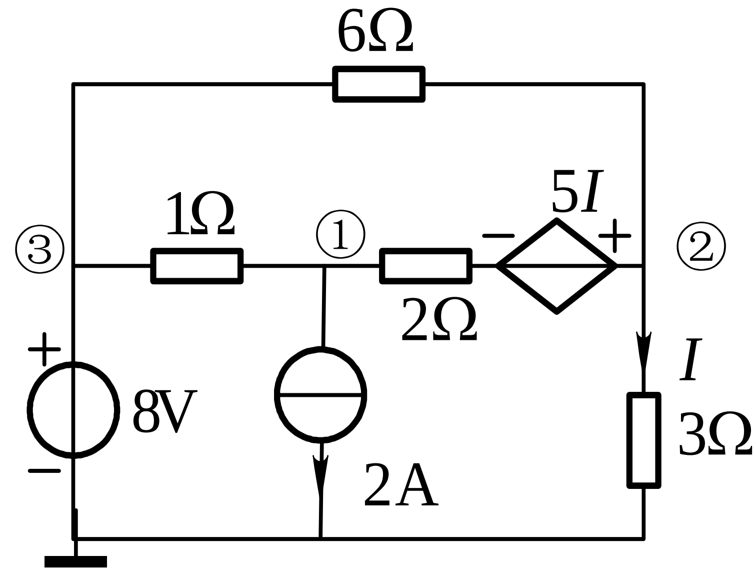
$$\left.\begin{array}{l}(1+2+6)\times I_l-(1+2)\times I-1\times 2+5\times I=0\\ -(1+2)\times I_l+(1+2+3)\times I+1\times 2-5\times I=8\end{array}\right\}$$

电压源发出的功率 $P_{8\text{V}}=8\times(2+I)$

电流源发出的功率 $P_{2\text{A}}=-2\times[8+1\times(I_l-I-2)]$

解:

$$\xcancel{\left.\begin{aligned}&\left(\frac{1}{1}+\frac{1}{2}\right)U_{n1}-\frac{1}{2}U_{n2}-\frac{1}{1}\times 8=-2-\frac{5I}{2}\\&-\frac{1}{2}U_{n1}+\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)U_{n2}-\frac{1}{6}\times 8=0\end{aligned}\right\}}$$



$$I=\frac{U_{n2}}{3}$$

$$\left.\begin{aligned}&\left(\frac{1}{1}+\frac{1}{2}\right)U_{n1}-\frac{1}{2}U_{n2}-\frac{1}{1}\times 8=-2-\frac{5I}{2}\\&-\frac{1}{2}U_{n1}+\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)U_{n2}-\frac{1}{6}\times 8=\frac{5I}{2}\end{aligned}\right\}$$

电压源发出的功率 $P_{8V}=8\times(2+I)$

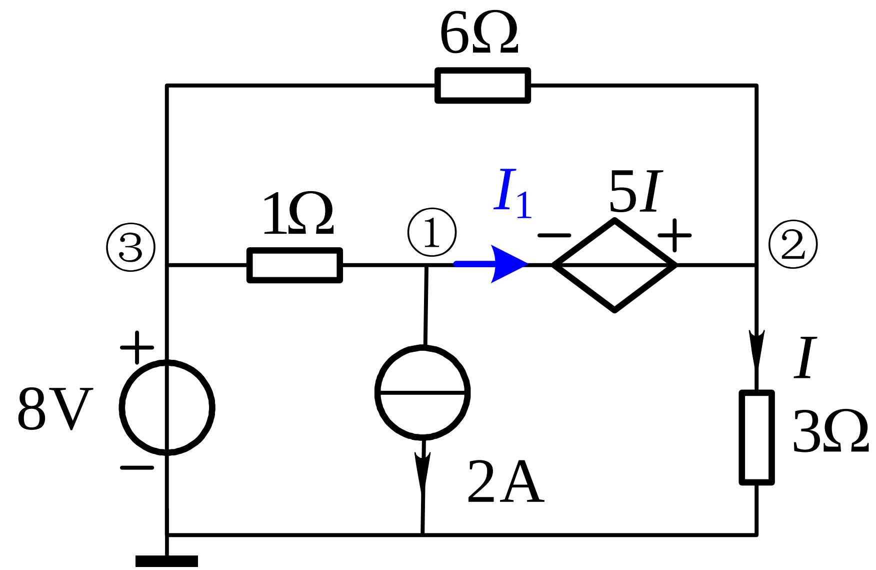
电流源发出的功率 $P_{2A}=-2\times U_{n1}$

解：

$$\left.\begin{aligned}&\frac{1}{1}U_{n1}-\frac{1}{1}\times 8+I_1=-2\\&\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)U_{n2}-\frac{1}{6}\times 8-I_1=0\end{aligned}\right\}$$

$$I=\frac{U_{n2}}{3}$$

$$U_{n1}-U_{n2}=-5I$$

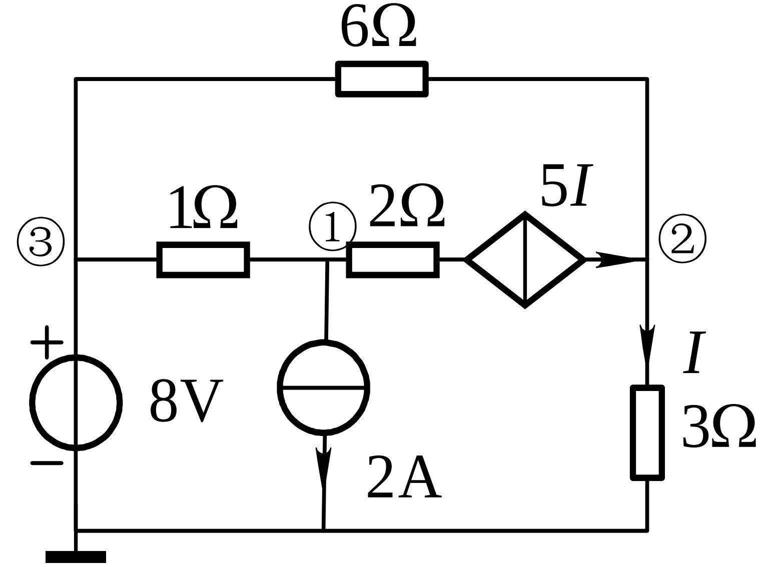


纯电压源支路的处理：
设电流并列入方程——
改进节点电压法

除此外，在什么情况下，还用到改进节点电压法？

解：

$$\left.\begin{aligned}&\left(\frac{1}{1}+\frac{1}{2}\right)U_{n1}-\frac{1}{2}U_{n2}-\frac{1}{1}\times 8=-2-5I\\&-\frac{1}{2}U_{n1}+\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)U_{n2}-\frac{1}{6}\times 8=5I\end{aligned}\right\}$$



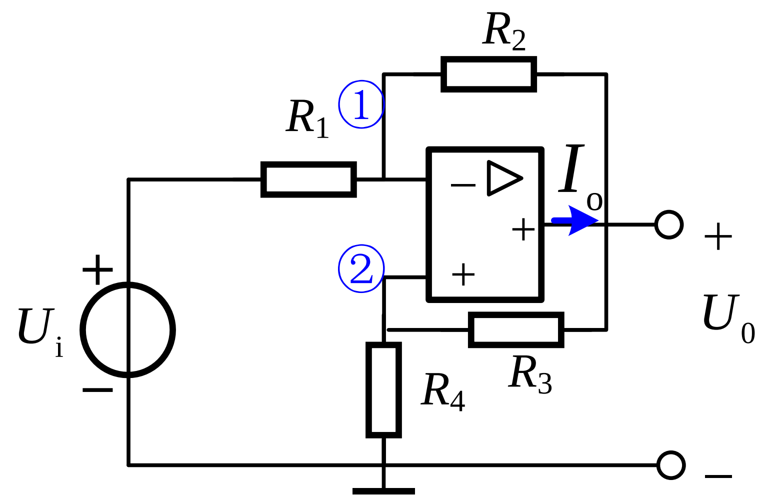
$$I=\frac{U_{n2}}{3}$$

$$\left.\begin{aligned}&\frac{1}{1}U_{n1}-\frac{1}{1}\times 8+5I=-2\\&\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)U_{n2}-\frac{1}{6}\times 8-5I=0\end{aligned}\right\}$$

在节点电压方程中，与电流源串联的电阻不计入自导和互导中

例2 图示电路，已知R_1=2kΩ，R_2=R_3=R_4=2kΩ 。求电压比U_o/U_i。

解：



$$
\left.
\begin{aligned}
&\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)U_- - \frac{1}{R_2}U_o = \frac{U_i}{R_1} \\
&\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)U_+ - \frac{1}{R_3}U_o = 0
\end{aligned}
\right\}
$$

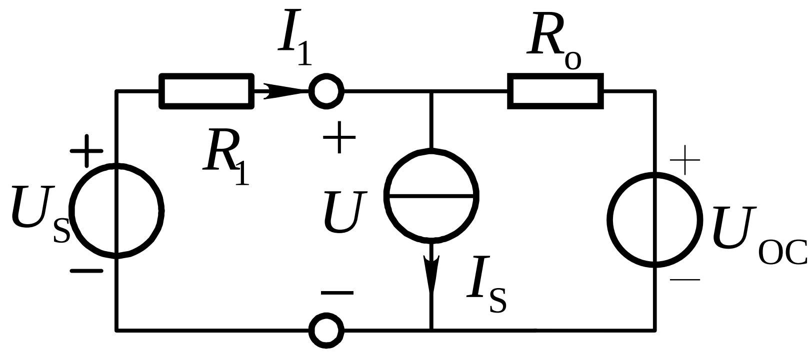
$$U_- = U_+$$

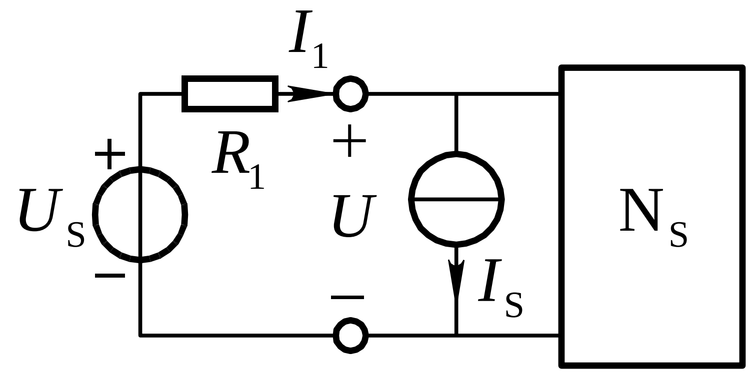
若求运算放
大器输出电
流怎么办？

$$-\frac{1}{R_2}U_- - \frac{1}{R_3}U_+ + \left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)U_o = I_o$$

例3 图示电路中，网络N_S为含源线性电阻网络，已知U_S=1V，I_S=2A，电压U=3I_1-3。试求出网络N_S的戴维南等效电路。

解：





$$U = R_o(I_1 - I_S) + U_{OC} \quad = R_o I_1 - (R_o I_S - U_{OC})$$

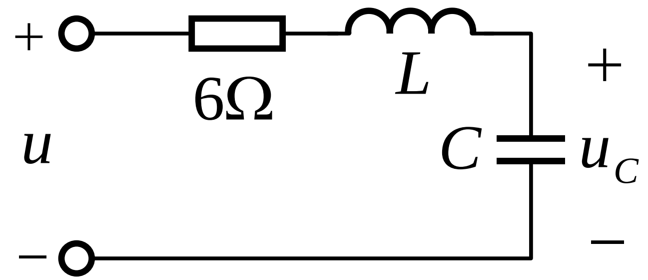
系数比较

$$U = 3I_1 - 3$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R_o = 3 \\ R_o I_S - U_{OC} = 3 \end{cases}$$

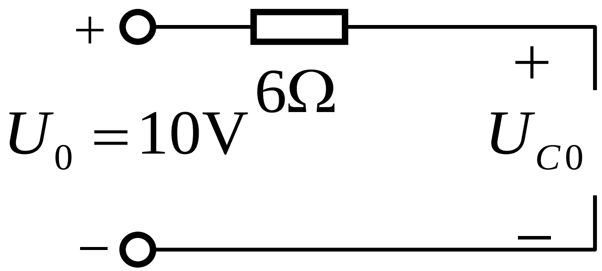
例4 图示非正弦电路，$u=[10+12\sqrt{2}\cos(\omega t)+6\sqrt{2}\cos(2\omega t)]\mathrm{V}$，

$\omega L=2\Omega$ ，$1/(\omega C)=8\Omega$ ，求电容电压的瞬时值和有效值。



解：叠加定理

$\cancel{\dot{U}_0=10\mathrm{V}}$ (1) $U_0=10\mathrm{V}$

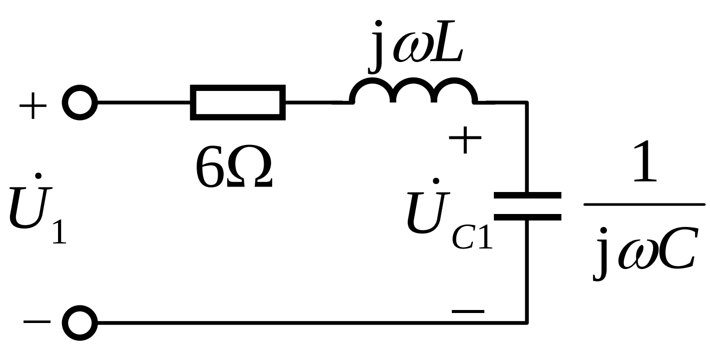


$U_{C0}=10\mathrm{V}$

对应脚可用
（0），
（1）……

(2) $\dot{U}_1=12\angle 0°\mathrm{V}$

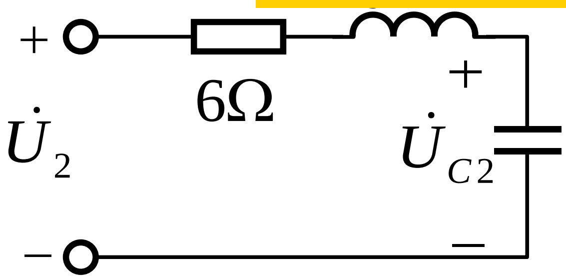
$$\dot{U}_{C1}=\frac{\frac{1}{\mathrm{j}\omega C}}{6+\mathrm{j}\omega L+\frac{1}{\mathrm{j}\omega C}}\dot{U}_1$$



$$=\frac{-8\mathrm{j}}{6+2\mathrm{j}-8\mathrm{j}}12\angle 0°=\frac{16}{\sqrt{2}}\angle -45°\mathrm{V}$$

(3) $\dot{U}_2 = 6\angle 0°\text{V}$

$\text{j}2\omega L = \text{j}4\Omega$



$$\frac{1}{\text{j}2\omega C} = -\text{j}4\Omega$$

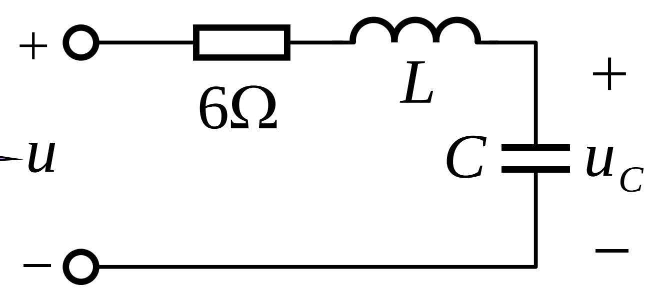
$$\dot{U}_{C2} = \frac{\dfrac{1}{\text{j}2\omega C}}{6 + \text{j}2\omega L + \dfrac{1}{\text{j}2\omega C}}\dot{U}_2$$

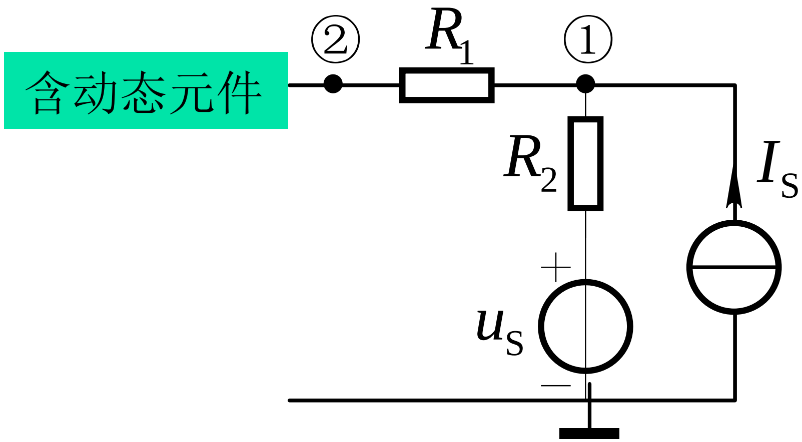
$$= \frac{-4\text{j}}{6 + 4\text{j} - 4\text{j}} 6\angle 0° = 4\angle -90°\text{V}$$

$$u_C = 10 + 16\cos(\omega t - 45°) + 4\sqrt{2}\cos(\omega t - 90°)\ \text{V}$$

$$U_C = \sqrt{10^2 + \frac{16^2}{2} + 4^2} = 15.6\ \text{V}$$

若求电源发出的功率怎么办？或非正弦周期电流电路的功率如何计算





$$u_S = 10\sqrt{2}\cos(\omega t)\ \text{V}$$

$$I_S = 3\text{A}$$

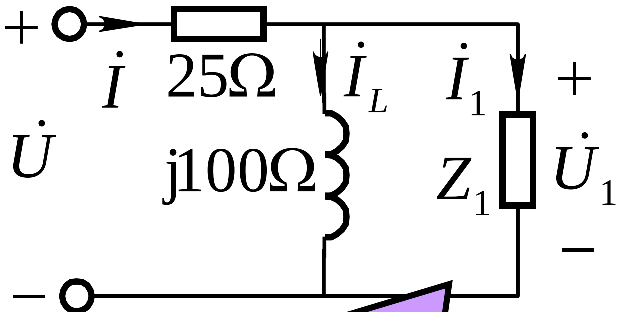
交流电路中的常见错误

$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)\dot{U}_{n1}-\frac{1}{R_1}\dot{U}_{n2}=\frac{\dot{U}_S}{R_2}+3$$

$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)u_{n1}-\frac{1}{R_1}u_{n2}=\frac{u_S}{R_2}+3$$

$$i=\frac{220\angle 20^\circ}{R+\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}}=31.11\angle 65^\circ=31.11\sqrt{2}\cos(\omega t+65^\circ)\ \text{A}$$

例5 图示正弦交流电路，已知阻抗 Z_1 端电压的有效值为 U_1=100V, Z_1 吸收的平均功率 $P=400\text{W}$，功率因数 $\cos\varphi_1=0.8$（感性），求输入端电压 U 和电流 I



解： 设以 $\dot{U}_1$ 为参考相量，即 $\dot{U}_1=100\angle0°\text{V}$ ，得

$$I_1=\frac{P}{U_1\cos\varphi_1}=\frac{400}{100\times0.8}=5\text{A}$$

$$\dot{I}_1=(4-\text{j}3)\text{A}$$

怎么求出来的？

$$\dot{I}_L=\frac{\dot{U}_1}{\text{j}100}=\frac{100}{\text{j}100}=-\text{j}1\text{A}$$

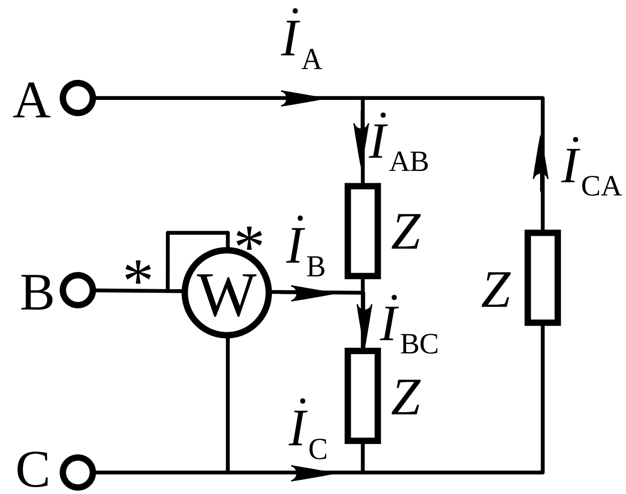
$$\dot{I}=\dot{I}_1+\dot{I}_L=(4-\text{j}4)\text{A} \qquad I=4\sqrt{2}=5.656\text{A}$$

$$\dot{U}=25\dot{I}_1+\dot{U}_1=(200-\text{j}100)\text{V} \qquad U=100\sqrt{5}=223.6\text{V}$$

交流电路的常见问题：
1、交流功率与直流功率混淆
2、有效值相量与最大值相量混杂使用
3、相量与正弦量之间的变换
4、中间过程过多用极坐标形式

若求端口吸收的有功功率和无功功率怎么办？

例6 图示对称三相电路，已知电源线电压为300V，负载每相阻抗 $Z=30\angle 30°\Omega$
求三相负载的线电流、相电流及功率表（理想表）的读数。



解：设 $\dot{U}_{AB}=300\angle 0°\text{V}$，得

$$\dot{I}_{AB}=\frac{\dot{U}_{AB}}{Z}=\frac{300\angle 0°}{30\angle 30°}=10\angle -30°\text{A}$$

即三相负载的相电流 $I_p=10\text{A}$

则线电流为 $I_l=\sqrt{3}I_p=10\sqrt{3}\approx 17.32\text{A}$

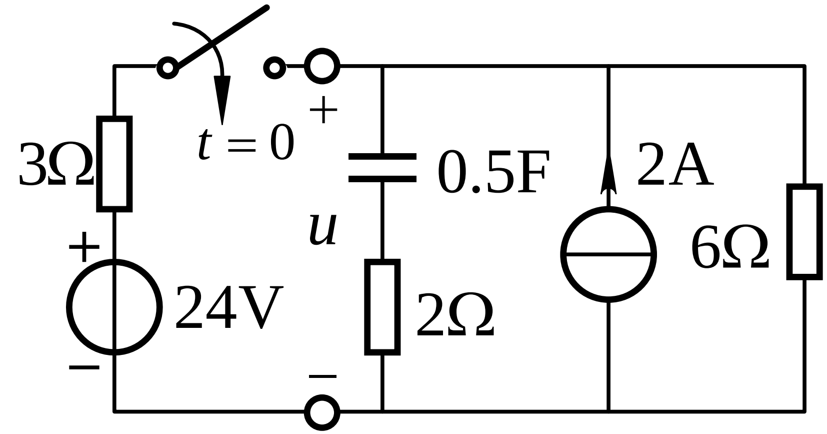
相位上落后对应线电压的相位差为 $\Delta\varphi=-60°$

主要错误：三相电路相、线电压电流的幅值关系，相位关系不清楚。

功率表两端电压为 $\dot{U}_{BC}$，流过电流为 $\dot{I}_B$ ，则功率表（理想表）的读数可求得

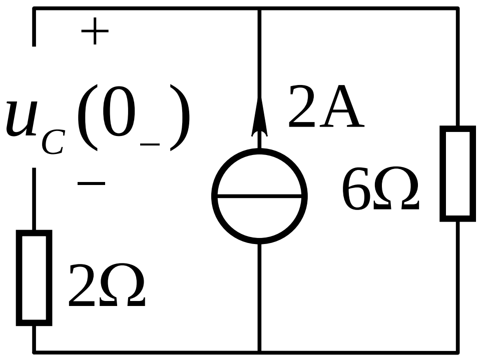
$$P=U_{BC}I_B\cos(\Delta\varphi)=300\times 10\sqrt{3}\times\cos 60°=2598\text{kW}$$

例7 图示电路原处于直流稳态，当t=0时开关闭合。试用三要素法求t>0时的电压$u(t)$。



解：

求$u_C(0_-)$或$i_L(0_-)$

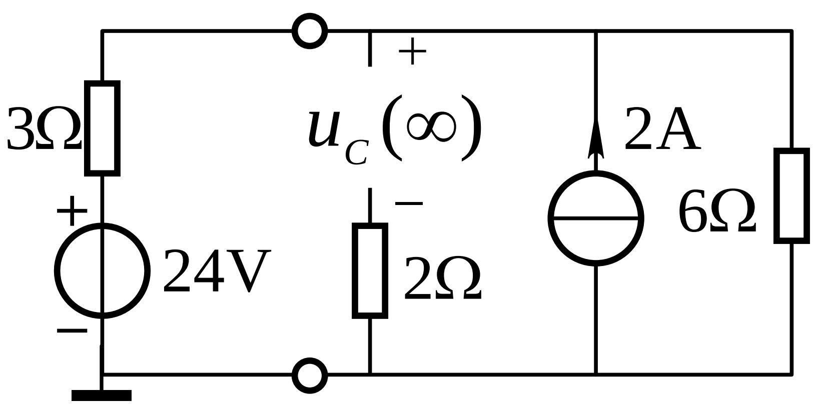


$$u_C(0_-)=2\times 6=12\text{V}$$

$$\Rightarrow u_C(0_-)=u_C(0_+)=12\text{V}$$

两种解法
1.先求$u_C(t)$，再求$u(t)$
2.直接求$u(t)$
均可用三要素

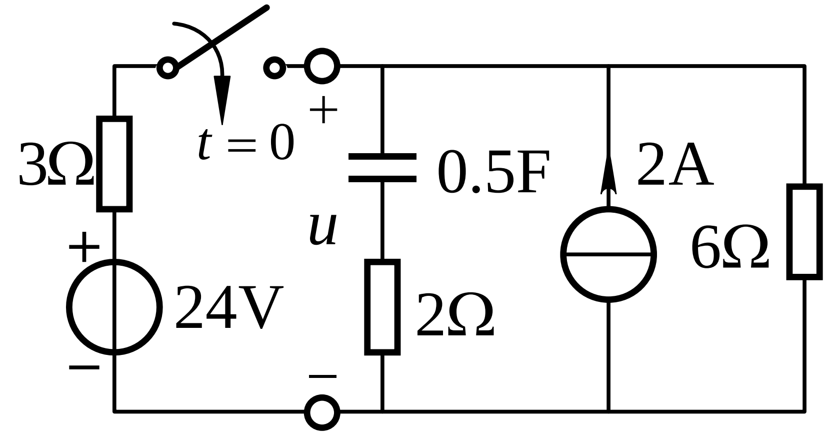
求稳态值



$$\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)u_C(\infty)=2+\frac{24}{3}$$

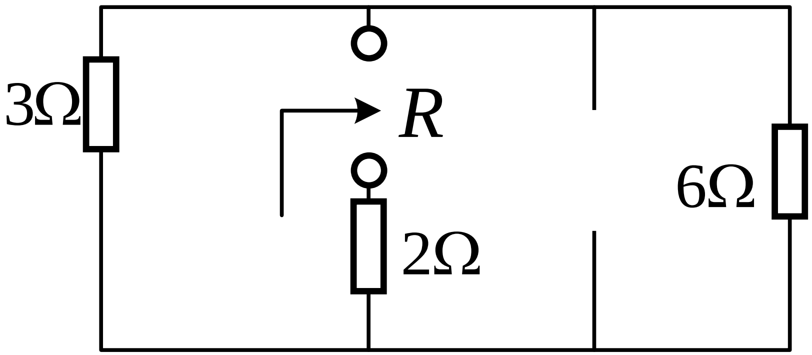
$$\Rightarrow u_C(\infty)=20\text{V}$$

例7图示电路原处于直流稳态，当t=0时开关闭合。试用三要素法求t>0时的电压$u(t)$。



解：

求时间常数



$$R = 2 + \frac{3\times 6}{3+6} = 4\Omega$$

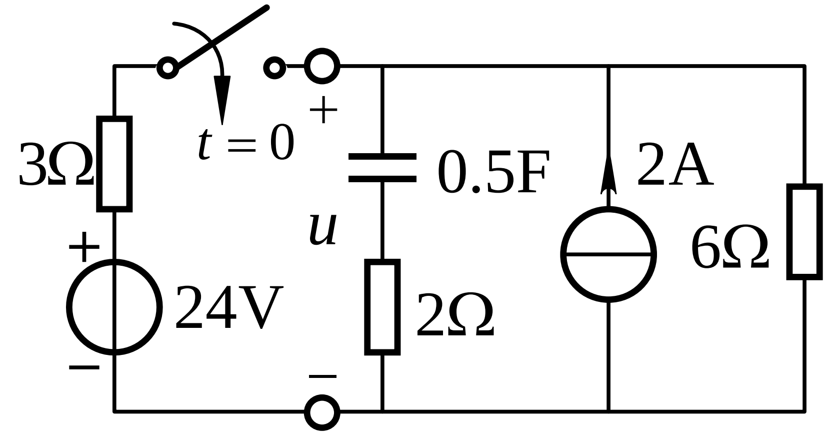
$$\Rightarrow \tau = RC = 4\times 0.5 = 2\text{s}$$

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

$$= 20 - (12-20)\mathrm{e}^{-t/2} = (20 - 8\mathrm{e}^{-t/2})\ \ \text{V}$$

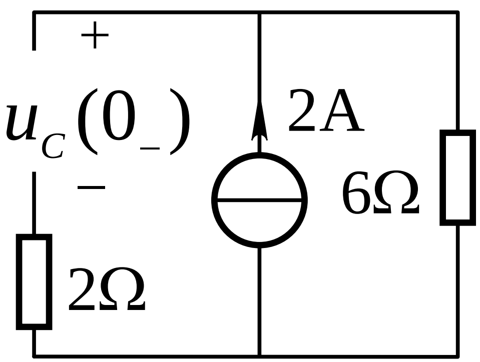
$$u(t) = u_C(t) + 2\times 0.5\frac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t} = (20-8\mathrm{e}^{-t/2}) + 4\mathrm{e}^{-t/2} = (20-4\mathrm{e}^{-t/2})\ \text{V}$$

例7 图示电路原处于直流稳态，当t=0时开关闭合。试用三要素法求t>0时的电压$u(t)$。



解：

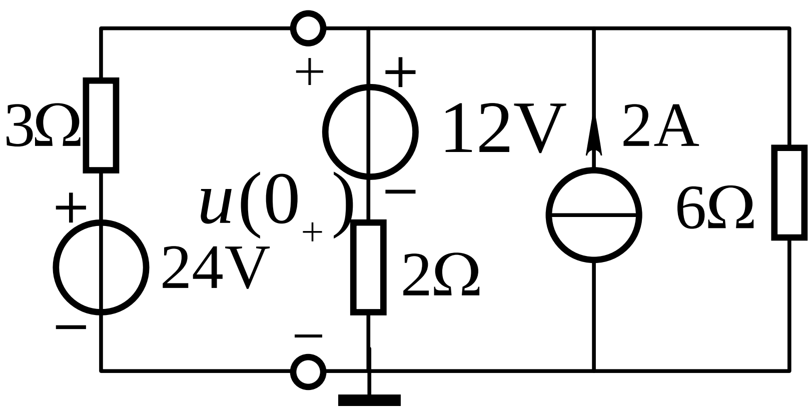
求$u_C(0_-)$或$i_L(0_-)$



$$u_C(0_-)=2\times 6=12\text{V}$$

$$\cancel{u(0_+)=u(0_-)=12\text{V}}$$

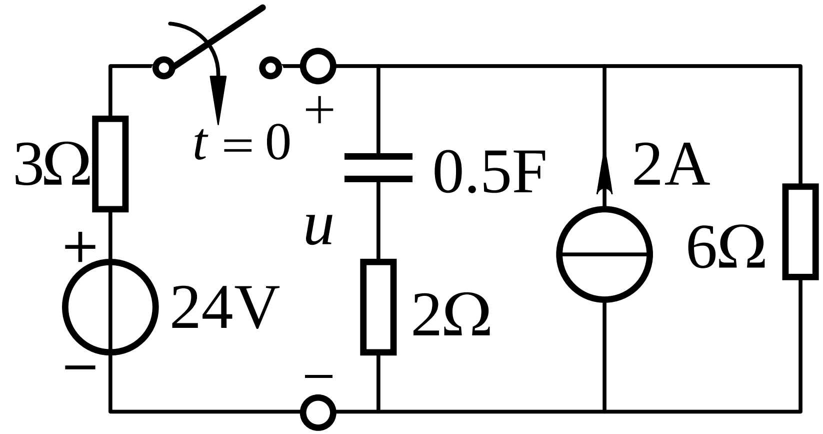
求$u(0_+)$



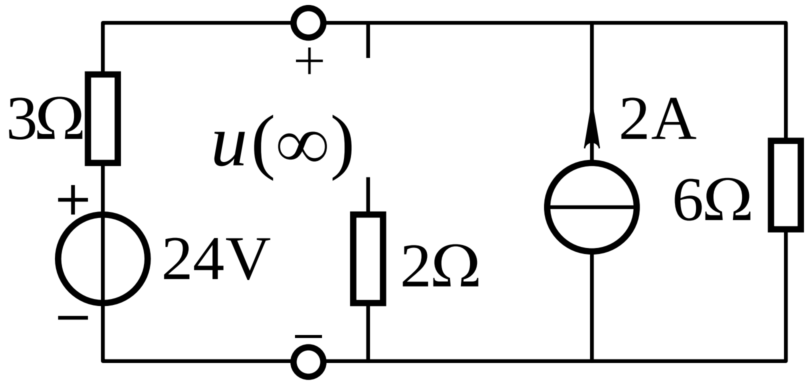
$$\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{2}+\frac{1}{6}\right)u(0_+)=2+\frac{24}{3}+\frac{12}{2}$$

$$\Rightarrow u(0_+)=16\ \text{V}$$

例7 图示电路原处于直流稳态，当t=0时开关闭合。试用三要素法求t>0时的电压$u(t)$。



解： 求稳态值



$$\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\right)u(\infty)=2+\frac{24}{3}$$

$$\Rightarrow u(\infty)=20\text{V}$$

时间常数，同上

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

$$=20-(16-20)e^{-t/2}=(20-4e^{-t/2})\text{ V}$$

判断题

负载与电源满足最大功率匹配条件时，负载从给定电源吸收功率最大，效率最高。(　　)

暂态电路中，全响应=零输入响应+零状态响应

=自由分量+强制分量

其中零输入响应与自由分量对应，零状态响应与强制分量对应（　　）

对称三相电路的瞬时功率是常量，平均功率等于瞬时功率。(　　)

问答题

在实际电路中，通常用并联电容来提高感性负载的功率因数，请简要回答：
(1)提高功率因数有何意义？
(2) 串联电容是否可以提高感性负载电路的的功率因数？在实际电路中是否可行?为什么？

如何计算非正弦周期电流电路的平均功率？该求解方法与直流电路中功率不能叠加的结论是否相悖？为什么？

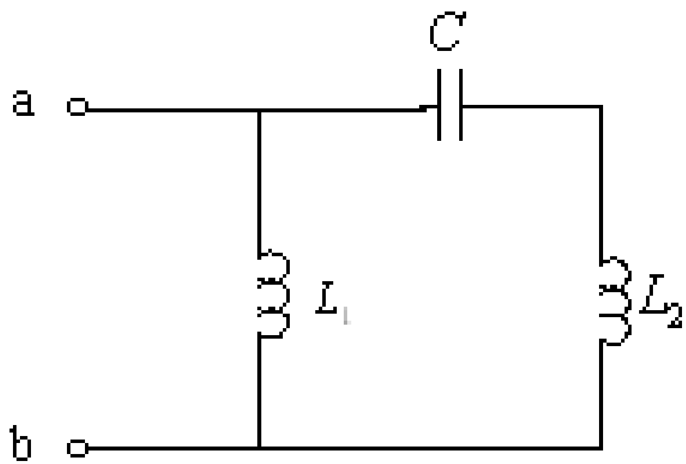
填空题

1.RLC 串联电路的品质因数 Q 为____________。品质因数 Q 越大，则其通带宽度越______________。

2. 某 RC 一阶电路的全响应 $u_C(t)=(8-2e^{-t})V$，若初始条件不变而激励源幅值减少为原来的一半，则其全响应为 $u_C(t)=$____________。

选择题

2. 图示电路串联谐振角频率（　）



（a）$\omega = \dfrac{1}{\sqrt{L_2 C}}$　(b) $\omega = \dfrac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2)C}}$　(c) $\omega = \dfrac{1}{\sqrt{(L_1 // L_2)C}}$　(d) $\omega = \dfrac{1}{\sqrt{L_1 C}}$

谢谢一个学期的相伴！

祝同学们在期末取得好成绩！