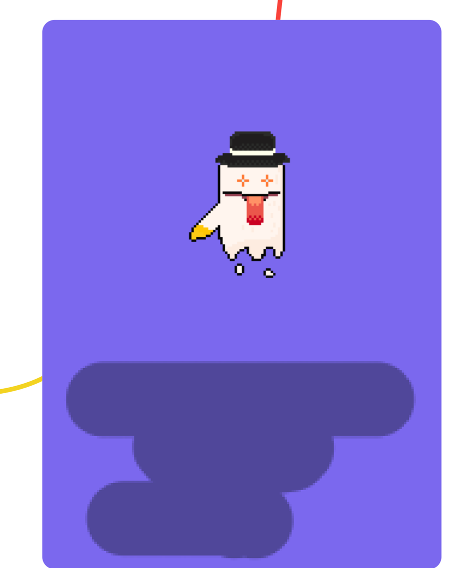
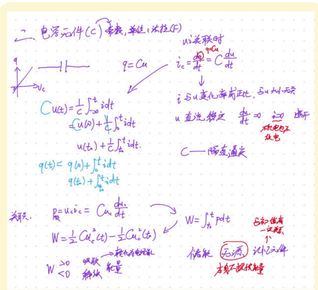
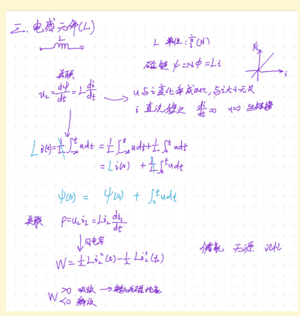
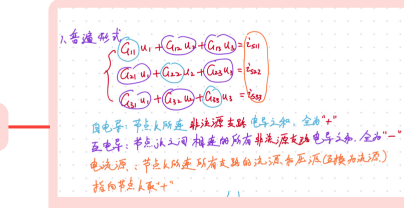
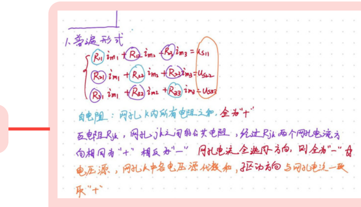
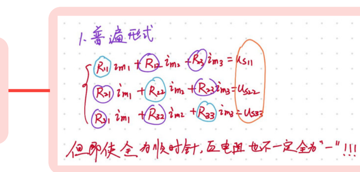


- 杂项 电路通用基础
  - 电路基础
    - 电路组成
      - 电源
      - 负载
      - 中间环节（导线开关）
    - 基本物理量
      - 电流
        - 方向：正电荷运动
      - 电压
        - 方向：电位降低
      - （u，i参考方向 (不)相同 (非)关联）
      - 电位
      - 电动势
      - 电功率
        - P=UI（关联 P吸>0，做负载，反之做电源）
        - 功率守恒，负载∑P吸=电源∑P供
    - RCL元件（储能，无源，记忆元件 公式现推即可）
      - 电阻R/Ω
        - ui关联u=iR
          i=Gu
          G=1/R（电导，单位：西门子（S））
      - 电容C/F
        - i=Cdu/dt
        - W=1/2Cu²(t)-1/2Cu²(t0)
        - 
          一些细节
      - 电感L/H
        - u=Ldi/dt
        - W=1/2Li²(t)-1/2Li²(t0)
        - 
          一些细节
  - 有源元器件
    - 独立电源（电压/流源默认理想，不是会专门强调）
      - 理想/压
        - I由外电路决定
        - 不允许短路
        - u=0≅短路
      - 理想/流
        - U由外电路决定
        - 不允许开路
        - i=0≅开路
      - 实际/压
        - U/I图斜率为-r
      - 实际/流
        - U/I图斜率为-r
    - 受控源
      - CCCS
      - CCVS
      - VCCS
      - VCVS
  - 基尔霍夫定律
    - KCL
      - 对节点
      - 高级理解：广义节点
    - KVL
      - 一圈压降为0
      - 高级理解：走路径
  - 杂中杂
    - 电阻串并混联和等效电阻
      - 星/三角等效果互换（三个相等，有RΔ=3RY）
        - Y->Δ
          G=GG/G+G+G
        - Δ->Y
          R=RR/R+R+R
        - ~~好像和某位姐姐名字缩写对上了😱，就这么记吧~~
    - 惠斯通电桥
      - 平衡的条件
    - 电位电路，等电位点
      - 目的：简化电路
    - 电源的串并联和等效
      - 对外等效，驱动一致，理想不行，受控可以
      - Rs = Rs'
        Is=Us/Rs
      - 待求/控制量所在支路不要参与变化
    - 输入电阻
      - X端网络，X端口网络
        - Ns
        - N0
        - NR
      - 方法
        - 串并联
        - 外施加电源法
        - 有受控源,Rin可能<0
          负电阻，发出能量
  - 网络图论基础
    - 一些个概念
      - 拓扑图，简称图(G)
      - 子图(一部分)
      - 路径：一节点到另一节点
      - 连通/非连通 图
      - 树/树枝/连枝
        - 树（**树是连接全部节点所需最少支路的集合**）
          - 连通子图
          - 全部节点
          - 不含回路
        - 组成树的叫树枝（粗线画）
        - 其他路子就是连枝
      - 基本回路
        - **单连枝回路**
        - 回路绕行方向和连枝一致
      - 割集/基本割集
        - 割集
          - 做高斯面确定
            原则：保证每条支路只能被切一次
        - 基本割集
          - **单树枝割集**

- 线性电路的分析方法
  - 一.支路电流法
    - 特点：**支路电流为未知数**
    - 基本逻辑：任选(n-1)个节点列KCL方程
      选b-(n-1)个独立回路列KVL方程(避开流源)
      就是硬解hhh，计算器一把梭了🕶
    - 遇到受控源怎么办？ —— **当成独立源补充方程**
  - 二.节点电压法
    - 特点：**只剩KVL**
    - 基本逻辑：选节点，列普遍形式的方程组即可
      - 
        （如图，本懒狗不打算手敲公式了）
    - 遇到电位电路怎么办？
      - 方法一：转化为常规电路
      - 方法二：**把已知电位当作节点**
    - 遇到理想压源支路怎么办？
      - **方法一：理想压源正/负极接地（优先级最高）**
      - 方法二：理想压源上假设一电流 I
      - ~~方法三：理想压源两端节点圈为高斯面 —— 高手专属，你是高手吗？~~
    - 遇到受控源怎么办？ —— **当成独立源补充方程**
  - 三.网孔电流法
    - 特点：**只剩KCL**
    - 基本逻辑：找网孔列普遍形式即可
      - 
        这个列起来轻松省脑子🧠
    - 遇到电流源怎么办？
      - 理想流源设一电压u列入方程
      - ~~广义网孔（从来不用）~~
    - 遇到受控源怎么办？ —— **当成独立源补充方程**
    - （特例 → 四.回路电流法）
  - 四.回路电流法
    - 基本逻辑：确定一颗树，连基本回路列普遍形式即可
      原理：树枝个数=KCL方程个数=n-1
      - 
        - 注意☠：即使全为顺时针，互电阻也不一定全为"-"！！！
        - 确定树的逻辑 —— 先确定连枝 其它为树枝 —— **电流源，待求电流做连枝**
    - 遇到受控源怎么办？ —— **当成独立源补充方程**
  - 五.割集分析法*
    - 不了解是个什么方法
      只知道会的人都是大神
      你是大神吗？

- 线性电路的基本定理
  - 叠加
    - 条件：**线性**电路，**独立源**
    - 各个电源单独作用（其它电源为0）
      再求和即可
      也可以分成几组，再各个组之间求和
      - 电压源为0——短路
      - 电流源为0——开路
    - **功率不能叠加！！！注意ui方向！！**
    - 受控源始终保留
    - （考试时候一定要画分解图）
    - （**叠加性**：多个独立源作用，u/i为单个独立源单独作用累加和
      齐次性：激励只有一个，响应和激励成正比
      独立源->k倍，它产生的u/i->k倍）
  - 替代
    - ~~大神方法~~
      - 已知某支路电压uk/电流ik可将其替换为相应的电压源/电流源/电阻Rk=uk/ik
      - ~~好了，方法你学会了，现在去手撕电桥吧~~
  - 等效电源定理（对外等效
    负载随意，但有源二端网络必须线性
    有些电路等效不了，例如Isc=0/Uoc=0）
    - 戴维南定理 —— 任意Ns——>压源串电阻
      - 开路电压Uoc —— 之前学过的路子
      - 等效电阻Req
        - 计算思路1：**Ns里面压源短路，流源断开 计算N0网络的R等效即为等效电阻**
        - 计算思路2：**外施电源法**：**N0**网络**怼个电源**上去，然后**u/i**算出**Req**
        - 计算思路3：**开短路法**（实验法）：Ns网络接口测个电压**Uoc**，接通之后测个电流**Isc**，一比就是**Req**
    - 诺顿定理 —— 任意Ns——>流源并电阻
      - 短路电流Isc —— 之前学过的路子
      - 等效电阻Req —— 同戴维南
    - 最大功率传输定理
      - 负载RL放外面，然后戴维南一通等效之后
        Req=RL时
        功率最大，Pmax=Uoc²/4Req
        - 此时电路的传输效率不一定是50%
        - ~~这是为什么捏，你知道吗？~~🤔
  - 特勒根（**非关联加负号！！！**）
    - 1.各支路电压电流关联，有∑ui=0 —— 功率守恒的思想
    - 2.两个一模一样的拓扑图，两个图里的ui互换再求和还是0 —— 拟功率守恒
    - （特例 → 互易）
  - 互易 —— NR双口网络（有的都有的电阻可以塞到NR中）
    - **电压源-短路（只记这个）**
      - i/u=i/u
      - 换位后电压电流成正比
    - ~~电流源-开路~~
      - u/i=u/i
      - 换位后电流电压成正比
    - ~~压-开；短-流~~
      - u/u=i/i
      - 换位变源后，两个电路中压源/端口电压=流源/短路的电流
      - **注意u/i方向，开路电压和短路电流方向的一致性**

一、交流电基础

正弦量　$i = I_m \cos(\omega t + \psi_i)$ A.　　f 频率 工频 50Hz

三要素　　　　　　　　　　　　　　$f=0$ 直流

相位差 $\varphi = \psi_{u1} - \psi_{u2}$　>0　u_1 超前 u_2

<0 滞后

u_2：同向 $\varphi=0$；反向 $\varphi=180$；正交 $\varphi=\pm 90$

有效值　$P = i^2(t)R$　　　$P = I^2R$

$$W=\int_0^T i^2(t)R\,dt = W = I^2RT.$$

得有效值 $I=\sqrt{[\quad]}$ 方均根值. 从来不用

常用：正弦交流电 $I=\frac{I_m}{\sqrt{2}}$　$U=\frac{U_m}{\sqrt{2}}$.

二、向量法基础

ω 相同. 三要素 → 大小，相位

复数
- $\dot{A}=a+jb$　$a=Re[\dot{A}]$　$b=Im[\dot{A}]$
- 共轭是啥
- 三角形式　$A\cos\varphi + jA\sin\varphi$
- 指数形式　$Ae^{j\varphi}$

会按计算器 ☆☆☆

极坐标形式 $A\angle\varphi$

运算
- 加减：直接加
- 乘除乘方：棣莫弗公式，角度落后大小一级

向量表示 $u(t)=U_m\cos(\omega t+\psi_u)$

最大值：$\dot{U}_m=U_m\angle\psi_u$

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

$\dot{U}=\frac{\dot{U}_m}{\sqrt{2}}$

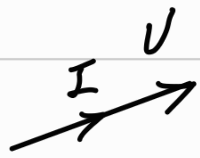
向量≠正弦量，即 $\dot{U}_m\neq u$　$\dot{U}\neq u$

KCL，KVL 向量形式 $\sum\dot{I}=0$　$\sum\dot{U}=0$

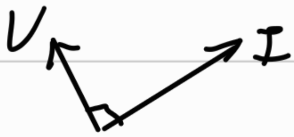
u, i 瞬时值
U, I 有效值
U_m 最大值
$\dot{U}$ 相量

RLC元件
- $\dot{U}_R=\dot{I}R_R$
- $Z_L=j\omega L$ 阻抗
- $X_L=\omega L$ 感抗
- $Z_C=-\frac{j}{\omega C}$ 阻抗
- $X_C=\frac{1}{\omega C}$ 容抗
- B_L 感纳
- B_C 容纳

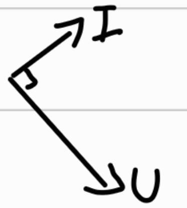
R $u_R=Ri_R$ $\dot U_R=\dot I_R R$ R $\frac{U_R}{I_R}=R$



L $u_L=L\frac{di}{dt}$ $\dot U_L=j\omega L\dot I_L$ $j\omega L$ $\frac{U_L}{I_L}=\omega L$



C $i_C=C\frac{du}{dt}$ $\dot U_C=-j\frac{1}{\omega C}\dot I_C$ $-j\frac{1}{\omega C}$ $\frac{U_C}{I_C}=\frac{1}{\omega C}$

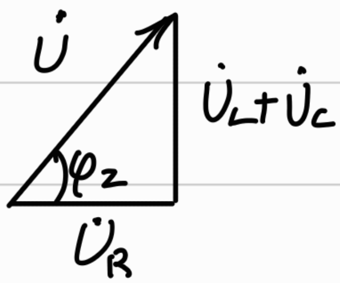


LC，L 当然是超前的 ^^

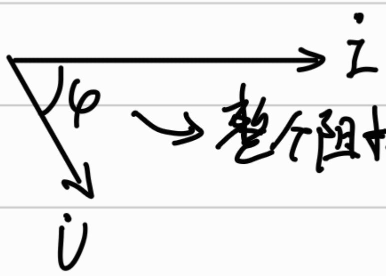
基本定律一样用，只是换成向量形式

串联：假设 i 方向

并联：假设 u 方向

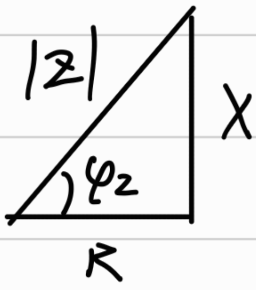


相似



→ 整个阻抗 阻抗角

阻抗 $Z=\frac{\dot U}{\dot I}=\frac{U}{I}\angle\psi_u-\psi_i$



阻抗三角形

导纳 $Y=\frac{\dot I}{\dot U}=\frac{I}{U}\angle\psi_i-\psi_u$

$Z = R + jX$ 复阻抗（R：电阻，X：电抗）

$$\begin{cases} R = |Z|\cos\varphi_Z \\ X = |Z|\sin\varphi_Z \end{cases}$$

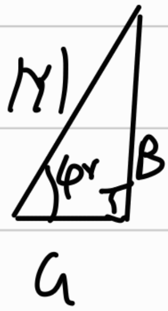
$X > 0$　感性　$\varphi_Z > 0$　u 超前 i

$X = 0$　阻性

$X < 0$　容性　$\varphi_Z < 0$　u 滞后 i

$Y = G + jB$ 复导纳（G：电导，B：电纳）

$$\begin{cases} G = |Y|\cos\varphi_Y \\ B = |Y|\sin\varphi_Y \end{cases}$$



$B > 0$

$B = 0$　和 X 相反

$B < 0$

阻抗串联，$Z_{eq} = \sum Z$

串联分压 $\dot{U}_k = \frac{Z_k}{Z}\dot{U}$

导纳并联：$Y_{eq} = \sum Y$

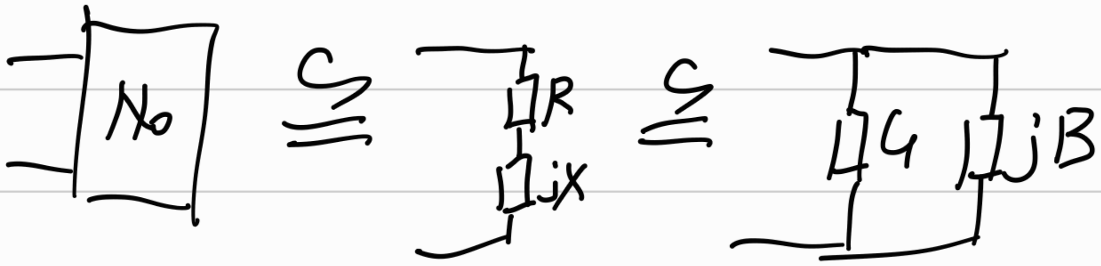
并联分流 $\dot{I}_k = \frac{Y_k}{Y}\dot{I}$

L：串 $L_{eq}=L_1+L_2$；并 $L_{eq}=\frac{L_1L_2}{L_1+L_2}$

C：串 $C_{eq}=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$；并 $C_{eq}=C_1+C_2$

阻抗与导纳关系 $Z=\frac{1}{Y}$　$Y=\frac{1}{Z}$、

N_0中有受控源，可能出现$|\varphi_z|>90°$

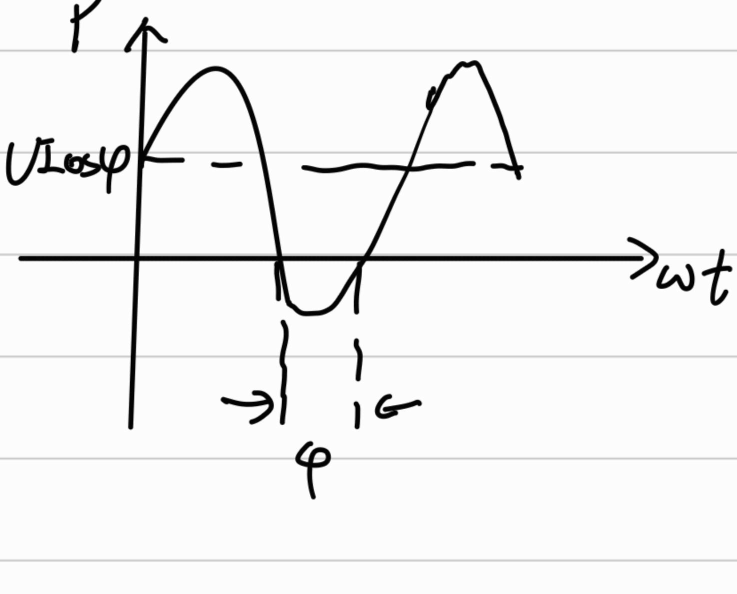


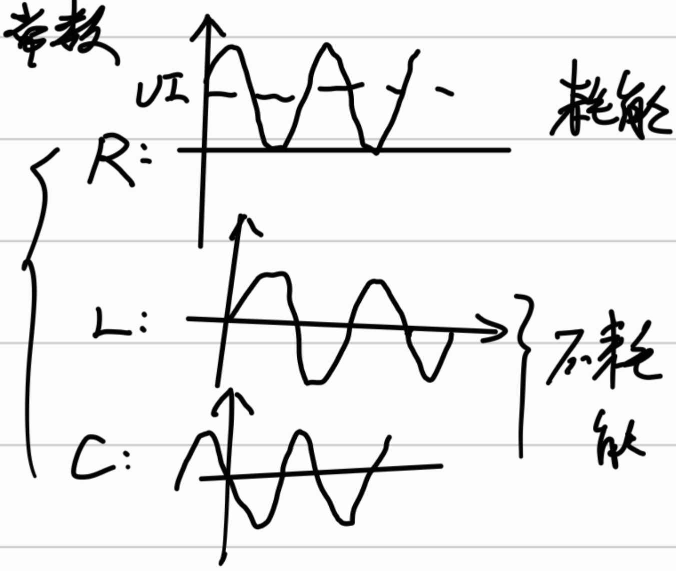
三、功率相关

$$p=ui=\underbrace{UI\cos(2\omega t+\psi_u+\psi_i)}_{2\omega\text{函数}}+UI\cos\varphi$$

$UI\cos\varphi$ ↓ 常数

- >0 吸收能量
- <0 释放能量





☆ 平均功率（有功功率）P (W, kW)

$P=UI\cos\varphi$　　U, I关联

- R: $P=UI=I^2R=\frac{U^2}{R}$
- L: $P=0$
- C: $P=0$

☆ 无功功率 Q （单位之 var, kvar）

$Q=UI\sin\varphi$
- $>0 \rightarrow \varphi>0$　感性，纯电感 $Q=I^2X_L=\frac{U^2}{X_L}$
- $<0 \rightarrow \varphi<0$　容性，纯电容 $Q=-I^2X_C=-\frac{U^2}{X_C}$

↓

交换，与用电源部分能量，为电抗瞬时 $P_x(t)$ 最大值定义

No 有功 = R有功

$P=\sum P_R$

No 无功 = X无功

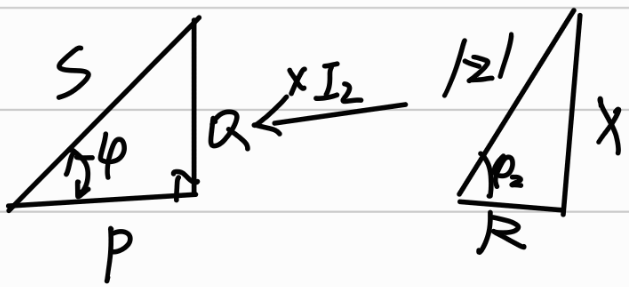
$Q=\sum Q_L+Q_C$.

☆ 视在功率 S （VA, KVA）表观功率.

$S=UI$

电气设备 $S_N=U_N I_N$

$S=\sqrt{P^2+Q^2}$



☆ 功率因素

$\lambda = \cos\varphi$ —— 功率因数　　φ —— 功率因数角

$$\lambda = \frac{P}{S} = \cos\varphi = \cos\varphi_Z = \cos(\varphi_u - \varphi_i) \in [0,1]$$

感　　$\lambda = \cos 90^\circ = 0$　　u 超前 i

纯电阻　　$\lambda = \cos 0 = 1$

容　　$\lambda = \cos(-90^\circ) = 0$　　u 滞后 i

☆ 复功率

$\tilde{S} = S\angle\varphi$

$= P + jQ$

$= \dot{U}\dot{I}^*$ → 共轭

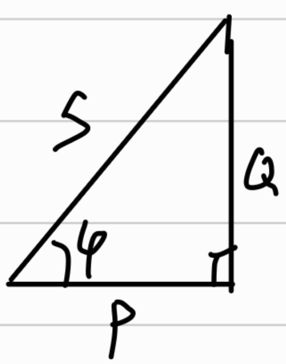
正弦交流电 $\begin{cases} P = P_1 + P_2 + \cdots \\ Q = Q_1 + Q_2 + \cdots \\ \tilde{S} = \tilde{S}_1 + \tilde{S}_2 + \cdots \end{cases}$

$\hat{S} = \sqrt{3}\dot{U}I^*$ ⇒ 三相

$$\boxed{S \neq S_1 + S_2 + \cdots}$$

☆ 功率因素的提高

意义

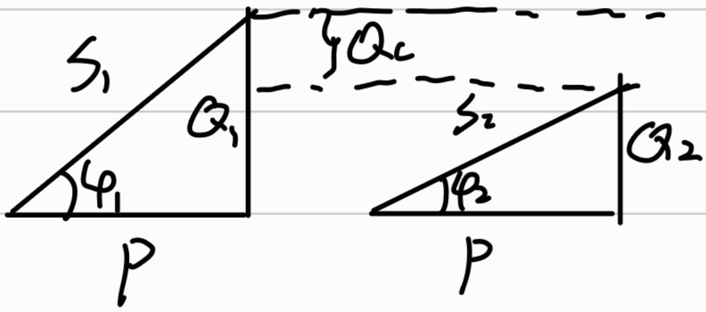


$P = S\cos\varphi$

$\cos\varphi \downarrow$　$S \uparrow$

$I = \dfrac{P}{U\cos\varphi}$　$\cos\varphi \downarrow$ $I \uparrow$，输电损耗多

方法：并电容



$$\begin{cases} Q_C = Q_2 - Q_1 = P\,tg\varphi_2 - P\,tg\varphi_1 \\ Q_C = -\omega C U^2 \end{cases}$$

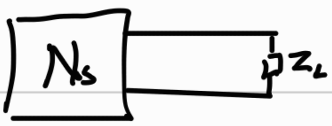
$\Downarrow$

$$C = \frac{P}{\omega U^2}(tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$$

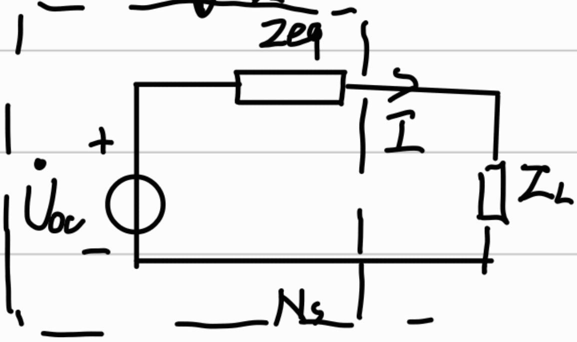
- 欠补偿
- 完全补偿
- 过补偿

☆最大功率传输

1、R_L, X_L均可调



↓戴维南等效



$R_L = R_{eq}$

$X_L = -X_{eq}$ 时

即 $Z_L = Z_{eq}^*$ 时 } 共轭匹配

$$P_{Lmax} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}}$$

2、仅$|Z_L|$可调

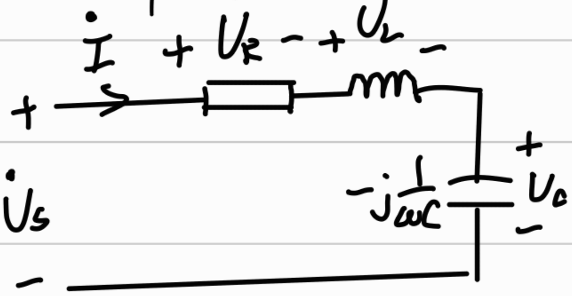
$|Z_L| = |Z_{eq}|$ 模匹配

特殊：$Z_L = R = |Z_{eq}|$ ☆

四. 谐振

☆ 谐振：端口处 $u\ i$ 同相位 / 等效阻抗呈纯电阻性

☆ 串谐



串谐特点——L,C 相当于短路

I_0 最大　$|Z|$ 最小为 R

$\omega > \omega_0$ 感性

$$Z = \frac{\dot{U}_s}{\dot{I}} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

谐振条件

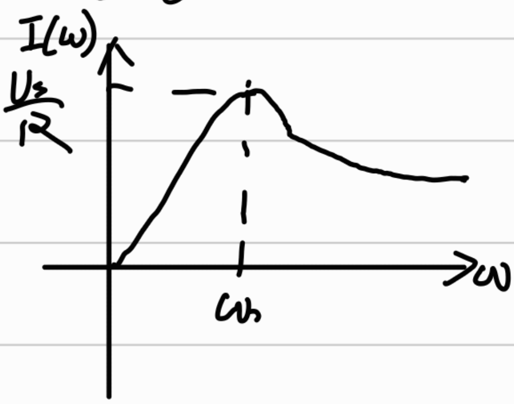
$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\begin{cases} \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \\ f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \end{cases} \rightarrow \text{固有频率}$$

实现方式 $\begin{cases} \text{改}\ \omega,\ LC\ \text{不变} \\ \text{改}\ L/C \rightarrow \text{常改}\ C \end{cases}$

$$\text{品质因数}\ Q = \frac{|\text{谐振时}\ L,C\ \text{的无功功率}|}{\text{谐振时电路的有功功率}}$$

选频



根据声学研究，如信号功率不低于原有最大值一半，信号不至明显失真，人的听觉辨别不出，这是定义通频带的实践依据。

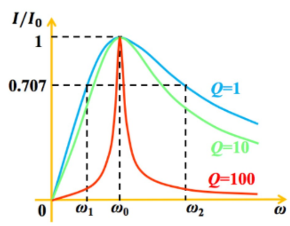
半功率点：

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$$

通频带 BW (Band Width)：

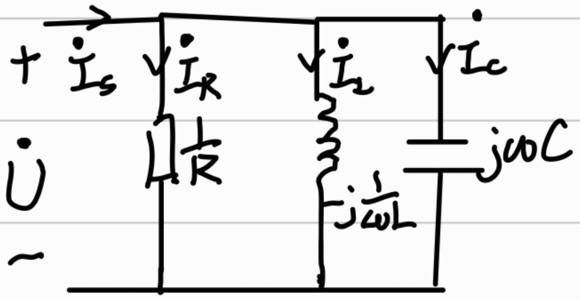
$$BW = \omega_2 - \omega_1 = \frac{\omega_0}{Q}$$

Q 越大，通频带越窄，选择性越好。



通用谐振曲线

☆ 并谐



并谐条件——L、C相当于断路

$$Y=\frac{\dot{I}_S}{\dot{U}}=\frac{1}{R}+j\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)$$

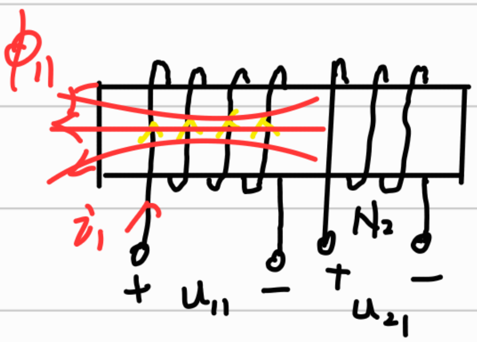
U_0最大，$|Y|$最小值$\frac{1}{R}$

谐振条件

$$\omega L=\frac{1}{\omega C}\qquad \begin{cases}\omega_0=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}\\[2mm] f_0=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\end{cases}$$

第七章 含有互感的电路

一、一些概念



Φ_1变化→ψ_{11}变化→线圈1中形成自感电压u_{11}

$$\psi_{11}=N_1\Phi_1=L_1 i_1$$

$$u_{11}=\frac{d\psi_{11}}{dt}=N_1\frac{d\Phi_1}{dt}=L_1\frac{di_1}{dt}.$$

L_1是自感系数

单位：H

Φ_1部分/全部穿过线圈2、Φ_{21}变化→ψ_{21}变化→线圈2中形成互感电压u_{21}

$$u_{21}=\frac{d\psi_{21}}{dt}=N_2\frac{d\Phi_{21}}{dt}=M_{21}\frac{di_1}{dt}$$

→互感系数/H.

M_{21} → 引起

↓

存在

, $M_{12}=M_{21}=M$

同时通电流时 注意绕向!

耦合系数 k

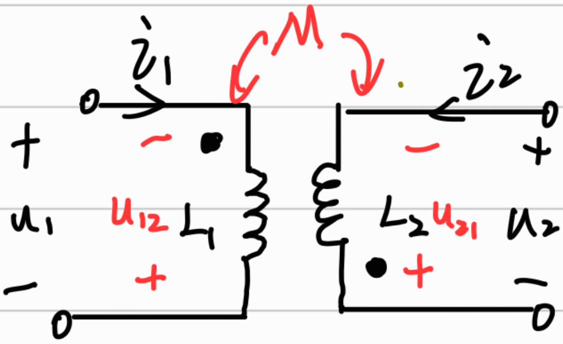
$$k=\frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}\quad\begin{cases}k=1 & \text{全耦合}\\ k=0 & \text{无耦合}\end{cases}$$

k↑ 紧耦合

k↓ 松耦合

同名端

自感和另一个的互感方向相同，互相加强



• 入 • "+"

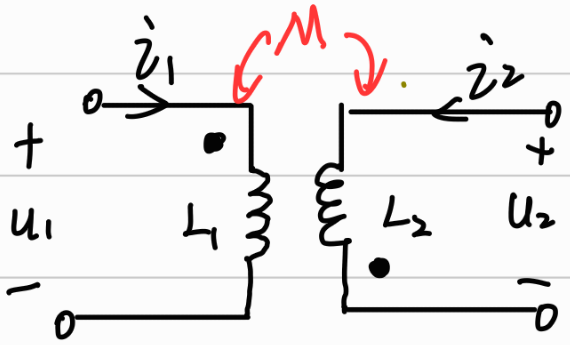
• 出 • "−"

$$\begin{cases}u_1=L_1\dfrac{di_1}{dt}-M\dfrac{di_2}{dt}\\ u_2=-M\dfrac{di_1}{dt}+L_2\dfrac{di_2}{dt}\end{cases}$$

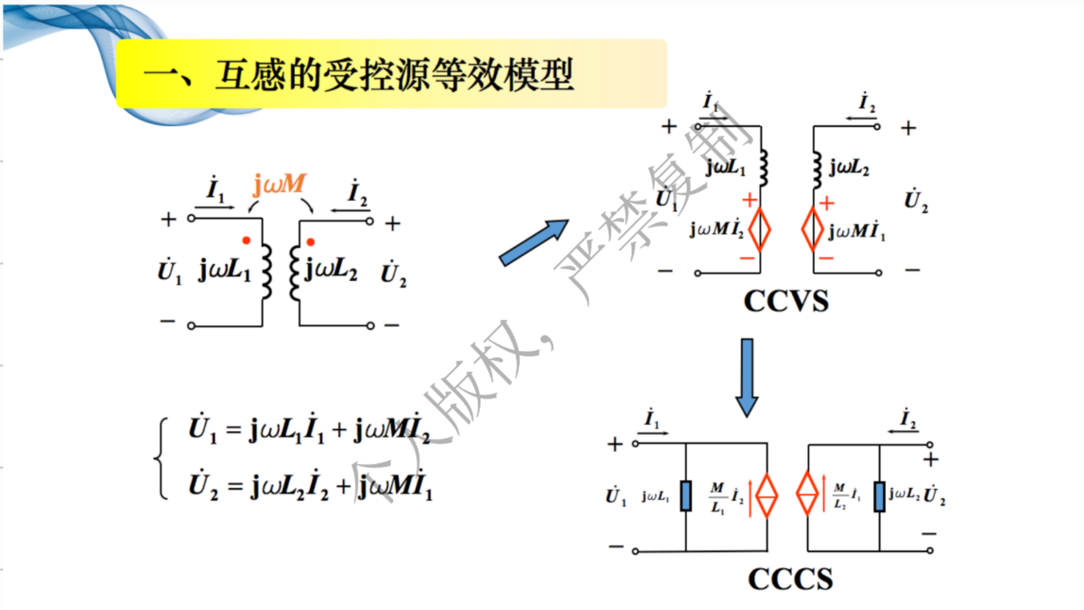
$$\begin{cases}\dot{U}_1=j\omega L_1\dot{I}_1-j\omega M\dot{I}_2\\ \dot{U}_2=-j\omega M\dot{I}_1+j\omega L_2\dot{I}_2\end{cases}$$

二、分析计算

1、互感受控源等效模型



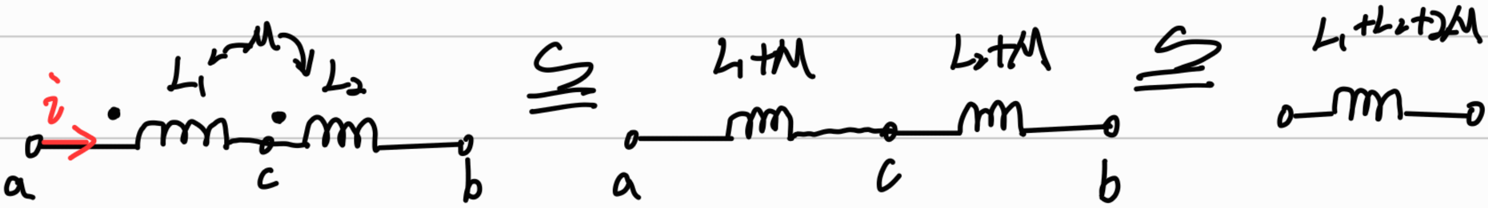
≌



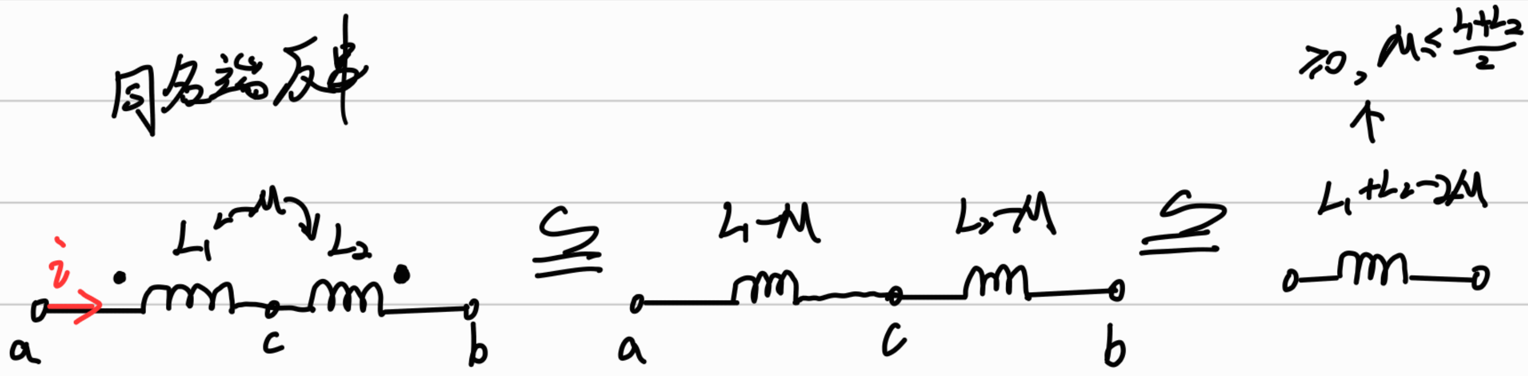
2、去耦合

互感线圈串联

同名端顺串

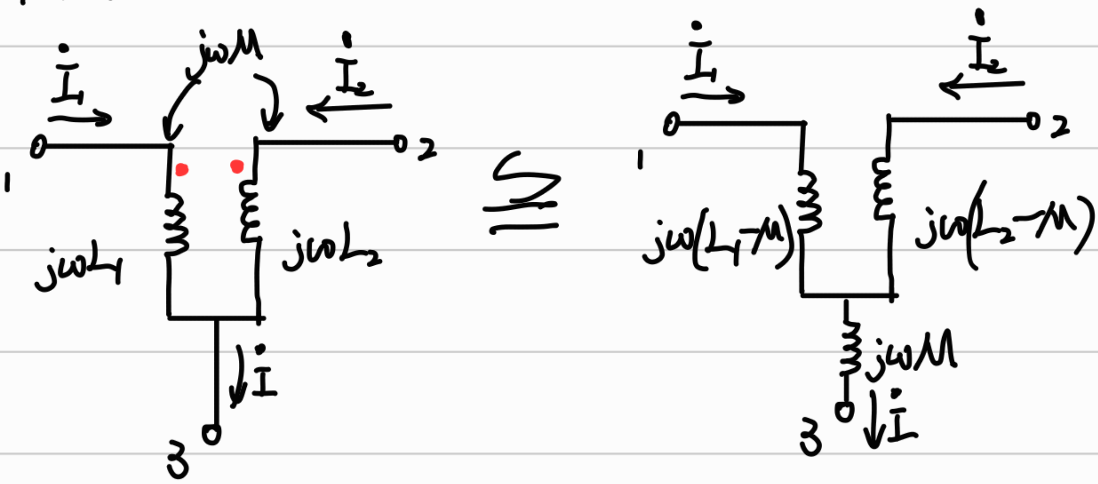


同名端反串

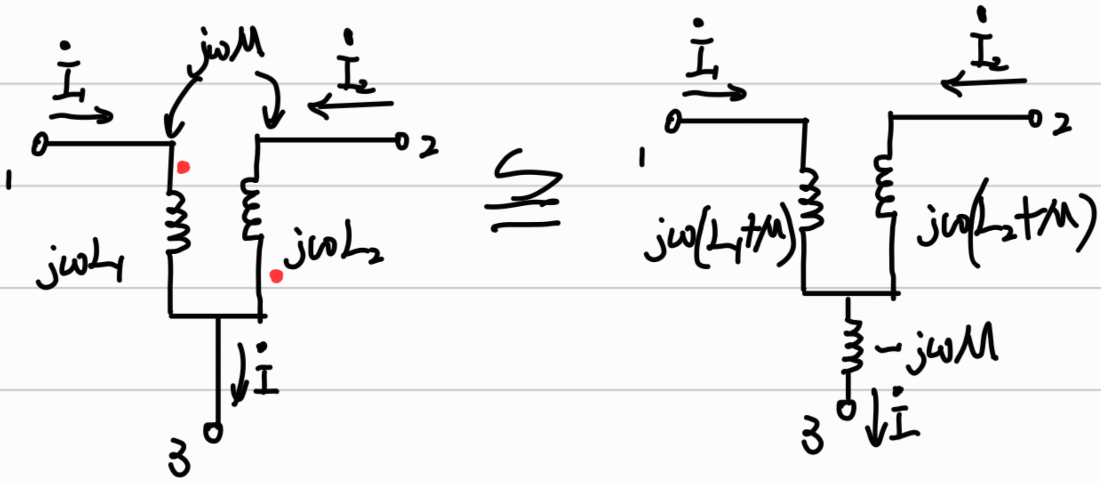


互感线圈一点相连

1.同名端相连

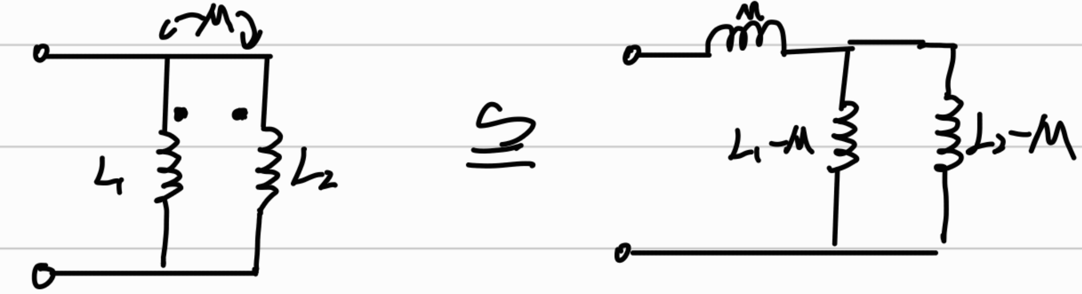


2.异名端相连

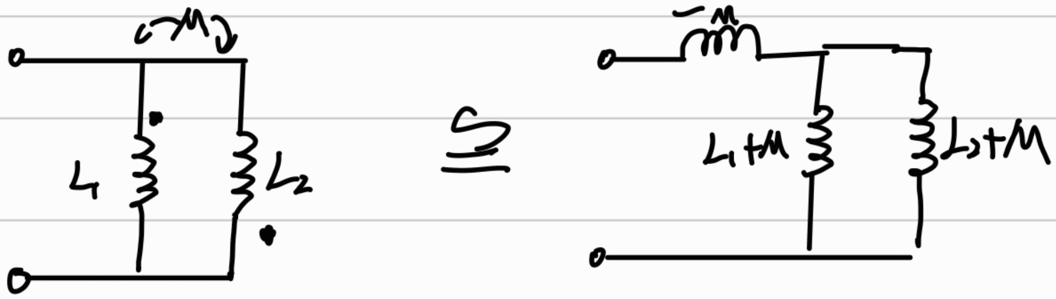


互感线圈并联

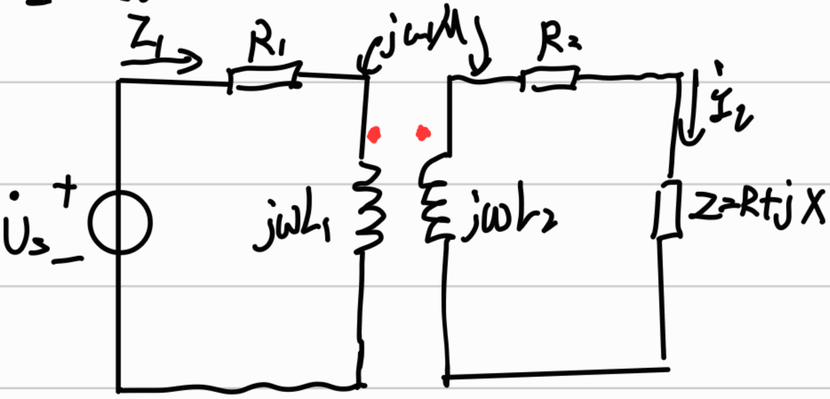
(1)同名端同侧



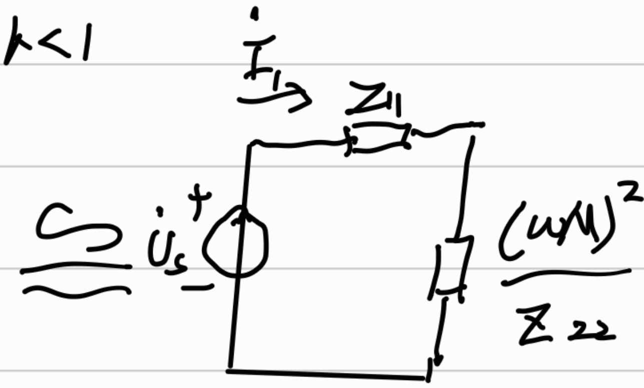
(2) 反名端异侧



三、空芯变压器，松耦合，$k<1$



原边　　　副边



$$Z_{11} = R_1 + j\omega L_1$$

$$Z_{22} = R_2 + j\omega L_2 + Z$$

Z_{22}为感性，Z_{1r}为容性

Z_{22}为容性，Z_{1r}为感性

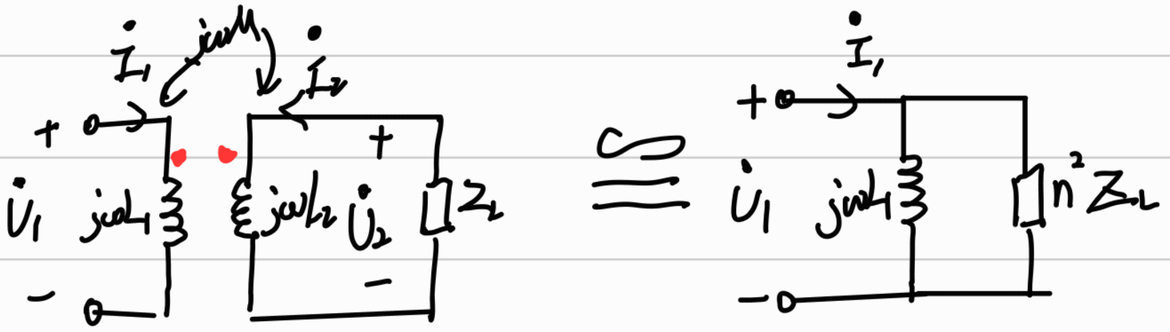
$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_s}{Z_{11} + \boxed{\dfrac{(\omega M)^2}{Z_{22}}}}$$

→ 初级反映阻抗 Z_{1r}

四、全耦合变压器

1、条件 $\begin{cases} R_1=R_2=0 & \text{无损耗} \\ k=1 & \text{即 } M=\sqrt{L_1L_2} \end{cases}$

2、关系：$\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2}=\frac{N_1}{N_2}=\pm n=\pm\sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$ $\begin{cases} \text{"+"}，u_1,u_2\text{正极在同名端} \\ \text{"−"}，u_1,u_2\text{正极在异名端} \end{cases}$



$$\dot{I}_1=\frac{\dot{U}_1}{j\omega L_1}+\frac{\dot{U}_1}{n^2Z_L}$$

五、理想变压器（完全同高中）

1、条件 $\begin{cases} R_1=R_2=0 & \text{无损耗} \\ k=1 & \text{即 } M=\sqrt{L_1L_2} \\ L_1,L_2\to\infty & \text{，但 } L_1/L_2=\text{常数} \end{cases}$

2、关系：

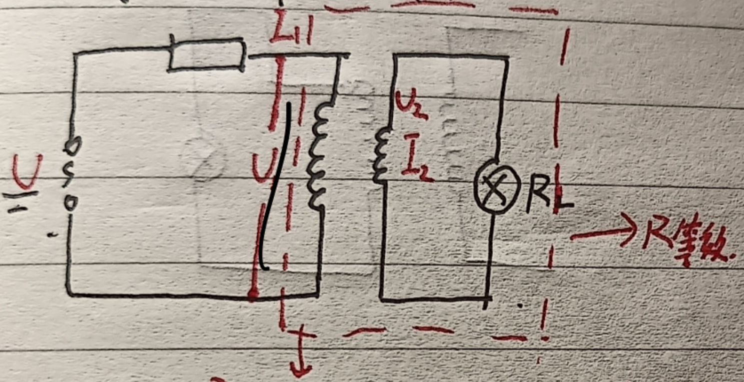
$\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2}=\frac{N_1}{N_2}=\pm n=\pm\sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$ $\begin{cases} \text{"+"}， \\ \text{"−"}， \end{cases}$ u_1,u_2正极在同/异名端

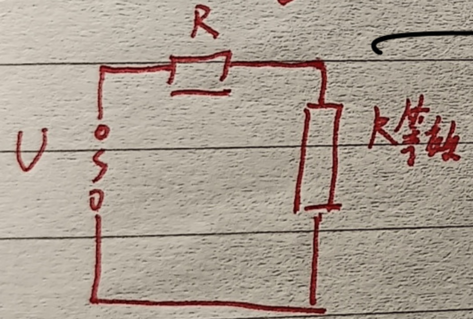
$\frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2}=\mp\frac{1}{n}$ $\begin{cases} \text{"+"}， \\ \text{"−"}， \end{cases}$ i_1,i_2异/同名端流入

功率守恒：$u_1i_1=u_2i_2$

3. 等效：直接粘高中笔记了，大学没变化

等效电阻法





$R_{等效}=\frac{U_1}{I_1}=\frac{(\frac{n_1}{n_2})U_2}{(\frac{n_2}{n_1})I_2}=(\frac{n_1}{n_2})^2R_L$

$R_L=\frac{U_2}{I_2}$

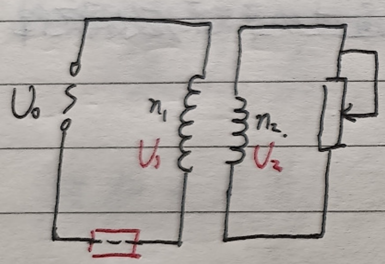
$R_{等效}=(\frac{n_1}{n_2})^2R_L$

例 $R=10\Omega$　$R_2=10\Omega$.　$U=220V$.　$n_1:n_2=2:1$.

$R_{等}=(\frac{n_1}{n_2})^2R_2=40\Omega$.

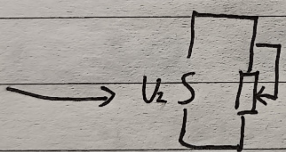
输

技巧：等效电源法.



①当原线圈上没有电阻时

可将原线圈等效为副线圈上的无阻恒压源 $E=U_2$ ②电流



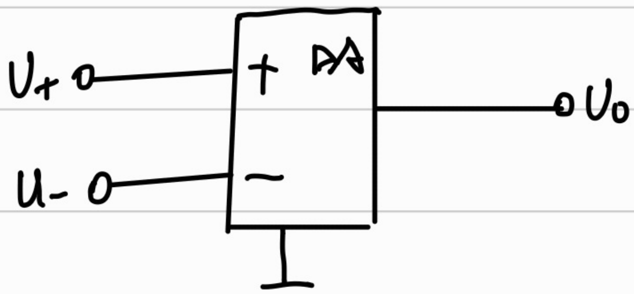
再用"串反并同"分析

③功

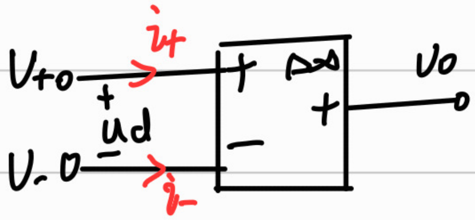
②. 当原线圈有电阻时，阻值为R

可将原线圈等效为副线圈上 $E=\frac{n_2}{n_1}U_0$，$r=(\frac{n_2}{n_1})^2R$ 的电源.

第五章 集成运放



理想运放

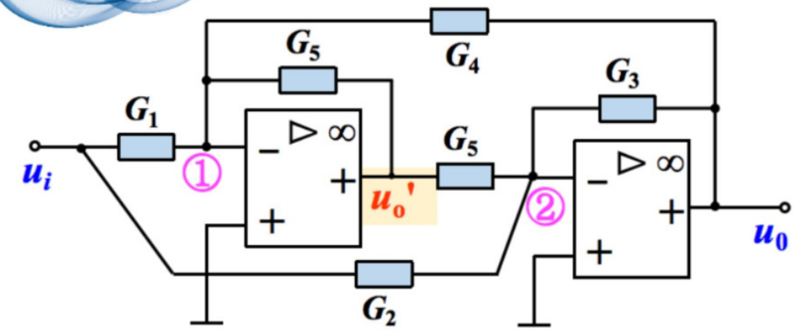


$u_- = u_+$ ---- 虚短

$i_+ = i_- = 0$ ---- 虚断

分析 { 虚短/虚断；节点电压法（不列输出点的节点方程）

例： 图示电路含有两级运放，求 u_0/u_i



注意： 由于运放输出端电流不能确定，因而不列写u_0'点的节点方程。

解： 节点电压法：

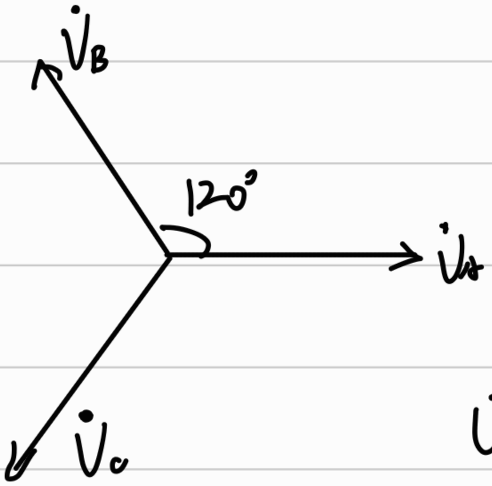
$$\begin{cases} \text{节点1：} (G_1+G_4+G_5)u_1 - G_5u_o' - G_4u_o - G_1u_i = 0 \\ \text{节点2：} (G_2+G_3+G_5)u_2 - G_5u_o' - G_3u_o - G_2u_i = 0 \\ \text{由虚短：} u_1 = 0,\ u_2 = 0 \end{cases}$$

整理得：

$$\frac{u_o}{u_i} = \frac{G_1 - G_2}{G_3 - G_4}$$

第八章 三相电路

电源Y接



$u_A = U_m \cos\omega t$

$u_B = U_m \cos(\omega t - 120°)$

$u_C = U_m \cos(\omega t + 120°)$

正序

$\dot U_A = U_p\angle 0°$ $\quad \dot U_B = U_p\angle -120°$ $\quad \dot U_C = U_p\angle 120°$

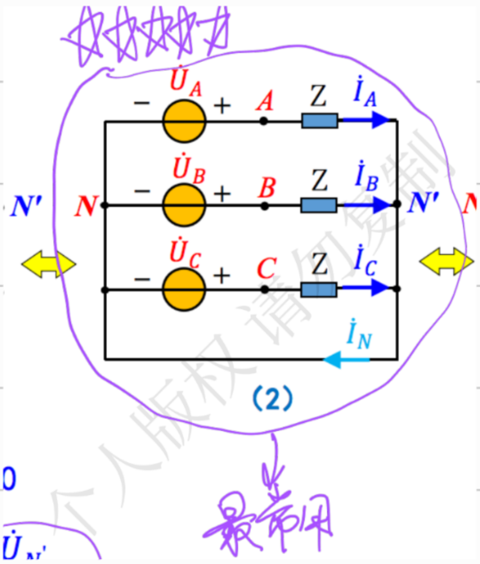
$I_l = I_p$ ， $\dot U_{AB} = \sqrt{3}\dot U_A\angle 30°$

$\dot U_{BC} = \sqrt{3}\dot U_B\angle 30°$ 　对应超前相电压

$\dot U_{CA} = \sqrt{3}\dot U_C\angle 30°$

对称Y-Y接

$\dot U_{N'} = 0$ $\quad \dot I_N = 0$ ：单相分析法 对称，只需算一相



对称功率.

$P = P_A + P_B + P_C = 3P_A$

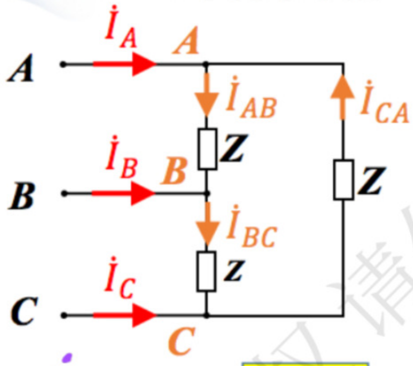
$= 3U_A I_A \cos\varphi$

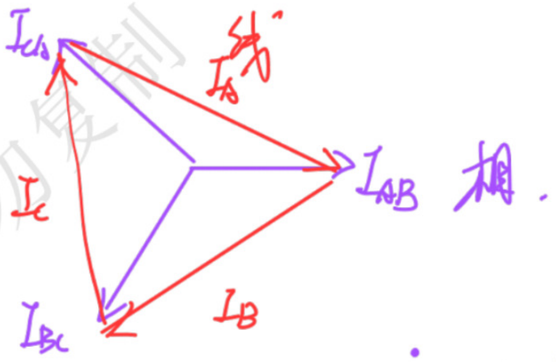
$P = 3 I_A^2 Re[Z]$

无功 cos 换 sin ，Re[Z] 换 Im[Z]

对称、Y-△接

二、 对称负载Δ接的三相电路





对称 相电流：

$$\dot I_{AB} = \frac{\dot U_{AB}}{Z}$$

$$\dot I_{BC} = \frac{\dot U_{BC}}{Z}$$

$$\dot I_{CA} = \frac{\dot U_{CA}}{Z}$$

$U_p = U_l$

负载相电压=负载线电压

对称 线电流：

$$\dot I_A = \dot I_{AB} - \dot I_{CA} = \sqrt{3}\,\dot I_{AB}\angle -30^\circ$$

$$\dot I_B = \dot I_{BC} - \dot I_{AB} = \sqrt{3}\,\dot I_{BC}\angle -30^\circ$$

$$\dot I_C = \dot I_{CA} - \dot I_{BC} = \sqrt{3}\,\dot I_{CA}\angle -30^\circ$$

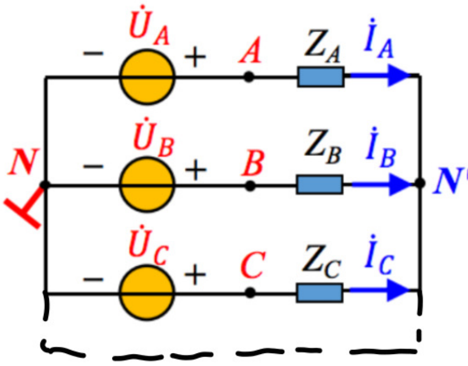
结论：$I_l = \sqrt{3} I_p$ 且滞后对应相电流 30°

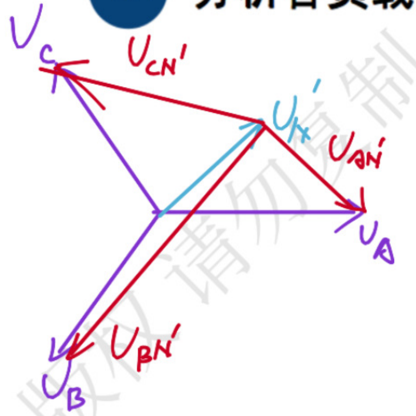
△、Y等效互换　　$R_\Delta = 3R_Y$

不对称、，有中点位移 $\dot U_{N'N}$，加中线后 $U_{N'N}=0$ → 回原点

无中线：节点电压求　　　单相算3次，I_N 知.

02 分析各负载相电压和电流





N, N' 相量图上不重合，称、中性点位移。

负载之间相互影响

各相负载电压：

$$\dot U_{AN'} = \dot U_A - \dot U_{N'}$$

$$\dot U_{BN'} = \dot U_B - \dot U_{N'}$$

$$\dot U_{CN'} = \dot U_C - \dot U_{N'}$$

不对称、

各相负载电流：

$$\dot I_A = \frac{\dot U_A - \dot U_{N'}}{Z_A}$$

$$\dot I_B = \_\_\_$$

$$\dot I_C = \_\_\_$$

不对称、

功率测量

二表法

- 对称：
  - 有功 $P=3U_pI_p\cos\varphi$
  - 无功 $Q=3U_pI_p\sin\varphi$
  - 视在 $S=3U_pI_p$
  - 功率因素、$\lambda=\cos\varphi=\frac{P}{S}$

  } 一表法

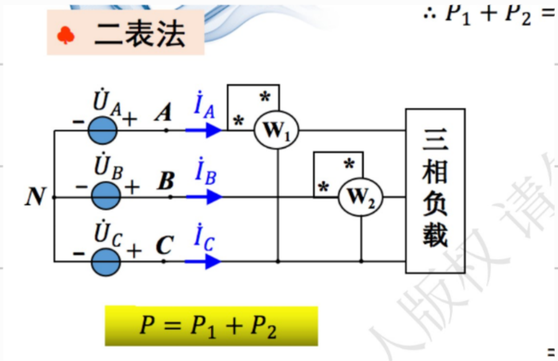
$C=\frac{P}{\omega U^2}(tg\varphi_1-tg\varphi_2)$

↓

提高：并三相电容，注意电容 $Z=-j\frac{1}{\omega C}$，$C_Y=3C_\Delta$

反着的

- 不对称：
  - $P=P_A+P_B+P_C$ } 三表法



第九章 周期非正弦

一、有效值计算

$I=\sqrt{I_0^2+I_1^2+I_2^2+\cdots}$

$I_1, I_2\cdots$ 为各次谐波电流有效值

$U=\sqrt{U_0^2+U_1^2+U_2^2+\cdots}$

二、绝对平均值

$I_{av}=\frac{2}{\pi}I_m$

三、平均功率

$$P = U_0 I_0 + U_1 I_1 \cos\varphi_1 + U_2 I_2 \cos\varphi_2 + \cdots$$

注：电容，电感阻抗会变 $X_{L(k)} = kX_{L(1)}$　$X_{C(k)} = \frac{1}{k} X_{C(1)}$

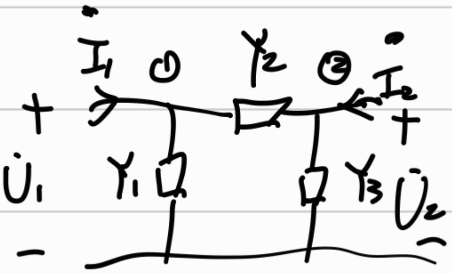
第十章　双口网络

Y参数

$$\begin{cases} \dot I_1 = Y_{11}\dot U_1 + Y_{12}\dot U_2 \\ \dot I_2 = Y_{21}\dot U_1 + Y_{22}\dot U_2 \end{cases} \qquad Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} S$$

方法一：实验法（令 $\dot U_1=0$，$\dot U_2=0$）　特征：互易：$Y_{12}=Y_{21}$

方法二：节点电压法　　对称：$Y_{11}=Y_{22}$



Π形结构适合

$$\begin{cases} (Y_1+Y_2)\dot U_1 - Y_2\dot U_2 = \dot I_1 \\ -Y_2\dot U_1 + (Y_2+Y_3)\dot U_2 = \dot I_2 \end{cases}$$

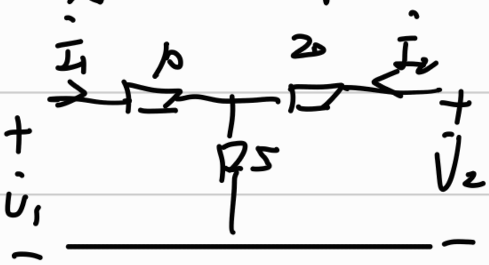
Z参数

$$\begin{cases} \dot U_1 = Z_{11}\dot I_1 + Z_{12}\dot I_2 \\ \dot U_2 = Z_{21}\dot I_1 + Z_{22}\dot I_2 \end{cases} \qquad Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \Omega$$

方法一：实验法（令 $\dot I_1=0$，$\dot I_2=0$）　特征：互易：$Z_{12}=Z_{21}$

对称：$Z_{11}=Z_{22}$

方法二：网孔法



T形结构适合

$$\begin{cases} (10+5)\dot I_1 + 5\dot I_2 = \dot U_1 \\ 5\dot I_1 + (20+5)\dot I_2 = \dot U_2 \end{cases}$$

Y、Z互换　$Z = Y^{-1} = \frac{1}{\Delta Z}\begin{bmatrix} Z_{22} & -Z_{12} \\ -Z_{21} & Z_{11} \end{bmatrix}$　主对换，副变号

T参数

$$\begin{cases}\dot U_1 = A\dot U_2 + B(-\dot I_2)\\ \dot I_1 = C\dot U_2 + D(-\dot I_2)\end{cases}$$

$$T=\begin{bmatrix}A & B\\ C & D\end{bmatrix}$$

方法一：实验法 $\begin{pmatrix}U_2=0\\ I_2=0\end{pmatrix}$

方法二：各凭本事

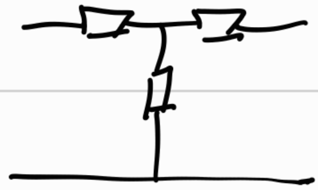
特征

互易：$\Delta T = AD - BC = 1$

对称：$A=D$

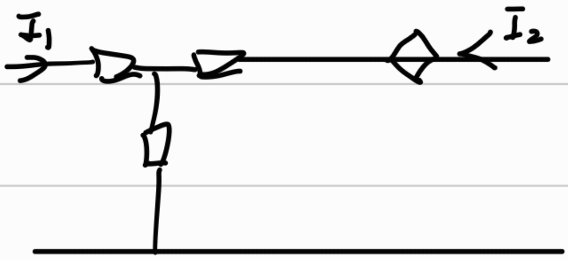
双口等效电路

已知Z，互易 →

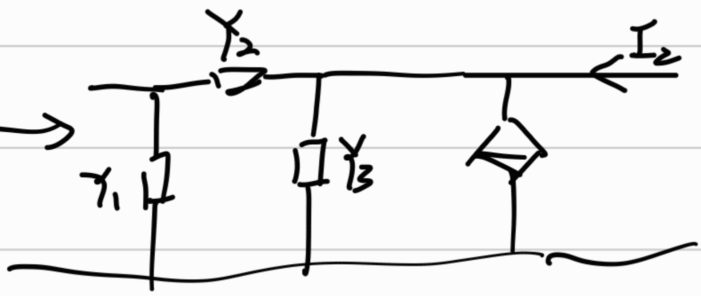


非互易

凑一个互易出来，补电压源、



已知Y，非互易 →

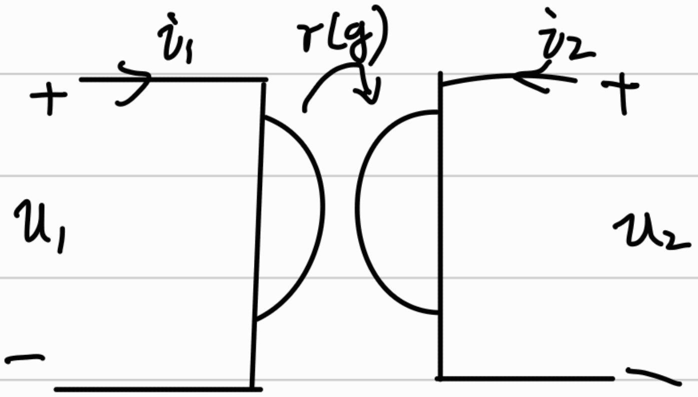


凑一个互易

补电流源

分析方法：等效电路图 / 联立方程组 ☆☆☆ 直接拿来用的方法

回转器

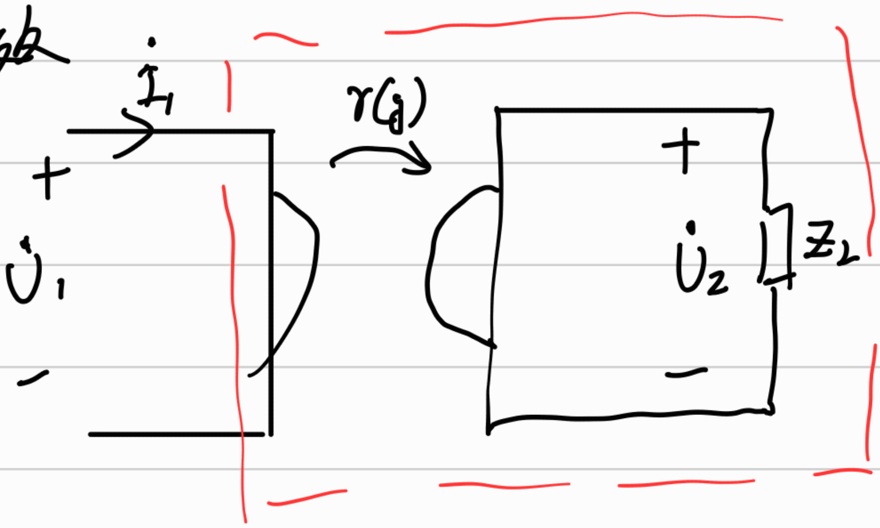


不耗能也不储能

类似理想变压器

$$\begin{cases} u_1 = -r i_2 \\ u_2 = r i_1 \end{cases} \qquad T = \begin{bmatrix} 0 & r \\ g & 0 \end{bmatrix}$$

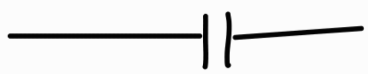
等效



$\Leftarrow$ $Z_i = r^2 \frac{1}{Z_2}$

第十一章 一阶电路时域分析

i_L 不跃变 / 磁链守恒 $Li_L = Li_L$



u_C 不跃变 / $Cu_C = Cu_C$ 电荷守恒

C换电压源

L换电流源

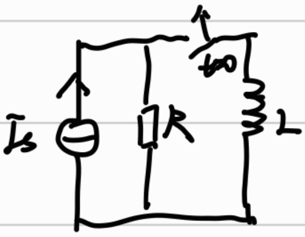
RC电路

$u_C(t) = U_S + (U_0 - U_S)e^{-\frac{1}{RC}t}$ $\tau = RC$ 时间常数 单位：秒 s

$u_C(t) = u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{1}{\tau}t}$

$i_C(t) = C\frac{du_C(t)}{dt}$

RL 电路



$i_L(t)=I_s+(I_0-I_s)e^{-\frac{R}{L}t}$

一阶三要素法　　$\tau=\frac{L}{R}$

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

完全响应 = "0状态" + "0输入"

$u_c(t)=f(\infty)(1-e^{-\frac{t}{\tau}})+f(0_+)e^{-\frac{t}{\tau}}$

零状态网络对单位阶跃信号的响应用 $s(t)$ 表示

$\int_{-\infty}^{t}\delta(t)dt=\varepsilon(t)$

$\delta(t)=\frac{d\varepsilon(t)}{dt}$

第十二章　二阶电路时域分析

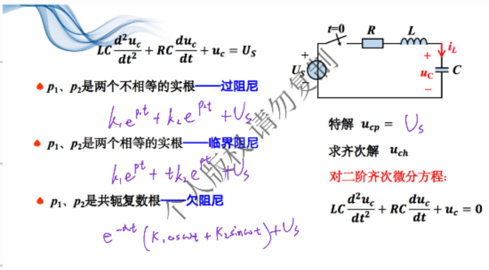
特征方程 $LCp^2+RCp+1=0$.

特征根

$p_{1,2}$

- $\Delta>0$　过阻尼　$p_1 p_2$ 不等 } 实根　$u_c(t)=k_1e^{p_1t}+k_2e^{p_2t}$
- $\Delta=0$　临界阻尼　$p_1=p_2$　$u_c(t)=k_1e^{pt}+k_2te^{pt}$
- $\Delta<0$　欠阻尼　p_1,p_2 共轭复根　$u_c(t)=e^{-\alpha t}(k_1\cos\omega t+k_2\sin\omega t)$

　$p_{1,2}=-\alpha\pm j\omega$



第十三章 拉普拉斯变换

基本函数的拉普拉斯变换 表 13-1

序号	$f(t)\quad(t>0)$	$F(s)$
1	$\delta(t)$	1
2	$\delta(t-t_0)$	e^{-st_0}
3	$\varepsilon(t)$	$\frac{1}{s}$
4	t	$\frac{1}{s^2}$
5	t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
6	e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
7	$\cos(\omega t)$	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$
8	$\sin(\omega t)$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$
9	$e^{-at}\cos(\omega t)$	$\frac{s+a}{(s+a)^2+\omega^2}$
10	$e^{-at}\sin(\omega t)$	$\frac{\omega}{(s+a)^2+\omega^2}$
11	te^{-at}	$\frac{1}{(s+a)^2}$
12	$t^n e^{-at}$	$\frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$
13	$t\cos(\omega t)$	$\frac{s^2-\omega^2}{(s^2+\omega^2)^2}$
14	$t\sin(\omega t)$	$\frac{2\omega s}{(s^2+\omega^2)^2}$
15	$\sum_{k=0}^{\infty}\delta(t-kT)$	$\frac{1}{1-e^{-Ts}}$
16	$\sum_{k=0}^{\infty}f_T(t-kT)$	$\frac{1}{1-e^{-Ts}}F_T(s)$

线性性质

$$a f_1(t)+b f_2(t)\leftrightarrow aF_1(s)+bF_2(s)$$

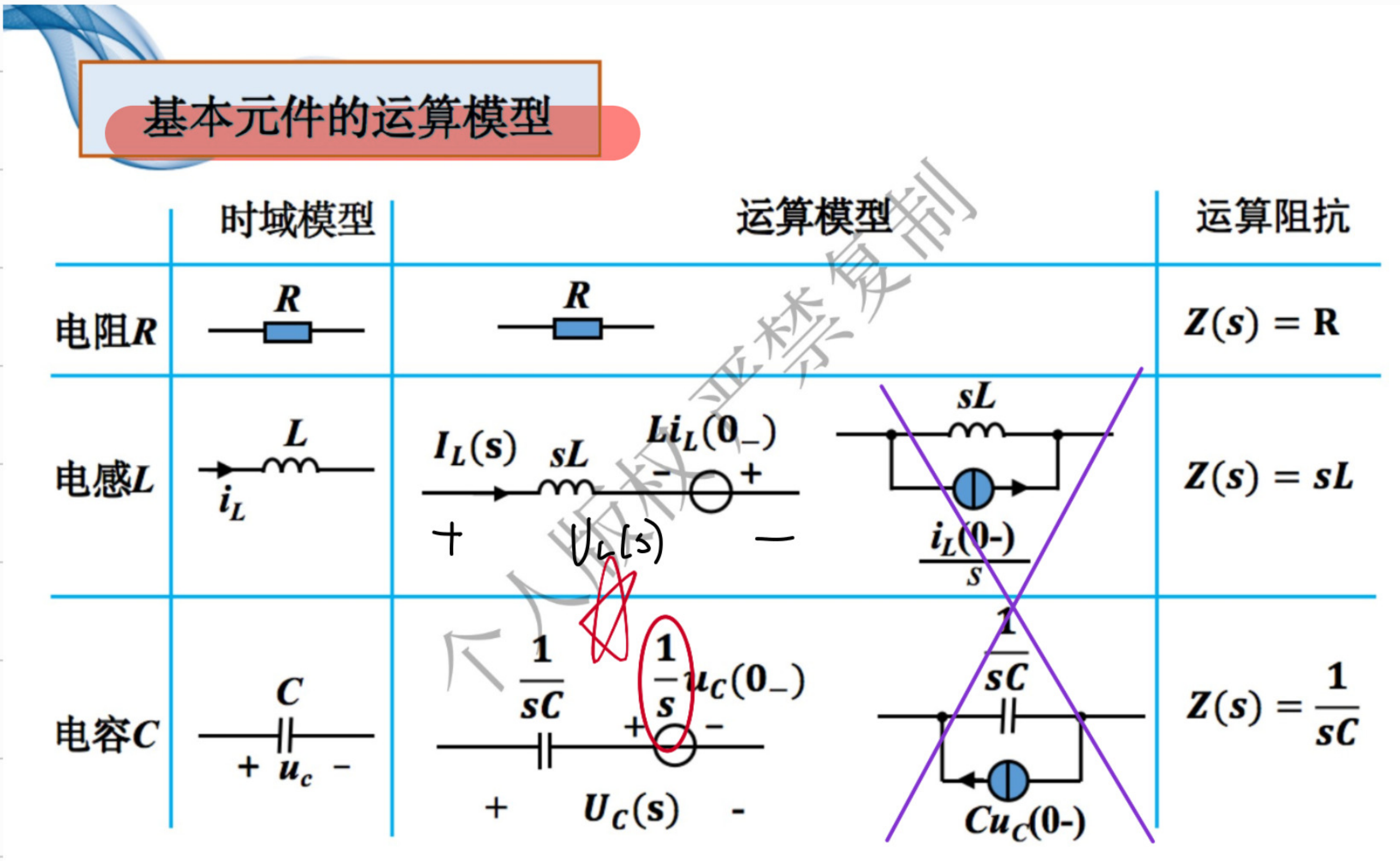
微分性质

$$\frac{df(t)}{dt}\leftrightarrow sF(s)-f(0_-)$$

$$\frac{d^2f(t)}{dt^2}\leftrightarrow s^2F(s)-sf(0_-)-f'(0_-)$$

$$\int_{0_-}^{t} f(\tau)d\tau=\frac{1}{s}F(s)$$

$$f(t-t_0)\varepsilon(t-t_0)\leftrightarrow e^{-st_0}F(s)$$



部分分式展开 {单实数极点，共轭复数极点，重极点

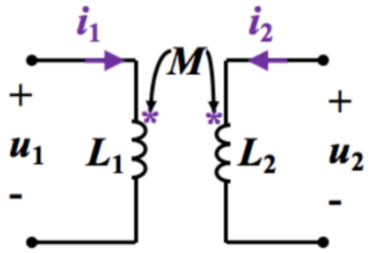
$$F(s)=\frac{2}{s^2+2s+5}=\frac{2}{(s+1)^2+4}$$

$$f(t)=e^{-t}\sin 2t$$

也可走角度.

互感元件：

(4) 互感元件



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

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

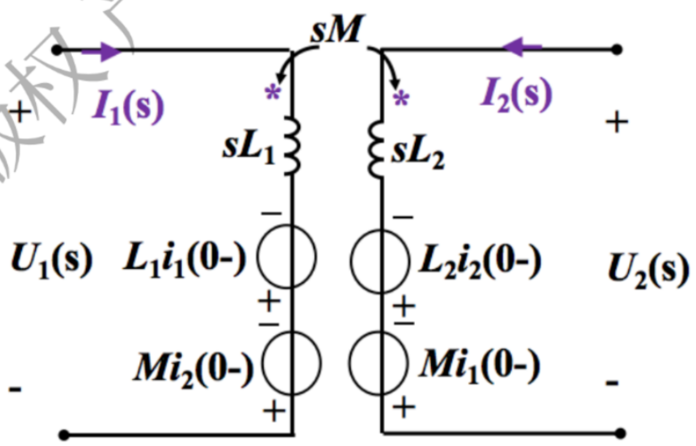
对以上两式取拉式变换有：

$$U_1(s)=L_1[sI_1(s)-i_1(0_-)]+M[sI_2(s)-i_2(0_-)]$$

$$=sL_1I_1(s)+sMI_2(s)-L_1i_1(0_-)-Mi_2(0_-)$$

$$U_2(s)=L_2[sI_2(s)-i_2(0_-)]+M[sI_1(s)-i_1(0_-)]$$

$$=sL_2I_2(s)+sMI_1(s)-L_2i_2(0_-)-Mi_1(0_-)$$



网络函数

$$H(s)=\frac{Y(s)}{F(s)}=\frac{\text{零状态响应象函数}}{\text{激励的象函数}}$$

= 单位冲激响应的象函数

第十四章 状态变量

状态方程个数 = 网络阶数 = 状态变量个数
(u_C, i_L)

$$\begin{bmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{du_C}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ u_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_S \end{bmatrix}$$

一阶 系数　　状态变量　　激励源、

列写方法①：电容结点 - 电感回路法

对每一个独立 C，所在结点列 KCL

对每一个独立 L，所在回路列 KVL

输出方程

$$[y] = [C][x] + [D][f]$$

输出量　状态变量　激励源、　指为代数方程

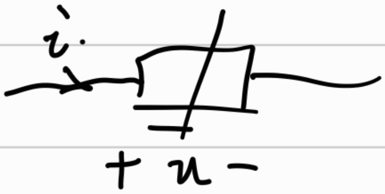
题上告诉　　　　　　　　　无微分形式

方法②：替代法

u_C，i_L 状态变量替代为电压/流源、

方法③：替代 + 叠加.

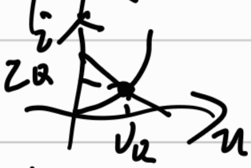
第十五章 非线性电阻



一、图解法

1、曲线相加法：串联横画，并联竖画，相加即可

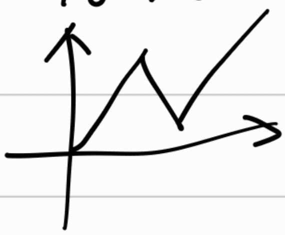
2、曲线相交法：



画，找交点，几个交点几个根

二、分段线性化法

字面意思，分区间将其等效为电阻与电压源串联形式



三、小信号分析法

同模电.