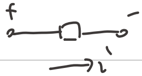
JNOTES

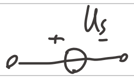
第一、二章 基本概念和模型

一、参考方向

关联参考方向：u, i方向一致  无源元件. $p=ui>0$ 吸收能量(负载)

非关联参考方向：u, i方向不一致  $p=ui>0$ 释放能量(电源)

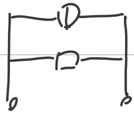
二、电源、受控源

电压源 

实际 

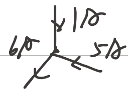
$U_s + U_r$ 内耗

电流源 



i相等 并联

三、基尔霍夫定律. 本质：电荷守恒

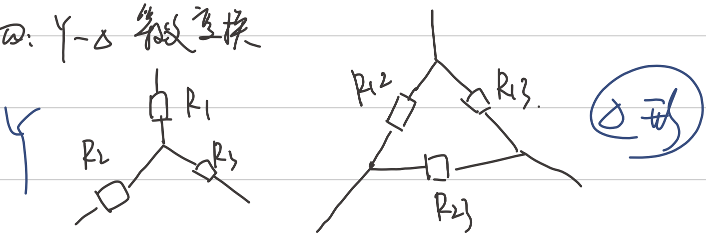
KCL：对某个节点 $\begin{cases} \Sigma出 = \Sigma入 \\ 出+ \quad 入- \end{cases}$ $\Rightarrow \Sigma i = 0$. 

KVL：对任一回路，所有支路电压代数和 $=0$，$\Sigma u = 0$

回路 顺+ 逆-

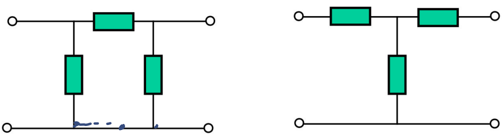
日期: /

四: Y-△ 等效变换



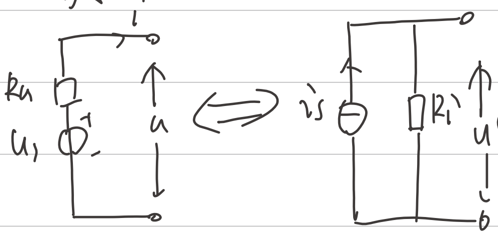
△→Y: $Y=\dfrac{\text{△相邻乘积}}{\text{△电阻之和}}$ $R_1=\dfrac{R_{12}\cdot R_{13}}{R_{12}+R_{23}+R_{13}}$

Y→△ $\Delta=\dfrac{\Sigma\text{Y两两相乘}}{\text{Y形不相邻电阻}}$ $R_{12}=\dfrac{R_1R_2+R_2R_3+R_1R_3}{R_3}$



π 型网络 (Δ) T 型网络 (Y)

五. 电源等效变换: → 戴维南(电压) 诺顿(电流)



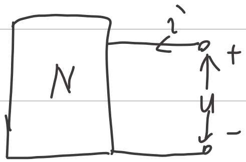
$\begin{cases} i_s=\dfrac{U_s}{R_u} \\ R_u=R_i' \end{cases}$

日期: /

(将激励源置零计算)

六、无源一端口网络

电源、激励源



端口的输入电阻 $R_i=\frac{u}{i}$ ⇒ 等效电阻 R_{eq}.

外加 u,求 i. $\frac{u}{i}=R_i$

第二章: 电阻电路的一般分析

一、电路的图

支路: 一个二端元件构成一个支路 (也可合并)

网孔: 限定区域不再含有支路　　网孔数=独立回路数

设n个结点, b个支路

- b-n+1个　KVL方程
- n-1个　KCL方程
- b个　VCR方程 (含源、不含源)

电压、电流关系

二、支路电流法:

利用VCR方程将各支路以支路电流表示,代入KVL方程.

日期:　　　/

第二章: 电阻电路的一般分析:

一、电路的图

支路: 一个二端元件构成一个支路 (也可合并)

网孔: 限定区域 不再含有支路　　网孔数=独立回路数

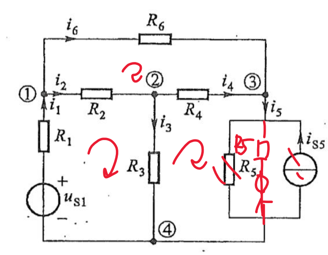
设n个结点, b个支路

- $b-n+1$ 个　KVL方程
- $n-1$ 个　KCL方程
- b 个　VCR方程 (含源、不含)

电压、电流关系

二. 支路电流法:

利用VCR方程将各支路以支路电流表示. 代入KVL方程.



(a)

KCL

① $-i_1+i_2+i_6=0$

② $-i_2+i_3+i_4=0$

③ $-i_4+i_5-i_6=0$

$-u_{s1}+R_1i_1+R_2i_2+R_3i_3=0$

$-R_3i_3+R_4i_4+R_5i_5+R_5i_{s5}=0$

$-R_2i_2-R_4i_4+R_6i_6=0$

三. 网孔电流法（回路电流法）

适用: 平面电路.

自阻. 互阻

一 二

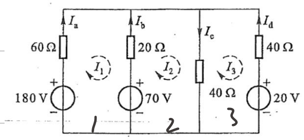


图 3-10 例 3-1 图

$R_{11}=60+20=80\Omega$

$R_{22}=20+40=60\Omega$

$R_{33}=40+40=80\Omega$

$R_{12}=-20\Omega$ $R_{23}=-40\Omega$ $R_{13}=0\Omega$

$U_{s11}=180-70=110V$ 升+降-

$U_{s22}=70V$

$U_{s33}=-20V$

1 $R_{11}I_1+R_{12}I_2+R_{13}I_3=U_{s11}$

2 $R_{12}I_1+R_{22}I_2+R_{23}I_3=U_{s22}$

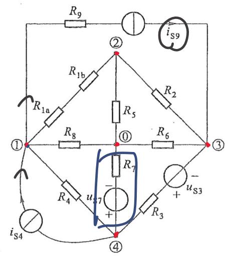
3 $R_{13}I_1+R_{23}I_2+R_{33}I_3=U_{s33}$

$$\Rightarrow \begin{cases} 80I_1-20I_2=110 \\ -20I_1+60I_2=70 \\ -40I_2+80I_3=-20 \end{cases}$$

G: 西:门子 (S)

四 节点电压法

R 电阻 G 电导 $R=\frac{1}{G}$



$$\begin{cases} G_{11}U_{n1}+G_{12}U_{n2}+G_{13}U_{n3}=i_{s11} \\ G_{21}U_{n1}+G_{22}\cdot U_{n2}+G_{23}\cdot U_{n3}=i_{s22} \\ G_{31}U_{n1}+G_{32}\cdot U_{n2}+G_{33}\cdot U_{n3}=i_{s33} \end{cases}$$

$G_{11}=\frac{1}{R_8}+\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}+\frac{1}{R_4}$

$G_{12}=-\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}$

$G_{13}=0$

$G_{14}=-\frac{1}{R_4}$

流入

代入 $\left(\frac{1}{R_8}+\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}+\frac{1}{R_4}\right)U_{n1}-\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}U_{n2}-\frac{1}{R_4}U_{n4}=i_{s4}-i_{s9}$

日期: /

$$-\frac{1}{R_4}u_{n1}-\frac{1}{R_3}u_{n3}+\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_7}\right)u_{n4}=-i_{s4}+\frac{u_{s7}}{R_7}+\frac{u_{s3}}{R_3}$$

第四章：电路定理：

KVL、KCL

一、叠加定理

1. 反映了电路的线性性质

2. 某处电压或电流都是电路中各个独立电源单独作用时在该处分别产生的电压或电流的叠加。（代数和） ①

3. 受控源保留在各分路中

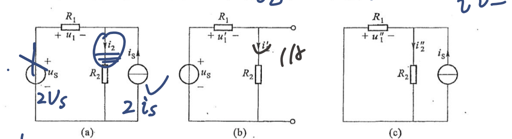
4. 不作用的电压源—短路 $U=0$

   不作用的电流源—断路（开） $I=0$ 置零

线性

原电路功率不等于按各分电路计算所得功率的叠加

$P=I^2R=\frac{U^2}{R}$ i_2' i_2'' $i_2=i_2'+i_2''$



$i_2'=2i_2$

图 4-1 叠加定理

电流源置零 $I_2'=1A$

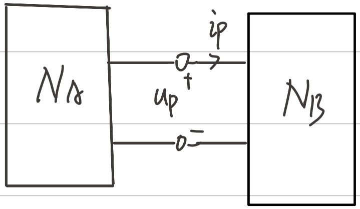
电压源置零 $i_2''=3A$

∴在(a)中 $i_2=i_2'+i_2''$
$=1A+3A=4A$

5. 齐性定理：在线性电路中，当所有激励同时增大（或缩小）k倍，响应也将同样增大（或缩小）k倍。

日期: /

二、替代定理:



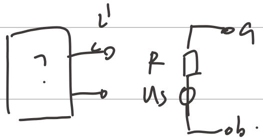
$u_s=u_p$

$i_s=i_p$

二、戴维南定理和诺顿定理

开路电压、短路电流、等效电阻 (3选2)

1. 戴维南定理:



对外等效为电压源串电阻

此电压源的激励电压等于一端口的开路电压,

电阻等于一端口内全部独立电源置零后输入电阻.

2. 诺顿定理:

对外等效为电流源并电阻.

激励电流等于一端口的短路电流

电阻等于一端口内全部独立电源置零后输入电阻.

$R_{eq}=0$, 但U_{oc}有限

理想电压源

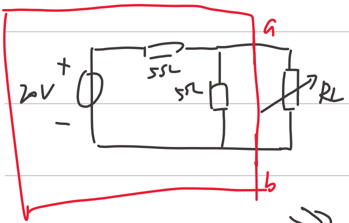
$R_{eq}=\infty$ I_{sc}有限

理想电流源

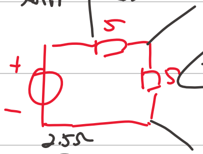
四、最大功率传输定理

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

$R_L = R_{eq}$ 输入电阻匹配

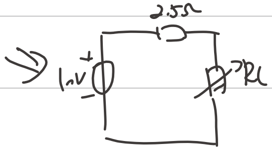


戴维南电路



并联，$U_{ab} = 10V$

$R_{eq} = 2.5\Omega$



$$P_{Lmax} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}} = \frac{10^2}{4\times 2.5} = 10W$$

第六章：储能元件

一、电容（记忆）

电容电流 $i = C\frac{du}{dt}$ C

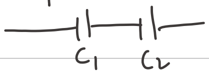
$$u(t) = u(t_0) + \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i\,d\xi$$

二、电感（记忆） L

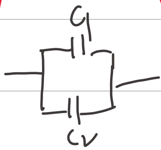
电感电压 $u = L\frac{di}{dt}$ L（是系数）

$$i(t) = i(t_0) + \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} u\,d\xi$$

三、串并联：

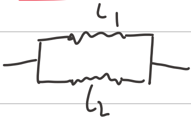


$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$



$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

$$L_{eq} = L_1 + L_2$$



$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

日期:　　　/

源保留在各分电路中进行分析。

【例 4-1】 试用叠加定理计算图 4-2(a)中的 u 和 i。

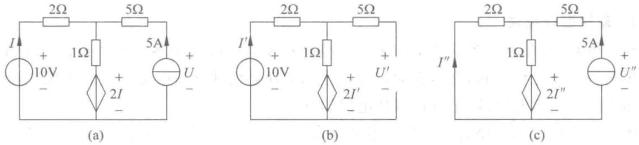


图 4-2　叠加定理计算

解　应用叠加定理，分别画出电压源和电流源单独作用时的分电路如图 4-2(b)、(c)所示，受控源均保留在各分电路中。图 4-2(b)的分响应求得为

$$I' = \frac{10}{2+1+2}\text{A} = 2\text{A}$$

$$U' = 1 \times I' + 2I' = 6\text{V}$$

图 4-2(c)的分响应求得为

$$-2I'' = 1 \times (5 + I'') + 2I''$$

$$I'' = -1\text{A}$$

$$U'' = 5 \times 5 - 2I'' = 27\text{V}$$

电路的总响应为

$$I = I' + I'' = (2 + (-1))\text{A} = 1\text{A}$$

$$U = U' + U'' = (6 + 27)\text{V} = 33\text{V}$$

日期: /

第七章：一阶动态电路：

一、概念.

1. 含有一个动态元件的电路. $u(t)=u(t_0)+\frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i\,dt$.

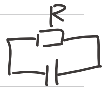
2. 换路定则.

$t=0^-$ 换路前最终时刻

$t=0^+$ 换路后的最初时刻 $\Longrightarrow$ 换路定则: $u_C(0^+)=u_C(0^-)$, $i_L(0^+)=i_L(0^-)$

戴维南

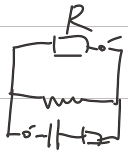
二、一阶电路的零输入响应 → 没输入



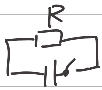
$u_C=U_0e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\tau=RC$ (时间常数) 经过 3~5τ 衰减为0.

Z (S)

$i_L=I_0e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\tau=\frac{L}{R}=LG$.



三、一阶电路的零状态响应. → 没储能

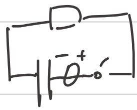


$U_s(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$

$u_C=U_s(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ $\tau=RC_0$

$I_L=I_s(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ $\tau=\frac{L}{R}$

四、一阶电路的全响应:



非零初始状态的一阶电路受到激励

$u_C=U_0e^{-\frac{t}{\tau}}+U_s(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ 零输入+零状态

$u_C=U_s+(U_0-U_s)e^{-\frac{t}{\tau}}$ 初始值 时间 $\Longrightarrow$ 三要素法 $f(t)=f(\infty)+[f(0^+)-f(\infty)]\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ 稳态值 时间常数 初始值

$u(\infty)$ 稳态值

日期:　　/

$$f(t)=f'(t)+[f(0^+)-f'(0^+)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$U_s(t)=10t-5$

稳态f：将电容视作开路，将电感视为短路

◆ 一阶电路的全响应

☆ 解题步骤: $r(t)=[r(0^+)-r(\infty)]e^{-t/\tau}+r(\infty)$　$t>0$

1. 初始值$r(0^+)$的计算

零输入响应

a. 画0^-电路图（电容开路, 电感短路, 开关未动），求得$u_C(0^-)$和$i_L(0^-)$

b. 换路定则，得$u_C(0^+)$和$i_L(0^+)$　$U_C(0^+)=U_C(0^-)$、$i_L(0^+)=i_L(0^-)$

c. 画0^+电路图（电容$u_C(0^+)$ 电压源，电感$i_L(0^+)$ 电流源，开关已动），得其他初始值$r(0^+)$

零状态

2. 稳态值$r(\infty)$的计算

画∞电路图（电容开路、电感短路, 开关已动），求得$r(\infty)$

3. 时间常数τ 的计算

a. 画R_o电路图（开关已作用，直流源置零），计算电容/电感端口（看进去）的等效电阻R_o

受控源不动

独立源置零

b. 计算τ: $\tau=R_oC$或$\tau=L/R_o=GL$

4. 将$r(0^+)$ $r(\infty)$和τ 代入三要素公式

(1) 求$i(0^+)$、$u(0^+)$

画0^-、0^+图

(2) 求$i(\infty)$, $u(\infty)$

画∞图

(3) 求τ

(4) 代入公式

计算τ: 开关闭合，置零

求R_{eq} ⇒ $\tau=R_{eq}\cdot C=\frac{L}{R_{eq}}$

日期:　　　/

第八章，相量法

指数形式 → 三角函数

$|A|e^{j\theta} = |A|\cdot\cos\theta + |A|\cdot j\cdot\sin\theta$

欧拉公式：$e^{j\pi} = -1$　$e^{j\cdot\frac{\pi}{2}} = j$　旋转因子 $e^{j\theta}$ 逆时针旋转 θ

$e^{-j\frac{\pi}{2}} = -j$　$e^{j0} = 1$

$\times j$　$\frac{\pi}{2}$

$\times(-j)$ 或 $\div j$　$-\frac{\pi}{2}$

± 1　$\pm\pi$

二、正弦量：

$i = \underline{I_m}\cdot\cos(\underline{\omega} t + \underline{\varphi_i})$　三要素

初相角

I_m：振幅

角频率

$|\varphi_i| \le 180^\circ$

有效值：$I = \frac{\sqrt{2}}{2} I_m = 0.707 I_m$

$i_{(t)} = \sqrt{2} I \cos(\omega t + \varphi_i)$

相量与正弦量之间的转化：　（角频率不作要求）

$A = |A|\cdot e^{j\sin\theta}$　$\dot{I}_1 = 10\angle 30^\circ \to i_1 = 10\sqrt{2}\cos(314t + 30^\circ)$

$|A|\angle\theta$　相量法　正弦量

有效值　最大值

日期: /

三、超前、滞后

$\varphi_1 - \varphi_2 > 0$ 1超前2

< 0 滞后

$|\varphi_1 - \varphi_2| = \frac{\pi}{2}$ 正交 $|\varphi_1 - \varphi_2| = \pi$ 反相

四、相量法表示 U、I

$\dot{U} = U_s \angle \varphi_u$ 初相

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

五、电路定理的相量形式

感抗 $X_L = \omega L = 2\pi f L$

容抗 $X_C = -\frac{1}{\omega C} = -\frac{1}{2\pi f C}$

KCL: $\Sigma \dot{I} = 0$

KVL: $\Sigma \dot{U} = 0$

电阻: $\dot{U}_R = R \cdot \dot{I}_R$

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

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

$= -j \cdot \frac{1}{\omega C} \dot{I}_C$

$U_R = R \cdot I_R$ $\varphi_u = \varphi_i$

$U_L = \omega L \cdot I_L$ $\varphi_u - \varphi_i = \frac{\pi}{2}$

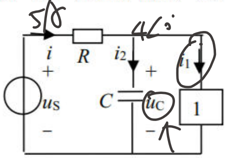
u超前i $\frac{\pi}{2}$

$U_C = \frac{1}{\omega C} I_C$, $\varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{2}$

u滞后i $\frac{\pi}{2}$

日期: /

5．已知图中 $u_S = 25\sqrt{2}\cos(10^6 t - 126.87°)V$，$u_C = 20\sqrt{2}\cos(10^6 t - 90°)V$，$R = 3\Omega$，$C = 0.2\mu F$。求：（1）各支路电流；（2）框 1 可能是什么元件？（注：cos53.13°=0.6）



1电感

找电流与电压的相位差

$(\pi - 37°)$

(1) $U_c = \int_0^t i(t)\,dt$

$i(t) = \frac{du_c}{dt} = j\omega C \cdot \dot{U}_c$

$= 0.2\times10^{-6}\times10^{6}\times 20\sqrt{2}\cos(10^6 t - 90°)V \quad j$

$= 4\sqrt{2}\cos(10^6 t)V = 4\angle 0°$

$u_R = U_s - U_c$

$= 25\angle -126.87° - 20\angle -90°$

$= 25(-0.6 - j\cdot 0.8) - 20(0 - j\cdot 1)$

$= 15\,V \qquad i = \frac{-15V}{3\Omega} = -5A \qquad -5A$

$j\cdot\sin\theta$

$i_1 = i - i_2$

$= -9A$

将 负数 ⇒ 正数

相位差 $180°$

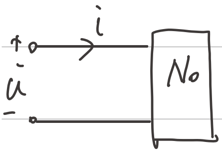
$i_R = 5\sqrt{2}\cos(10^6 t \pm 180°)$

$i_1 = 9\sqrt{2}\cos(10^6 t \pm 180°)$

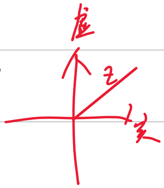
日期:　　/

第9章: 正弦稳态电路的分析:

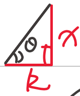
一、阻抗和导纳:



阻抗, $Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U}{I}\angle\varphi_u-\varphi_i = \frac{U}{I}\angle\varphi_z$



$Z = R + jX$



阻抗因子

φ_z 阻抗角

$\frac{U}{I} = \sqrt{X^2+R^2}$

$\tan\theta = \frac{X}{R}$

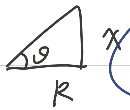
$\varphi_z = \arctan\left(\frac{X}{R}\right)$

$Z_R = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R \rightarrow X=0$

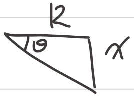
$Z_L = j\omega L$　　$Z_C = -j\frac{1}{\omega C} \rightarrow X = -\frac{1}{\omega C}$

$X = \omega L$

Z



$\varphi_z > 0$　感性阻抗　$X \geq 0$



$\varphi_z < 0$　容性阻抗　$X < 0$

电导 = $\frac{1}{电阻}$　　导纳: $Y = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = |Y|\angle\varphi_z$

$Y = G + jB$　　电阻　$Y_R = \frac{1}{R}$

当 $B>0$ 时　容性电纳　　电感: $Y_L = \frac{1}{j\omega L} = -j\frac{1}{\omega L}$

当 $B<0$ 时　感性电纳　　电容. $Y_C = j\omega C$

日期:　　/

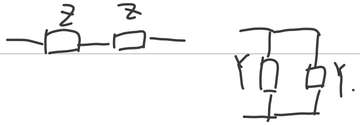
类比于 电阻及电导.

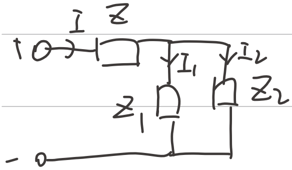
导纳与阻抗关系:

$|Z||Y|=1$

$\varphi_Z+\varphi_Y=0$

Z中的串联电路等效于Y中的并联电路.





$$Z_{eq}=Z+Z_1\|Z_2=Z+\frac{Z_1Z_2}{Z_1+Z_2}$$

二. 正弦稳态电路的功率:

有功功率守恒. 代数和为0.

单位: W

1. 有功功率. $P=UI\cos\varphi_Z$

功率角 $(\varphi_Z=\varphi_u-\varphi_i)$

(也叫作平均功率)

$\cos\varphi_Z=\lambda$ 功率因数

$\therefore P=S\lambda$

2. 无功功率. 单位 var

$Q=UI\sin\varphi_Z=S\cdot\sin\varphi_Z$.

3. 视在功率 单位 VA

$S=UI$　　$S=\sqrt{P^2+Q^2}$

$Z=R+jX$　　$\dot{U}<\begin{matrix}\dot{U}_R\\ \dot{U}_X\end{matrix}$

$P=U\cdot I\cos\varphi_Z=I^2R=I\cdot U_R$ | $U_R=U\cdot\cos\varphi_Z$ U有功分量

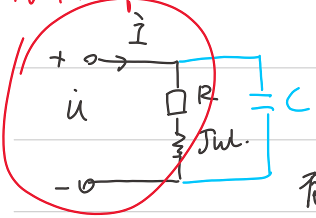
$Q=UI\cdot\sin\varphi_Z=I^2X=I\cdot U_X$ | $U_X=U\cdot\sin\varphi_Z$ U的无功分量

4. 复功率：

$$\bar{S} = \dot{U}\cdot\dot{I}^* = U\cdot I\angle\varphi_u-\varphi_i = U\cdot I\cdot\cos\varphi + j\cdot U\cdot I\sin\varphi.$$
$$= P + jQ$$

	P	Q	$\bar{S}$
R	I^2R	0	I^2R
L	0	$I^2\omega L = \frac{U^2}{\omega L}$	jQ_L
C	0	$-\omega CU^2 = -\frac{I^2}{\omega C}$	jQ_C.

④ 无功补偿：提高功率因数：用并联电容器的方法.



$\lambda_1 = 0.6 \longrightarrow \lambda = 0.9$

复功率守恒：$\bar{S} = \bar{S}_1 + \bar{S}_C$

有功功率 $\begin{cases} S\cdot\cos\varphi_z = S_1\cdot\cos\varphi_{z_1} + 0 & ① \\ S\cdot\sin\varphi_z = S_1\cdot\sin\varphi_{z_1} - \omega CU^2 & ② \end{cases}$ 无功功率

$\therefore \frac{②}{①} \Rightarrow C = \frac{P_1}{\omega U^2}(\tan\varphi_{z_1} - \tan\varphi_{z})$

$\underline{\varphi_z = \arccos\lambda}$

$\underline{\varphi_{z_1} = \arccos\lambda_1}$

日期: /

第十三章：二端口网络：

(1) 用电压表示电流：

Y参数方程（即导纳参数方程）

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \end{cases}$$

写成矩阵形式为 $\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix}$

其中 $[Y] = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}$

Y参数矩阵

$Y_{11} = \dfrac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1}\Big|_{\dot{U}_2=0}$ 输入导纳

$Y_{21} = \dfrac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1}\Big|_{\dot{U}_2=0}$ 转移导纳

$Y_{12} = \dfrac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2}\Big|_{\dot{U}_1=0}$ 转移导纳

$Y_{22} = \dfrac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2}\Big|_{\dot{U}_1=0}$ 输出导纳

$$[Y] = \begin{bmatrix} Y_a+Y_b & -Y_b \\ -Y_b & Y_b+Y_c \end{bmatrix}$$

注：互易二端口：$Y_{12} = Y_{21}$

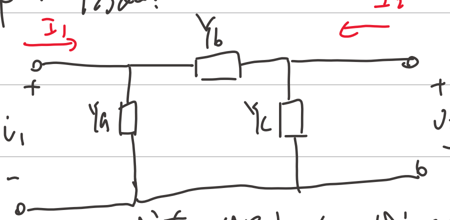
对称二端口：$\begin{cases} Y_{12} = Y_{21} \\ Y_{11} = Y_{22} \end{cases}$

电气对称 $\underset{\checkmark}{\overset{\times}{\rightleftarrows}}$ 结构对称.

短路处理.

求二端口的Y参数：

例：



(1) $\dot{U}_2$ 短路 $Y_{11} = \dfrac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1} = Y_a + Y_b$.

$Y_{21} = \dfrac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1} = -Y_b$

(2) $\dot{U}_1$ 短路 $Y_{12} = \dfrac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2}\Big|_{\dot{U}_1=0} = -Y_b$

$Y_{22} = \dfrac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2}\Big|_{\dot{U}_1=0} = Y_b+Y_c$

或直接列写KCL. 找系数

日期:　　/

(2) 用电流表示电压:

Z参数方程 (即阻抗参数方程)

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\cdot\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\cdot\dot{I}_2 \end{cases}$$

矩阵形式: $\begin{bmatrix}\dot{U}_1\\ \dot{U}_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{I}_1\\ \dot{I}_2\end{bmatrix}$

阻抗矩阵

$= [Z]\begin{bmatrix}\dot{I}_1\\ \dot{I}_2\end{bmatrix}$

$[Z] = [Y]^{-1}$

$Z_{11} = \left.\dfrac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}\right|_{\dot{I}_2=0}$ 输入阻抗

$Z_{21} = \left.\dfrac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1}\right|_{\dot{I}_2=0}$ 转移阻抗

$Z_{12} = \left.\dfrac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{I}_1=0}$ 转移阻抗

$Z_{22} = \left.\dfrac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{I}_1=0}$ 输入阻抗

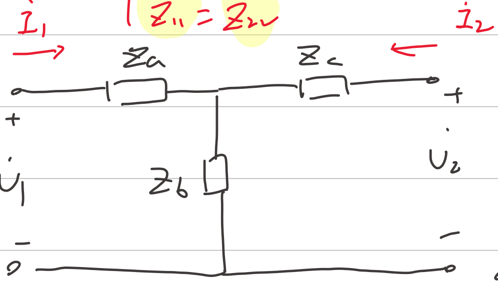
$[Z] = \begin{bmatrix} Z_a+Z_b & Z_b \\ Z_b & Z_b+Z_c \end{bmatrix}$

注: 互易二端口: $Z_{12}=Z_{21}$

对称二端口: $\begin{cases} Z_{12}=Z_{21} \\ Z_{11}=Z_{22} \end{cases}$

电气对称 $\xrightarrow[\not\Leftarrow]{\checkmark}$ 结构对称.

例:



开路处理

$Z_{11} = \left.\dfrac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}\right|_{\dot{I}_2=0} = Z_a+Z_b$

$Z_{12} = \left.\dfrac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{I}_1=0} = Z_b$

$Z_{21} = \left.\dfrac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1}\right|_{\dot{I}_2=0} = Z_b$

$Z_{22} = \left.\dfrac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{I}_1=0} = Z_b+Z_c$

日期: /

H

混合参数方程:　　　　自变量: $\dot{I}_1$, $\dot{U}_2$

$\dot{U}_1$ = ···—

$\dot{I}_2$ = ···——

T

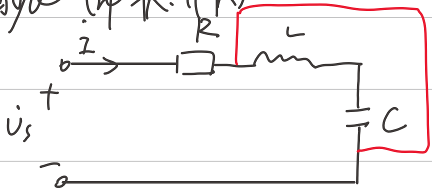
传输参数方程:

$\dot{U}_1$ = ——

$\dot{I}_1$ = ···—

日期: /

谐振 (串联、并联)

① 

相当于短路。

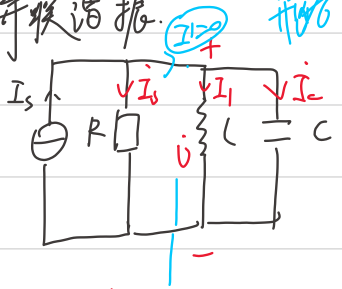
$$Z_{eq} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

若虚部为0. 即 $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC}$ 成立. 则谐振

$$\dot I = \frac{\dot U_s}{Z_{eq}} = \frac{\dot U_s}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} = \frac{\dot U_s}{R}$$

② 并联谐振.

开路



$$Y = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{\frac{1}{j\omega C}}$$

$$= \frac{1}{R} + j\omega C - j\frac{1}{\omega L}$$

$$= \frac{1}{R} + j\underbrace{\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)}_{=0}$$

虚部为0

若 $\omega C - \frac{1}{\omega L} = 0 \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC}$ 成立

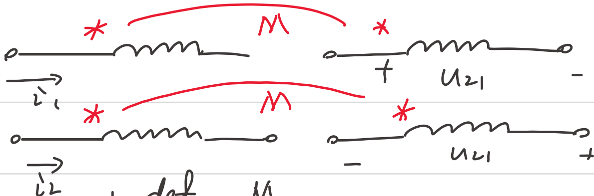
$Y = \frac{1}{R}$ / $\dot I_L = \frac{\dot U}{j\omega L}$, $\dot I_C = \frac{\dot U}{\frac{1}{j\omega C}} = \dot U j\omega C$

$\dot I_L + \dot I_C = j\dot U\underline{\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)} = 0$

品质因数 $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$ (串联)

日期:　　/

互感:

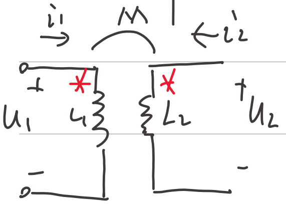


$u_{21} = M\frac{di_1}{dt}$

$u_{21} = -M\frac{di_1}{dt}$

耦合系数 k　　$k \overset{def}{=} \frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}$　　$M^2 \le L_1L_2 \Rightarrow k \le 1.$

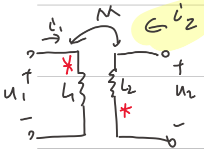
同名端:



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

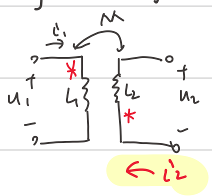
$u_2 = M\frac{di_1}{dt} + L_2\frac{di_2}{dt}$

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



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

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



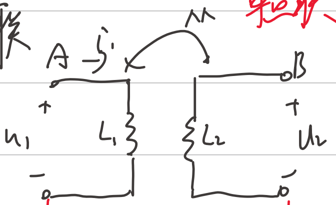
$u_1 = L_1\frac{di_1}{dt} + M\frac{di_2}{dt}$

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

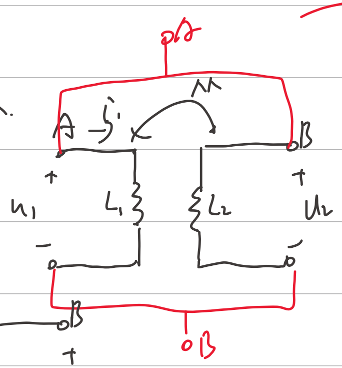
非关联参考方向

互感的去耦等效.
- 串联
- 并联
- 单点联

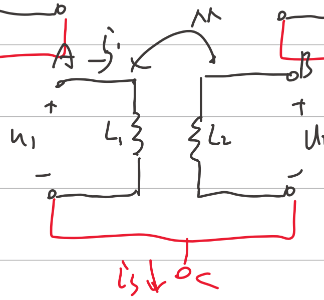
串联



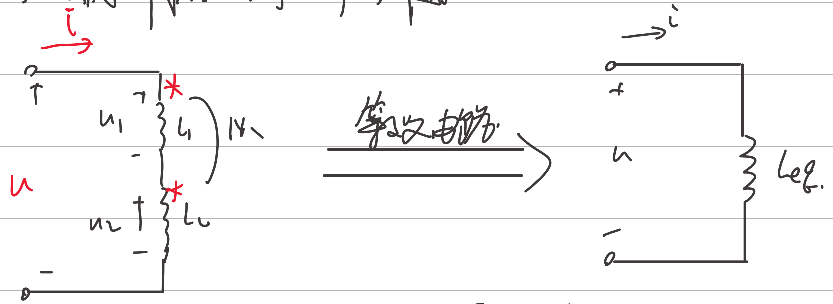
并联



单公共节点联



(1) 互感线圈的串联：同名端顺串连接



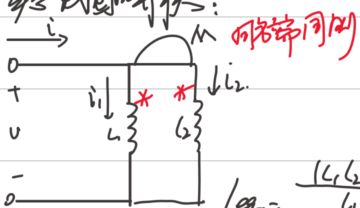
$L_{eq}=L_1+L_2+2M$　　反串：$L_{eq}=L_1+L_2-2M>0$

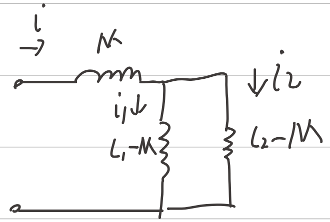
如何测量互感值：顺接一次+反接一次

$M=\dfrac{L_{顺}-L_{反}}{4}$　　全耦合：$M=\sqrt{L_1L_2}$

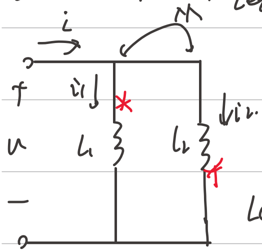
当$L_1=L_2=L$时 $M=L$.　$L_{eq}=\begin{cases}4M & 顺串\\ 0 & 反串\end{cases}$

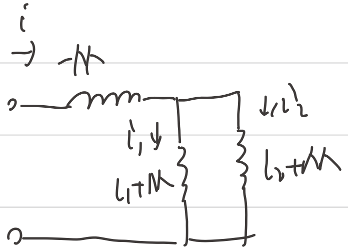
(2) 互感线圈的并联：





$L_{eq}=\dfrac{(L_1L_2-M^2)}{L_1+L_2-2M}$

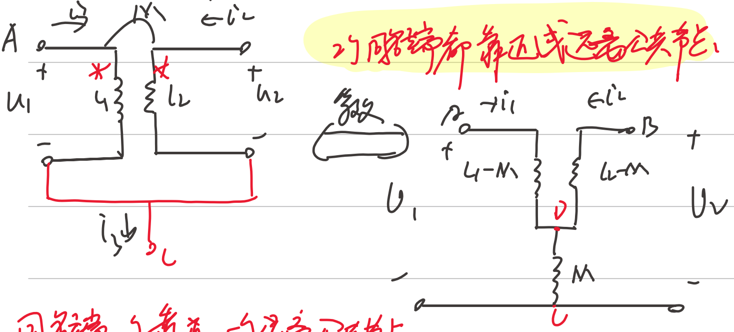




$L_{eq}=\dfrac{L_1L_2-M^2}{L_1+L_2+2M}$

13) 有一个公共节点互感线圈的去耦等效电路:

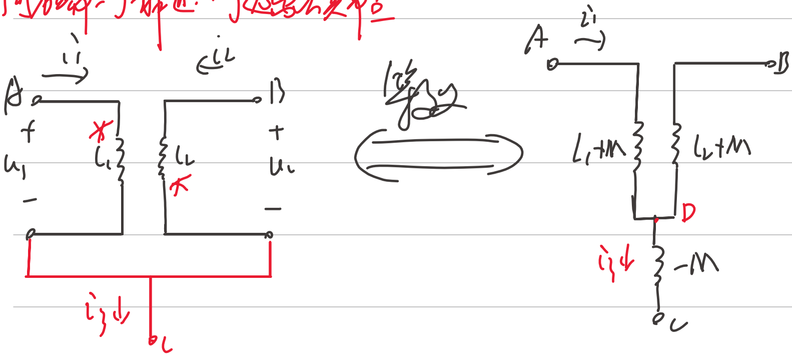
2) 同名端都靠近或远离公共节点



$u_1 = U_{AC} \neq U_{AD}$

$u_2 = U_{BC} \neq U_{BD}$

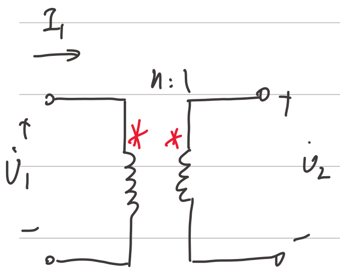
同名端一个靠近,一个远离公共节点



日期: /

空心变压器: 引入阻抗 $Z_l = \dfrac{(\omega M)^2}{Z_{22}}$

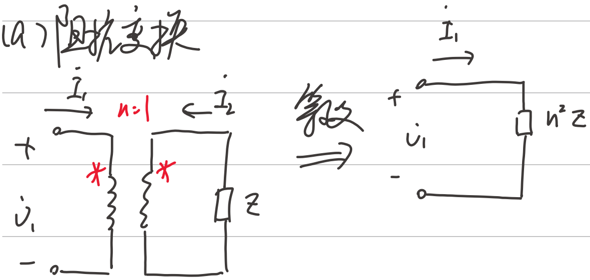
理想变压器:



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = n\cdot\dot{U}_2 \\ \dot{I}_1 = -\frac{1}{n}\dot{I}_2 \end{cases}$$

理想变压器的性质:

(a) 阻抗变换



$$\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = \frac{n\dot{U}_2}{-\frac{1}{n}\dot{I}_2} = n^2\left(-\frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2}\right) = n^2\cdot Z$$

(b) 功率消耗:

$$p = u_1 i_1 + u_2 i_2 = n u_2\cdot\left(-\frac{1}{n} i_2\right) + u_2 i_2 = 0$$

注: 理想变压器既不储能, 也不耗能.

在电路中只起传递信号和能量的作用.

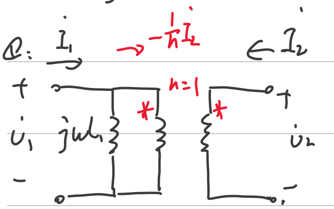
日期: /

全耦合变压器 转换成理想变压器

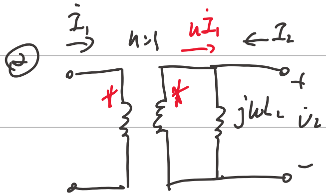
① $\begin{cases}\dot U_1 = n\dot U_2\\ \dot I_1 = \dfrac{\dot U_1}{j\omega L_1} - \dfrac{1}{n}\dot I_2\end{cases}$

② $\begin{cases}\dot U_2 = \dfrac{1}{n}\dot U_1\\ \dot I_2 = \dfrac{\dot U_2}{j\omega L_2} - n\dot I_1\end{cases}$

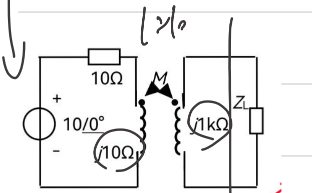
①:



②



全耦合变压器: $M=\sqrt{L_1L_2}$ $n=\sqrt{\dfrac{L_1}{L_2}}$



$M=\sqrt{L_1L_2} = j100\Omega$

41. 图 7-54 所示电路中变压器为全耦合变压器，Z_L 为何值获最大功率，最大功率为多少？

答：把全耦合变压器等效为如图 7-55 所示理想变压器模型。其中

$$n=\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}=\sqrt{\frac{\omega L_2}{\omega L_1}}=\sqrt{\frac{1000}{10}}=10$$

(1) 求$\dot U_{OC}$。因为$\dot I_2=0$，所以$\dot I_1=n\dot I_2=0$。

分压公式

$$\dot U_1=\frac{j10}{10+j10}\dot U_S=\frac{j10}{10+j10}10\angle0°=5\sqrt2\angle45°\text{V}$$

$$\dot U_{OC}=\dot U_2\mid_{\dot I_2=0}=10\dot U_1=50\sqrt2\angle45°\text{V}$$

(2) 求 Z_0。把初级阻抗折合到次级

$$Z_0=n^2(10//j10)=500\sqrt2\angle45°\Omega=500+j500\Omega$$

144

F，电源角频率为100rad/s。

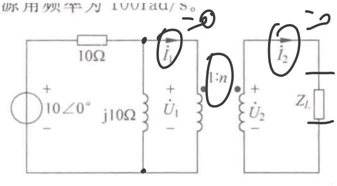


图 7-55 解题 41 图

$\dot U_1 = 5\sqrt2\angle45°$

$\dot U_{oc} = 10\dot U_1 = 50\sqrt2\angle45° V$

$n^2(10//j10) = Z_0$

$Z_L = Z_0^*$ ⇒ $P=\dfrac{U_{oc}^2}{4R_0}$

日期:　　/

耦合变压器的去耦等效：(同端⇒) 注意

这里，$k=1$，即 $M=\sqrt{L_1L_2}$；$L_1\neq\infty$，$n=\sqrt{L_1/L_2}$。

耦合变压器也可以进行 T 型去耦等效变换，只要把变压器的两个负极连接起来看即可，如图 7-8 所示。注意，不能把变压器的两个正极连接在一起。

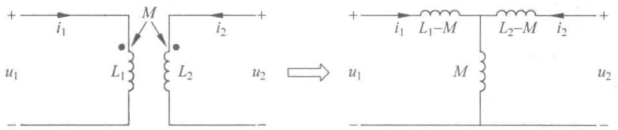
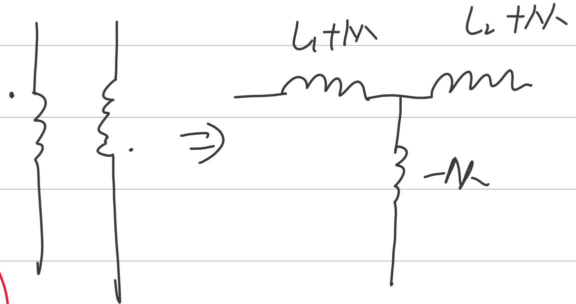


图 7-8　耦合变压器的去耦等效变换

⇒ 同名端在一起



品质因数：

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

$$=\frac{X_L}{R}=\frac{X_C}{R}$$

$$X_L=X_C$$