Part 1 直流部分

No

一、电路模型和定律.

1、电路模型.

2. 电路定律. KCL. KVL. . . .

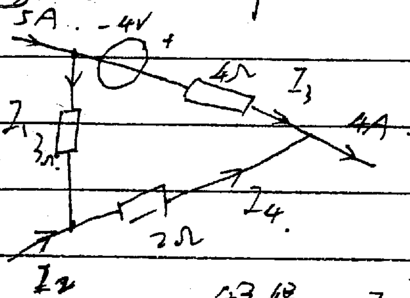
3. 参考方向.（关联与非关联）.

4. 基本元件.

R. L. C. 电压源. 电流源. 受控源.

考点：KCL. KVL（第一章）

~~例题~~. 求如图各未知电流.



解：$I_2=-(5-4)=-1A$

$$\begin{cases} I_1+I_3=5 \\ I_1+I_2=I_4 \end{cases} \text{KCL}$$

$$-3I_1+4I_3-2I_4=4 \quad \text{KVL}.$$

解得. $I_1=2A$. $I_2=-1A$. $I_3=3A$. $I_4=1A$.

二、电路的等效变换.

1、电路的等效及等效变换.

2、电阻电路的等效变换.

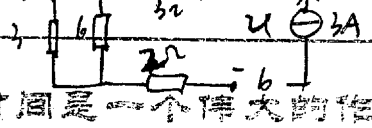
①. 串. 并. ② $Y \rightleftharpoons \Delta$ ③有等电位点的电路（电桥平衡）

3. 实际电源及等效变换，多余元件.

4. 输入电阻与等效电阻.

外加电压源法求等效电阻.

)：求图示电路的等效电阻 R_{ab}.



解：外加3A电流源.

$i=2$

$U=3\times2+3\times2+3\times2=18V.$ $\Rightarrow R_{ab}=\frac{U}{3}=6\Omega$

时间是一个伟大的作者，它会给每个人写出完美的结局来。

老师：　　　　家长：

（网孔的基本回路）

二、网络分析法。

1、图论。①拓扑图 ②树、树支、连支 ③独立结点、独立回路
割集、基本割集
④独立KCL、KVL方程数。

2、支路电流法。

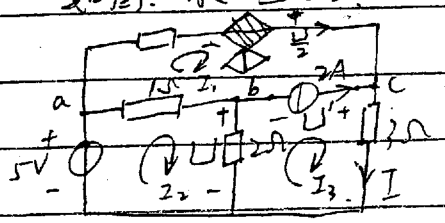
3、结点电压法 △ 自导、互导 理想电压源的处理、受控源

4、网孔电流法 △ 自阻 互阻 理想电流源的处理、……

5、回路电流法。

6、割集分析法。

例：如图，求U、I。



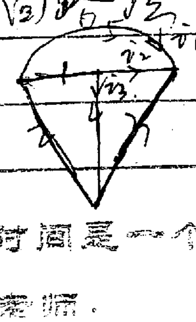
解：①结点法。

$$\begin{cases} U_a = 5 \\ U_b\left(1+\frac{1}{2}\right) - U_a = -2 \\ \frac{1}{3}U_c = 2 + \frac{U}{2} \\ U = U_b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U = U_b = \\ U_c = 9V \\ I = 3A \end{cases}$$

②网孔电流法。

$$\begin{cases} I_1 = \frac{1}{2}U \\ -I_1 + 3I_2 - 2I_3 = 5 \\ -2I_2 + 5I_3 = U' \\ U = 2I_2 - I_3 \\ I_3 - I_1 = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 1 \\ I_2 = 4 \\ I_3 = 3 \\ U = 2V \\ I = 3A \end{cases}$$

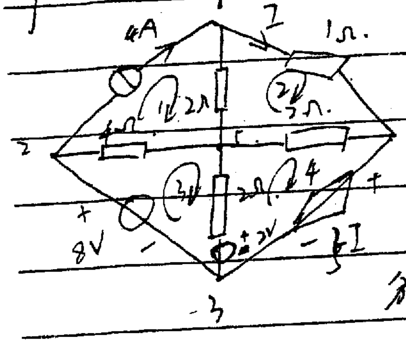
③回路法。



1、2、3为树支。

$$\begin{cases} i_1 = \frac{1}{2}U \\ i_2 = 2 \\ \text{对③}\ \ i_2 + 3i_3 = 5 \\ U = 2i_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_1 = 1 \\ i_2 = 2 \\ i_3 = 1 \\ U = 2 \end{cases}$$

例. 如图,求 I.



① 结点法.

$$\begin{cases}(1+\frac{1}{2})U_1-\frac{1}{2}U_3-U_4=4\\ U_2=8\\ -\frac{1}{2}U_1-\frac{1}{4}U_2+(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{4})U_3-\frac{1}{2}U_4=\frac{2}{2}\\ U_4=5I\\ I=(U_1-U_4)\div 1\end{cases}$$

解得: $I=2A$.

② 网孔法.

$$\begin{cases}I_1=4\\ -2I_1+5I_2-2I_4=0\\ -4I_1+6I_3-2I_4=8-2\\ -2I_2-2I_3+4I_4=2-5I_2\end{cases} \Rightarrow I=I_2=2A$$

(四) 电路定理

1. 叠加定理. ① 齐次性. ② 叠加性

$y=y_1+y_2+\cdots=k_1f_1+k_2f_2+\cdots$

注意. ① 独立源置零.

② 受控源处理

③ 不能求功率.

2. 替代定理

3. 戴维南—诺顿定理.

a. ① 定理.

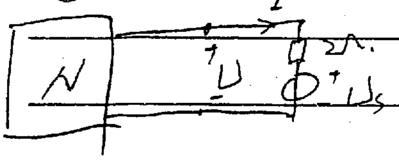
② 求等效电路: a. 求 U_{oc}, I_{sc}. ③ b. 求 R. { 直接 / 外接电源法、开短路

c. 定理的应用.

4. 特勒根定理. ① $\sum_{k=1}^{b} u_k i_k=0$. ② $\sum_{k=1}^{b} u_k \hat{i}_k=\sum_{k=1}^{b} \hat{u}_k i_k=0$.

5. 互易定理、 互易网络

例：如图，N为线性有源二端网络，当 $U_s=0$ 时 $I=3A$。$U_s=6V$，$U=10V$。



求当 $U_s=12V$ 时 U 和 I。

解：① 叠加定理：

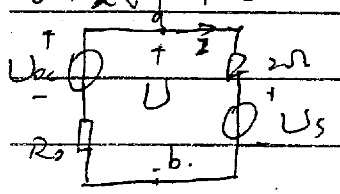
a. N内独立源作用，U_s置零，产生 I'。

b. N内……置零，U_s作用产生 I''。

有 $\begin{cases} I'=3A \\ I'+I''=\frac{10-6}{2}=2A \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I'=3 \\ I''=-1A \end{cases}$

∴当 $U_s=12V$，有 $I=I'+2I''=1A$，$U=2I+U_s=14V$

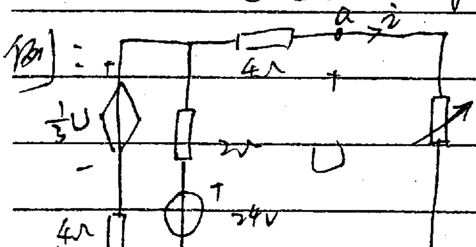
② 戴维南定理.



$\begin{cases} \frac{U_{oc}}{R_0+2}=3 \\ \frac{U_{oc}-6}{R_0+2}=\frac{10-6}{2}=2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_{oc}=18V \\ R_0=4 \end{cases}$

∴当 $U_s=12V$ 时，$I=\frac{18-12}{4+2}=1A$，$U=14V$。

例：



求 R_L=?时获得 P_{max}，P_{max}=?

解：求a.b两端戴维南等效电路.

求 U_{oc}：$i=0$.

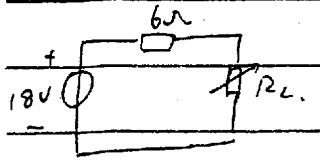
$\Rightarrow \frac{24-U_{oc}}{2}=\frac{U_{oc}-\frac{1}{3}U_{oc}}{4}$

∴ $U_{oc}=18V$

求 I_{sc}：

$I_{sc}=\frac{24}{2+\frac{4}{2}}\times\frac{1}{2}=3A$

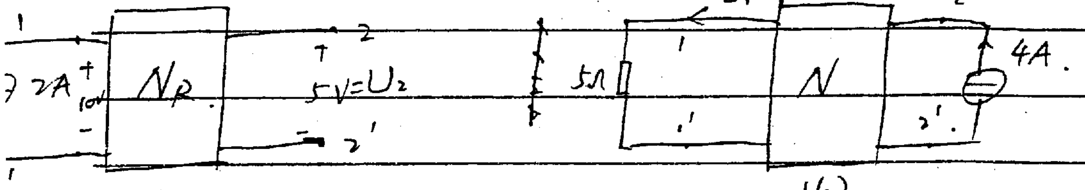
$R=\frac{U_{oc}}{I_{sc}}=6\Omega$.



∵ $R_L = 6\Omega$ 时

$P_{max} = \frac{18^2}{4\times 6} = 13.5W$.

例：如图(a)，$U_1=10V$，$U_2=5V$，求图(b)中I_1'



(a) (b)

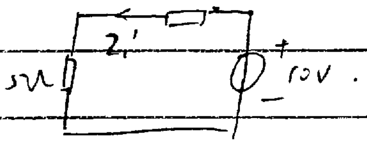
解：求(b)中1.1'端口的戴维南电路，

$U_{oc} = \frac{5}{2}\times 4$ （互易定理）

$= 10V$.

求R_0，∵ $R_0 = \frac{10}{2} = 5\Omega$.

∴ 图(b) ⇒



$I_1' = \frac{10}{10} = 1A$.

五、含理想运放部分

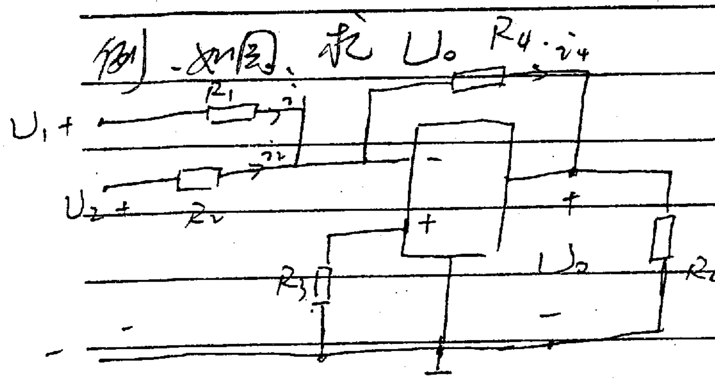
理想运放：输入端口：$u^+=u^-$ 虚短，$i^+=i^-=0$ 虚断

输出端口：具有理想(受控)电压源特性

一般解法："虚短"、"虚断" + 结点KCL（结点电压法）

注意：输出结点不列方程

例. 如图, 求 U_o



解: $U^+ = U^- = 0$.

$i_1 + i_2 = i_4$.

$\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} = -\frac{U_o}{R_4}$.

$\therefore U_o = -\frac{R_4}{R_1}U_1 - \frac{R_4}{R_2}U_o$.

Part 2.

正弦稳态交流电路部分.

一. 正弦量与相量

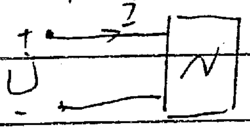
1. 正弦稳态交流电路

2. 正弦量

3. 相量　$i \neq I$

二. 电流定理的相量形式 、KCL . KVL .

三. 阻抗与导纳 . N不含独立源.



$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = |Z| \angle \varphi = R + jX$.　　$Z = \frac{1}{Y}$.

$Y = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = |Y| \angle \psi = G + jB$.

四. 正弦电路的功率.

1. 瞬时功率　$p = ui$ (W).

2. 有功功率.　$P = UI\cos\varphi = RI^2$　(W)

3. 无功功率.　$Q = UI \cdot \sin\varphi = XI^2$ (var).

$Q > 0$ 感性. $Q < 0$ 容性

时间是一个伟大的作者，它会给每个人写出完美的结局来。

老师.　　　　家长:

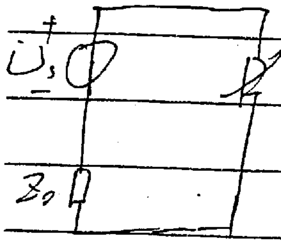
4. 视在功率（容量） $S = UI = |Z|I^2$.

5. 功率因数 $\lambda = \frac{P}{S} = \cos\varphi$. $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \theta$.

6. 复功率 $\bar{S} = P + jQ = \dot{U}\cdot\dot{I}^* = Z\cdot I^2$.

7. 功率因数提高.

五. 最大功率传输



$Z_0 = R_0 + jX_0$.

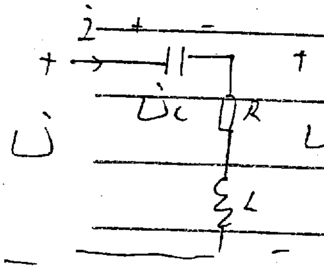
当 $Z_L = R_0 - jX_0$ 时

$P_{max} = \frac{U_s^2}{4R_0}$

六. 正弦电路相量分析.

例：图示电路中，$U = U_1 = 50V$，$\dot{I} = 10\angle 0^\circ$ (A). $\cos\varphi = 0.8$.

$\omega = 1000$ rad/s，求①R、L、C. ② $\dot{U}_1, \dot{U}, \dot{U}_C$



解：① $S = UI = 500$ V·A.

$P = S\cdot\cos\varphi = 400$ W.

∴ $R = \frac{400}{10^2} = 4\Omega$.

$|Q| = \sqrt{500^2 - 400^2} = 300$ var

$Q_L = \sqrt{S_1^2 - P^2} = \sqrt{500^2 - 400^2} = 300$ var $= \omega\cdot L\cdot I^2$.

∴ $L = \frac{Q_L}{\omega\cdot I^2} = \frac{300}{10^2\times 1000} = 3$ mH.

~~$|Q| = |Q_L + Q_C| = |Q_L - |Q_C||$~~ ∴ $|Q_C| = 600$ var $= \frac{1}{\omega C}\cdot I^2$.

∴ $\cancel{C = \frac{600\omega}{I^2}}$ $C = \frac{I^2}{600\times 1000} = 166.67\mu F$.

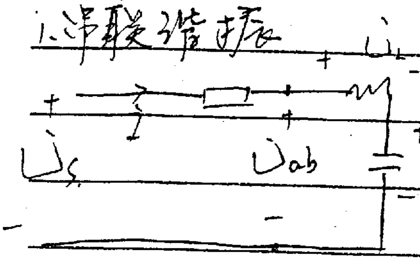
② $\cos\varphi = 0.8$. $\varphi = -36.87^\circ$, ∴ $\dot{U} = 50\angle 36.87^\circ$ $\dot{U}_C = 60\angle -90^\circ$

$\dot{U}_1 = 50\angle 36.87^\circ$.

七、谐振：一个R.L.C电路，$\dot U$、$\dot I$同向，则发生谐振

谐振时 $Z=\frac{\dot U}{\dot I}=\frac{U}{I}=R$. $X_0=0$. $\varphi=0$.

1.串联谐振



$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$. $\dot U_{ab}=0$（短路线）

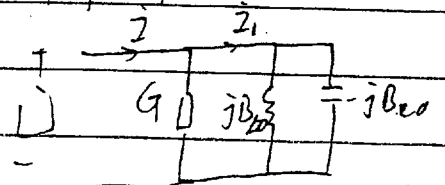
$X_0=X_{L0}-X_{C0}=0$.

$X_{L0}=X_{C0}=Q U_s$.

$Q=--$、品质因数.

通频带宽. $BW=\frac{\omega_0}{Q}$.

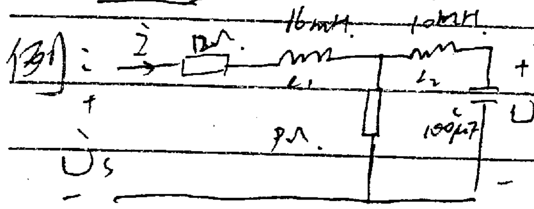
2.并联谐振.



谐振时 $B_0=B_{L0}-B_{C0}=0$.

$\dot I_1=0$. 开路.

例：



已知. $\dot U_s=40\angle0°$ V. $\omega=1000$ rad/s

求 $\dot I$ 及 $\dot U_C$.

解：$X_{L1}=16\Omega$. $X_{L2}=10\Omega$.. $X_C=10\Omega$.

$X_{L2}=X_C \Rightarrow$ 串谐.

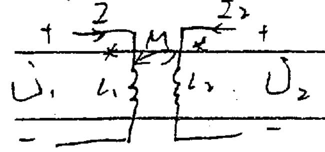
∴ $Z=12+jX_{L1}=12+j16=20\angle53.17°$

$\dot I=\frac{\dot U_s}{Z}=2\angle-53.13°$ A.

$\dot U_C=-jX_C\dot I=20\angle-143.13°$.

八、互感：

1、耦合电感 L、M、K、 $K=\frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}$、同名端、



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

相量形式 $\begin{cases} \dot U_1 = j\omega L_1\dot I_1 + j\omega M\dot I_2 \\ \dot U_2 = j\omega L_2\dot I_2 + j\omega M\dot I_1 \end{cases}$

2、去耦

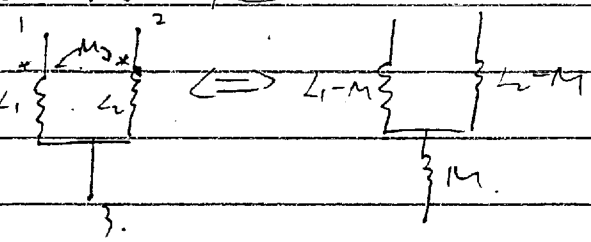
a. 受控源去耦.（相量形式下）.

P_{165} 图(b). 图(d).

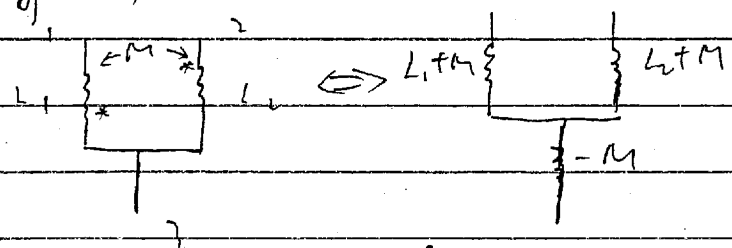
b. 串联. 顺串 $L_e = L_1+L_2+2M$

反串 $L_e = L_1+L_2-2M$

c. T型：同名端连接、



异名端连接

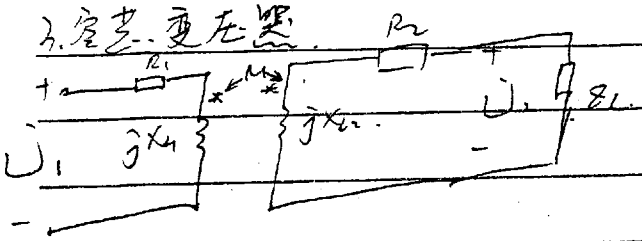


d 并联、同名端相连.

可用T型去耦 $L_e = \frac{L_1L_2-M^2}{L_1+L_2-2M}$.

异名端相连：$L_0=\frac{L_1L_2-M}{L_1+L_2+2M}$

3.空芯变压器



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

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

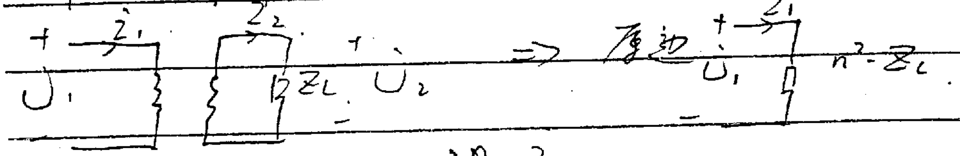
$Z_M=-j\omega M$

$Z_{r1}=\frac{(\omega M)^2}{Z_{22}}$ —— 反映阻抗

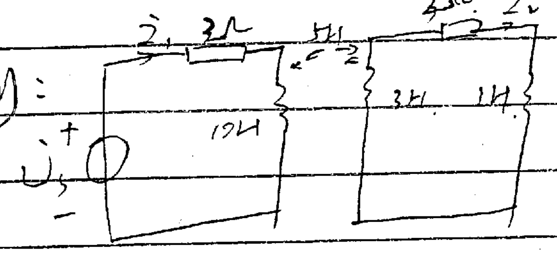
$Z_{r2}=\frac{(\omega M)^2}{Z_{11}}$

4.理想变压器

阻抗折算



例：



$\dot{U}_s=60\sin\omega t$ V

求 $\dot{I}_1$，$\dot{I}_2$

解：$\dot{U}_s=30\sqrt{2}\angle 0^\circ$

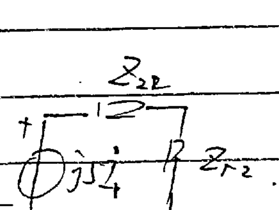
$Z_{22}=3+j3+j1=3+j4$

$Z_{11}=3+j10$

$Z_{r1}=\frac{5^2}{3+j4}=5\angle-53.13^\circ=3-j4$

$\dot{I}_1=\frac{\dot{U}_s}{Z_{11}+Z_{r1}}=5\angle-45^\circ$ A

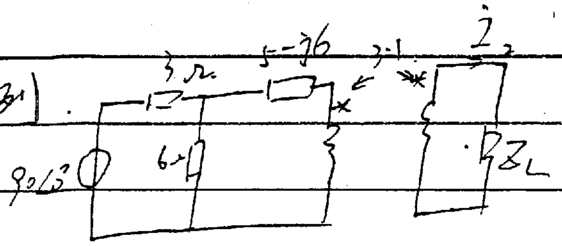
求 $\dot{I}_2$



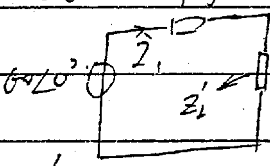
$\dot{I}_2=\frac{j3\dot{I}_1}{3+j4}=5\angle-8.13^\circ$ (A)

No

例. $Z_L = 1+j2$ 求Z_L吸收有功功率.



解: 原电路 => $7-j6$



$9\times Z_L = 9+j18$

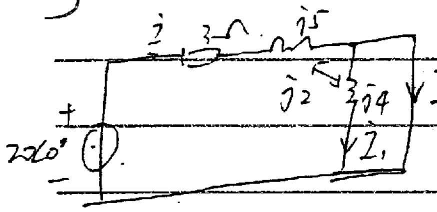
$\therefore \dot{I}_1 = \frac{60}{16+j12} = 3\angle -36.87^\circ$

$P = R_L' \cdot I^2 = 9\times 3^2 = 81W$

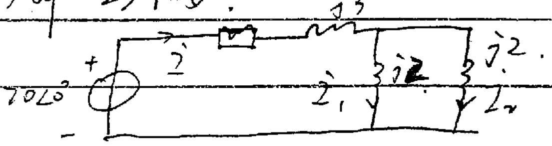
或 $\dot{I}_2 = 3\dot{I}_1 = 9\angle -36.87^\circ$

$P = R_L \cdot I_2^2 = 81W$.

例: 如图, 求 $\dot{I}_1, \dot{I}, \dot{I}_2$



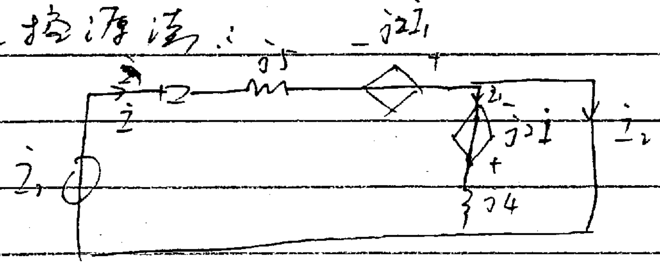
解: 去耦.



$\dot{I} = \frac{20\angle 0^\circ}{3+j3+j1} = 4\angle -53.13^\circ$

$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \frac{\dot{I}}{2} = 2\angle -53.13^\circ$

受控源法:



No

三相电路部分

一、三相电路及其连接

1. 对称三相电源（正序）

2. 三相电路的连接

Y_0-Y_0 三相四线（有中线）

$Y-Y$

$\Delta-Y$

$\Delta-\Delta$

$Y-\Delta$

} 三相三线

二、对称三相电路

三相电源对称，三相负载对称，线路阻抗对称。

1. Y接。 $\dot{I}_p=\dot{I}_l$（相序）。

$\dot{U}_l=\sqrt{3}\dot{U}_p\angle 30^\circ$（相序）。

2. Δ接。 $\dot{U}_l=\dot{U}_p$

$\dot{I}_l=\sqrt{3}\dot{I}_p\angle-30^\circ$

3. 对称三相电路的计算。（单相法）

① $Y-Y$ 或 Y_0-Y_0 电源与负载中点等电位

② 其它形式 无线路阻抗，直接求其中一相，再写其它两相。

有线路阻抗，化为 $Y-Y$ 求解。

三、负载三相不对称电路

1. Y_0-Y_0 或 $Y-Y$ 先求电源负载中点间电压 $\dot{U}_{o'o}$（结点电压法）

再求各相的相电压 相电流。

2. 其它形式，无线路阻抗，逐相求相电流，再由KCL求线电流。

时间是一个伟大的作者，它会给每个人写出完美的结局来。

老师： 家长：

有线路阻抗,可以 $\Delta \to Y$

四. 三相电路的功率

一般 ~~$P=P_A+P_B+P_C$~~ $P=P_A+P_B+P_C$

三相对称时: $P=3U_pI_p\cos\varphi=\sqrt{3}U_lI_l\cos\varphi=\underline{3R_LI_p^2}=P$

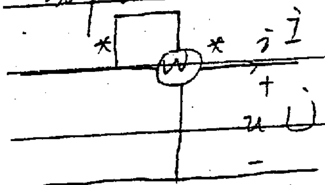
$Q=3U_pI_p\sin\varphi=\cdots=3X_LI_p^2$

$S=\cdots\cdots=3|Z|I_p^2$

$Z=R_L+j$

五. 三相功率的测量

功率表读数



$P=\frac{1}{T}\int_0^T ui\,dt$

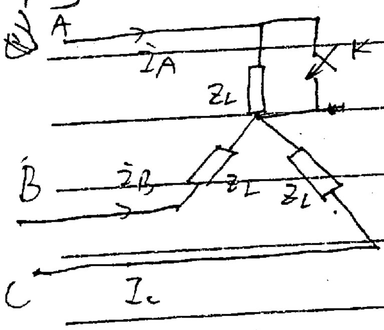
为所测的端口的"平均功率"

正弦电流中: $P=UI\cos(\varphi_u-\varphi_i)$

三相四线制 (Y_0-Y_0): $P=P_A+P_B+P_C$ (三瓦计法)

三相三线制: 二瓦计法. $P=P_1+P_2$ (代数和).

例: 如图三相电源对称. 且 $\dot{U}_{AB}=380\angle60^\circ$. $Z_L=20\angle36.87^\circ$.



求 ① K断开时的 $\dot{I}_A$. $\dot{I}_B$. $\dot{I}_C$ 及相关的 P. Q

② K闭合时 $\dot{I}_A$. $\dot{I}_B$. $\dot{I}_C$

解: ① K断开时

$\dot{U}_A=220\angle30^\circ$ V.

$\dot{I}_A=\frac{\dot{U}_A}{Z_L}=11\angle-6.87^\circ$ A. $\dot{I}_B=\cdots$ $\dot{I}_C=\cdots$

$P=3\times220\times11\times\cos36.87^\circ=\cdots$

或 $P=3\cdot R_L\cdot I_p^2=3\times16\times11^2=5808$ ($\because Z_L=16+j12$)

$Q=3\cdot X_L\cdot I_p^2=3\times12\times11^2=4356$ var

③ K闭合. $\dot{I}_B = -\frac{\dot{U}_{AB}}{Z_L} = -\frac{380\angle 60^\circ}{20\angle 36.87^\circ} = -19\angle 23.13^\circ$
$= 19\angle -156.87^\circ$　$19\angle -156.87^\circ$

$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{CA}}{Z_L} = \cdots\cdots$

$\dot{I}_A = -(\dot{I}_B + \dot{I}_C) = \cdots\cdots$

周期性非正弦电路部分.

一. 傅立叶级数 (考的概率很小. maybe 不考).

二. 周期性非正弦量的有效值.

$U = \sqrt{U_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k^2}$

$I = \sqrt{I_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} I_k^2}$

三. 周期性非正弦电路的有功功率及功率因数.

$P = \frac{1}{T}\int_0^T u i\,dt = U_0 I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \cos\varphi_k$

Care: 只有同频率的电压. 电流才产生有功功率.

. 功率因素数. $\lambda = \frac{P}{S} = \frac{P}{UI}$

必须用λ, not $\cos\varphi$.

四. 周期非……电路的分析计算: 谐波分析法.

1. 将周期非正弦激励信号用傅立叶展开. (一般题目给定)

2. 用叠加定理

让各频率分量各自单独作用. 求得其各频率分量响应. then 叠加. (以时域形式)

注意. K次谐波作用时 X_L. X_C的变化.

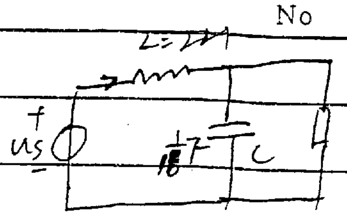
时间是一个伟大的作者, 它会给每个人写出完美的结局来。

老师:　　　　家长.

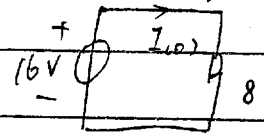
例：如图已知 $u_s=16+16\sin 2t$ (V)

求 ① 电流 i 及有效值 I.

② u_s 发出的有功功率.

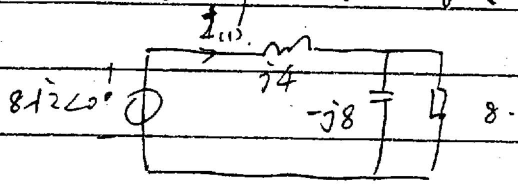


解：① 直流分量单独作用时：



$I_{(0)}=\frac{16}{8}=2A$.

u_s 交流分量单独作用时：$\omega=2$ rad/s. $\dot U_s=8\sqrt2\angle0°$.



$$Z=j4+\frac{8\cdot(-j8)}{8-j8}=j4+4-j4=4.$$

∴ $\dot I_{(1)}=\frac{8\sqrt2\angle0°}{4}=2\sqrt2\angle0°$.

∴ $i_{(1)}=4\sin2t$

∴ $i=i_{(0)}+i_{(1)}=2+4\sin2t$ A.

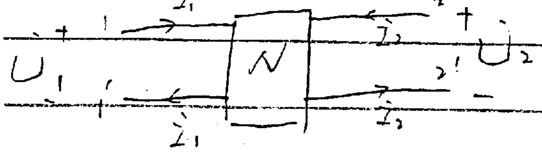
$I=\sqrt{I_0^2+I_1^2}=\sqrt{4+8}=2\sqrt3$ A.

② $P=U_{s(0)}I_{(0)}+U_{s(1)}\cdot I_{(1)}\cos\varphi_1=16\times2+\frac{16}{\sqrt2}\times2\sqrt2\times1=64W$.

二端网络部分.

一、二端口网络的基本定义.

二、……的参数及方程



1、Y参数

$$\begin{cases}\dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\cdot\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2\end{cases} \quad Y=\begin{bmatrix}Y_{11} & Y_{12}\\ Y_{21} & Y_{22}\end{bmatrix}(S)$$

$> Z = Y^{-1}$

2、Z参数

$$\begin{cases}\dot{U}_1 = Z_{11}\cdot\dot{I}_1 + Z_{12}\cdot\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\cdot\dot{I}_1 + Z_{22}\cdot\dot{I}_2\end{cases} \quad Z=\begin{bmatrix}\cdots\\ \cdots\end{bmatrix}(\Omega)$$

无源（无受控源）→ 互易 → $Z_{12}=Z_{21}$ or $Y_{12}=Y_{21}$

3、T参数（传输一）

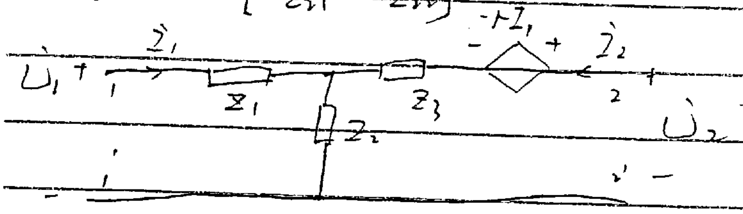
$$\begin{cases}\dot{U}_1 = A\dot{U}_2 - B\cdot\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = C\dot{U}_2 - D\cdot\dot{I}_2\end{cases} \quad T=\begin{bmatrix}A & B\\ C & D\end{bmatrix}$$

4、H（混合）参数 $H=\begin{bmatrix}\cdots\end{bmatrix}$

二、等效电路

1、T型：与Z参数有关

设 $Z=\begin{bmatrix}Z_{11} & Z_{12}\\ Z_{21} & Z_{22}\end{bmatrix}$



$Z_1 = Z_{11} - Z_{12}$

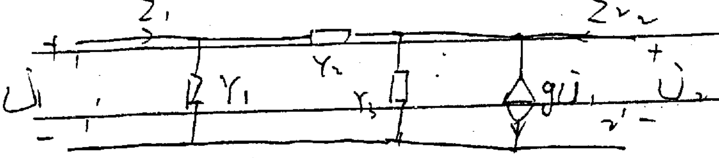
$Z_2 = Z_{12}$

$Z_3 = Z_{22} - Z_{12}$. $r = Z_{21} - Z_{12}$.

若无源 $r=0$，受控源去掉即可。

2、Π型：与Y参数相关。

设 $Y=\begin{bmatrix}Y_{11} & Y_{12}\\ Y_{21} & Y_{22}\end{bmatrix}$.



$Y_1=Y_{11}+Y_{12}$

$Y_2=-Y_{12}$

$Y_3=Y_{22}+Y_{12}$. $g=Y_{21}-Y_{12}$.

互易时 $g=0$. 受控源开路.

四 双口网络的联接.

1. 串联. $Z=Z_1+Z_2+\cdots$ (注意端口约束条件是否保持?)

2. 并联. $Y=Y_1+Y_2+\cdots$

3. 级联. $T=T_1\cdot T_2\cdot T_3\cdots\cdots$ (注意相乘的顺序和级联顺序一致)

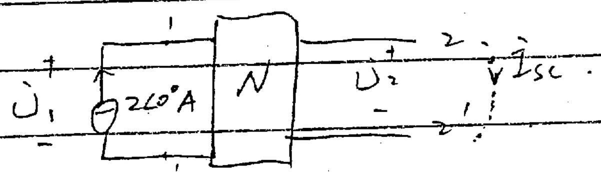
五 回转器与负阻抗变换器

1 回转器方程. $\begin{cases}u_1=-r\cdot i_2\\ u_2=r\cdot i_1\end{cases}$.

例: N_2为一个无源电阻双口网络.

当22'端口开路时 $\dot{U}_1=20V$. $\dot{U}_2=10V$.

当22' ··· 短路时. $\dot{I}_{sc}=1A$. 求N_2的Z矩阵. Y矩阵.



解: (一). 22'开路时. $\dot{I}_2=0$. $Z_{11}=\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}=10\Omega$. $Z_{21}=\frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1}=5\Omega$

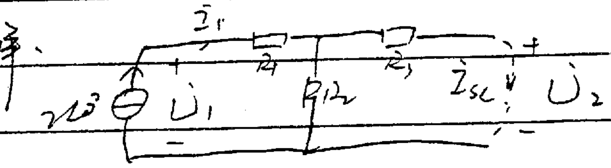
当22'短路. $\dot{I}_2=-\dot{I}_{sc}=-1A$. 而 $\dot{U}_2=Z_{21}\cdot\dot{I}_1+Z_{22}\cdot\dot{I}_2$

$=5\times2-Z_{22}\cdot1=$

$Z_{22}=10\Omega$.

$\therefore\ Z=\begin{bmatrix}10 & 5\\ 5 & 10\end{bmatrix}\Omega.\quad Y=Z^{-1}=\frac{1}{75}\begin{bmatrix}10 & -5\\ -5 & 10\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{2}{15} & \\ -\frac{1}{15} & \frac{2}{15}\end{bmatrix}$

(二) 另解、



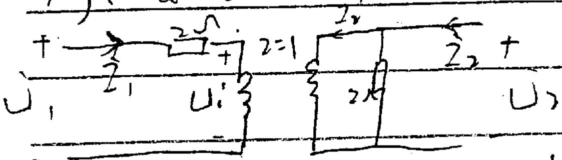
$R_1+R_2=\frac{20}{2}=10.$

$R_2=\frac{10}{2}=5.\quad R_1=5.$

又 $\dot I_{sc}=2\angle0^\circ$. 知 $R_3=R_2=5.$

$Z=\begin{bmatrix}10 & 5\\ 5 & 10\end{bmatrix}(\Omega)\qquad Y=Z^{-1}=\cdots$

例、如图. 求T矩阵.



解: 令 $\dot I_2=0$. $\quad \dot I_2'=-\frac{1}{2}\dot U_2.$

$\dot I_1=-\frac{1}{2}\dot I_2'=\frac{1}{4}\dot U_2$

$\dot U_1=2\times\dot I_1+\dot U_1'=\frac{5}{2}\dot U_2.$

$\therefore\ A=\frac{5}{2}.\quad C=\frac{1}{4}.$

令 $\dot U_2=0.\quad \dot I_2=\dot I_2'$

$\dot I_1=-\frac{1}{2}\dot I_2'=-\frac{1}{2}\dot I_2$

$\dot U_1=2\dot I_1+2\dot U_2=-\dot I_2$

$\therefore\ D=\frac{1}{2}.\quad B=1$

$\therefore\ T=\begin{bmatrix}\frac{5}{2} & 1\\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2}\end{bmatrix}$

暂态电路的时域分析.

初始值：换路定则：若 u_c、i_c 为有限，则 u_c、i_L 不跳变.

一、一阶电路.

任一一阶电路的响应 = 零输入响应 + 零状态响应.

= 特解 + 补解.

稳态分量　暂态分量.

1. 三要素法：$y(t)=y_p+[y(0+)-y_p(0+)]\cdot e^{-t/\tau}$　$(t>0)$ → 不…

or $y(t)=y_p+[y(t_0+)-y_p(t_0+)]\cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$　$(t\geq t_0)$

一阶电路三要素. ① 初始值 $y(0+)$

② 稳态值 $y_p(t)$.

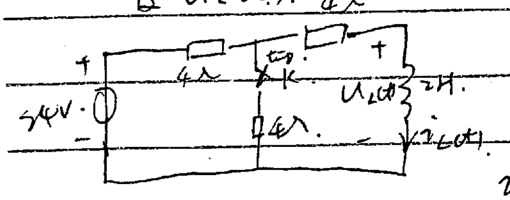
③ $\tau=R_0C$ or $\tau=\frac{L}{R_0}$（戴维南定理）

2. 阶跃响应和冲激响应.

$\varepsilon(t)\rightarrow s(t)$　　$h(t)=\frac{ds(t)}{dt}$.

$\delta(t)\rightarrow h(t)$

例　如图 $t<0$ 电路已达稳态. $t=0$, K闭合. 求 $t\geq0$ 时的 $i_L(t)$ 及 $u_L(t)$.



解：$t<0$ 时. $i_L(0-)=\frac{24}{8}=3A$.

∴ $i_L(0+)=i_L(0-)=3A$.

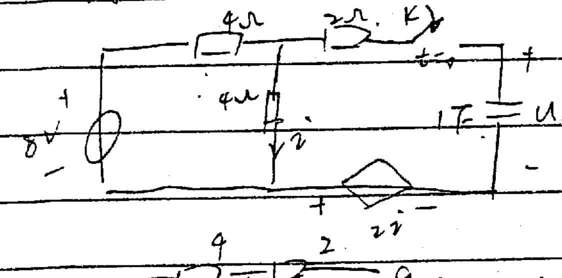
$i_L(\infty)=i_{Lp}=\frac{4}{2}=2A$.

$\tau=\frac{2}{6}=\frac{1}{3}S$.

∴ $i_L(t)=2+e^{-3t}(A)$ $\boxed{t\geq0.}$

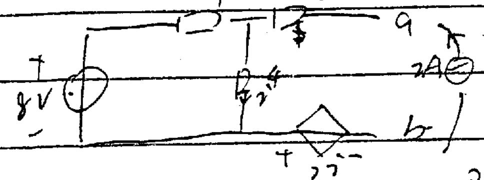
$u_L(t)=L\frac{di_L}{dt}=-6e^{-3t}$ (V)　$t\geq0$.

例、如图 已知 $u_c(0_-)=0V$. 求 $t>0$ 时 $u_c(t)=?$



解、$u_c(0_+)=u_c(0_-)=0$.

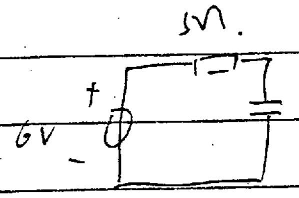
求C以外电路戴维宁等效电路.



$U_{oc}=4i+2i=6V$.

求R_o

$R_o=\frac{U}{I}=\frac{2\times2+4\times1+2\times1}{2}=5\Omega$.



$u_c(t)=6\cdot(1-e^{-\frac{t}{5}})\ V$.

二、二阶电路、

1. 列微分方程.
2. 特征方程. 解得特征根、
3. 补解 ① $p_1\neq p_2$ $y_h=A_1e^{p_1t}+A_2e^{p_2t}$.

   ② $p_1=p_2=p$ $y_h=(A_1+A_2t)\cdot e^{pt}$.

   ③ $p_{1,2}=-\sigma\pm j\omega$ $y_h=K\cdot e^{-\sigma t}\cos(\omega t+\varphi)$
4. 求特解.(稳态解). y_p
5. 通解. $y(t)=y_p+y_h$.
6. 由初始条件确定积分常数.

动态电路的复频域分析部分.

一、拉氏正、反变换、部分分式展开(真分式).

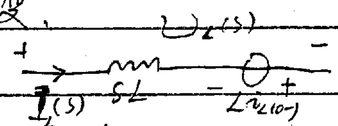
二、运算法.

1. 初始值 0^- 时刻的值

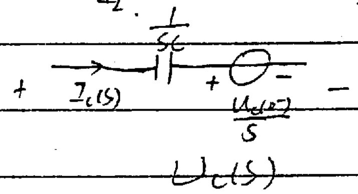
2. 电路原件的复频域模型.

电阻不变.

电感.



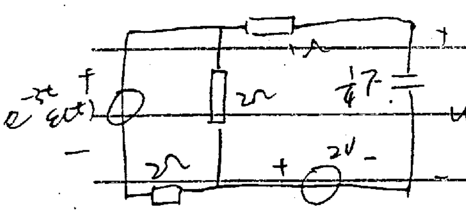
电容



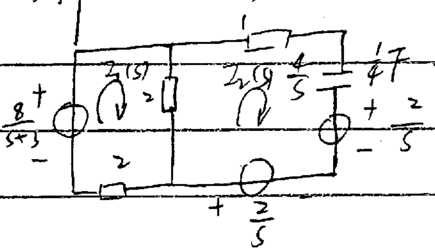
3. 运算电路

4. 建立电路方程(复频域形式)、求得复频域解 $\xrightarrow{反变换}$ 时域解

三、例. 如图 $t<0$ 时电路稳态. 求 $t\geq 0$ 时的 $u_c(t)$.



解. $u_c(0^-)=2V$.



网孔电流法

$$\begin{cases} 4I_1(s)-2I_2(s)=\frac{8}{s+3} \\ -2I_1(s)+(3+\frac{4}{s})I_2(s)=0 \end{cases} \Rightarrow I_2(s)=\frac{2s}{(s+3)(s+2)}$$

$$\therefore U_c(s)=I_2(s)\cdot\frac{4}{s}+\frac{2}{s}=\frac{2}{s}+\frac{8}{(s+3)(s+2)}=\frac{2}{s}+\frac{-8}{s+3}+\frac{8}{s+2}$$

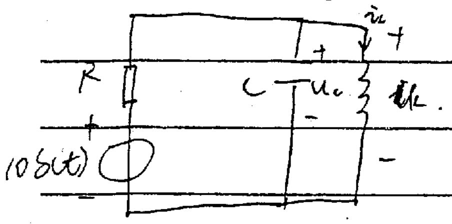
$$\therefore u_c(t)=2-8e^{-3t}+8e^{-2t}\ (V),\ t\geq 0.$$

注: $u_c(0^-)=0$ 时 $u_c(t)$ 要乘 $\varepsilon(t)$.

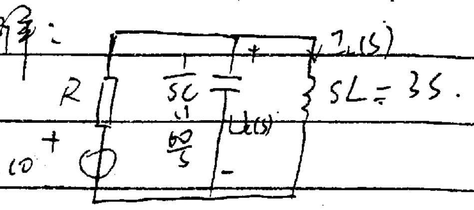
$u_c(0^-)\neq 0$ 时 $u_c(t)$ 不乘 $\varepsilon(t)$.

例) 如图电路，$u_c(0^-)=i_L(0^-)=0$，$R=5\Omega$，$L=3H$，$C=\frac{1}{60}F$

求 $t\geq 0$ 时的 $u_c(t)$ 及 $i_L(t)$.



解：



结点法.

$$U_c(s)\cdot\left(\frac{s}{60}+\frac{1}{3s}+\frac{1}{5}\right)=\frac{10}{5}=2.$$

$$U_c(s)=\frac{2}{\frac{s}{60}+\frac{1}{3s}+\frac{1}{5}}=\frac{120s}{s^2+20+12s}=\frac{120s}{(s+2)(s+10)}$$

$$=\frac{-30}{s+2}+\frac{150}{s+10}.$$

∴ $I_L(s)=\frac{U_c}{3s}=\frac{5}{s+2}+\frac{-5}{s+10}$.

∴ $u_c(t)=(-30\cdot e^{-2t}+150\cdot e^{-10t})\cdot\varepsilon(t)$

$i_L(t)=(5\cdot e^{-2t}-5e^{-10t})\varepsilon(t)$ $(t\geq 0)$.

三、网络函数.

$$H(s)=\frac{R(s)\to\text{零状态响应}}{E(s)\to\text{激励}}$$

$\mathcal{L}^{-1}[H(s)]=h(t)$.

状态方程部分

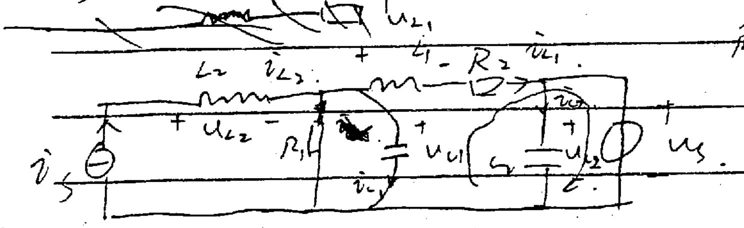
一、状态变量：以独立电容电压 u_c、独立电感电流 i_L 为状态变量

二、状态方程与输出方程.

1、状态方程的建立 ①电容结点电感回路法.

②拓扑法、 ③叠加法.

例、图示电路中选一组状态变量，并列状态方程。



解：$X=\begin{bmatrix} u_{C1} \\ i_{L1} \end{bmatrix}$.

$$C_1\frac{du_{C1}}{dt}=i_S-\frac{u_{C1}}{R_1}-i_{L1}$$

$$\frac{du_{C1}}{dt}=-\frac{u_{C1}}{R_1C_1}-\frac{i_{L1}}{C_1}+\frac{i_S}{C_1}$$

$$L_1\frac{di_{L1}}{dt}=u_{C1}-R_2 i_{L1}-u_S$$

$$\frac{di_{L1}}{dt}=\frac{u_{C1}}{L}-\frac{R_2}{L_1}i_{L1}-\frac{1}{L}u_S$$

$$\therefore\ \begin{bmatrix} \dot{u}_{C1} \\ \dot{i}_{L1} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} -\frac{1}{R_1C_1} & -\frac{1}{C_1} \\ \frac{1}{L} & -\frac{R_2}{L_1} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} u_{C1} \\ i_{L1} \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{C_1} \\ -\frac{1}{L} & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} u_S \\ i_S \end{bmatrix}$$

非线性电阻电路部分

一、非线性元件

二、———的分析

1、分段线性化法

① 确定每一段 u、i 范围及相应线性等效电路

② 将线性部分简化

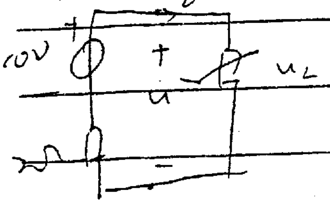
③ 将各分段等效电路代入计算并验证，确定正确解

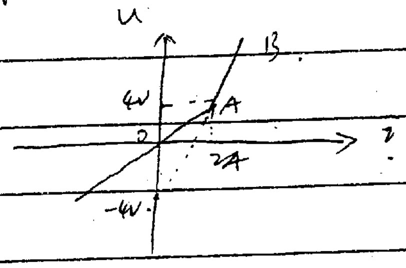
2、小信号分析法

① 求静态工作点Q，求Q点处的 R_d

② 作小信号工作电路，求解。

例、如图(a)，R为非线性电阻，伏安关系如图(b)，求u、i.





(a)

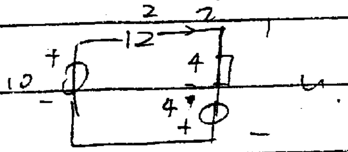
R工作于

解：OA段：$u \le 4$，$i \le 2A$，$u = 2i$.

$i = \frac{10}{2+2} = 2.5 > 2$ 舍去.

R工作于AB段

AB段：$u > 4V$，$i > 2A$.

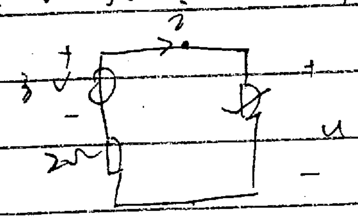


$u = -4 + 4i$

$i = \frac{10-(-4)}{2+4} = \frac{14}{6} = \frac{7}{3}A > 2$

$\therefore u = -4 + 4 \cdot \frac{7}{3} = \frac{16}{3}V$.

例：求图示电路的静态工作点Q及r在Q处的动态电阻。



r的伏安关系 $u = \begin{cases} i^2 & i > 0 \\ 0 & i < 0 \end{cases}$

解：$2i + i^2 = 3$.

$i = 1A$ or $-3A$ 舍去.

$\therefore i = 1A$.

$\therefore I_Q = 1A \quad U_Q = I_Q^2 = 1V$.

$R_d = \frac{du}{di}\Big|_Q = 2I_Q = 2\Omega$