«电路原理»课程总复习

华东理工大学信息学院

第一章　电路基本概念与定律（掌握）

一、电路及电路模型：

电路作用、分类、理想元件、理想电路模型

二、电路分析基本变量

定义、大小、单位；

方向：关联参考方向 非关联

三、基尔霍夫定律

***KCL、KVL内容、

推广形式、物理意义

第二章 电路元件及电路基本类型

一、电路常用元件

无源元件（电阻、电感、电容）；

有源元件（理想电压源、理想电流源）；

受控源（VCCS、CCCS、VCVS、VCVS)

二、 含理想运算放大器的电路

三、 二端口网络

含理想运算放大器的电路的分析

分析方法

规则1： “虚断” ---- $i_{-}=0$， $i_{+}=0$

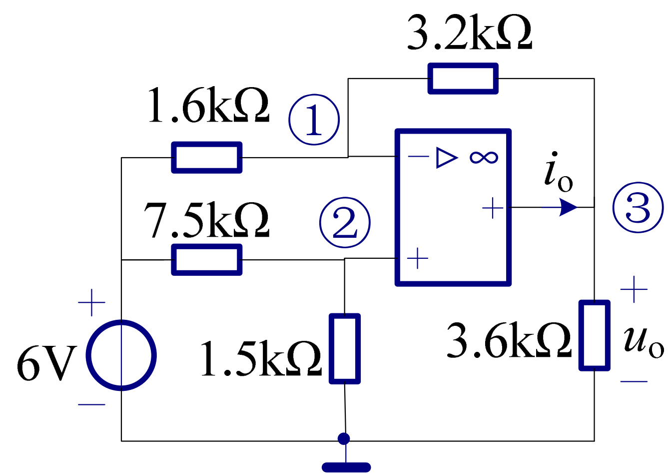
规则2： “虚短” ---- $u_{+}=u_{-}$

\+ 节点电压或（KCL）方程

除输出端外，对各点列写节点电压方程或KCL方程。

反向比例器，同向比例器，反向加法器，减法器，电压跟随器

例 含有运算放大器的电路如图所示，试求该电路的输出电压和输出电流。



解: 设各节点电压分别为u_{n1}、u_{n2}、u_{n3}。

节点方程为

$$\begin{cases}\left(\dfrac{1}{1.6\times10^3}+\dfrac{1}{3.2\times10^3}\right)u_{n1}-\dfrac{1}{3.2\times10^3}u_{n3}=\dfrac{6}{1.6\times10^3}\\[2ex]\left(\dfrac{1}{7.5\times10^3}+\dfrac{1}{1.5\times10^3}\right)u_{n2}=\dfrac{6}{7.5\times10^3}\end{cases}$$

解得：u_{n2}=1V

利用运算放大器的“虚短”特性，有 $u_{n1}=u_{n2}$

解得：u_o=u_{n3}= -9V　　i_o= -5.625×10^{-3}A

第三章 电路的一般分析方法

一、等效及等效变换的概念

二、**两种电源模型的等效变换**********

三、回路电流法：***

待求量：回路电流

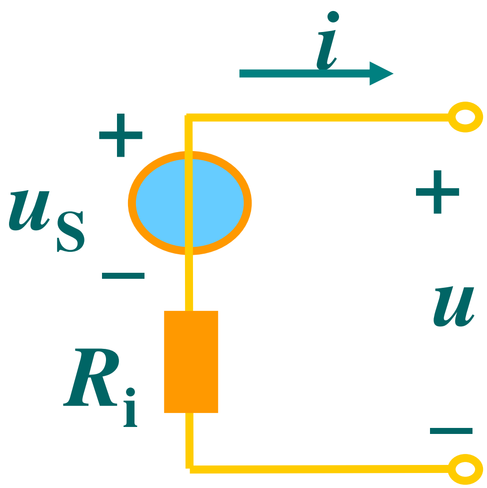
四、节点电压法：*******

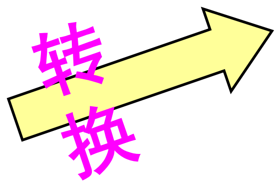
待求量：节点电压

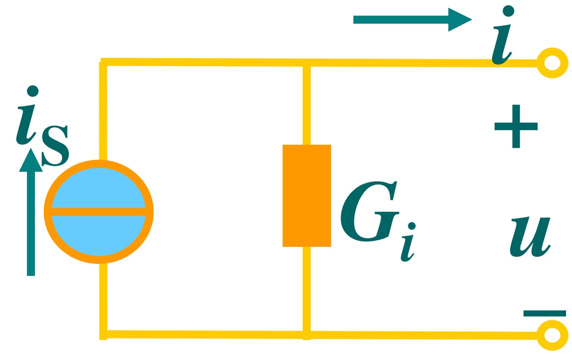
等效变换

- 电阻电路的等效变换
  - 电阻的等效变换
    - 电阻的串联
    - 电阻的并联
    - 电阻的 Y↔△
  - 电源的串联、并联等效变换
    - n 个电压源串联
    - n 个电流源并联
    - n 个电压源并联：要求电压相同
    - n 个电流源串联：要求电流相同
  - “实际电源”的等效变换
    - 实际电压源 → 实际电流源
    - 实际电流源 → 实际电压源
    - 等效互换的原则：端口 VAR 不变
  - 输入电阻
    - 输入电阻的定义
    - 输入电阻的求法
      - 电阻变换法
      - 外加电压 / 电流法

由电压源变换为电流源：

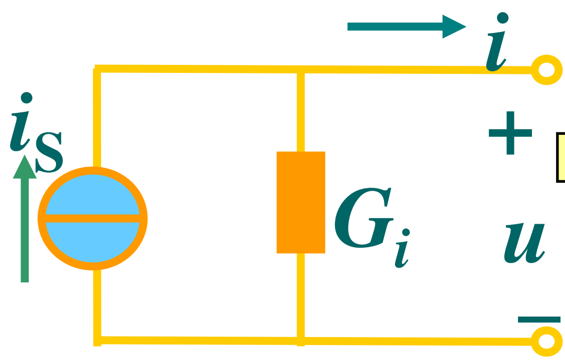


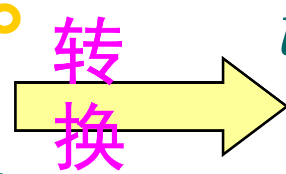


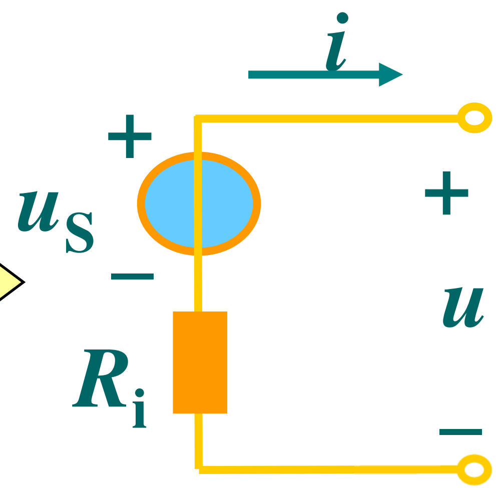


$$i_s = {u_s}/{R_i}, \quad G_i = {1}/{R_i}$$

由电流源变换为电压源：







❖i_S 的方向与u_S电压升方向一致(从“+”流出)！

$$u_s = {i_s}/{G_i}, \quad R_i = {1}/{G_i}$$

短路电流$i_S = u_S G_i$

回路电流法:

对于具有 $l=b-(n-1)$ 个回路的电路，有:

$$\begin{cases} R_{11}i_{l1}+R_{12}i_{l1}+\ldots+R_{1l}\,i_{ll}=u_{Sl1} \\ R_{21}i_{l1}+R_{22}i_{l1}+\ldots+R_{2l}\,i_{ll}=u_{Sl2} \\ \quad\cdots \\ R_{l1}i_{l1}+R_{l2}i_{l1}+\ldots+R_{ll}\,i_{ll}=u_{Sll} \end{cases}$$

$\sum RI_l=\sum US$

其中:

R_{kk}:自电阻(为正)

R_{jk}:互电阻
- + : 流过互阻的两个回路电流方向相同
- - : 流过互阻的两个回路电流方向相反
- 0 : 无关

u_{SLk}— 回路K中所有电源（包括独立源和受控源）电压升的代数和。

当电压源电压方向与该回路方向一致时,取负号,反之取正号。

节点电压法

$$\begin{cases} G_{11}u_{n1}+G_{12}u_{n2}+\dots+G_{1,n-1}u_{n,n-1}=i_{Sn1} \\ G_{21}u_{n1}+G_{22}u_{n2}+\dots+G_{2,n-1}u_{n,n-1}=i_{Sn2} \\ \quad\cdots\ \cdots\ \cdots\ \cdots \\ G_{n-1,1}u_{n1}+G_{n-1,2}u_{n2}+\dots+G_{n-1,n}u_{n,n-1}=i_{Sn,n-1} \end{cases}$$

其中 G_{ii} —自电导，等于接在结点i上所有支路的电导之和(包括电压源与电阻串联支路)。总为正。

$G_{ij}=G_{ji}$—互电导，等于接在结点i与结点j之间的所支路的电导之和，总为负。

i_{Sni} — 流入结点i的所有电流源电流的代数和(包括由电压源与电阻串联支路等效的电流源)。

例 列写电路的结点电压方程。

增补方程

$$U = U_{n3}$$

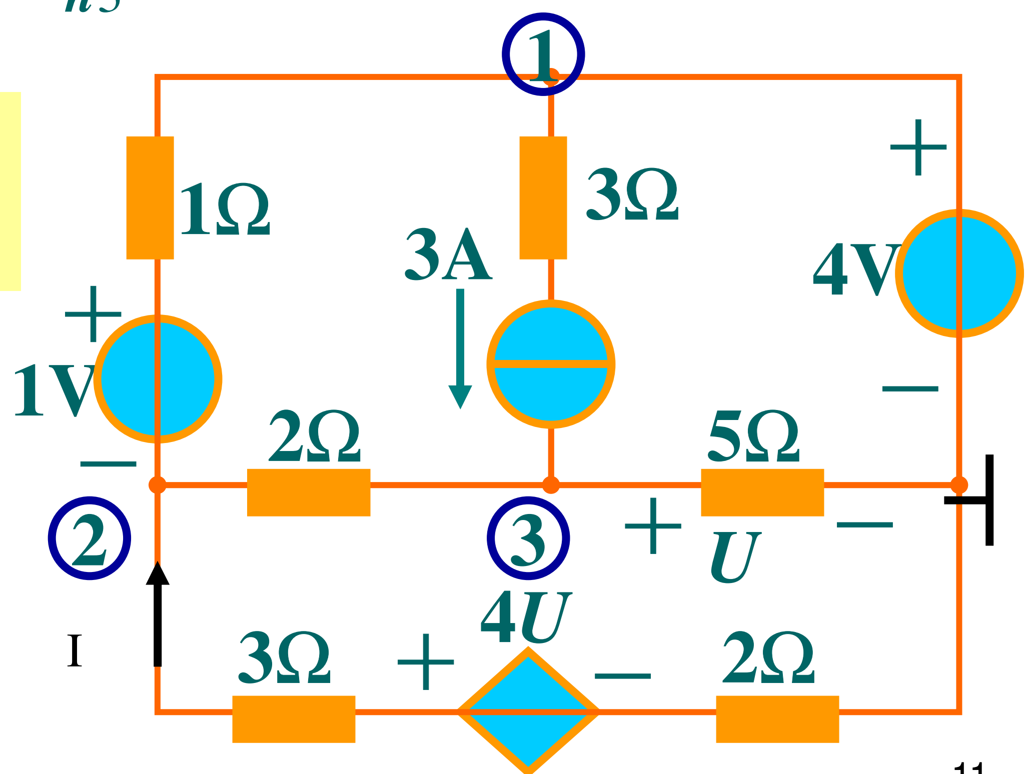
$$u_{n1} = 4V$$

$$-u_{n1} + \left(1 + 0.5 + \frac{1}{3+2}\right)u_{n2} - 0.5u_{n3} = -1 + \frac{4U}{5}$$

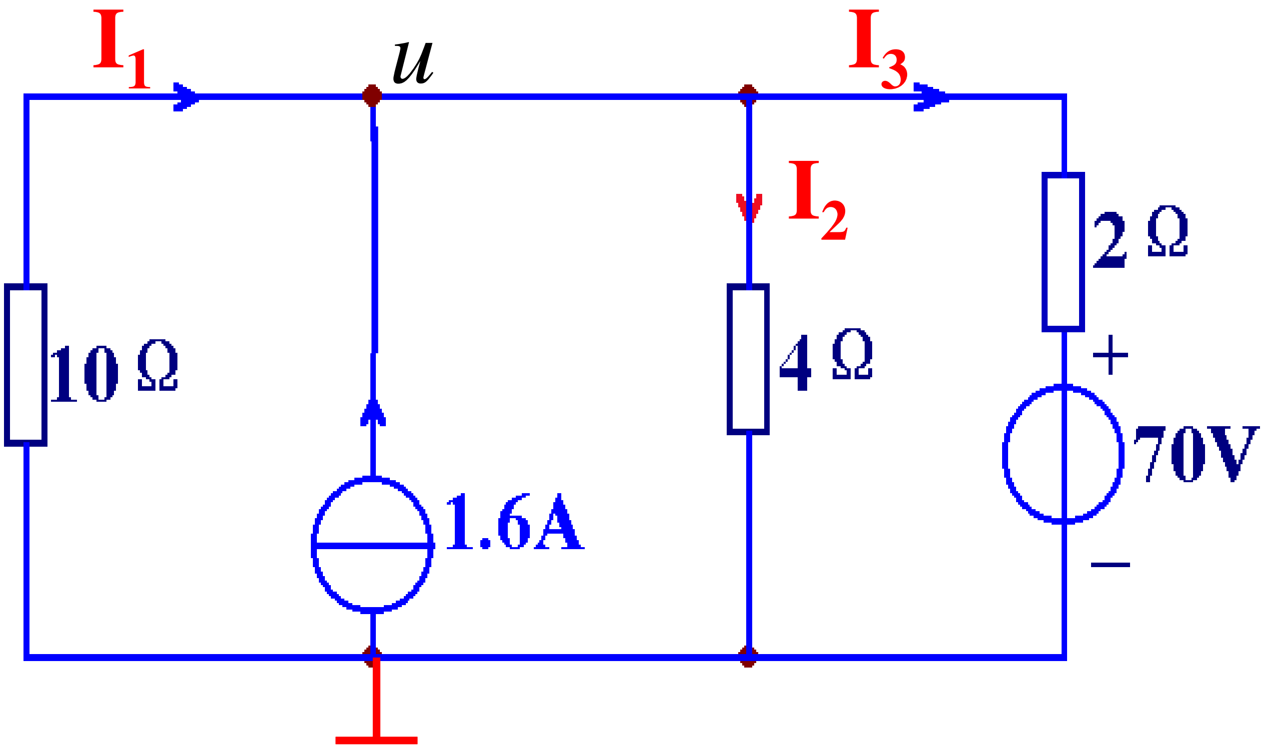
$$-0.5u_{n2} + (0.5 + 0.2)u_{n3} = 3A$$

*注：与电流源串接的电阻不参与列方程

*注：无伴电压源支路的处理，以此支路的一端为参考点。



例： 求图示电路中各支路电流。



选择参考节点，

列写方程：

$$\left(\frac{1}{10}+\frac{1}{4}+\frac{1}{2}\right)u = 1.6+\frac{70}{2}$$

$$u = \frac{1.6+\frac{70}{2}}{\left(\frac{1}{10}+\frac{1}{4}+\frac{1}{2}\right)}$$

$$= 43.588V$$

若电路只有一个独立节点，其节点电位方程为：

$$u = \frac{\sum I_{sk}}{\sum G_k}$$

I_1 =-4.05A

I_2 = 10.765A **I_3 = -13.471A**

第五章　线性电路基本定理

一、叠加定理：（应用于非正弦电路中）****

线性电路中任一条支路电流或电压等于各个独立电源单独作用时在该支路所产生的电流或电压的代数和。

二、齐次定理：

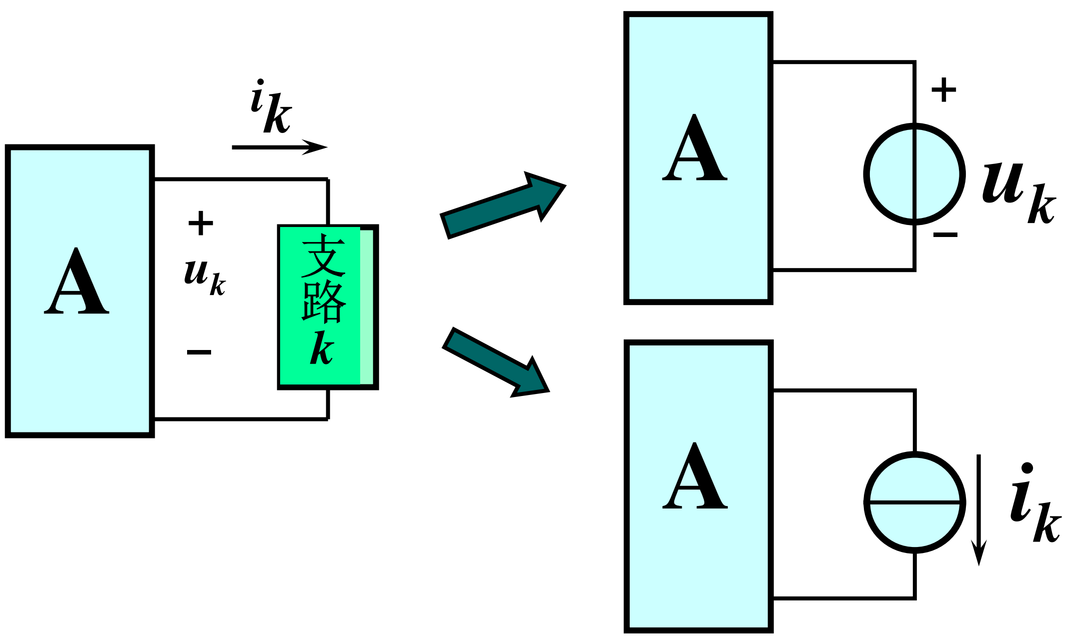
电路中各响应均为各激励电源的一次函数，均可看成各独立电源单独作用时，产生的响应之叠加。

$$i_k = k_1 i_{s1} + k_2 i_{S2} + \cdots + k_n i_{sn} + k_{n+1} U_{s1} \cdots + K_b u_{sb}$$

$$\text{同理} u_k = k_1 i_{s1} + k_2 i_{S2} + \cdots + k_n i_{sn} + k_{n+1} U_{s1} \cdots + K_b u_{sb}$$

三、替代定理

任意一个电路，其中第k条支路的电压已知为u_k（电流为i_k），那么就可以用一个电压等于u_k的理想电压源（电流等于i_k的独立电流源）来替代该支路，替代前后电路中各处电压和电流均保持不变。



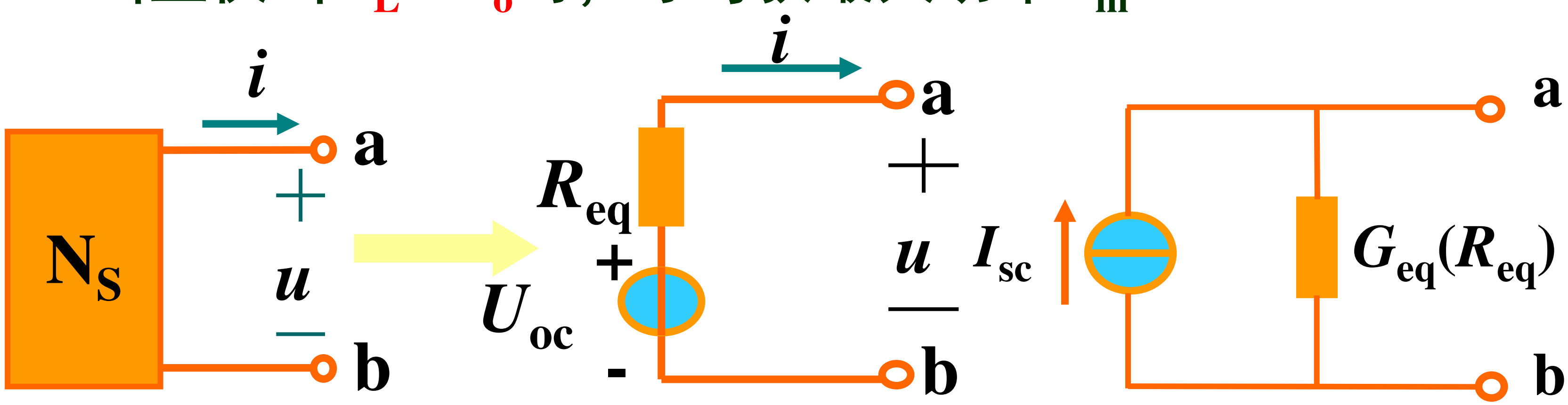
四、戴维南诺顿定理:****

线性含源一端口网络对外作用可等效为一个理想电压源和电阻的串联组合。(戴维南定理) ***

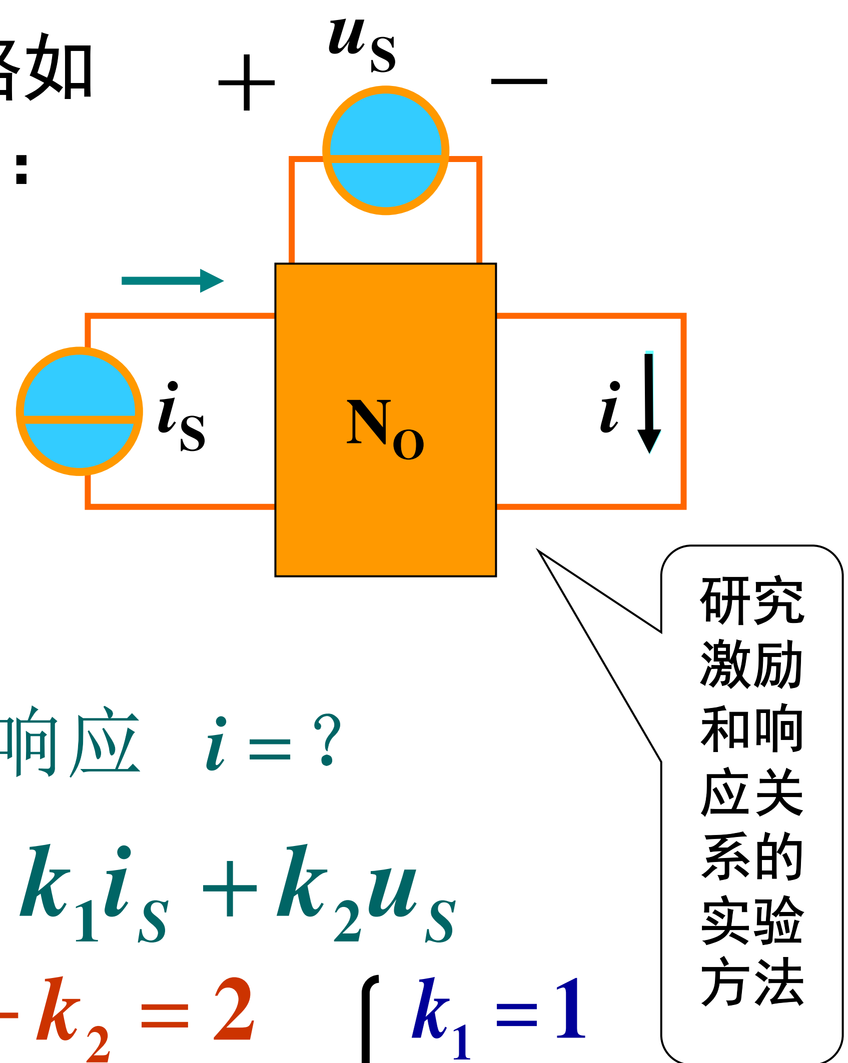
线性含源一端口网络对外作用可等效为一个理想电流源和电阻的并联组合。 (诺顿定理)

五、 最大功率传输定理:

一个实际电源模型（U_o、R_o）向负载R_L传输能量，当且仅当$R_L = R_o$时，才可获最大功率P_m。



例　封装好的线性电阻电路如图，已知下列实验数据：



当 $u_S = 1V$， $i_S = 1A$ 时，

响应 $i = 2A$

当 $u_S = -1V$， $i_S = 2A$ 时，

响应 $i = 1A$

求 $u_S = -3V$， $i_S = 5A$ 时，响应 $i = ?$

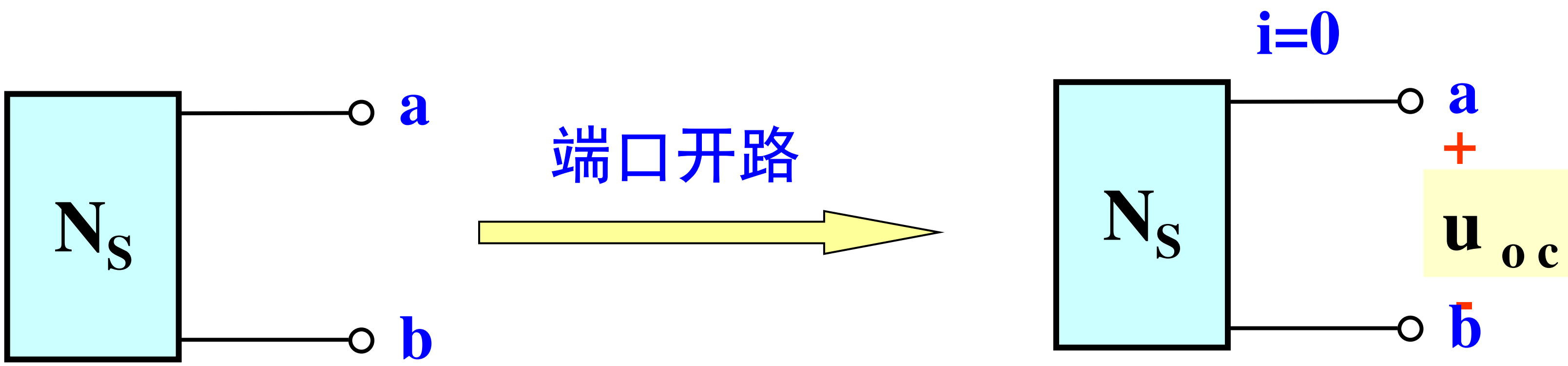
解　根据叠加定理，有：$i = k_1 i_S + k_2 u_S$

代入实验数据，得：$\begin{cases} k_1 + k_2 = 2 \\ 2k_1 - k_2 = 1 \end{cases}$ $\begin{cases} k_1 = 1 \\ k_2 = 1 \end{cases}$

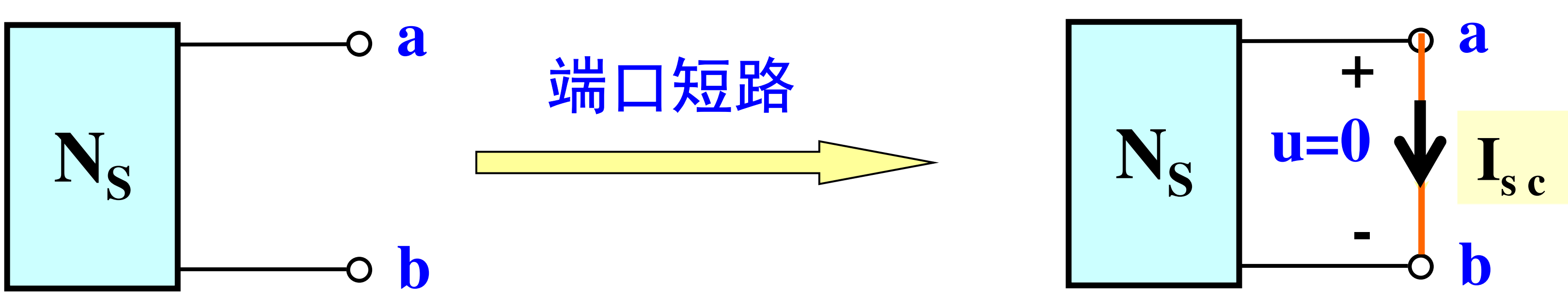
$$i = u_S + i_S = -3 + 5 = 2A$$

求戴维南等效电路

(1) 开路电压U_{oc}的计算:将外电路断开时的开路电压U_{oc}

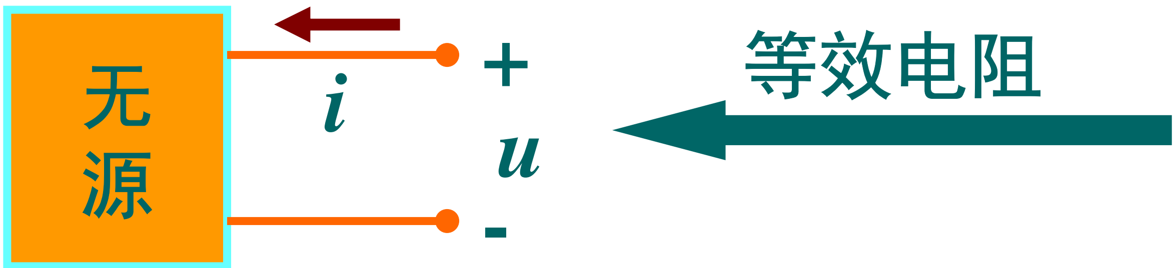


(2)短路电流I_{sc}的计算



求等效电阻

1. 定义



$$R_{in} = \frac{u}{i}$$

2. 计算方法

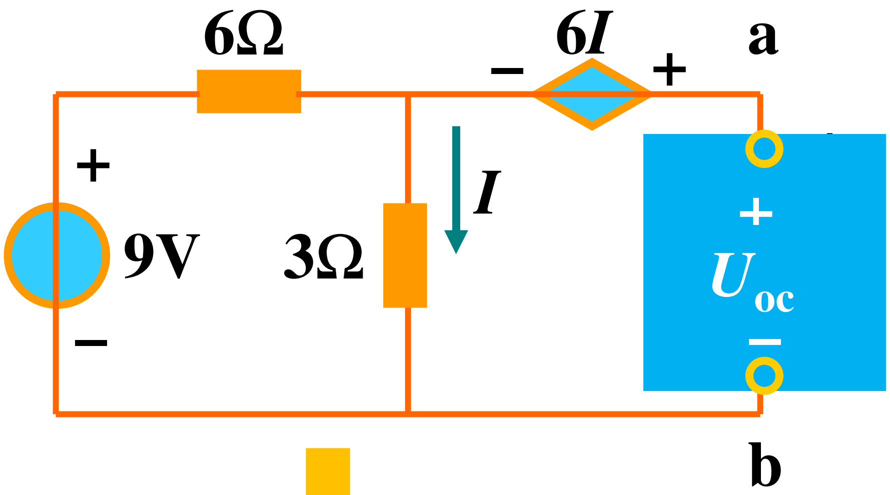
(1)对不含有受控源的有源网络先把独立源置零（电压源处短路；电流源处开路），直接应用电阻的串、并联和Δ—Y变换等方法求输入电阻

（2）对含有受控源和电阻的两端电路，

A 先把独立源置零，用加压求流、加流求压法

B 保留独立源下，用开路电压，短路电流法。

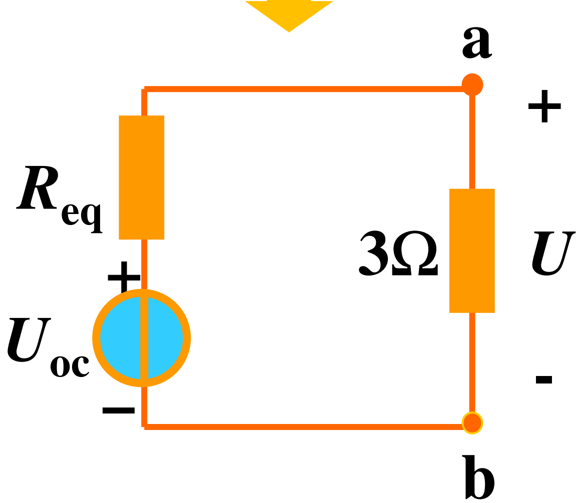
例　求U。



解　(1) 求开路电压U_{oc}

$$\begin{cases} U_{oc}=6I+3I \\ I=9/9=1\text{A} \end{cases}$$

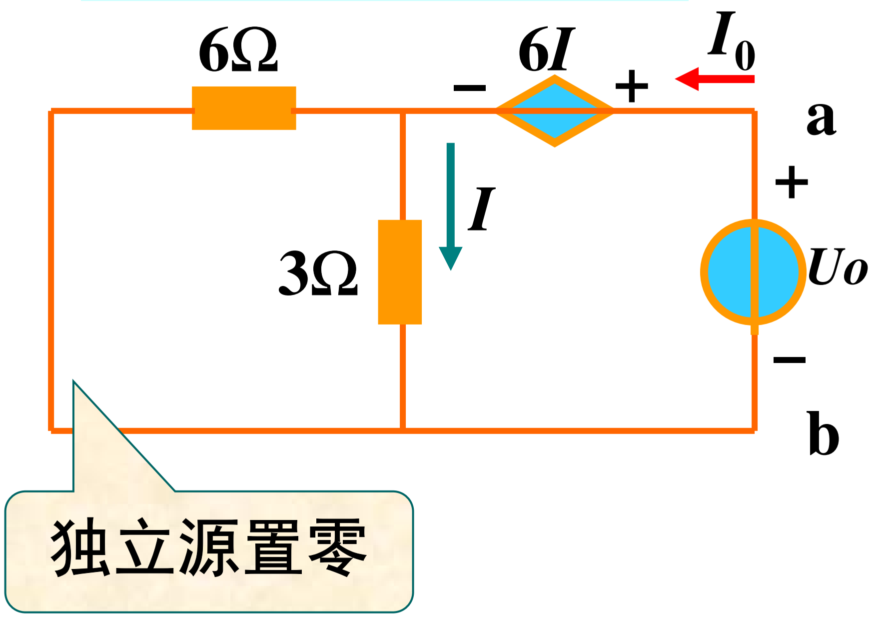
$$U_{oc}=9\text{V}$$



(2) 求等效电阻R_{eq}

方法1：加压求流

方法1：加压求流

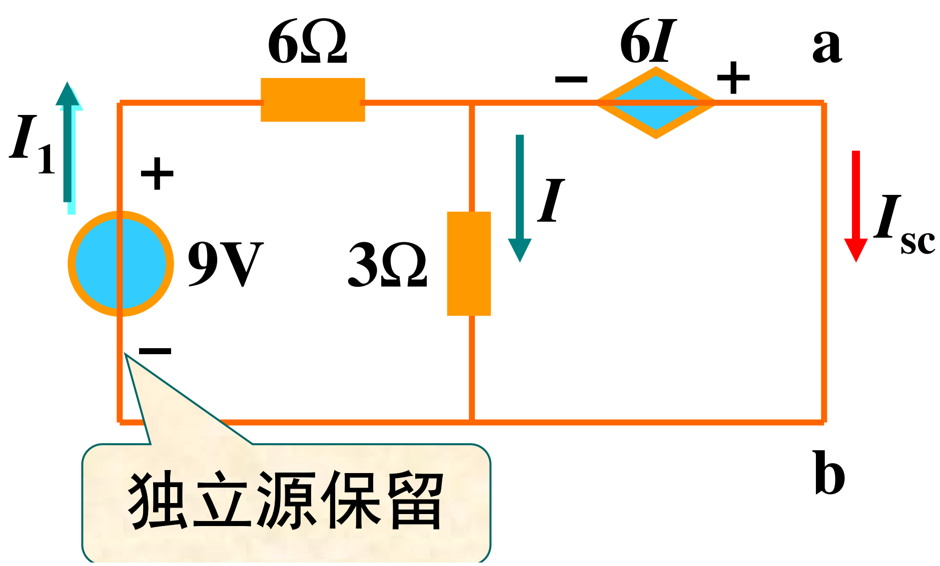


$$\begin{cases} U_0=6I+3I=9I \\ I_0=I+(1/2)I \end{cases}$$

$\Rightarrow$ $U_0=9\times(2/3)I_0=6I_0$

$\Rightarrow$ $R_{eq}=U_0/I_0=6\ \Omega$

方法2：开路电压、短路电流



$(U_{oc}=9\text{V})$

$6I_1+3I=9$

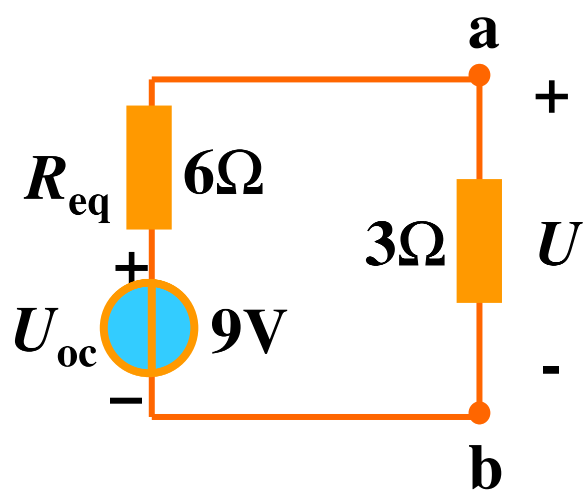
$I=-6I/3=-2I$ $\Rightarrow$ $I=0$

$I_{sc}=I_1=9/6=1.5\text{A}$

$R_{eq}=U_{oc}/I_{sc}=9/1.5=6\ \Omega$

(3) 等效电路

$$U = \frac{3}{6+3} \times 9 = 3\text{V}$$



最大功率

$$\boxed{P_{\max} = \frac{u_{oc}^2}{4 * R_{eq}}}$$

第六章 一阶电路

● **重点**

1. 掌握一阶电路的零输入响应、零状态响应和全响应求解（三要素法）；

2. 理解一阶电路的阶跃响应（三要素法）

熟练掌握

一阶电路的计算方法

三要素法（直流激励）

3. 理解一阶电路的冲击响应。

- 一阶电路
  - 动态电路的方程及初始条件
  - 动态电路的响应
    - 一阶电路的零输入响应
    - 一阶电路的零状态响应
      - 阶跃响应
      - 冲激响应
    - 一阶电路的全响应

三要素法分析一阶电路

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

三要素
- $f(\infty)$ 稳态解 → 用**换路后**t→∞的新稳态电路求解，电容开路，电感短路
- $f(0^+)$ 初始值 → 用0^+等效电路求解
- τ 时间常数

分析一阶电路问题转为求解电路的三个要素的问题

* 衰减快慢取决于时间常数τ

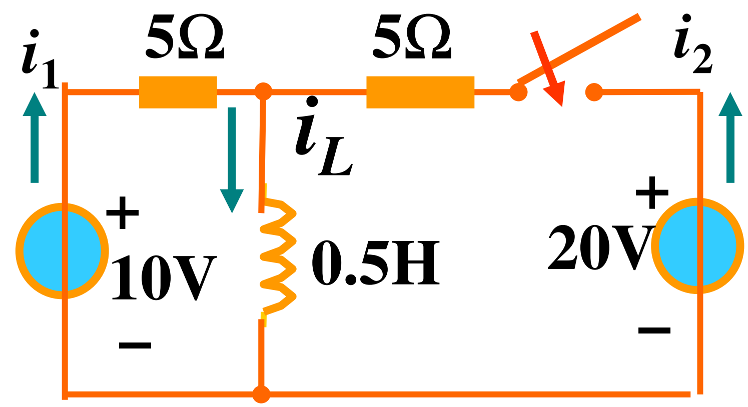
RC电路 $\tau=R_{eq}C$ ， RL电路 $\tau=L/R_{eq}$

R_{eq}为与动态元件相连的一端口电路的等效电阻。

*** 同一电路中所有响应具有相同的时间常数。**

例　t=0时 ,开关闭合，求t>0后的i_L、i_1、i_2

解　三要素为：



$$i_L(0^-)=i_L(0^+)=10/5=2A$$

$$i_L(\infty)=10/5+20/5=6A$$

$$\tau=L/R=0.6/(5//5)=1/5s$$

应用三要素公式　$i_L(t)=i_L(\infty)+[i_L(0^+)-i_L(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$

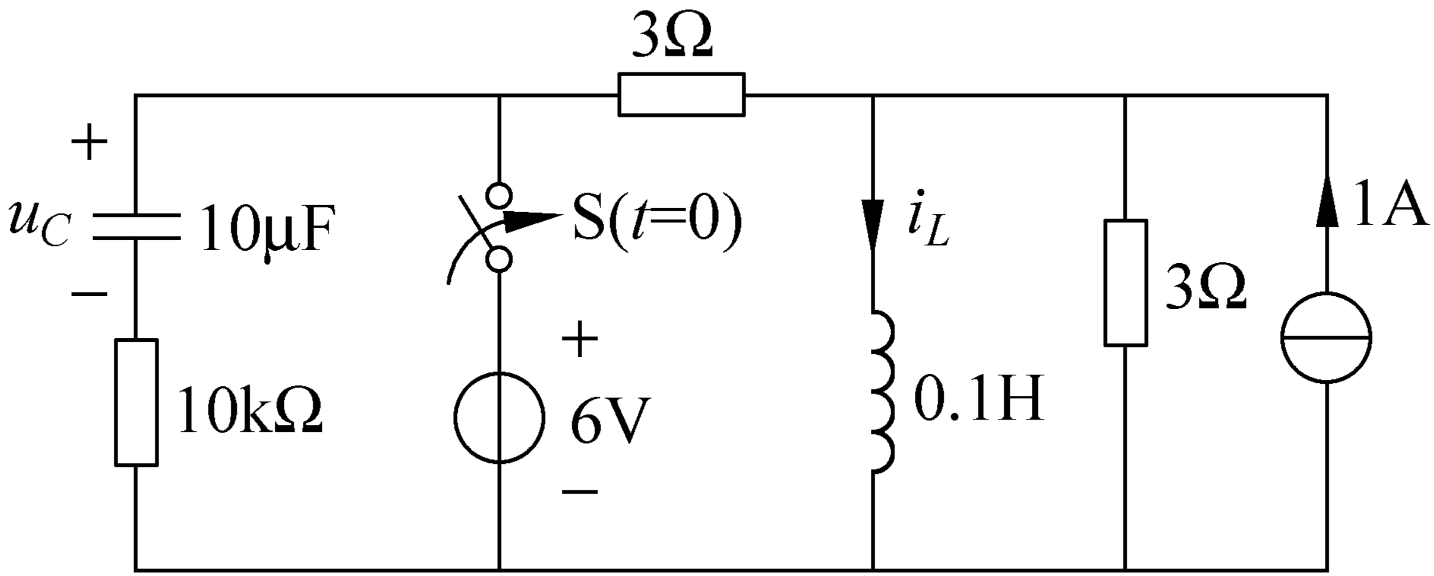
$$i_L(t)=6+(2-6)e^{-5t}=6-4e^{-5t}\quad t\geq 0$$

$$u_L(t)=L\frac{di_L}{dt}=0.5\times(-4e^{-5t})\times(-5)=10e^{-5t}V$$

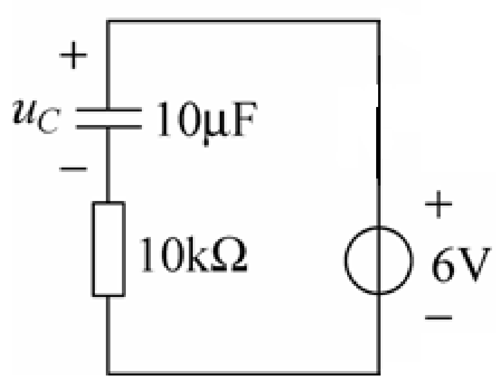
$$i_1(t)=(10-u_L)/5=2-2e^{-5t}A$$

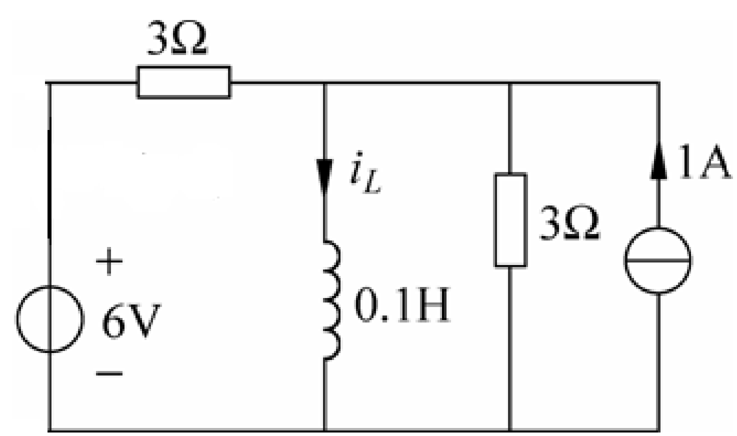
$$i_2(t)=(20-u_L)/5=4-2e^{-5t}A$$

- 6.11



换路后电路变成两个一阶电路





二阶电路

- 二阶电路
  - 二阶微分方程
  - 二阶电路
    - 二阶电路的零输入响应
    - 二阶电路的零状态响应
      - 阶跃响应
      - 冲激响应
    - 二阶电路的全响应

1. 了解二阶电路的定义，会从电路结构直观判断二阶电路。
2. 会列写简单二阶电路的微分方程。
3. 了解二阶电路零输入响应、阶跃响应、冲激响应的定义与求解方法。
4. 深刻理解和掌握二阶电路零输入响应的 4 种性质与电路参数的关系。
5. 深刻掌握二阶非齐次方程的求解。

二阶电路四种响应形式

特征根	响应性质	自由分量形式
共轭虚根	等幅振荡（无阻尼）	$K\sin(\omega_0 t+\theta)$
共轭复根	衰减振荡（欠阻尼）	$Ke^{-\alpha t}\sin(\omega_d t+\theta)$ 或$e^{-\alpha t}(A\sin\omega_d t+B\cos\omega_d t)$
相等的实根	非振荡放电（临界阻尼）	$e^{-\alpha t}(A_1+A_2 t)$
不等的实根	非振荡放电（过阻尼）	$A_1e^{p_1 t}+A_2e^{p_2 t}$

相量及相量分析法

- 相量法
  - 复数
  - 特殊相量——正弦量
  - 相量法的基础
  - 电路定律的相量形式
    - KVL 与 KCL 定律
    - 伏安特性

1. 熟悉正弦量的振幅(最大值)、角频率、相位和初相位。
2. 熟练掌握正弦量的瞬时值、有效值和相位差。
3. 熟悉正弦量的波形。
4. 熟练掌握正弦量的相量和相量图。
5. 熟练掌握基尔霍夫定律和电路元件电压、电流关系的相量形式。

相量分析法 及功率的计算　　应用：(正弦稳态电路)

1、　正弦量的时域与频域表示；相位差、有效值

$i(t)=I_m\cos(\omega t+\varphi_i)$　　　　$\dot{I}=I\angle\varphi_i$

2、　相量形式KCL和KVL　　$\sum_{k=1}^{n}\dot{I}_k=0$　　$\sum_{k=1}^{m}\dot{U}_k=0$

3、　正弦交流电路中电阻、电感、电容元件伏安关系

元件性质	电　阻	电　感	电　容
时域关系	U=RI；φ=0	U= ωL I；φ=90°	U=I/(ωC)　φ=-90°
频域关系	$\dot{U}=R\dot{I}$	$\dot{U}=j\omega L\dot{I}=jX_L\dot{I}$	$\dot{U}=\frac{1}{j\omega C}\dot{I}=-jX_C\dot{I}$

正弦稳态电路分析

- 正弦稳态电路的分析
  - 基本概念
    - 阻抗
    - 导纳
    - 向量图
  - 阻抗导纳的连接形式
    - 串联
    - 并联
  - 正弦稳态电路
    - 分析
    - 功率问题
      - 瞬时功率
      - 平均功率
      - 无功功率
      - 视在功率
  - 复功率和最大功率传输
  - 谐振
    - 串联电路谐振
    - 并联电路谐振

正弦稳态电路分析****

1) 从时域电路模型转化为相量模型:

正弦电流、电压用相量表示；

无源支路用复阻抗表示。

2）选择适当的电路分析方法（KCL,KVL）

注：（a）画相量图（同一电路的多个相量画在一个图中）***

（b） 在某些情况下用向量图辅助分析

3）频域求解（复数运算）得到相量解；

4）相量解转化为时域解。

正弦稳态电路功率：

p(t)、P、Q、S、cosφ； 功率因数提高；

复功率 $\bar{S}$ $\quad \bar{S}=P+\mathrm{j}Q=\sqrt{P^2+Q^2}\angle\varphi$

视在功率 S $\quad S=UI=\left|\bar{S}\right|$

有功 P $\quad P=UI\cos\varphi=\mathrm{Re}[\bar{S}]$

无功 Q $\quad Q=UI\sin\varphi=\mathrm{Im}[\bar{S}]$

功率表读数为有功功率

计算方法1：$P=UI\cos\varphi$

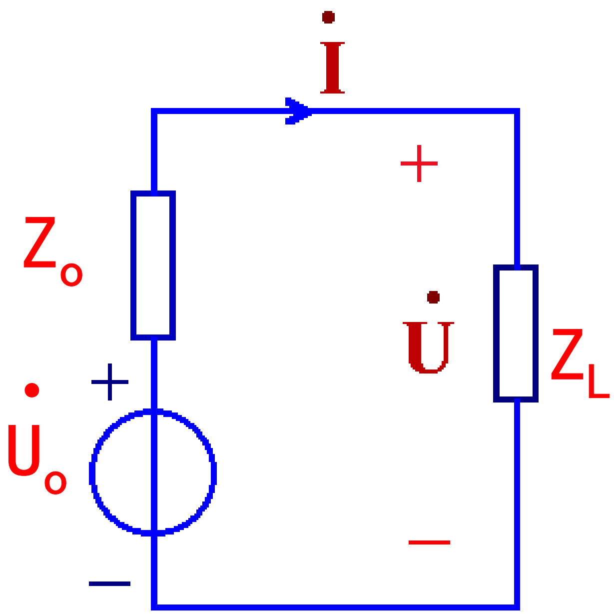
计算方法2：$P=\sum I^2R$

物理意义：是电路中等效耗能元件R(G)所消耗的功率。

谐振 $\quad \varphi=0$ ， 电压与电流同相位，电路呈阻性。

最大功率传输

一、功率传输（共轭匹配）电阻和电抗都可独立变化条件下



$$Z_L = R_L + jX_L$$

$$Z_o = R_o + jX_o$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_o}{Z_o + Z_L}$$

$$\dot{I} = \frac{U_o \angle \varphi_u}{(R_o + R_L) + j(X_o + X_L)}$$

$$P = I^2 R_L$$

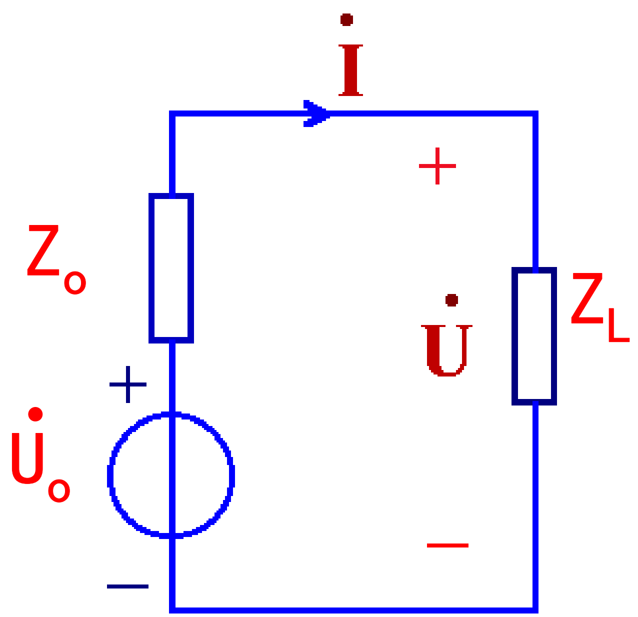
$$= \frac{U_o^2 R_L}{(R_o + R_L)^2 + (X_o + X_L)^2}$$

$\therefore \quad Z_L = R_o - jX_o$

（共轭匹配）

并且 $\quad P_{max} = \dfrac{U_o^2}{4R_o}$

二、功率传输（等模匹配）
阻抗角不变，模可变的条件下



$$Z_L = R_L + jX_L \qquad Z_o = R_o + jX_o$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_o}{Z_o + Z_L} = \frac{U_o \angle \varphi_u}{(R_o + R_L) + j(X_o + X_L)}$$

$$P = I^2 R_L = \frac{U_o^2 R_L}{(R_o + R_L)^2 + (X_o + X_L)^2}$$

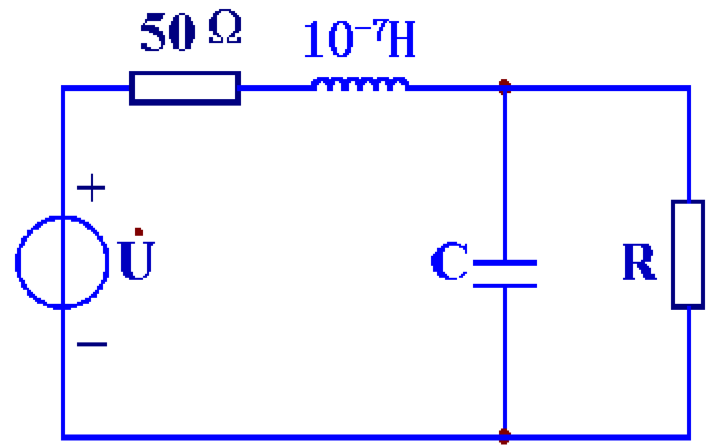
$$\therefore \quad |Z_L| = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} = |Z_o|$$

且 $$P_m = \frac{U_o^2 |Z_o|}{(R_o + |Z_o|)^2 + X_o^2}$$

例：图示电路已知 $\dot{U}=0.1\angle 0°V,\ f=100\ MHz$.

求：1） 负载R获最大功率时，电路中R=? C=? P_{max}=?

$Z_o=50+j62.8 \quad Z_L=\dfrac{R-j\omega CR^2}{1+(\omega CR)^2}$

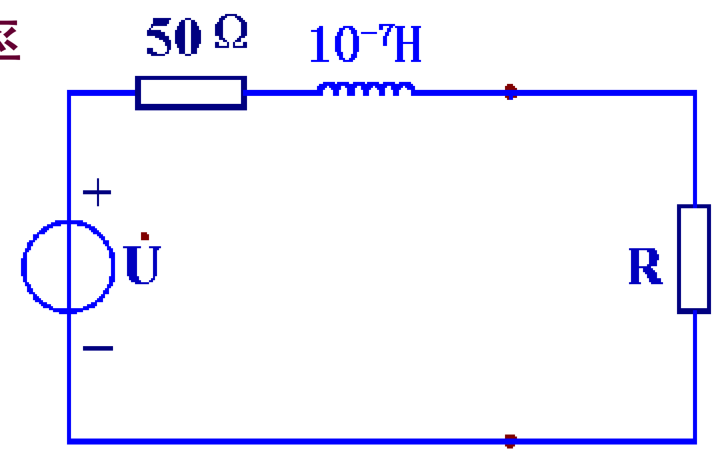


由最大功率传输条件： $Z_L=\overset{*}{Z_o}$

有 $\dfrac{R}{1+(\omega CR)^2}=50 \qquad \dfrac{\omega CR^2}{1+(\omega CR)^2}=62.8$

$\omega CR=1.256 \quad \therefore \quad R=128.8768\Omega \qquad C=15.5\ pF \qquad P_m=\dfrac{U^2}{4R_o}=50\mu W$

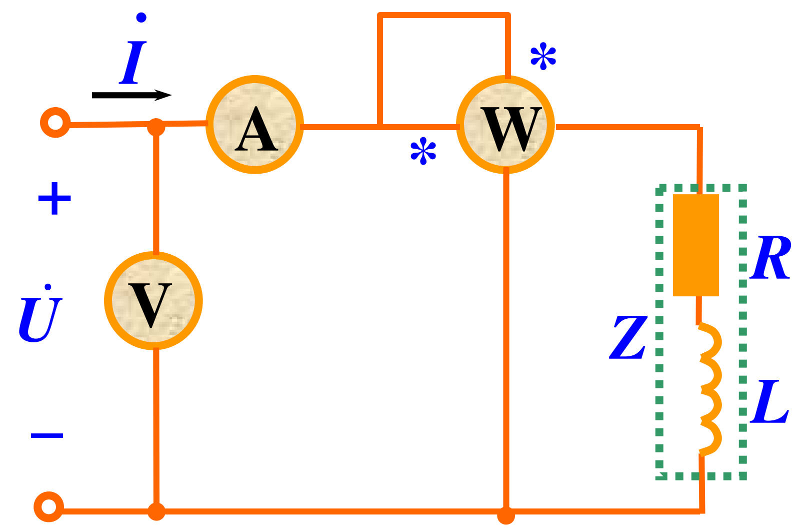
2） 移去C时，R=?时可获最大功率



$Z_o=50+j62.8 \qquad R=|Z_o|=80.2735\Omega$

$P_m=\dfrac{U_o^{\,2}|Z_o|}{(R_o+|Z_o|)^2+X_o^{\,2}}=38.38\mu W$

例　三表法测线圈参数。



已知f=50Hz，且测得U=50V，I=1A，P=30W。求R,L。

解法2：R=P / I^2=30/1^2=30　Ω

$$\omega L=\sqrt{|Z|^2-R^2}=\sqrt{50^2-30^2}=40\ \Omega$$

解法1：$\varphi=\arccos\left(\dfrac{P}{UI}\right)=\arccos\left(\dfrac{30}{50\times 1}\right)=53.13^\circ$

$$Z=|Z|\angle\varphi=\frac{U}{I}\angle\varphi=50\angle 53.13^\circ\,\Omega=30+j40\ \ \Omega$$

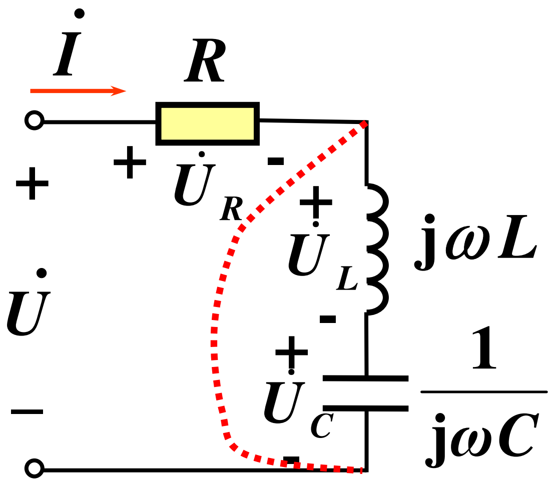
$$\therefore R=30\ \Omega\quad ,L=\frac{40}{\omega}=\frac{40}{2\times\pi\times 50}=127mH$$

频率响应和谐振

串联谐振电路

$$Z = R + \mathrm{j}(\omega L - \frac{1}{\omega C})$$

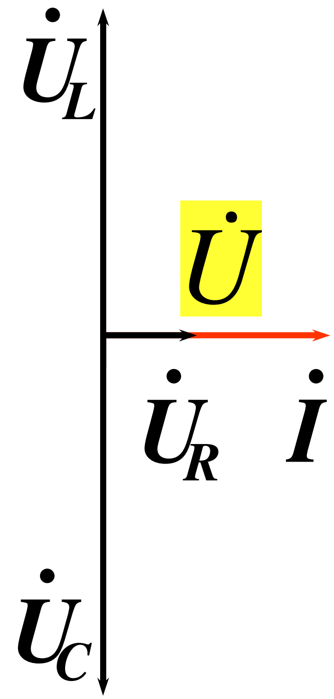
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$



$$\dot{U} = \dot{U}_R = \dot{I}R$$

$$\dot{U}_L = \dot{I}\mathrm{j}\omega_0 L$$

$$\dot{U}_C = \frac{\dot{I}}{\mathrm{j}\omega_0 C}$$



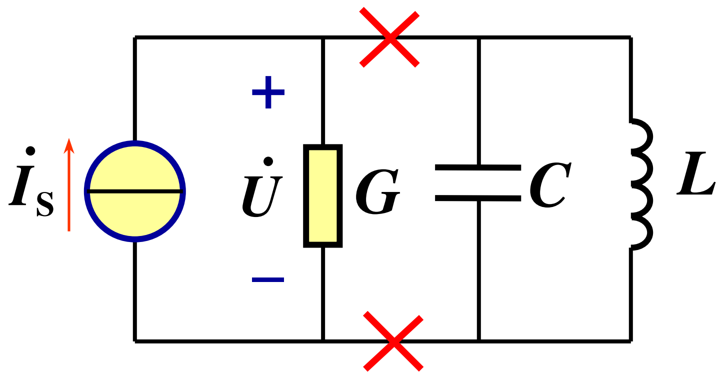
$$\dot{U}_L + \dot{U}_C = 0$$

L、C环节等效电抗为零，相当于短路。

谐振时的相量图

并联谐振电路

$$Y = G + \mathrm{j}(\omega C - \frac{1}{\omega L})$$



$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

L、C环节等效电纳为零，相当于开路。

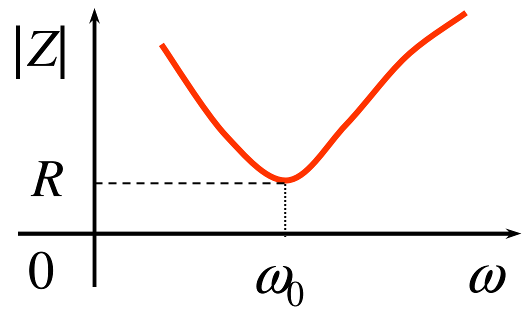
<u>GCL并联</u>

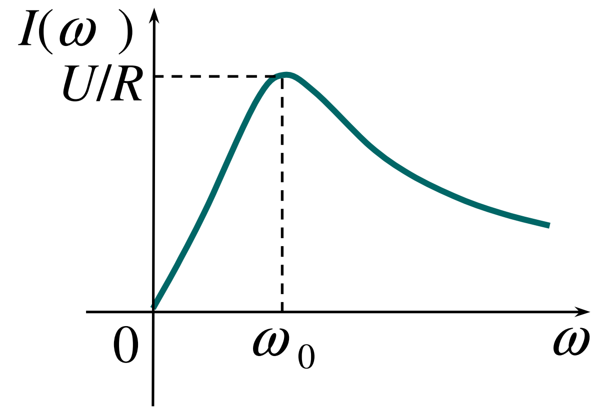
<u>RLC串联</u>

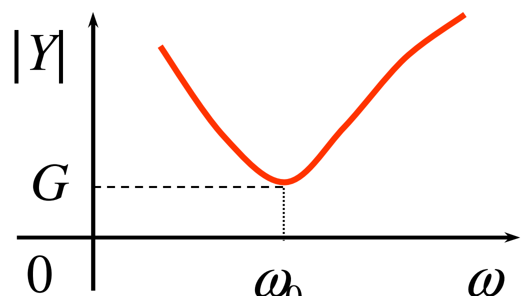
$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

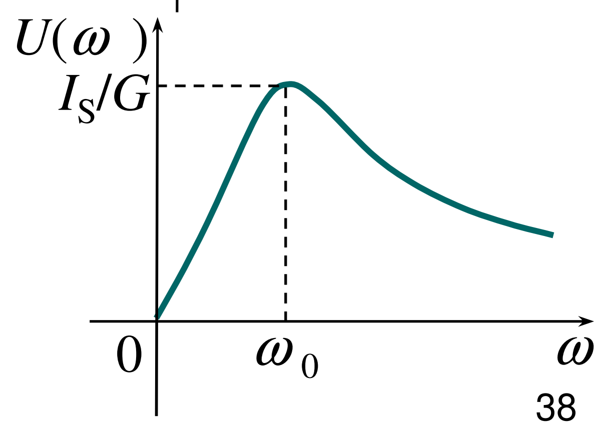
<u>GCL并联</u>

$$Q = \frac{\omega_0 C}{G} = \frac{1}{\omega_0 GL} = \frac{1}{G}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

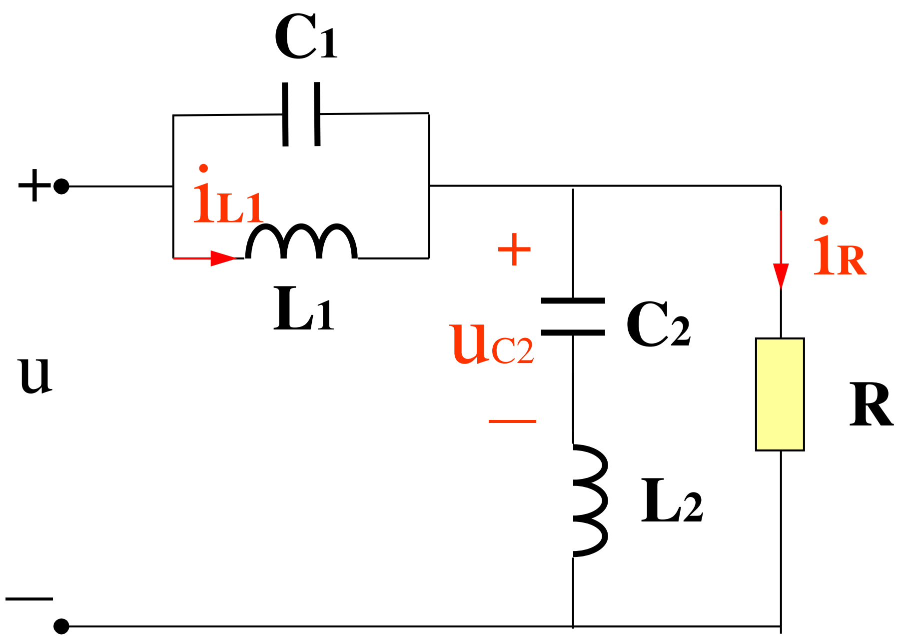








例. 已知：$u(t)=60+90\cos(\omega t+90^{\circ})-40\sin(2\omega t)V$ $R=60\ \Omega$，



$\omega L_1=100\ \Omega$，$\dfrac{1}{\omega C_1}=400\ \Omega$

$\omega L_2=100\ \Omega$，$\dfrac{1}{\omega C_2}=100\ \Omega$

求：瞬时值$i_{L1}(t)$，

有效值U_{C2}。

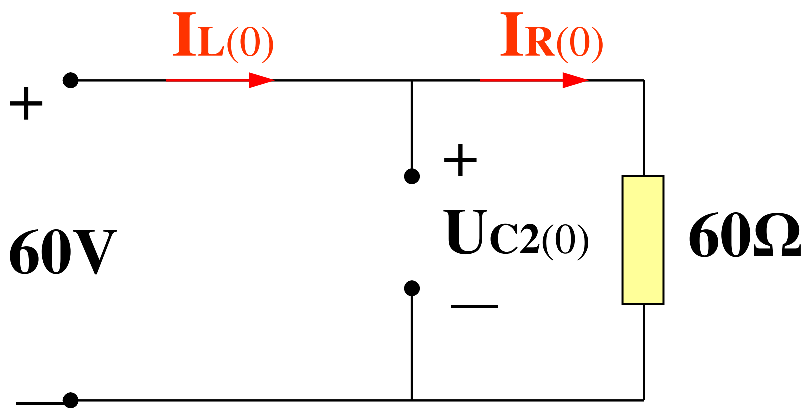
解：

先分析是否有谐振现象发生。

$$\because\ \omega L_2=\frac{1}{\omega C_2}=100\ \Omega\ \therefore$$ 对基波发生串谐；

$$\because\ 2\omega L_1=\frac{1}{2\omega C_1}=200\ \Omega\ \therefore$$ 对二次谐波发生并谐。

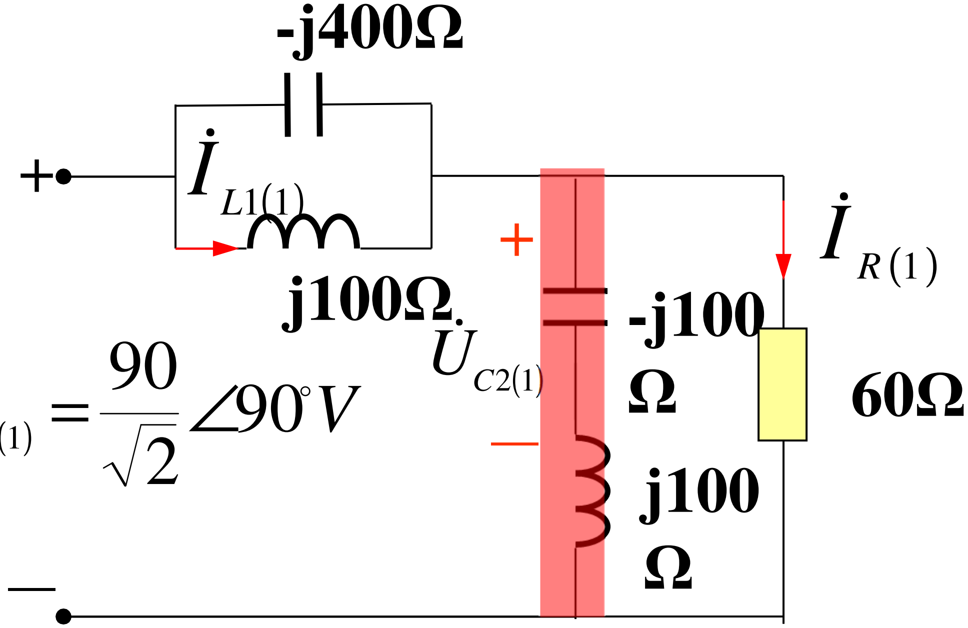
(1) 对直流分量：



$I_{L(0)} = I_{R(0)} = 60/R = 60/60 = 1A$

$U_{C2(0)} = 60V$

(2) 对基波分量： L_2和C_2串谐



$$\dot{U}_{(1)} = \frac{90}{\sqrt{2}}\angle 90^\circ V$$

$$\dot{I}_{R(1)} = 0$$

$$\dot{I}_{L1(1)} = \frac{(90/\sqrt{2})\angle 90^\circ}{j100} = \frac{0.9}{\sqrt{2}} A$$

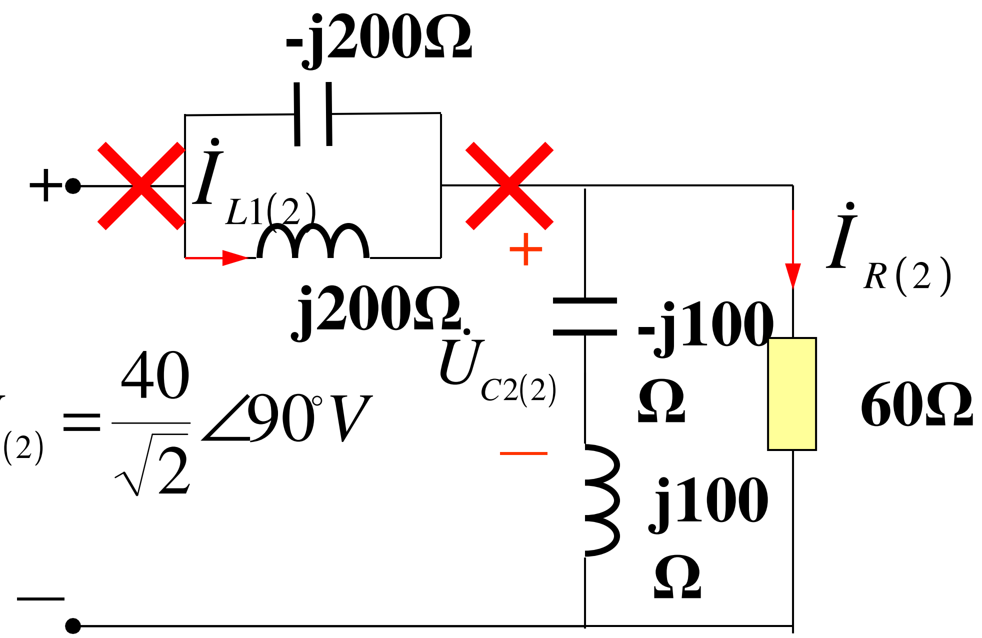
$$\dot{U}_{C2(1)} = [\frac{(90/\sqrt{2})\angle 90^\circ}{j100} + \frac{(90/\sqrt{2})\angle 90^\circ}{-j400}] \times (-j100) = \frac{67.5}{\sqrt{2}}\angle -90^\circ V$$

(3) 对二次谐波：L1和C1并谐

$$\dot{I}_{R(2)}=0$$

$$\dot{I}_{L1(2)}=\frac{(40/\sqrt{2})\angle 90^\circ}{j200}=\frac{0.2}{\sqrt{2}}A$$

$$\dot{U}_{C2(2)}=0$$



$$\therefore \text{瞬时值} i_{L1}(t)=1+0.9\cos\omega t+0.2\cos\omega t\,(A)$$

$$\text{有效值 } U_{C2}=\sqrt{60^2+\left(\frac{67.5}{\sqrt{2}}\right)^2+0^2}=76.67V$$

三相电路

Y接法的对称三相电源或负载

(1) 相电流等于线电流。

(2) 线电压大小等于相电压 的$\sqrt{3}$倍, 即$\boxed{U_l = \sqrt{3} U_p .}$

(3) 线电压相位超前对应相电压30°。

所谓的“对应”：对应相电压用线电压的第一个下标字母标出。

$$\begin{cases} \dot{U}_{UV} \to \dot{U}_U \\ \dot{U}_{VW} \to \dot{U}_V \\ \dot{U}_{WU} \to \dot{U}_W \end{cases}$$

上面讨论的是电源侧线电压与相电压的情况，对于负载端来说，如果负载相电压对称，则情况完全类似。

Δ接法的对称三相电源或负载

(1) 相电压等于线电流。

(2) 线电流的大小等于相电流大小的 $\sqrt{3}$ 倍：$\boxed{I_l = \sqrt{3} I_P}$

(3) 线电流相位滞后对应相电流30°。

所谓的“对应”：对应相电流用线电流的第一个下标字母标出。

$$\begin{cases} \dot{I}_{UV} \rightarrow \dot{I}_U \\ \dot{I}_{VW} \rightarrow \dot{I}_V \\ \dot{I}_{WU} \rightarrow \dot{I}_W \end{cases}$$

对称三相电路的一般计算方法：

(1) 将所有三相电源、负载都化为等值Y—Y接电路；

(2) 连接各负载和电源中点，中线上若有阻抗不计；

(3) 画出单相计算电路，求出一相的电压、电流：

一相电路中的电压为Y接时的相电压。

一相电路中的电流为线电流。

(4) 根据Δ 、Y接 线量、相量之间的关系，求出原电路的电流电压。

(5) 由对称性，得出其它两相的电压、电流。

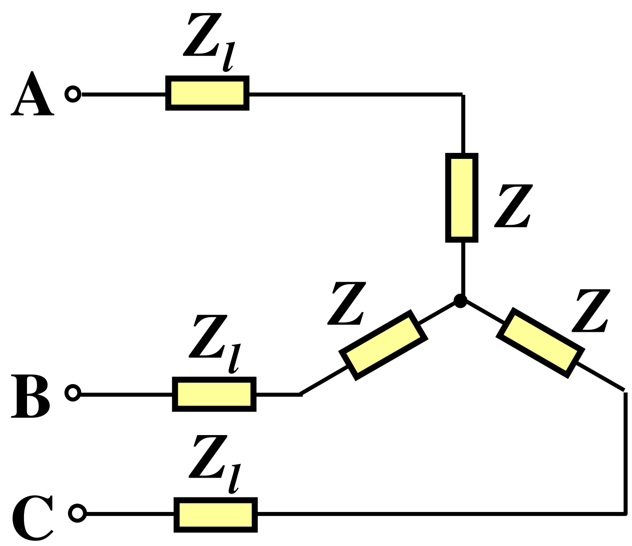
三相总功率 $P=3P_p=3U_pI_p\cos\varphi$

φ为相电压与相电流的相位差角(相阻抗角)

$$Q = 3U_pI_p\sin\varphi$$

$$S = 3U_pI_p$$

例.

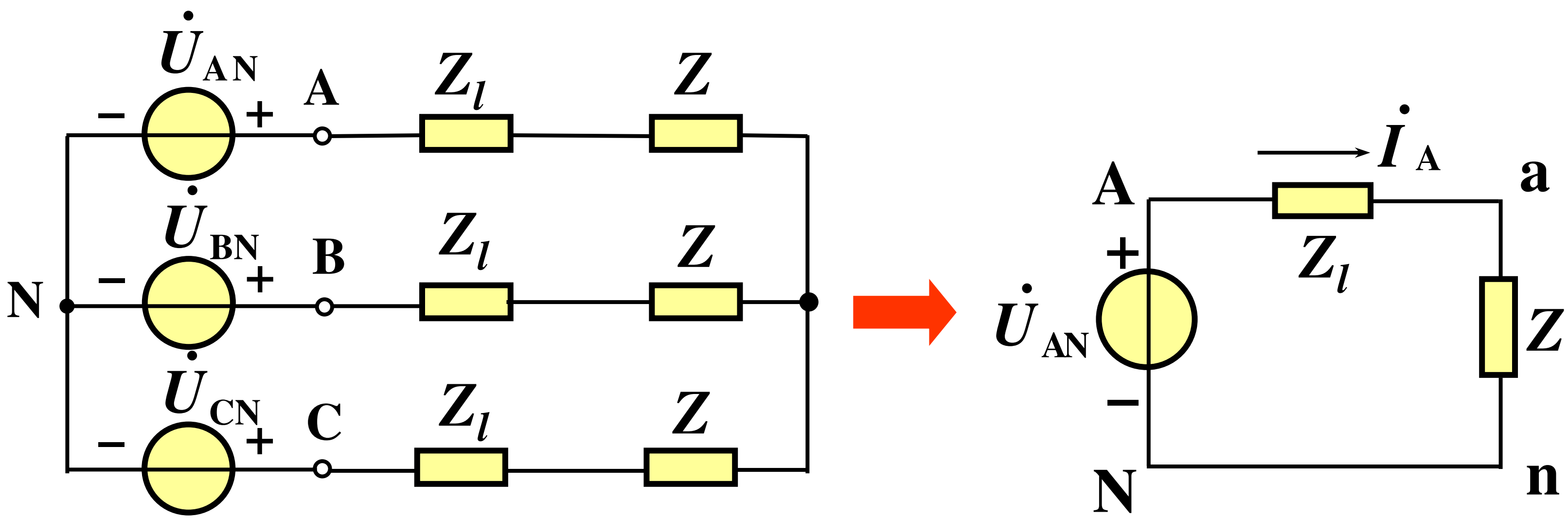


已知对称三相电源线电压为380V，

$Z=6.4+j4.8\Omega$， $Z_l=6.4+j4.8\Omega$。

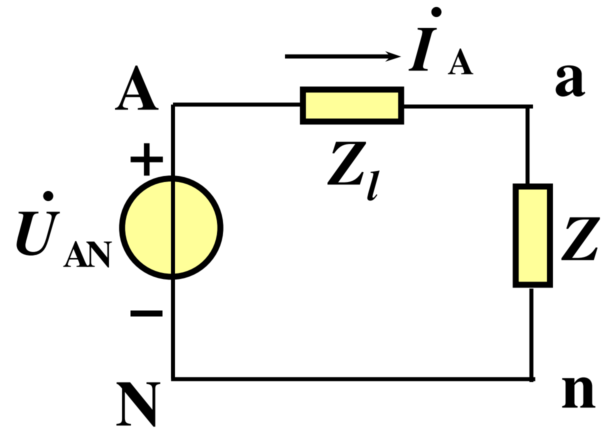
求负载Z的相电压、线电压和电流。

解：



设$\dot{U}_{AB} = 380\angle 0^\circ$ V

则$\dot{U}_{AN} = 220\angle -30^\circ$ V



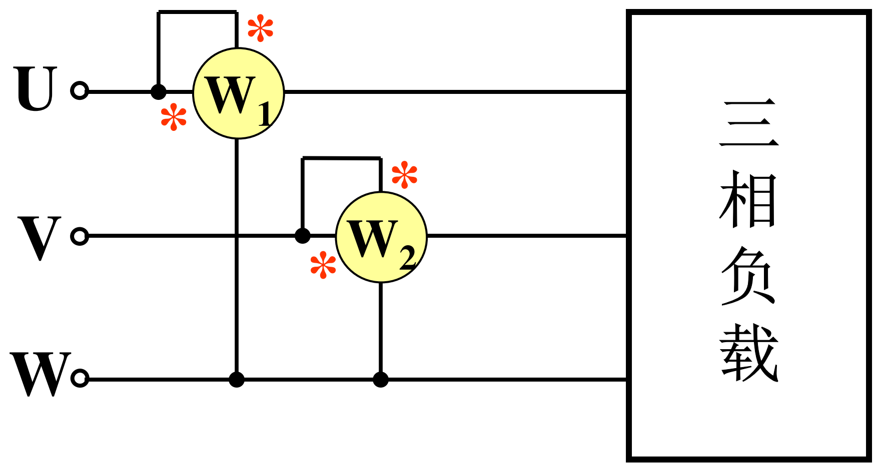
$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{AN}}{Z + Z_l} = \frac{220\angle -30^\circ}{9.4 + j8.8} = \frac{220\angle -30^\circ}{12.88\angle 43.1^\circ} = 17.1\angle -73.1^\circ \text{ A}$$

$$\dot{U}_{an} = \dot{I}_A \cdot Z = 17.1\angle -73.1^\circ \cdot 8\angle 36.9^\circ = 136.8\angle -36.2^\circ \text{ V}$$

$$\dot{U}_{ab} = \sqrt{3}\,\dot{U}_{an}\angle 30^\circ = \sqrt{3}\times 136.8\angle -6.2^\circ \text{ V} = 236.9\angle -6.2^\circ \text{ V}$$

负载Z的相电流=负载Z的线电流，即：$I_P = I_l = 17.1A$

负载Z的相电压：　$U_P = I_P \times |Z| = 17.1\times 8 = 136.8V$



求W_1的读数为P_1　　$P_1=U_{UW}I_U\cos\varphi_1$

W_2的读数为P_2　　$P_2=U_{VW}I_V\cos\varphi_2$

φ_1 :u_{UW} 与i_U的相位差；　　φ_2 :u_{VW} 与i_V的相位差。

则 $P=P1+P2$ 即为三相总功率。