«电路» 课程概要

一、电路元件

- R、L、C
- u_s、is
- 二极管

- <-二端元件

- 受控源
- 理想变压器
- 回转器、负阻抗变压器
- 耦合电感
- 运算放大器

- <-多端元件

一、电路元件

- 对元件要了解

① 电路图、符号、元件参数、端口电流电压关系、功能关系

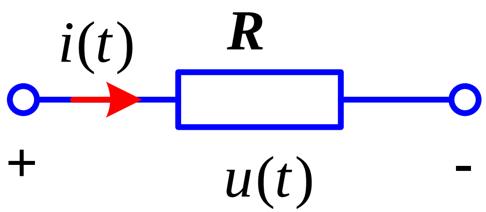
② 注意：端口VAR与参考方向有关

③ 一个电路可能有不同模型，需根据精度要求、环境的不同，选择合适的模型。

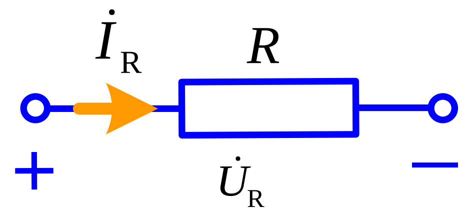
***比较理想变压器、回转器、NIC的异同**

同一元件不同形式方程

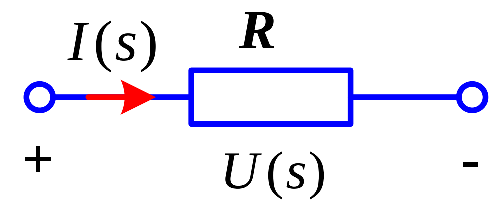
1.电阻元件



$$u_R = R \cdot i_R$$

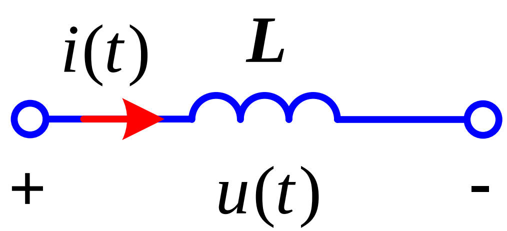


$$\dot{U}_R = R\,\dot{I}_R$$

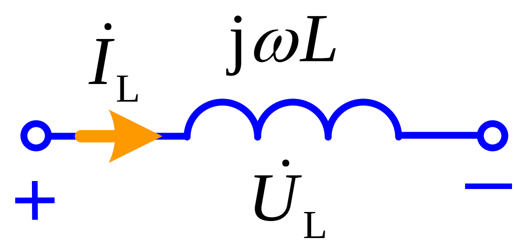


$$U_R(S) = R \cdot I_R(S)$$

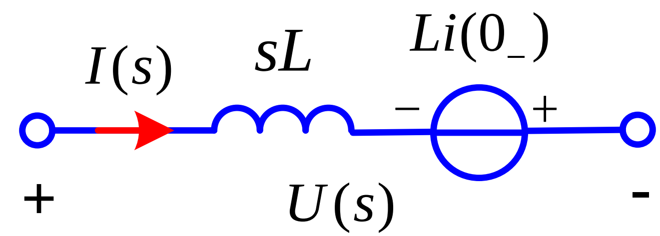
2. 电感元件



$$u_L = L\frac{di_L}{dt}$$



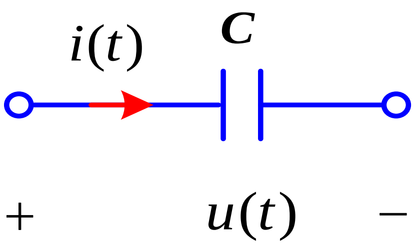
$$\dot{U}_L = j\omega L\,\dot{I}_L$$



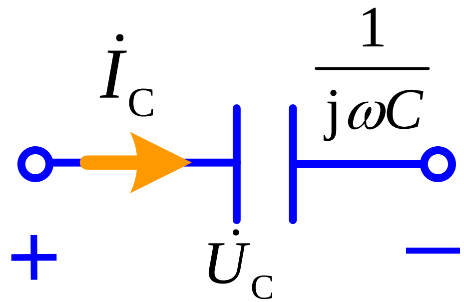
$$U_L(s) = SLI_L(s) - Li_L(0_-)$$

同一元件不同形式方程

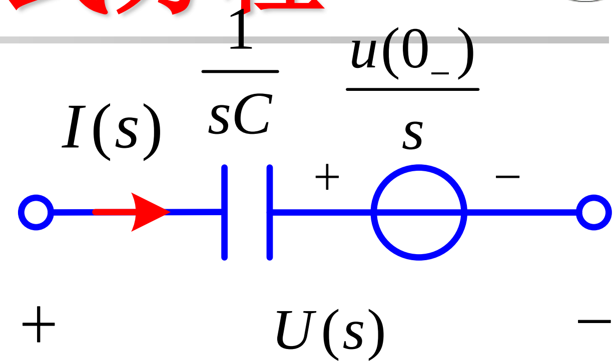
3.电容元件



$$i_C = C \cdot \frac{du_c}{dt}$$



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



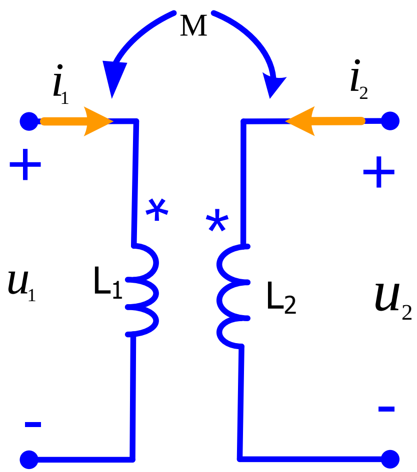
$$U_C(S) = \frac{1}{SC} \cdot I_C(S) + \frac{u_C(0_-)}{S}$$

4. 受控源

VCVS	$u_2(t) = \mu u_1(t)$	$\dot{U}_2 = \mu \dot{U}_1$	$U_2(S) = \mu U_1(S)$
VCCS	$i_2(t) = g u_1(t)$	$\dot{I}_2 = g \dot{U}_1$	$I_2(s) = g U_1(s)$
CCCS	$i_2(t) = \beta i_1(t)$	$\dot{I}_2 = \beta \dot{I}_1$	$I_2(S) = \beta \cdot I_1(S)$
CCVS	$u_2(t) = \gamma i_1(t)$	$\dot{U}_2 = \gamma \dot{U}_1$	$U_2(S) = \gamma \cdot U_1(S)$

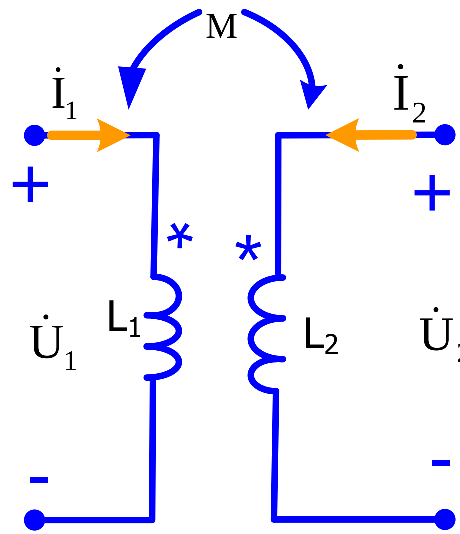
同一元件不同形式方程

5、耦合电感



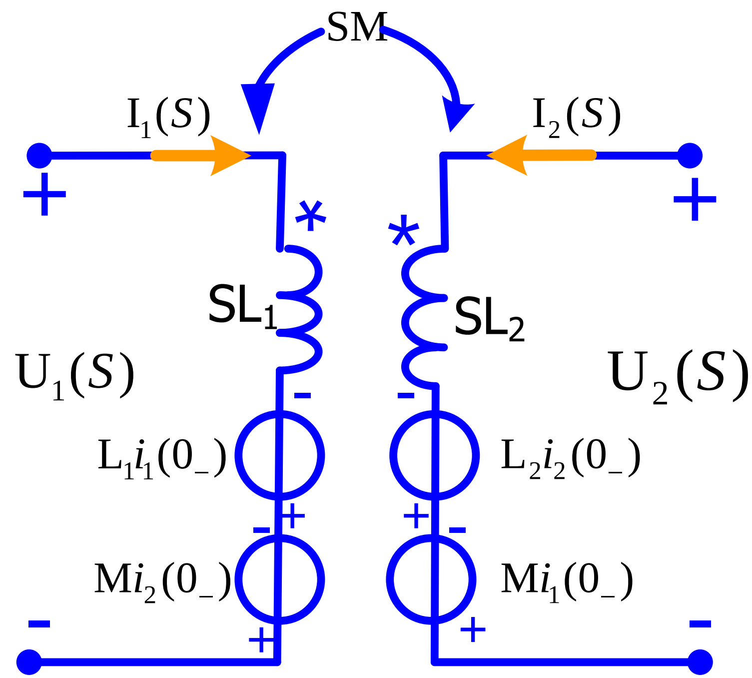
$$u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

$$u_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$



$$\dot{U}_1 = j\omega L_1 \dot{I}_1 + j\omega M \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_2 = j\omega L_2 \dot{I}_2 + j\omega M \dot{I}_1$$

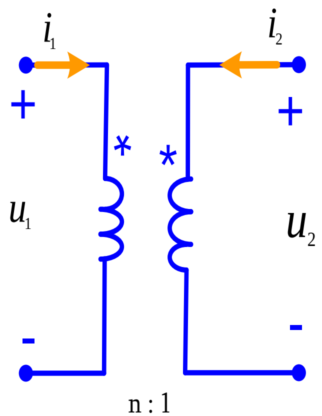


$$U_1(S) = SL_1 I_1(S) - L_1 i_1(0\_) + SMI_2(S) - Mi_2(0\_)$$

$$U_2(S) = SL_2 I_2(S) - L_2 i_2(0\_) + SMI_1(S) - Mi_1(0\_)$$

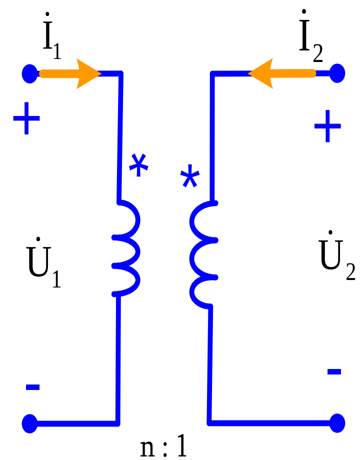
同一元件不同形式方程

6、理想变压器



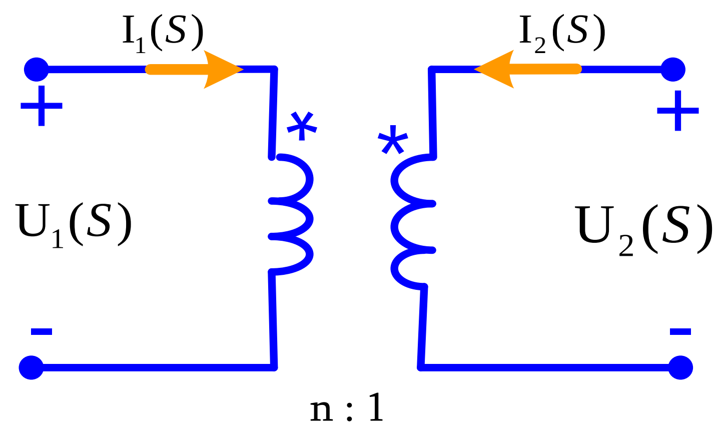
$$\frac{u_1}{u_2}=n$$

$$\frac{i_1}{i_2}=-\frac{1}{n}$$



$$\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2}=n$$

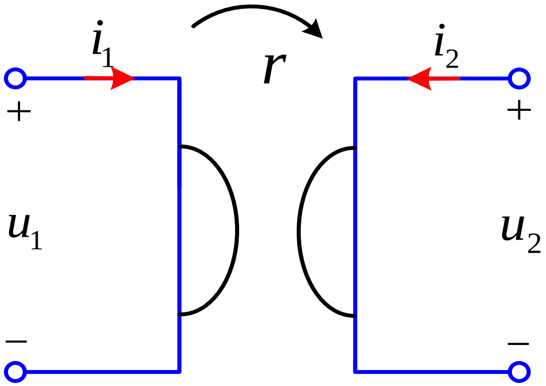
$$\frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2}=-\frac{1}{n}$$

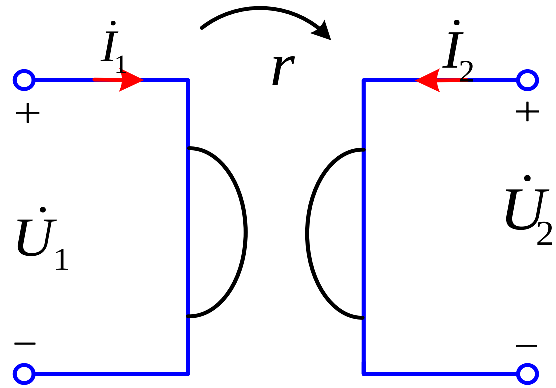


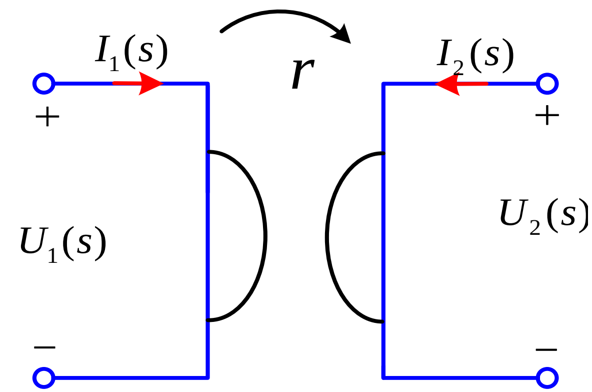
$$\frac{U_1(S)}{U_2(S)}=n$$

$$\frac{I_1(S)}{I_2(S)}=-\frac{1}{n}$$

7、回转器





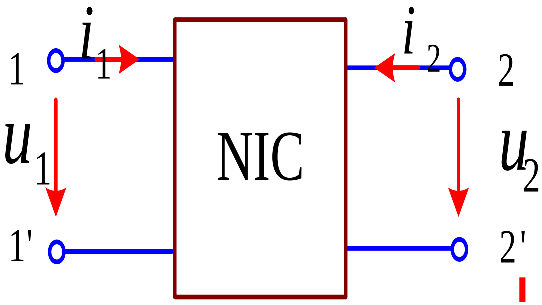


$$u_1 = -ri_2$$
$$u_2 = ri_1$$

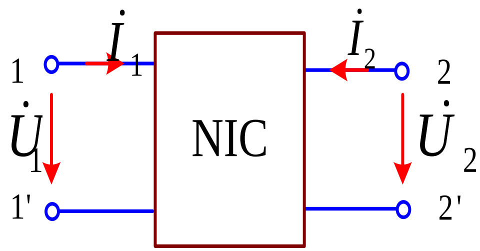
$$\dot{U}_1 = -r\dot{I}_2$$
$$\dot{U}_2 = r\dot{I}_1$$

$$U_1(s) = -rI_2(s)$$
$$U_2(s) = rI_1(s)$$

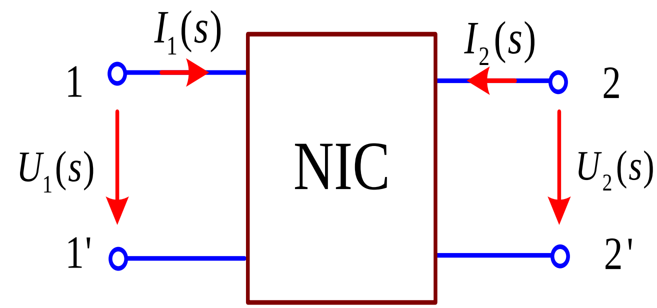
8、负阻抗变换器



$$u_1 = u_2$$
$$i_1 = ki_2$$



$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2$$
$$\dot{I}_1 = k\dot{I}_2$$



$$U_1(s) = U_2(s)$$
$$I_1(s) = kI_2(s)$$

二、电路的定律、定理

- **KCL（电荷守恒）、KVL（能量守恒）**

$$KVL \qquad \sum u_i = 0 \qquad \sum \dot{U}_i = 0 \qquad \sum \mathrm{U_i(S)} = 0$$

$$KCL \qquad \sum i_j = 0 \qquad \sum \dot{I}_j = 0 \qquad \sum \mathrm{I_j(S)} = 0$$

- **特勒根定理**
- 叠加定理、齐次定理
- 戴维南定理、诺顿定理
- 互易定理
- 替代定理

***注意定理的应用条件；前两项只与电路结构有关**

三、电路的一般性分析方法

- 节点法
- 回路法（网孔法）
- 支路法（2b法、支路电流法）
- *割集法（树支电压）*

*思路：选一组独立完备变量，对这组变量列方程、求解，再根据独立完备变量，求其他变量。

*适用：直流、交流、暂态分析

四、等效变换

- 阻抗：串联、并联、Δ-Y
- 电源：
  - u_s串联、us与另一支路并联
  - i_s并联、is与另一支路串联
  - 实际电源：us与R_0串联⇔ is与R_0并联
- 一端口网络：无独立源（Z_{in}）;含源（电压源$\dot{U}_{0C}$与阻抗Z_{eq}串联组合）
- 二端口网络：
  - 无受控源（三个阻抗元件构成的T型或π型电路）
  - 含受控源（三个阻抗元件加一个受控源）

四、等效变换

- 耦合电感
  - 受控源等效电路
  - 去耦电路
- 运算放大器→受控源电路
- 理想变压器→受控源电路

***等效概念**

①端口上电流电压关系相等，即对外等效；

②对内不等效

五、暂态分析

- 概念：0i, 0S, 强制分量，自由分量，暂态分量，稳态分量；过渡过程，换路定理；一阶电路，二阶电路，时间常数
- <u>暂态响应分析方法</u>
  - 经典法：线性、非线性电路
  - 三要素法：一阶电路
  - 卷加积分公式（叠加积分法）：零状态响应；线性电路
  - 状态变量法：线性、非线性电路
  - 运算法：线性电路

五、暂态分析

- 二阶电路的通解表达式
- 二阶电路，三种方法的对比
  - 经典法：由特征方程特征根决定响应特征：震荡非震荡；衰减快慢。
  - 运算法：由H(S)的极点决定冲激响应变化规律。
  - 状态变量法：由系统矩阵的特征值决定响应特征
- 注：包括稳态分析，$t\rightarrow\infty$时的响应即为稳态响应，故暂态分析更具有一般性。

六、正弦电路稳态分析

工具:相量法

- 相量法与运算法思路非常相似，形式也相似（代数方程，域变化）
- **稳态响应与功率分析**
- 特例：
  - 三相电路（完全可用一般的相量法分析思路），由于对称性，有简单处理方法→化一相计算电路
  - 谐振：参数与频率满足一定条件；串联谐振与并联谐振的共同之处是端电压与端电流同相位。
- 推广：非正弦周期电流电路（谐波分析法）

六、正弦电路稳态分析

- 频率特性曲线：电压、电流、阻抗曲线
  - 幅频特性曲线
  - 相频特性曲线
- 通用曲线
  - 归一化处理 $\eta = \dfrac{\omega}{\omega_0}$
  - 输出相量与输入相量之比
  - 网络函数 $H(s) \rightarrow H(\mathrm{j}\omega)$

$$H(\mathrm{j}\omega) = \frac{\dot{R}_k(\mathrm{j}\omega)}{\dot{E}_{\mathrm{S}j}(\mathrm{j}\omega)}$$

$$|H(\mathrm{j}\omega)| = H_0 \frac{\prod_{i=1}^{m} |(\mathrm{j}\omega - z_i)|}{\prod_{j=1}^{n} |(\mathrm{j}\omega - p_j)|}$$

- 品质因素Q、通频带BW与截止频率

七、非线性电路

有其特殊性，线性定理不再适用。

求解方法：

- 图解法:
  - 曲线相加法
  - 曲线相交法
- 线性化法:
  - 大范围:分段线性化法
  - 小范围:小信号分析法
- 数值法:写方程，解方程
  - 状态方程法(动态电路)
  - 牛顿-拉夫逊法(非线性电阻电路)

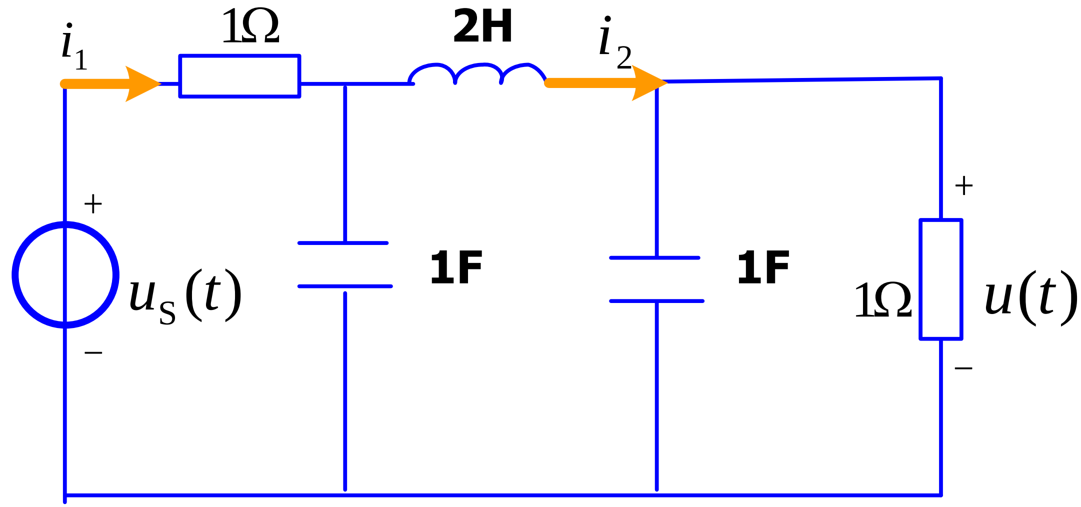
八、“黑匣子”法

- 一端口、二端口分析方法
- 给出端口VAR
- 等效电路
- 二端口的级联、串联、并联

期末复习题

【题1】 已知$u_s(t)=\sqrt{2}\cos\omega t(\mathrm{V})$，$\omega=1\mathrm{rad/s}$，电路处于稳态。

求：$u(t)$。



用相量法

解： $\dot{U}_S=1\angle 0^0\,\mathrm{V}$

$$\dot{U}=\frac{\sqrt{2}}{4}\angle\text{-}135^0(\mathrm{V})$$

$$u(t)=\frac{1}{2}\cos(t-135^0)\mathrm{V}$$

【题2】 RLC串联电路,激励$u_s(t)=10\sqrt{2}\sin(2500t+15^0)$V。当电容$C=8\mu$F时，电路吸收的有功功率达到最大值，$P_{max}=100$W。

求：电感L和电阻R的参数值,以及此时电路的品质因素。

解:

发生串联谐振

$$LC=\frac{1}{\omega^2}$$

$$L=\frac{1}{\omega^2 C}=0.02\mathrm{H}$$

$$R=\frac{U_s^{\ 2}}{P_{max}}=1\Omega$$

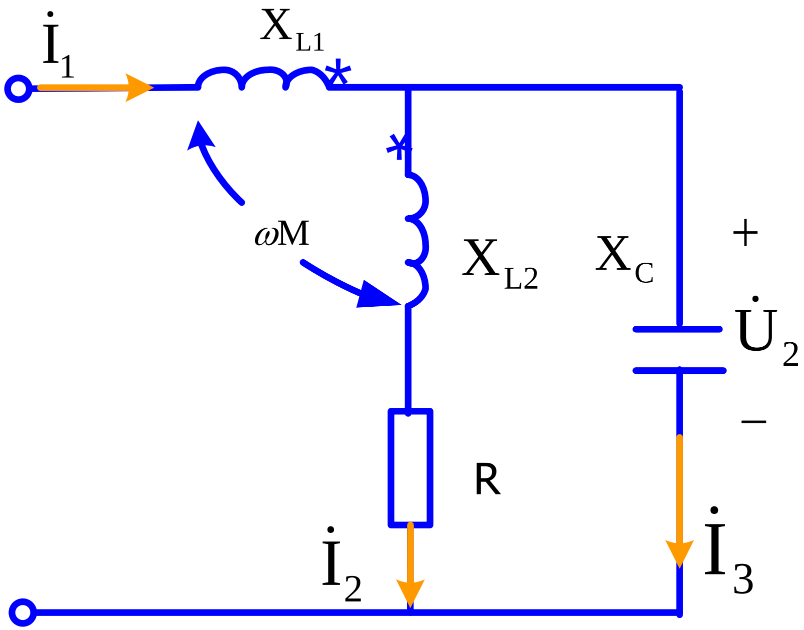
$$Q=\frac{\omega L}{R}=50$$

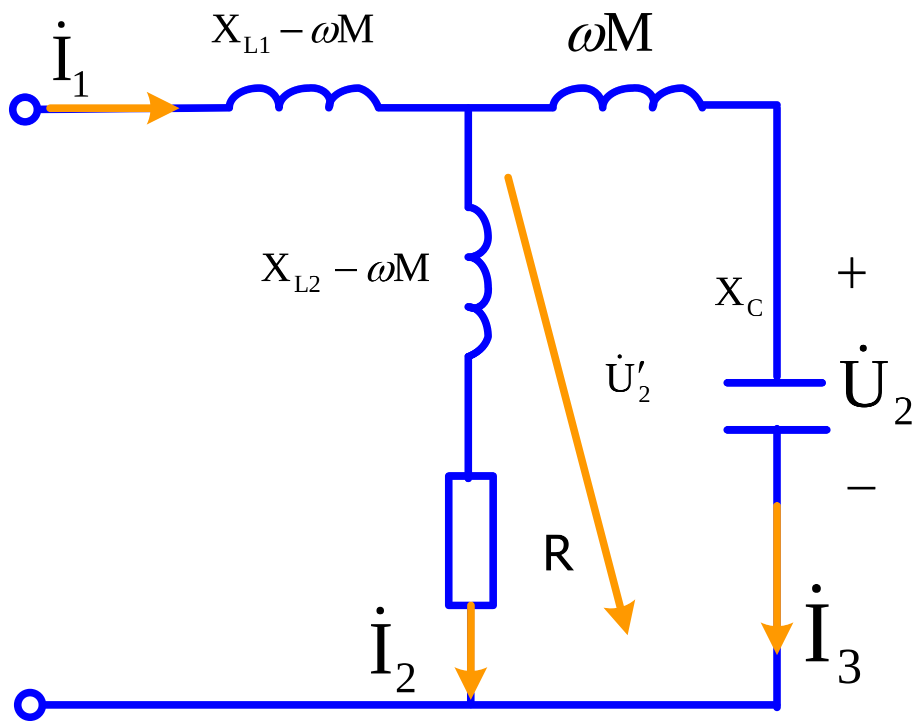
【题3】 正弦电流电路,已知$I_1 = I_2 = I_3 = 10A$，

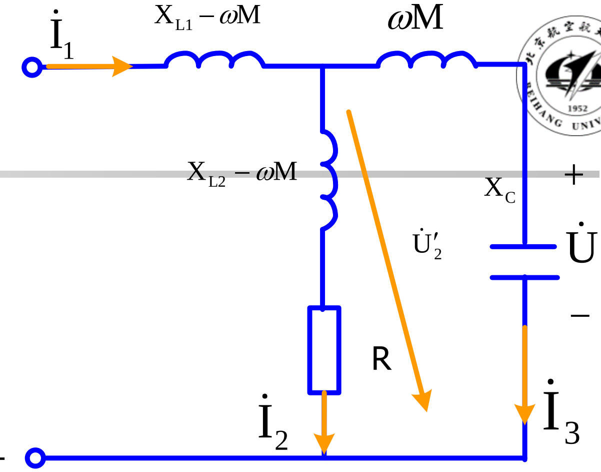
$X_C = -3\Omega$， $R = \sqrt{3}\Omega$。

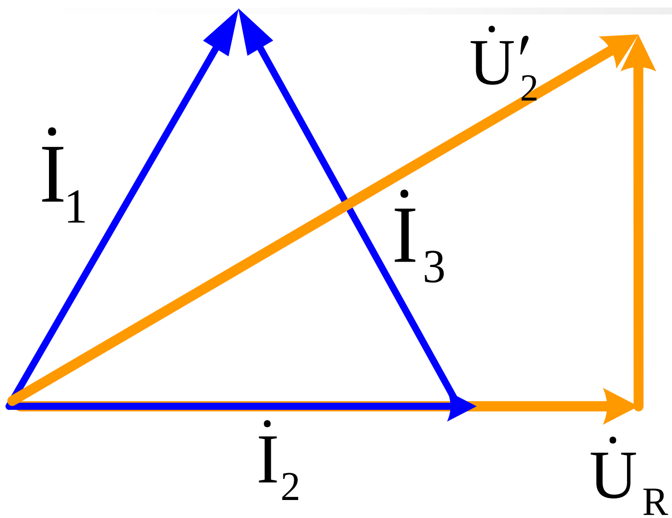
求： X_{L2}和ωM。

解:







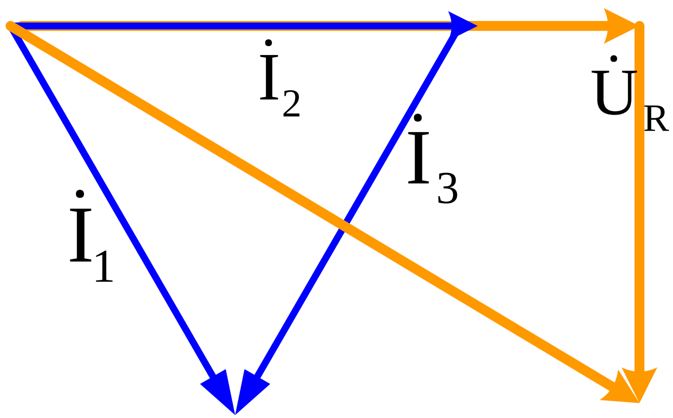


$$\begin{cases} X_{L2}-\omega M>0 \\ X_C+\omega M<0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{L2}-\omega M=\dfrac{\sqrt{3}}{3}R \\ X_C+\omega M=-\dfrac{2}{\sqrt{3}}R \end{cases}$$

$$\begin{cases} \omega M=1\Omega \\ X_{L2}=2\Omega \end{cases}$$

或



$$\begin{cases} X_{L2}-\omega M<0 \\ X_C+\omega M>0 \end{cases}$$

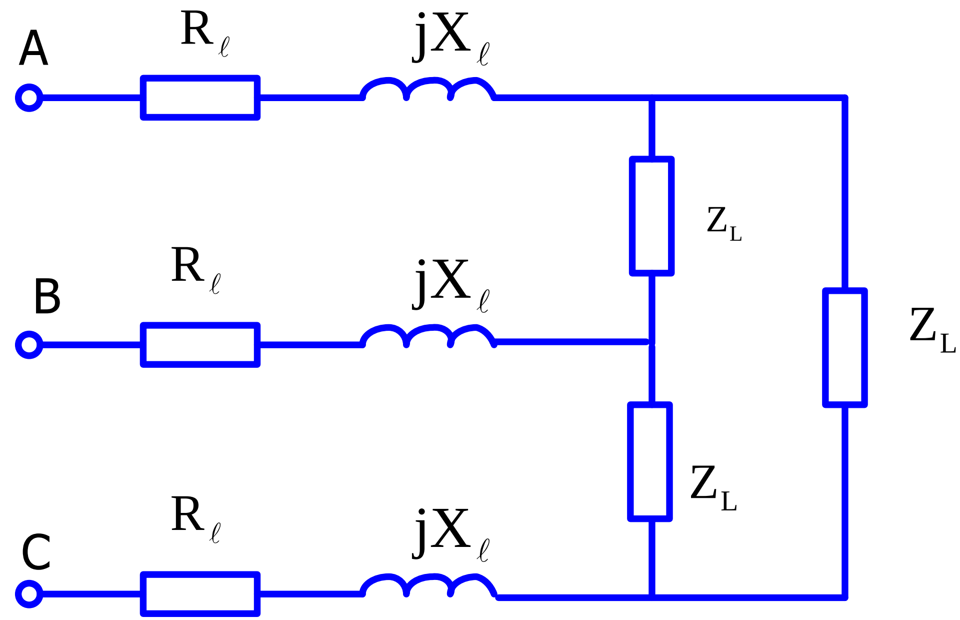
或

$$\begin{cases} X_{L2}-\omega M=-\dfrac{\sqrt{3}}{3}R \\ X_C+\omega M=\dfrac{2}{\sqrt{3}}R \end{cases}$$

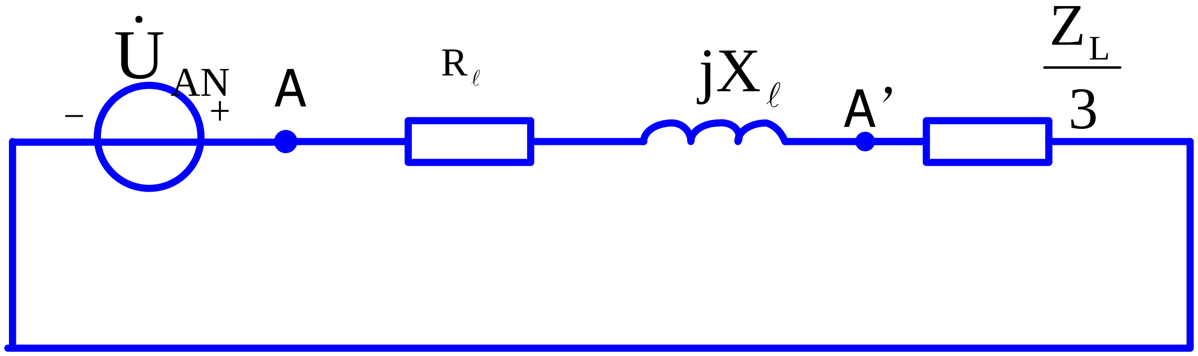
$$\begin{cases} \omega M=5\Omega \\ X_{L2}=4\Omega \end{cases}$$

【题4】 对称三相电路，已知$Z_L=(150+j150)\Omega$，$R_\ell=2\Omega, X_\ell=2\Omega$，负载端线电压为380V。

求：电源端线电压。



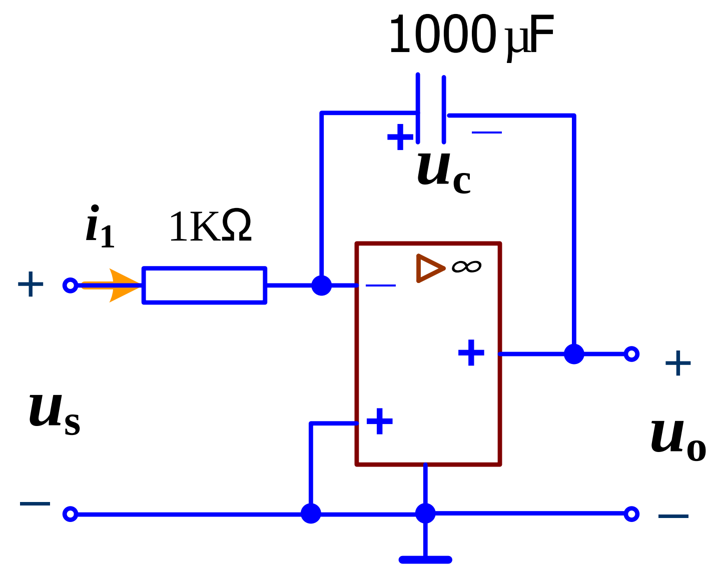
解：



$$U_\ell=\sqrt{3}U_{AN}=395.2V$$

【题5】 由理想运算放大器组成的积分器，处于零状态。已知$u_s(t)=[2\varepsilon(t)-3\varepsilon(t-1)+\varepsilon(t-2)]$V。

求：$u_o(t)$。



解：先求阶跃响应：

令$u_s(t)=\varepsilon(t)$

由虚通和虚断，有：

$$i_1=\frac{u_s(t)}{1000}=0.001\varepsilon(t)(\text{A})$$

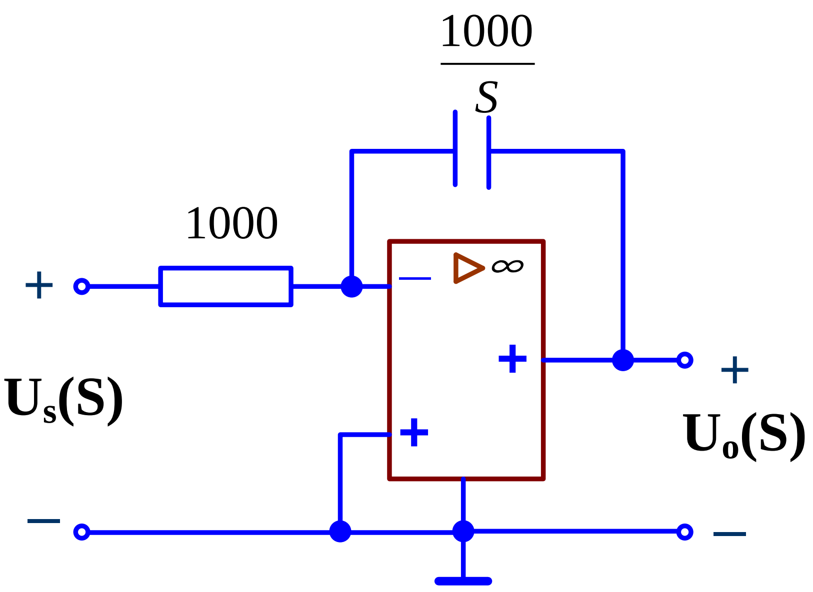
$$10^{-3}\frac{du_c(t)}{dt}=i_1$$

$$S_{u0}(t)=-u_c(t)=\int_0^t\frac{0.001\varepsilon(x)}{10^{-3}}dx=-t\varepsilon(t)(\text{V})$$

$\therefore u_s(t)=$-$[2\varepsilon(t)-3\varepsilon(t-1)+\varepsilon(t-2)]$V时，

$u_o(t)=$-$[2t\cdot\varepsilon(t)-3(t-1)\cdot\varepsilon(t-1)+(t-2)\cdot\varepsilon(t-2)]$V。

方法二：用运算法



$$\frac{U_o(s)}{U_S(s)} = -\frac{1000/S}{1000} = -\frac{1}{S}$$

$$U_s(s) = [\frac{2}{S} - \frac{3}{S}e^{-s} + \frac{1}{S}e^{-2s}],$$

$$\therefore U_o(s) = -[\frac{2}{S^2} - \frac{3}{S^2}e^{-s} + \frac{1}{S^2}e^{-2s}]$$

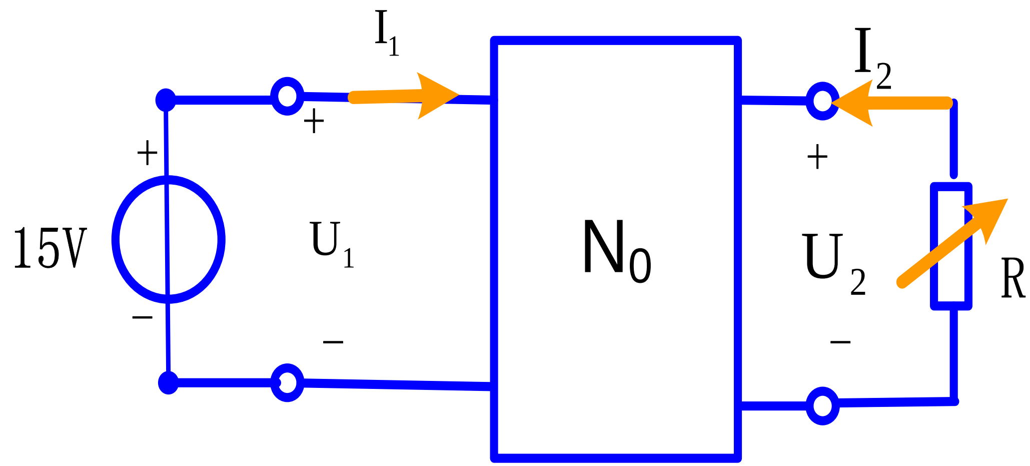
$$u_o(t) = -[2t\cdot\varepsilon(t) - 3(t-1)\cdot\varepsilon(t-1) + (t-2)\cdot\varepsilon(t-2)]\text{V}。$$

【题6】 二端口电阻网络，已知当$R=\infty$时，$U_2=7.5V$；$R=0$时，$I_1=3A$，$I_2=-1A$。

求：【1】其传输（矩阵）参数；

【2】当$R=2.5\Omega$情况下的I_1。

解： 【1】

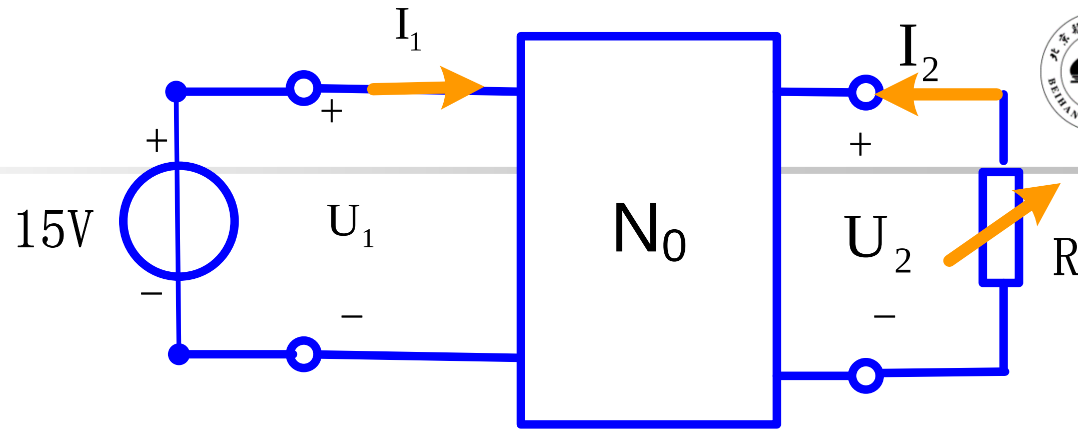


$$A=\frac{U_1}{U_2}\bigg|_{I_2=0}=2$$

$$B=\frac{U_1}{-I_2}\bigg|_{U_2=0}=15$$

$$D=\frac{I_1}{-I_2}\bigg|_{U_2=0}=3$$

由$AD-BC=1$得$C=\frac{1}{3}$



【2】

$R = 2.5\Omega$，$U_2 = -2.5I_2$

$$U_1 = 15 = 2*(-2.5I_2) + 15*(-I_2)$$

$$\therefore I_2 = -0.75A,$$

$$I_1 = \frac{1}{3}(2.5*0.75) - 3*(-0.75) = 2.875(A)$$

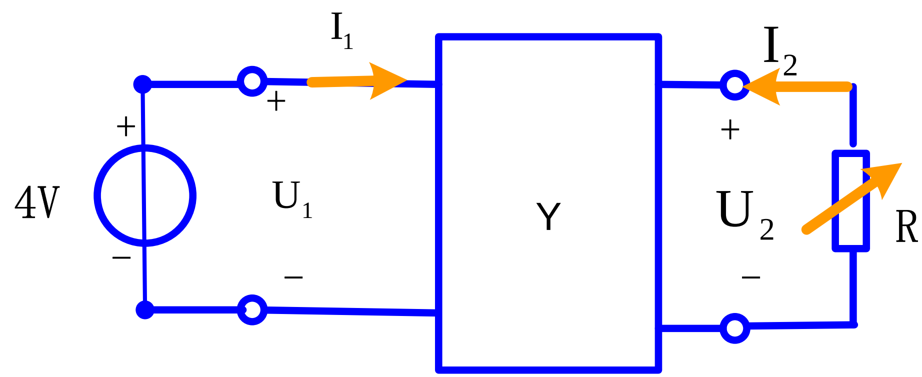
【题7】 已知二端口网络的短路参数矩阵$[Y]=\begin{bmatrix} 0.5 & -0.25 \\ -0.25 & 0.5 \end{bmatrix}S$，

求：【1】R为何值时，其上获得最大功率？

【2】此最大功率为多少?

解：

先求戴维宁等效电路



求U_{OC}：$I_2=0$时，$-0.25U_1+0.5U_2=0$

$$\therefore U_2=0.5U_1=2(\text{V})$$

$$\therefore U_{OC}=2\text{V}$$

求R_{eq}：令$U_1=0$，$R_{eq}=\left.\dfrac{U_2}{I_2}\right|_{U_1=0}=\dfrac{1}{Y_{22}}=2(\Omega)$

也可利用π型等效电路来求R_{eq}

【1】当$R=R_{eq}=2\Omega$时，可获得最大功率；

【2】$P_{max}=\dfrac{U_{OC}{}^2}{4R_{eq}}=0.5(\text{W})$

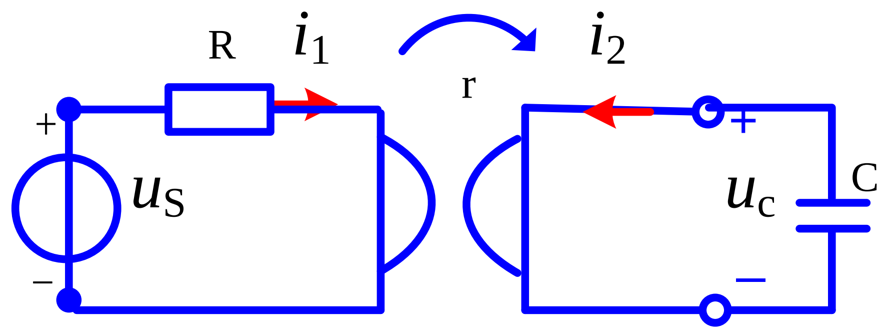
【题8】 已知：R＝5Ω，C＝1F，$r=2\Omega$.

求： 【1】以u_s为激励、u_C为响应的网络函数；

【2】若$u_s(t)=10e^{-t}\varepsilon(t)\mathrm{V}, u_C(t)=?$

解:

【1】



$$H(s)=\frac{U_C(S)}{U_S(S)}=\frac{2}{4S+5}$$

【2】

$$U_C(S)=20\frac{1}{S+1}\bullet\frac{1}{4S+5}$$

$$u_c(t)=20(e^{-t}-e^{-\frac{5}{4}t})\varepsilon(t)(\mathrm{V})$$

【题9】 零状态网络，当激励$u_S(t)$为$e^{-t}\varepsilon(t)$V时，响应$u_o(t)$为（$e^{-t}\varepsilon(t)-e^{-2t}\varepsilon(t)$）V。

求：【1】网络函数$H(S)$;

【2】若$u_S(t)=[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-1)]$V，$u_o(0_+)=2$V时的响应$u_o(t)$;

【3】若$u_S(t)=5\sqrt{2}\cos 2t$时的稳态响应$u_o(t)$;

【4】判断该网络是高通还是低通滤波器？给出通频带数值。

解:

【1】 $$H(S)=\frac{R(S)}{E(S)}=\frac{\dfrac{1}{S+1}-\dfrac{1}{S+2}}{\dfrac{1}{S+1}}=\frac{1}{S+2}$$

【2】 $h(t)=e^{-2t}\varepsilon(t)(\mathrm{V})$,

$$u_o(t)=Ae^{-2t}+\int_{0-}^{t}e^{-2(t-x)}\cdot u_S(x)dx$$

$$u_o(t)=\begin{cases}Ae^{-2t}+\int_{0-}^{t}e^{-2(t-x)}\cdot 1dx, 0\le t<1\\ Ae^{-2t}+\int_{0-}^{1}e^{-2(t-x)}\cdot 1dx，\ t\ge 1\end{cases}$$

由于$u_o(0_+)=2 \therefore \mathrm{A}=2$

$$\therefore u_o(t)=\begin{cases}\frac{1}{2}+\frac{3}{2}e^{-2t}, 0\le t<1\\ \frac{1}{2}e^{-2(t-1)}+\frac{3}{2}e^{-2t}，\ t\ge 1\end{cases}$$

或$u_o(t)=2e^{-2t}\varepsilon(t)+\frac{1}{2}(1-e^{-2t})\varepsilon(t)$

$$-\frac{1}{2}(1-e^{-2(t-1)})\varepsilon(t-1)(\mathrm{V})$$

【3】$\dfrac{\dot{U}_o}{\dot{U}_S}=\dfrac{1}{j\omega+2}$

$$\therefore \dot{U}_o=\frac{1}{j2+2}*5\angle 0^0=\frac{5}{4}\sqrt{2}\angle -45^0(\mathrm{V})$$

$$\therefore u_o=\frac{5}{2}\cos(2t-45^0)(\mathrm{V})$$

【4】$H(j\omega)=\dfrac{1}{j\omega+2}$

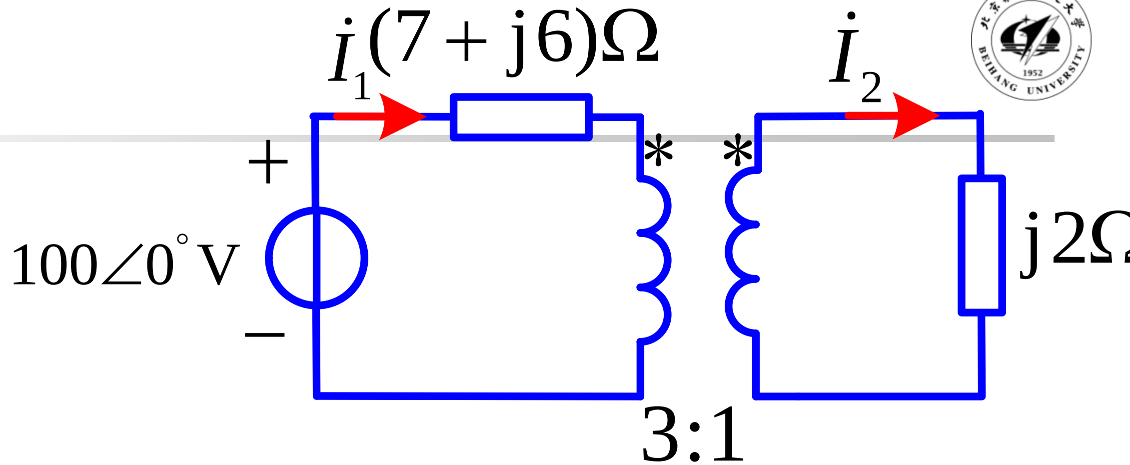
$$\left|H(j\omega)\right|=\frac{1}{\sqrt{\omega^2+4}}$$

$\therefore$该网络为低通滤波器，$BW=\omega_C=2(rad/s)$

【题10】

已知：图示电路，

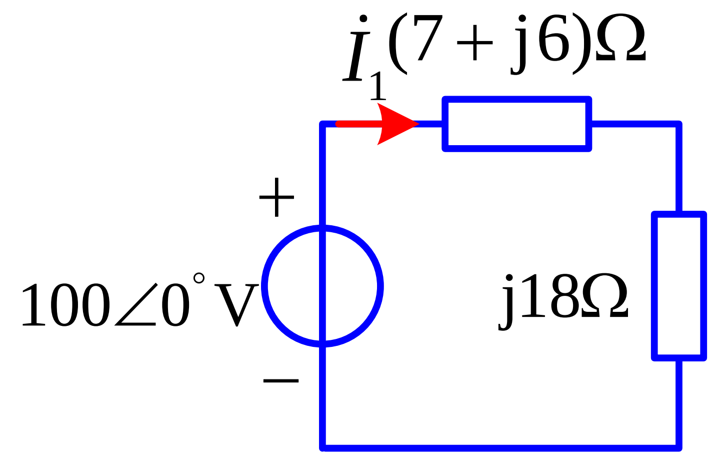
求：$\dot{I}_1$ 和 $\dot{I}_2$



解：

$$\dot{I}_1=\frac{100\angle 0^\circ}{7+j6+j18}=\frac{100\angle 0^\circ}{7+j24}=\frac{100\angle 0^\circ}{25\angle 73.74^\circ}=4\angle -73.74^\circ(\mathrm{A})$$

$$\dot{I}_2=3\dot{I}_1=12\angle -73.74^\circ(\mathrm{A})$$



【题11】 Y-Y联接对称三相电路，负载线电压为208V，线电流为6A（均为有效值），三相负载的总功率为1800W，求每相负载的阻抗Z。

解:

$$U_L = 208\text{V}, I_L = 6\text{A}, P = 1800\text{W}$$

$$P = \sqrt{3} U_L I_L \cos\varphi$$

$$\cos\varphi = \frac{1800}{\sqrt{3}\times 208\times 6} = 0.833 \qquad \varphi = 33.6^\circ$$

$$U_P = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{208}{\sqrt{3}} = 120.09(\text{V})$$

$$I_P = I_L = 6\text{A}$$

$$|Z| = \frac{U_P}{I_P} = 20.02(\Omega)$$

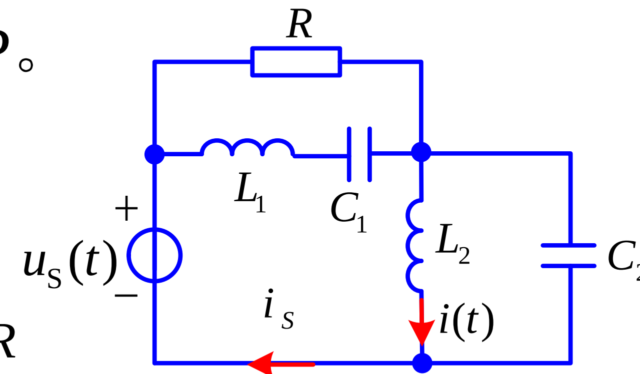
$$Z = 20.02\angle 33.6^\circ = 16.68 + j11.08(\Omega)$$

【题12】

已知：$R=200\Omega, \omega L_1=\omega L_2=10\Omega, \dfrac{1}{\omega C_1}=160\Omega, \dfrac{1}{\omega C_2}=40\Omega$

$$u_S(t)=100+14.14\cos(2\omega t+\frac{\pi}{6})+7.07\cos(4\omega t+\frac{\pi}{3})\text{V}$$

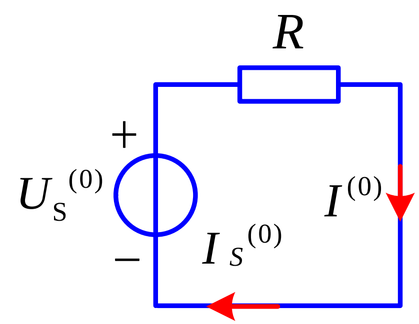
求：$i(t)$ 及其有效值I和电源发出的功率P。



解： $u_S(t)=100+14.14\cos(2\omega t+\frac{\pi}{6})+7.07\cos(4\omega t+\frac{\pi}{3})\text{V}$

有直流分量+2次谐波分量+4次谐波分量

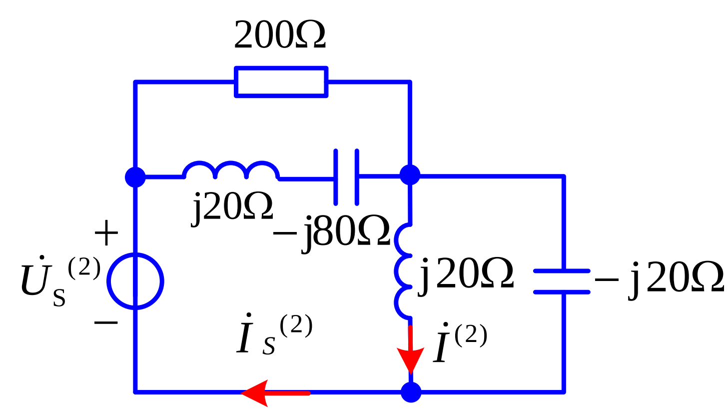
直流分量单独作用：



$$U_S^{(0)}=100\text{V}$$

$$I^{(0)}=I_S^{(0)}=\frac{100}{200}=0.5(\text{A})$$

2次谐波单独作用：



$$\dot{U}_S^{(2)}=10\angle\frac{\pi}{6}\text{V} \qquad L_2C_2 \text{ 并联谐振}$$

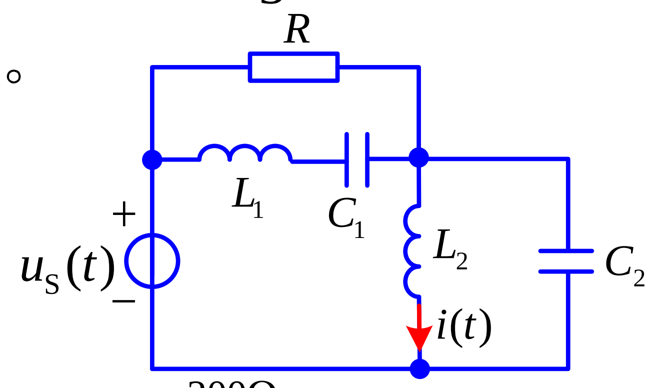
$$\dot{I}^{(2)}=\frac{\dot{U}_S^{(2)}}{\text{j}20}=\frac{10\angle\frac{\pi}{6}}{\text{j}20}=0.5\angle-\frac{\pi}{3}(\text{A})$$

$$\dot{I}_S^{(2)}=0$$

【题12】 已知：$R=200\Omega, \omega L_1=\omega L_2=10\Omega, \dfrac{1}{\omega C_1}=160\Omega, \dfrac{1}{\omega C_2}=40\Omega$

$$u_S(t)=100+14.14\cos(2\omega t+\frac{\pi}{6})+7.07\cos(4\omega t+\frac{\pi}{3})\text{V}$$

求：$i(t)$ 及其有效值 I 和电源发出的功率 P。

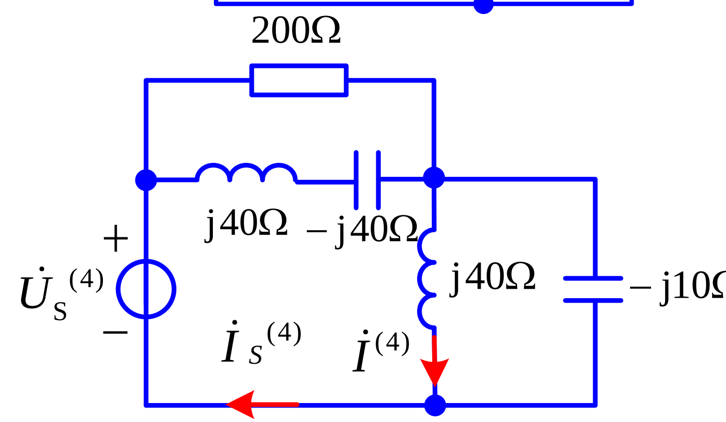


解：

4次谐波单独作用：

$$\dot{U}_S^{(4)}=5\angle\frac{\pi}{3}\text{V}$$

L_1C_1 串联谐振



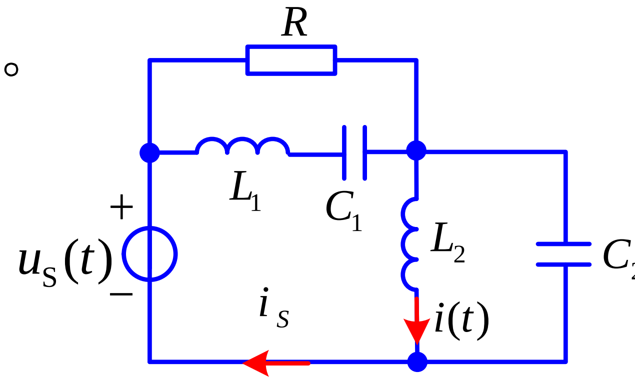
$$\dot{I}^{(4)}=\frac{\dot{U}_S^{(4)}}{\text{j}40}=\frac{5\angle\frac{\pi}{3}}{\text{j}40}=0.125\angle-\frac{\pi}{6}(\text{A})$$

$$\dot{I}_S^{(4)}=\dot{U}_S^{(4)}(\text{j}0.1\text{ - j}0.025)=5\angle\frac{\pi}{3}\times0.075\angle\frac{\pi}{2}=0.375\angle\frac{5\pi}{6}(\text{A})$$

【题12】 已知：$R=200\Omega, \omega L_1=\omega L_2=10\Omega, \dfrac{1}{\omega C_1}=160\Omega, \dfrac{1}{\omega C_2}=40\Omega$

$$u_S(t)=100+14.14\cos(2\omega t+\frac{\pi}{6})+7.07\cos(4\omega t+\frac{\pi}{3})\text{V}$$

求：$i(t)$及其有效值I和电源发出的功率P。



解：

$$i(t)=0.5+0.5\sqrt{2}\cos(2\omega t-\frac{\pi}{3})+0.125\sqrt{2}\cos(4\omega t-\frac{\pi}{6})\text{A}$$

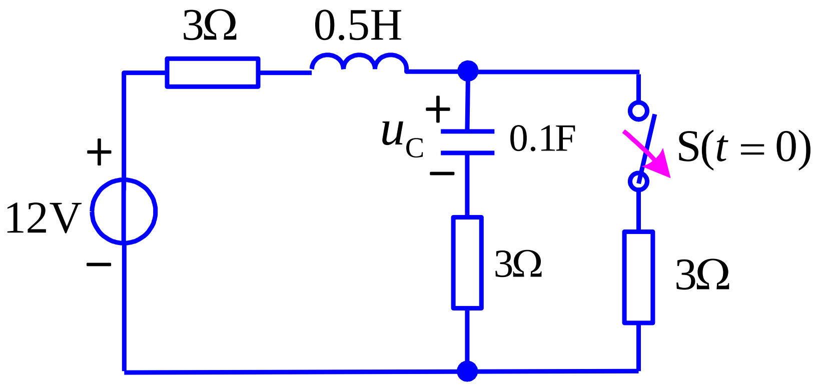
$$I=\sqrt{0.5^2+0.5^2+0.125^2}=0.718(\text{A})$$

$$i_S(t)=0.5+0.375\sqrt{2}\cos(4\omega t+\frac{5\pi}{6})\text{A}$$

$$P=P_0+P_4=100\times 0.5+5\times 0.375\times\cos(\frac{\pi}{3}-\frac{5\pi}{6})$$

$$=50$$

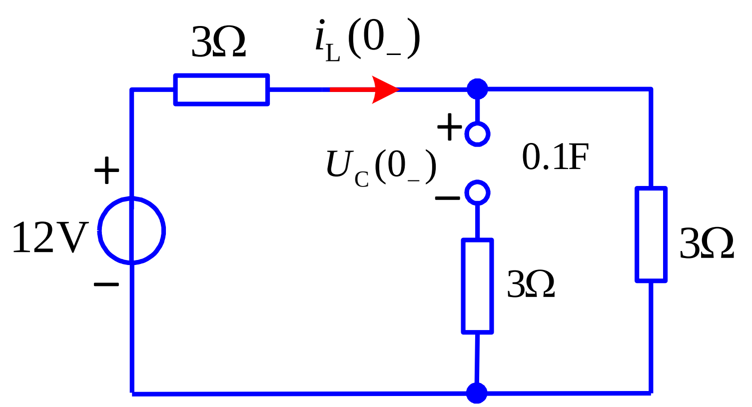
【题13】 已知：开关S打开前电路已达稳态，t=0时，开关S打开，求：1）画出t >0时运算电路图，并标明参数；
2）用运算法求t >0时的$u_C(t)$ 。



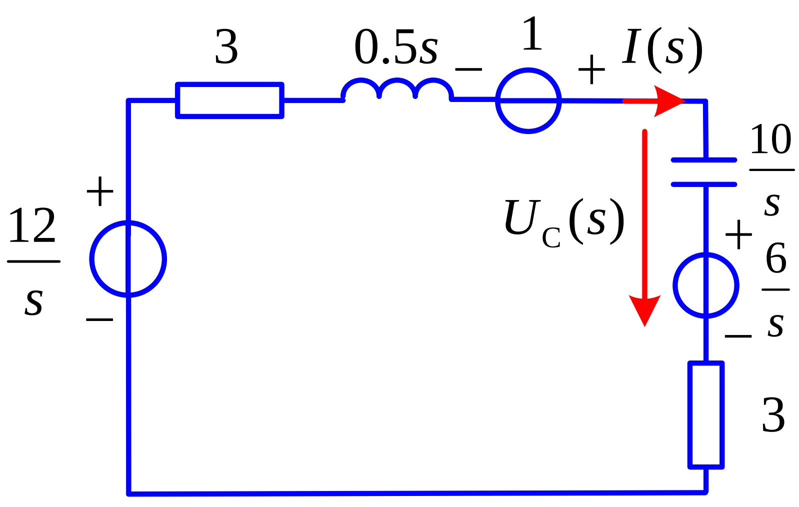
解： 0_等效电路

$$i_L(0_-)=\frac{12}{3+3}=2\text{A}$$

$$U_C(0_-)=\frac{3}{3+3}\times 12=6\text{V}$$



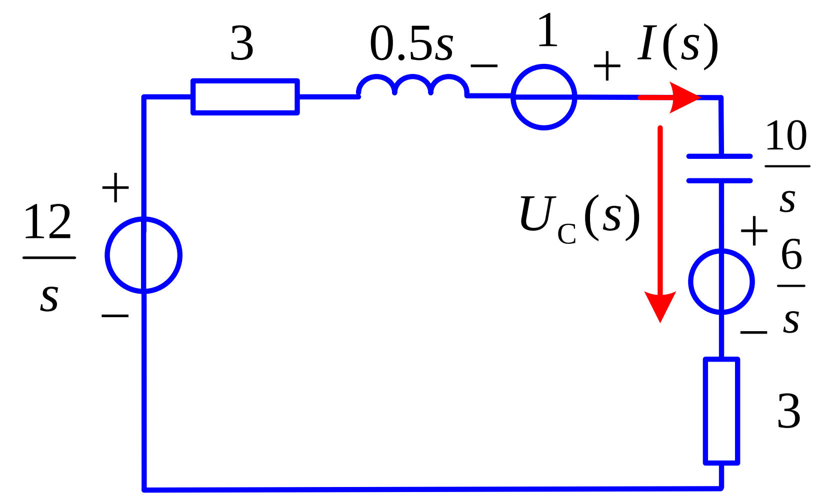
t>0时，运算电路图：



【题13】 已知：开关S打开前电路已达稳态，t=0时，开关S打开，求：1）画出t>0时运算电路图，并标明参数；
2）用运算法求t>0时的$u_C(t)$。

解：

$$I(s)=\frac{\dfrac{12}{s}+1-\dfrac{6}{s}}{3+3+0.5s+\dfrac{10}{s}}=\frac{6+s}{0.5s^2+6s+10}=\frac{2(s+6)}{s^2+12s+20}$$



$$U_C(s)=I(s)\times\frac{10}{s}+\frac{6}{s}$$

$$=\frac{2(s+6)}{s^2+12s+20}\times\frac{10}{s}+\frac{6}{s}$$

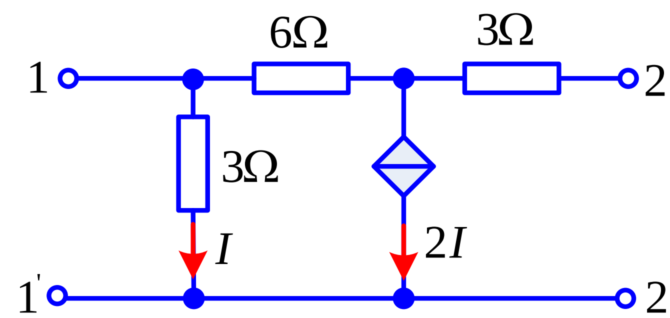
$$=\frac{20(s+6)}{s(s+2)(s+10)}+\frac{6}{s}$$

$$=20\left[\frac{\dfrac{6}{20}}{s}+\frac{\left(-\dfrac{1}{4}\right)}{s+2}+\frac{\left(-\dfrac{1}{20}\right)}{s+10}\right]+\frac{6}{s}$$

$$=\frac{12}{s}-\frac{5}{s+2}-\frac{1}{s+10}$$

$$u_C(t)=[12-5\mathrm{e}^{-2t}-\mathrm{e}^{-10t}]\varepsilon(t)\mathrm{V}$$

【题14】 已知电路如图所示，求Y参数矩阵。



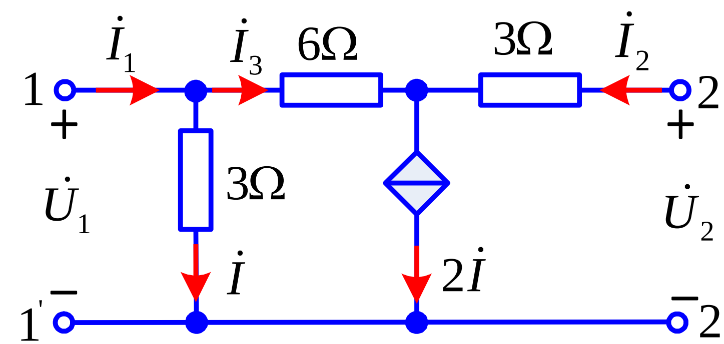
解:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I} + \dot{I}_3 = \dfrac{\dot{U}_1}{3} + \dot{I}_3 \\ \dot{I}_2 = 2\dot{I} - \dot{I}_3 = \dfrac{2\dot{U}_1}{3} - \dot{I}_3 \end{cases}$$

$$\dot{U}_1 = 6\dot{I}_3 + \dot{U}_2 - 3\dot{I}_2$$

$$\dot{I}_3 = \frac{1}{6}(\dot{U}_1 - \dot{U}_2 + 3\dot{I}_2)$$

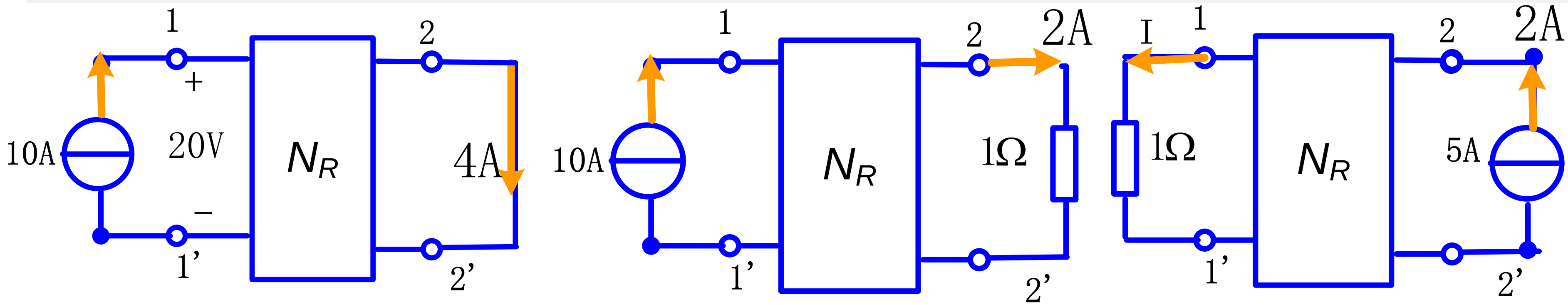
$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = \dfrac{2}{3}\dot{U}_1 - \dfrac{1}{9}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = \dfrac{1}{3}\dot{U}_1 + \dfrac{1}{9}\dot{U}_2 \end{cases}$$



$$Y = \begin{bmatrix} \dfrac{2}{3} & -\dfrac{1}{9} \\ \dfrac{1}{3} & \dfrac{1}{9} \end{bmatrix}$$

【题15】

N_R为纯电阻网络，当1-1’端接10A电流源、2-2’端短路时，短路电流为4A；，电流源端电压为20V；若2-2’端接1Ω电阻，则电流为2A。现将1-1’端接1Ω电阻, 2-2’端接5A电流源，求此时1-1’端电流I ＝？



解： 方法1：先求二端口网络T参数方程

$$\begin{bmatrix} U_{11'} \\ I_{1'1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{22'} \\ -I_{2'2} \end{bmatrix}$$

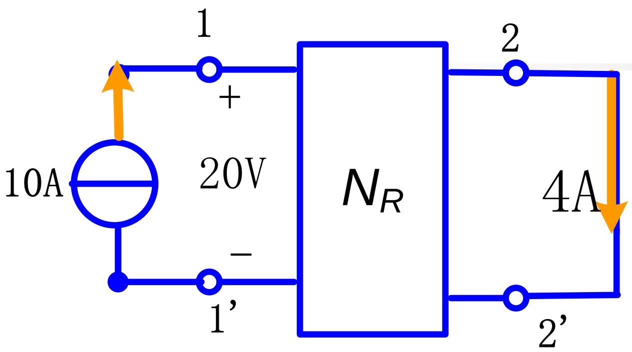
$I_{1'1}=10A, U_{22'}=0$时，$I_{2'2}=-4A, U_{11'}=20$

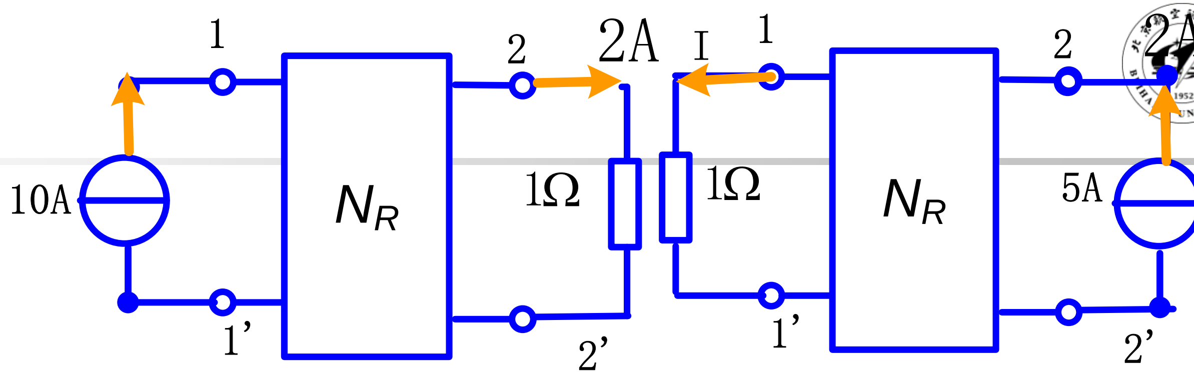
$$\therefore D=\frac{I_{1'1}}{-I_{2'2}}\bigg|_{U_{22'}=0}=2.5, B=\frac{U_{1'1}}{-I_{2'2}}\bigg|_{U_{22'}=0}=5$$

22'接1Ω电阻时，$I_{1'1}=10A$，$I_{2'2}=-2A, U_{22'}=2V$

$\therefore 10=C\times 2+2.5\times 2, C=2.5$ 由$AD-BC=1$得$A=5.4$

【题15】





$$\begin{bmatrix} U_{11'} \\ I_{1'1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.4 & 5 \\ 2.5 & 2.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{22'} \\ -I_{2'2} \end{bmatrix}$$

右图：$I_{1'1} = -I, U_{11'} = 1 \times I,，\ I_{2'2} = 5A,$

$$\therefore \begin{cases} I = 5.4 \times U_{22'} - 25 \\ -I = 2.5 \times U_{22'} - 12.5 \end{cases} \qquad \therefore I = 0.63(A)$$

方法2： 先求二端口网络Y参数方程

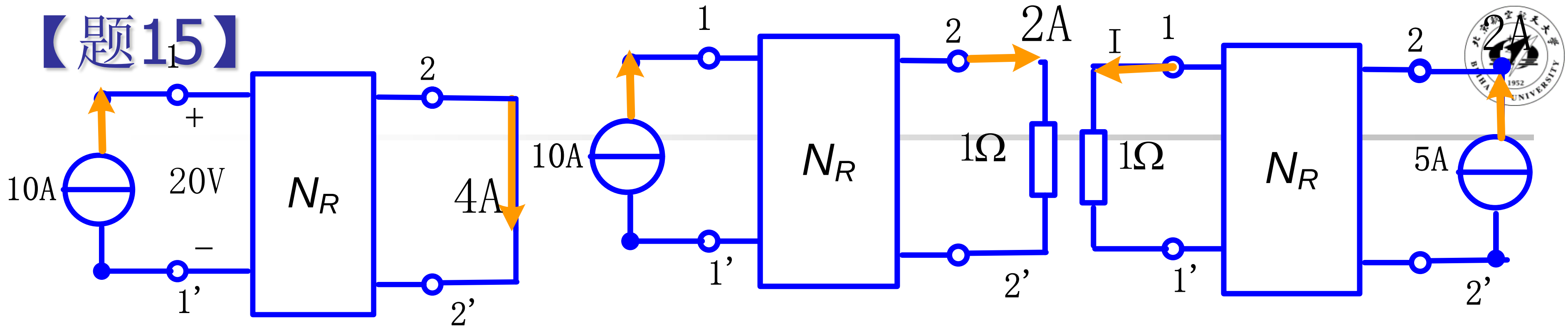
$$\begin{bmatrix} I_{1'1} \\ I_{2'2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{11'} \\ U_{22'} \end{bmatrix}$$

$I_{1'1} = 10A, U_{22'} = 0$时，$I_{2'2} = -4A, U_{11'} = 20$

$$\therefore Y_{11} = \frac{I_{1'1}}{U_{1'1}}\Big|_{U_{22'}=0} = 0.5, Y_{21} = \frac{I_{2'2}}{U_{1'1}}\Big|_{U_{22'}=0} = -0.2$$

$$Y_{12} = Y_{21} = -0.2$$

【题15】



22'接1Ω电阻时，$I_{1'1}=10A$，$I_{2'2}=-2A, U_{22'}=2V$

$$\therefore\begin{cases}10=0.5\times U_{11'}-0.2\times 2\\ -2=-0.2\times U_{11'}+Y_{22}\times 2\end{cases}\qquad \therefore Y_{22}=1.08$$

$$\begin{bmatrix}I_{1'1}\\ I_{2'2}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0.5 & -0.2\\ -0.2 & 1.08\end{bmatrix}\begin{bmatrix}U_{11'}\\ U_{22'}\end{bmatrix}$$

右图：$I_{1'1}=-I, U_{11'}=1\times I$,，$I_{2'2}=5A$,

$$\therefore\begin{cases}-I=0.5\times I-0.2\times U_{22'}\\ 5=-0.2\times I+1.08\times U_{22'}\end{cases}\qquad \therefore I=0.633(A)$$

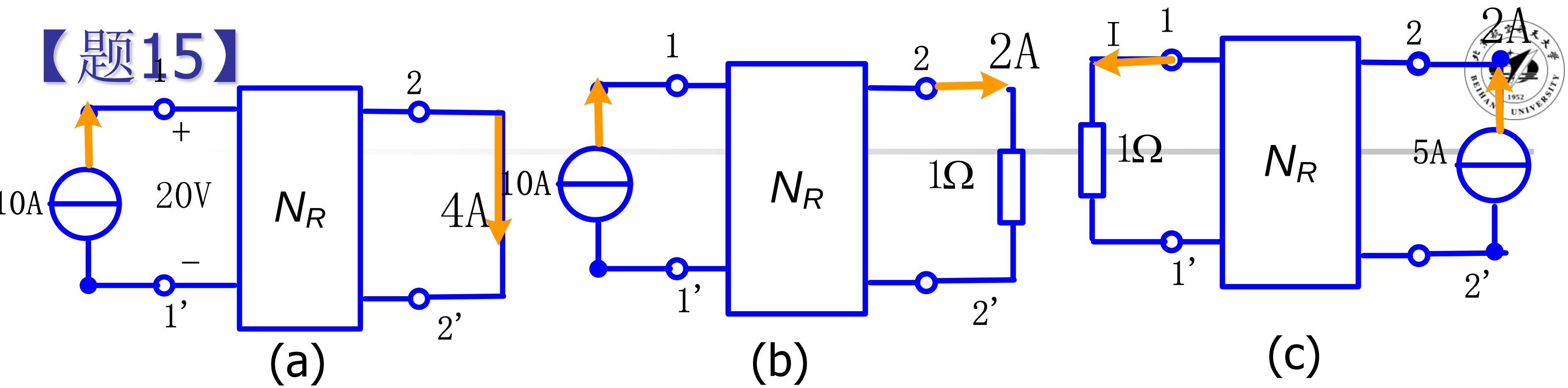
方法3：先求二端口网络Z参数方程

……

$$\begin{bmatrix}U_{11'}\\ U_{22'}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}2.16 & 0.4\\ 0.4 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}I_{1'1}\\ I_{2'2}\end{bmatrix}$$

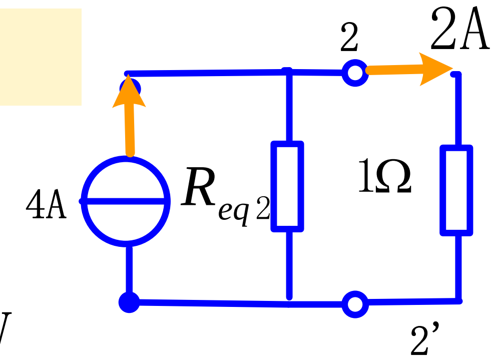
……

【题15】



方法4：应用戴维宁、诺顿、互易、齐次定理

由图(a)：2-2′端短路电流为4A，
图(b)等效为右图



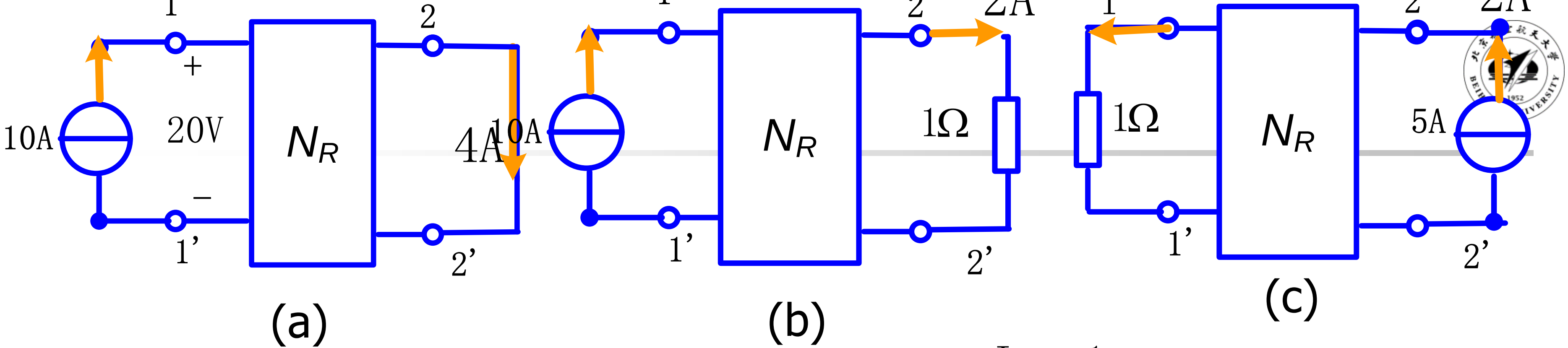
$\therefore R_{eq2}=1\Omega$　　$\therefore 2'2$端开路时，$U_{2'2OC}=4\text{V}$

由互易、齐次定理，图(c)中11’开路时的电压$U_{11'OC}=2\text{V}$

图(c)中若$U_{11'}=0$，则$I_{2'2}=5\text{A}$时，$I_{1'1}=\dfrac{Y_{12}}{Y_{22}}I_{2'2}=-\dfrac{1}{1.08}(A)$

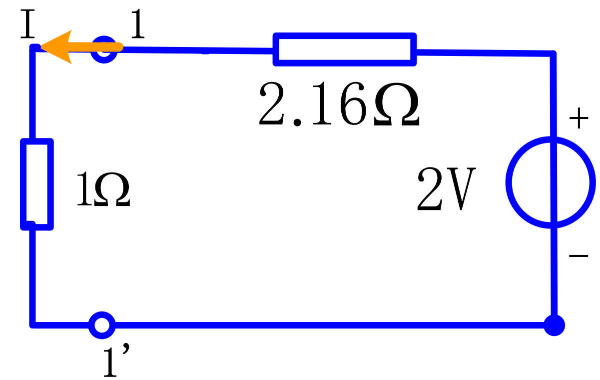
$$\therefore 1-1'\text{端短路电流}I_{SC1}=\frac{1}{1.08}A$$

$$\therefore R_{eq1}=\frac{U_{11'OC}}{I_{SC1}}=2.16(\Omega)$$



图(C)等效电路为右图

$$\therefore I=\frac{2}{2.16+1}=0.633(A)$$



方法5：特勒根定理

	$U_{11'}$	$I_{11'}$	$U_{22'}$	$I_{22'}$
图(a)	20	-10	0	4
图(b)	$U_{11'}^{b}$	-10	2	2
图(c)	I	I	$U_{22'}^{c}$	-5

$$\therefore\begin{cases}20\times(-10)+0=U_{11'}^{b}\times(-10)+8\\ U_{11'}^{b}\times I+2\times(-5)=-10I+2\times U_{22'}^{c}\\ 20\times I+0=-10I+4\times U_{22'}^{c}\end{cases}$$

解得$I=0.633(A)$

- 考试带计算器！
- 祝大家期末愉快！