No. 1

Date

电测实验.

数据处理

- 绝对误差 $\Delta x = x - x_0$ 测量示值 - 实际值.
- 相对误差
  - 真值…… $\zeta = \frac{\Delta x}{A_0} \times 100\%$.
  - 实际值…… $\zeta = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\%$.
  - 测量示值…… $\zeta = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$.
- 引用相对误差 $\gamma = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\%$. 其中 x_m: 仪表量程.

仪表若量程为 5~10V, 则 $x_m = 10-5 = 5V$.

最大引用相对误差 $\gamma_m = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\% = \pm(a\%)$.

Δx_m: 仪表可能产生的最大绝对误差.

a: 准确度等级.

e.g. 已知准确度 $\pm(0.05\%$读数 + 2个字).

$\Rightarrow$ 最大绝对误差 $\pm(0.05\%$读数 + $\frac{2个字}{字数} \times$量程)

分辨率 = 量程/字数.

位数 $\leftrightarrow$ 字数:

e.g1. 3½ (三位半) $\leftrightarrow 2\times10^3$ (字数 2000).

e.g2. 3¾ $\leftrightarrow 4\times10^3$

灵敏度 $S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$. 输出变化量 ÷ 引起该变化的输入变化量.

△示波器带宽应至少为被测信号基频的 3-5 倍.

间接测量 $y = x_1 \pm x_2 \pm x_3$ 的最大相对误差:

$\delta_{ymax} = \pm(|\text{等}\delta_1| + |\text{等}\delta_2| + |\text{等}\delta_3|)$

其中 $\delta_i = \frac{\Delta x_i}{x_i} \times 100\%$. 为各分量的相对误差.

ΔU_{max}. ΔI_{max} 为最大绝对误差.

e.g. 若 $R = \frac{U}{I}$. 实测 U读, I读. 最大相对误差 = $\frac{\Delta U_{max}}{U读} + \frac{\Delta I_{max}}{I读}$

KOKUYO

CS 扫描全能王 3亿人都在用的扫描App

No. 2

Date

有效数字

修约规则：四舍六入，五成双偶

若被舍位为5，↗前一位为奇，进1
↘前一位为偶，不进。

e.g. 1.2551 保留两位小数
→ 1.26.

1.8652 保留两位小数 → 1.86.

加减运算：step 1. 按小数点位数最少 +1 修约。
step 2. 运算。
step 3. 保留原位数最少者之位数。

e.g. 21.83 + 12.6586 − 18.6325
→ 21.83 + 12.659 − 18.632 = 15.857.
→ 保留2位 → 15.86.

乘除运算：step 1 & 2. 同上。
step 3. 基本同上。△特殊：若有效数字最少者的最低位为8或9，可多保留一位。

e.g. 0.8 × 3.28 × 18.2.
→ 0.8 × 3.3 × 18 = 47.52.
本应保留1位(0.8)，但因"8"可多保留一位 → 48.

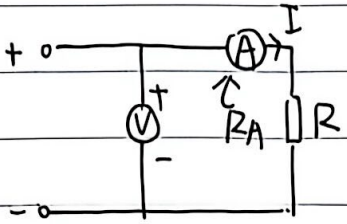
乘方/开方运算，可多保留一位。

e.g. $\sqrt{686}$ = 26.1916 → 保留3+1=4位 → 26.19.

△测量结果表示："量值 ± 误差（单位）"或"（量值 ± 误差）单位"。
误差通常保留1位有效数字，量值与误差的小数位数应一致。

扫描全能王 3亿人都在用的扫描App

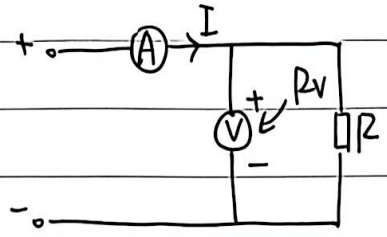
伏安法测电阻

(1). 电压表前接: 

$R_{测}=\frac{U_{测}}{I}=R_A+R$.

$\delta_{前}=\frac{R_A}{R}$.

↑ 适合大R.

(2). 电压表后接: 

$R_{测}=\frac{U}{I_{测}}=\frac{R\cdot R_V}{R+R_V}$.

$\delta_{后}=\frac{R_V}{R+R_V}-1\approx\frac{-R}{R_V}\ (R\ll R_V)$.

↑ 适合小R.

大/小判断: $\sqrt{R_AR_V}$.

含源线性一端口网络等效参数

[法一]. 开路电压 U_{oc} & 短路电流 I_{sc}. 应选高R_V, 低R_A电表.

$\Rightarrow R_{eq}=\frac{U_{oc}}{I_{sc}}$.

[法二]. 

接可变电阻 R_L. 调 R_L 记录两组 R_L 上的 U、I.

则 $\begin{cases}U_{oc}-R'_{eq}I_1=U_1\\U_{oc}-R'_{eq}I_2=U_2\end{cases}$.

$\Rightarrow U_{oc}=\frac{U_1I_2-U_2I_1}{I_2-I_1}$ $R'_{eq}=\frac{U_1-U_2}{I_2-I_1}$.

注意用电表内阻修正 R'_{eq}.

KOKUYO
扫描全能王 3亿人都在用的扫描App

No. 4

Date

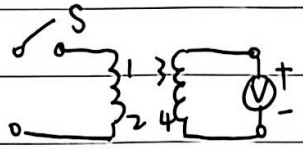
故障检查

- 电阻 { 开路：$i=0$，$u=$ 支路电压（即：无压降）。
  短路：$u=0$。
  阻值异常
- 二极管 { 开路：$i=0$，$u>$ 导通压降。← 硅 0.6~0.8V，取 0.7V；锗 0.2~0.3V。
  短路：→ 断电测门 正反向均为低阻。
  ↘ 通电测门 $u=0$，i 远大于理论值。
  参数异常。

交流电路参数

- 互感判定同名端：

法一：直流通断法：



闭合时，若 $\textcircled{V}>0$，则 13 同名。

法二：等效电感法：



串联测电抗，若 13 同名：$\because L_{正}=L_1+L_2+2M$

$L_{反}=L_1+L_2-2M$

$\therefore X_{正}>X_{反}$（即电流 $I_{正}<I_{反}$）。

法三：直接测量法。

Campus

扫描全能王 3亿人都在用的扫描App

No. 5

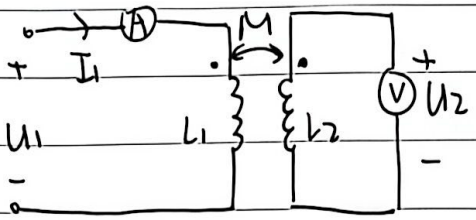
Date

○测互感M：

[法一] 等效电感法：$M=\frac{L_正-L_反}{4}$ （误差大）.

[法二] 互感电动势法：

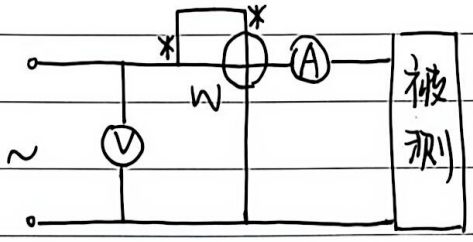
$U_2=\omega M I_1 \Rightarrow M=\frac{U_2}{\omega I_1}$.



耦合系数 $K=\frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}$

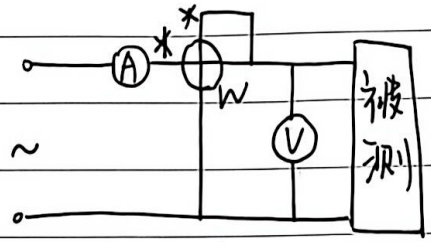
○测交流电感各参数.

[三表法]测交流电感各参数.



电压表前接.

(适合被测R较大).



电压表后接

(适合被测R较小).

功率因数(PF). $\cos\varphi=\frac{P}{UI}$.

有功(W). $P=UI\cos\varphi$. 无功(Var) $Q=UI\sin\varphi$.

视在功率(VA). $S=UI$

阻抗 $Z=R+jX$. 电阻 $R=\frac{P}{I^2}=|Z|\cos\varphi$. 电抗 $X=|Z|\sin\varphi$.

电压有效值(VRMS).

频率(F/FREQ).

电感 $X_L=\omega L=2\pi fL$.

电容 $X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{2\pi fC}$.

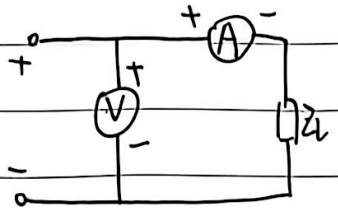
KOKUYO

扫描全能王 3亿人都在用的扫描App

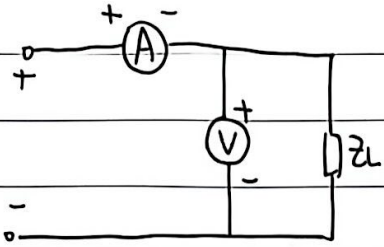
No. 6

Date

II. 功率分析仪测则



电压端子前接



电压端子后接.

III. 交流元件阻抗性质判断.

[方法一]. 并联试验电容. 表④示数↑, 则被测元件为容性.

↑

容纳 $B_C' < |2B|$. B为被测元件的等效电纳

↑

$B_C = \omega C$

↑

$Y = G + jB$

[方法二]. 示波器测 u, i. 若u超前则为感性.

[方法三]. 直接测功率因数或阻抗角. 读数u超前 → 容性.

↑

$\varphi = \arccos(PF)$.

若 $X>0$, 则 $\varphi>0$. 感性.

功率因数角的提高

→ 并联电容器.

Campus

扫描全能王 3亿人都在用的扫描App

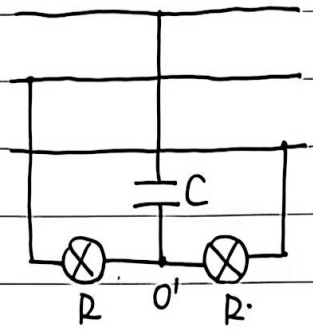
No. 7

Date

三相电路

- 测相序.

以电容所在相为A相.
灯泡亮为B相.

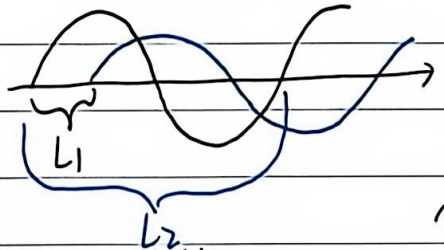


- 对称负载 ⇒ 线电压有效值 $U_L=\sqrt{3}U_P$ → 相电压有效值.
- 不对称负载 → 三相三线 → 中性点位移 ($U_{OO'}\neq 0$) (U_A 相电压, U_{CA} 线电压).
  → 三相四线 → 电压对称, 电流不对称. $I_{OO'}\neq 0$.

示波器测量法

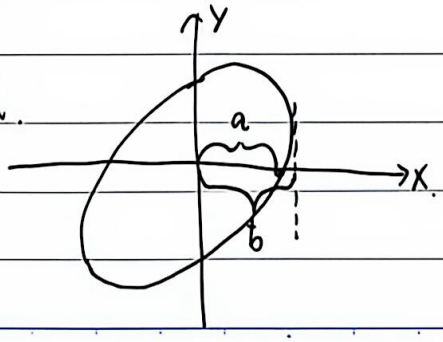
- 测相位差.

[法一]. 两信号分别从CH1, CH2输入. YT模式.
几何图形!



$$\varphi=\frac{360^\circ}{L_2}\times L_1$$

[法二]. XY模式.



$$\varphi=\arcsin\frac{a}{b}$$

KOKUYO

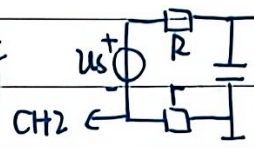
- 测元件特性曲线（V-I特性）

XY模式 → CH1 电压
↘ CH2 电流（采样电阻r，一般为阻值为1Ω～20Ω）

$\frac{1}{10}$～$\frac{1}{20}$!

则水平为电压轴，垂直为电流轴

△注意信号发生器 & 示波器共地. !不共地



这样测!

u_s 和示波器 GND 不在同一点!

一阶电路的响应

- 一阶RC电路，电容电压 $u_C = u_C(0+)\cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + u_s\cdot(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$.

$\tau = RC$，时间常数.

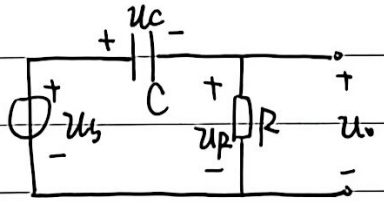
充电，u_C 从 0 → 63.2%，对应 τ.

放电，100% → 36.8% τ.

认为到稳态需 5τ.

△. 正方波 → 需要加 $\frac{1}{2}V_{pp}$ 偏置.

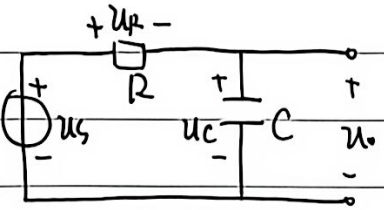
- 微分电路.



$\tau \ll \frac{T}{2}$.

$u_o(t) = iR = RC\cdot\frac{du_C}{dt} \approx RC\cdot\frac{du_s}{dt}$

- 积分电路.



$\tau \gg \frac{T}{2}$.

$u_o = u_C = \frac{1}{C}\int i_C\,dt = \frac{1}{RC}\int u_R\,dt \approx \frac{1}{RC}\int u_s\,dt$.

Campus
扫描全能王 3亿人都在用的扫描App

二阶电路自动响应

- RLC串联：阻尼系数 $\delta=\frac{R}{2L}$，谐振角频率 $\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$

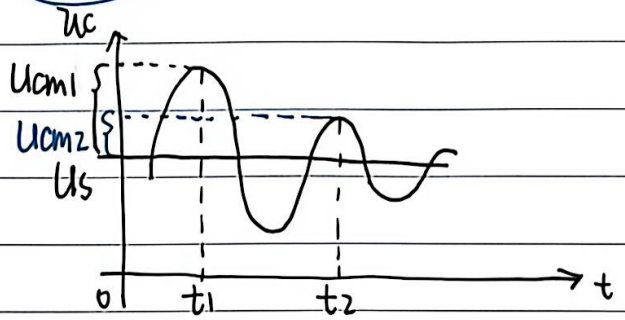
  其中R为回路总电阻

  $\begin{cases}\delta>\omega_0 \text{ 过阻尼}\\ 0<\delta<\omega_0 \text{ 欠阻尼}\\ \delta=0 \text{ 无阻尼}\\ \delta=\omega_0 \text{ 临界阻尼}\end{cases}$

  Δ：L内阻 $r_L\approx 150\Omega$.

- 测 ω_0 和 δ.

  → 欠阻尼 Y打测 u_C 波形.



$T_d=t_2-t_1$

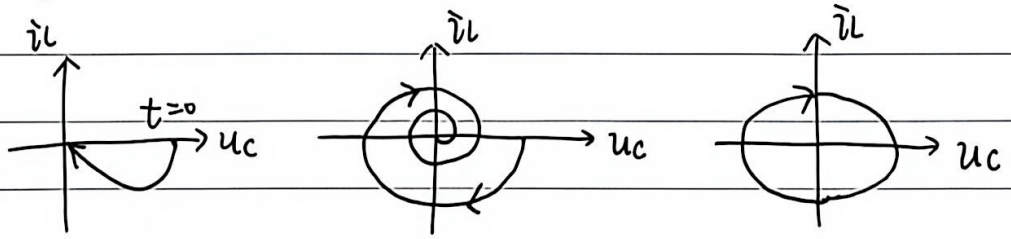
$\therefore \omega_d=\frac{2\pi}{T_d}=\frac{2\pi}{t_2-t_1}$

$\frac{U_{cm1}}{U_{cm2}}=e^{\delta T_d}$

$\therefore \delta=\frac{1}{T_d}\cdot\ln\left(\frac{U_{cm1}}{U_{cm2}}\right)$

- 相态轨迹.

  XY模式. CH1接 u_C，CH2接 i_L.



过阻尼　　欠阻尼.　　无阻尼.

KOKUYO
扫描全能王
3亿人都在用的扫描App

No. 10

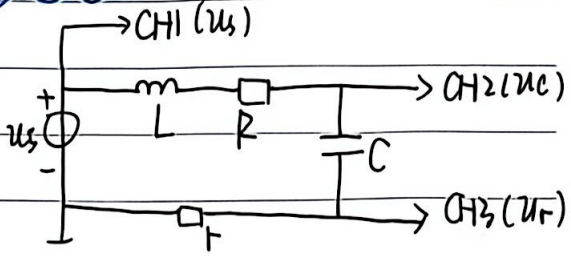
Date

串/并联谐振电路

- 串联谐振：U_S 与 I 同相 $\Rightarrow \begin{cases} \omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} \\ f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \end{cases}$

端口电流 I：Max.

L 和 C 串联后电压为 0。



品质因数 $Q = \dfrac{\omega_0 L}{R} = \dfrac{1}{\omega_0 RC}$

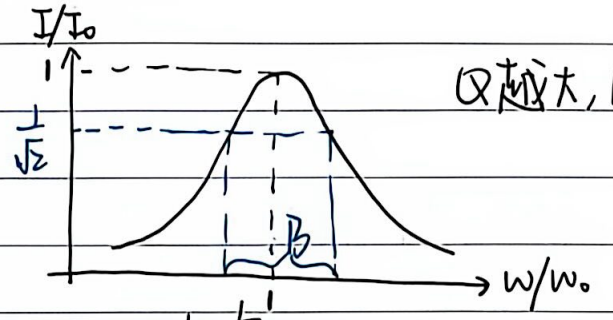
有效值：$U_L(\omega_0) = U_C(\omega_0) = QU_S$

∵ 电路中电流有效值 $I = \dfrac{U_S}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} = \dfrac{U_S}{R\sqrt{1 + Q^2(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})^2}}$

谐振时电流有效值 $I_0 = \dfrac{U_S}{R}$

∴ $\dfrac{I}{I_0} = \dfrac{1}{\sqrt{1 + Q^2(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})^2}}$

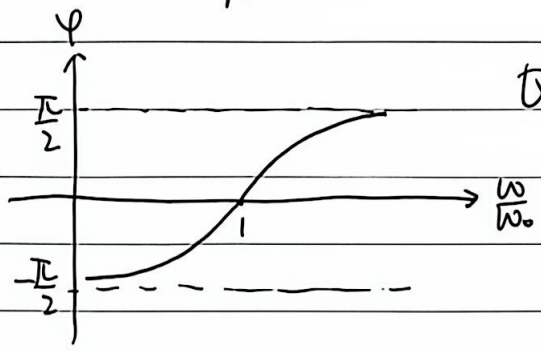
⇒ 幅频特性：



Q 越大，曲线越尖锐

I 与 U_S 相位差：$\varphi = \arctan \dfrac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$

⇒ 相频特性：



Q 越大，越陡。

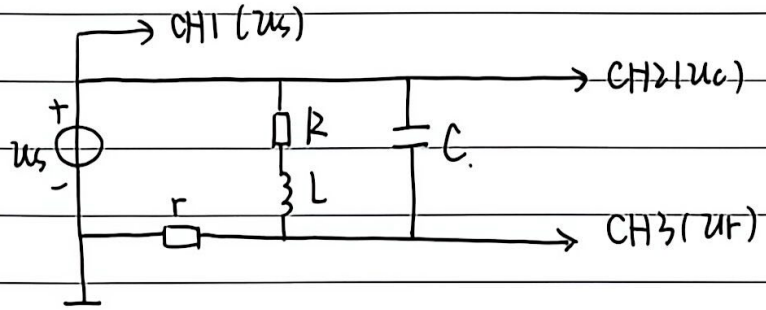
CS 扫描全能王 3亿人都在用的扫描App

◦并联谐振：$\begin{cases} \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}} \\ f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}} \end{cases}$ 只有 $R < \sqrt{\frac{L}{C}}$ 时，电路才有处于谐振状态的解。

谐振时，$Y(\omega_0) = \frac{RC}{L}$。！不是 $|Y(\omega)|_{min}$。古文J也不是min。

品质因数 $Q = \frac{B_L(\omega_0)}{G(\omega_0)} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{\sqrt{\frac{L}{C} - R^2}}{R}$。

$I_L(\omega_0) = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}I$。$I_C(\omega_0) = QI$。其中I为电阻电流有效值。



KOKUYO