实验四 交流电路参数的测定

实验报告

姓名：彭程

学号：2020011075

班级：自 02

日期：2021 年 5 月 17 日

1. 实验目的

(1)学习使用电参数测试仪测量交流电路参数；

(2)加强正弦交流电路向量的概念；

(3)学习正确使用自耦调压器的方法；

2. 实验说明

(1)三表法测阻抗：

阻抗可以表示为：$Z = |Z|\angle\varphi = \mathrm{R} + \mathrm{jX}$

故根据公式：

$$|Z| = \frac{U}{I}, \quad R = \frac{P}{I^2},$$

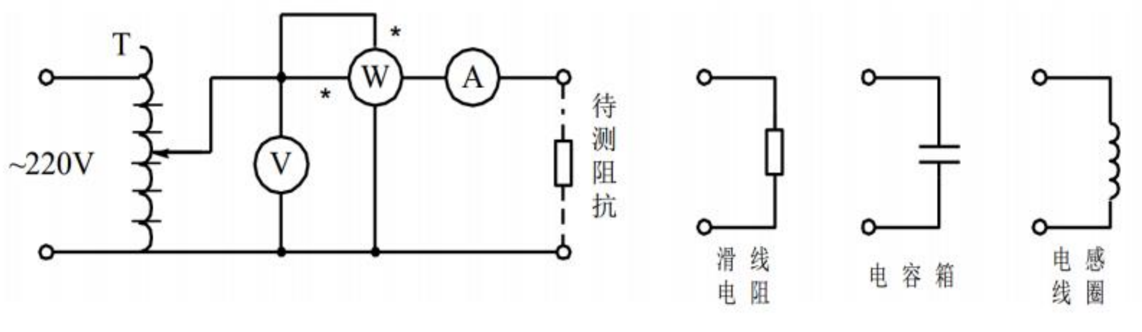
$$X = \pm\sqrt{|Z|^2 - R^2} = \pm\sqrt{(\frac{U}{I})^2 - (\frac{P}{I^2})^2}, \quad \varphi = \pm cos^{-1}\frac{P}{UI}$$

只需要测得阻抗两端电压、电流及所消耗功率,即可确定阻抗。

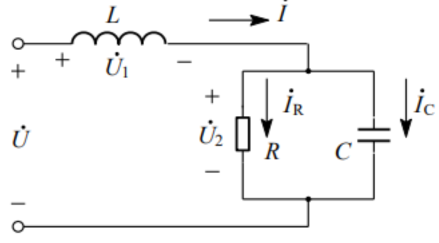
如所测的是感性元件，则 $X = \omega L = 2\pi fL$ 或 $L = X / \omega$

如所测的是容性元件，则 $X = -1 / \omega C$ 或 $C = -1 / \omega X$

按照如下电路进行测量，其中 T 为调压器：



(2)向量图的画法：



将基尔霍夫定律应用于上图所示的电路，有：

$$\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2$$

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$$

上述电压电流值可以分别用电压表、电流表读出。根据上述关系可以画向量图。根据各支路阻抗的性质(如纯电阻的电压和电流同相，含有电阻的电感线圈的电流滞后于电压以一定的角度等)来确定各电压和电流间的相位关系；而图中三个电压或三个电流的相对相位关系则由它们所形成的封闭三角形确定。这样，知道了电路中一个阻抗上的电压和电流之间的相位关系，就可以将电路中各元件的电压相量和电流相量画在同一个相量图上。

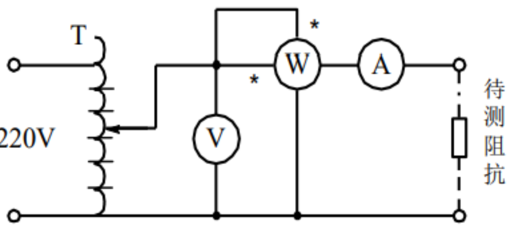
3. 实验任务

3.1 预习任务

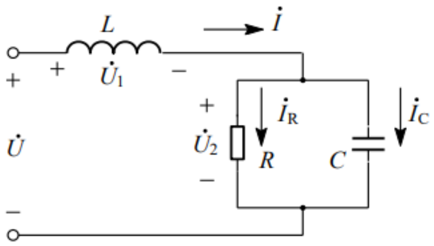
学习正确使用调压器及电参数测量仪

3.2 实验课任务

(1)分别测量滑线电阻、电感线圈及电容器的参数。分别将滑线电阻、电感线圈及电容箱接入图示的实验电路。调节电流 I，使之分别为 0.8A 和 1.0A，测量出相应的电压 U 和功率 P 值。



(2)将上述滑线电阻、电感线圈及电容箱组成图示电路，测量该电路在电流 I 分别为 0.8A 和 1.0A 时的 P、U、U_2等量。



3.3 实验注意事项

(1)注意调压器的正确接线，调节时必须观察伏特表、安培表和功率表以保证其勿超量程。

(2)本实验中，通过滑线电阻和电感线圈的电流不要超过 1A。

(3)使用功率表时，必须保证其电压、电流均不超过额定值并正确连接同名端。

(4)换接被测元件时，要将调压器退回零伏并拉闸切断电源。

3.4 实验原始数据

交流电路参数的测定实验记录.

(1) 任务(1)

I(A)	U(V)	P(W)	R(Ω)	平均R(Ω)
0.80	117.6	94.0	147.0	147.1
1.00	147.2	147.2	147.2	

I(A)	U(V)	P(W)	|Z|(Ω)	R_L(Ω)	X_L(Ω)	L(H)	平均R_L(Ω)	平均X_L(Ω)	|Z|∠φ	平均L(H)
0.80	126.7	10.0	158.4	15.6	157.6	0.502	15.6	157.8	158.6 ∠84.4°	0.5
1.00	158.7	15.6	158.7	15.6	157.9	0.502				

I(A)	U(V)	P(W)	|Z|(Ω)	R_C(Ω)	X_C(Ω)	C(μF)	平均R_C(Ω)	平均X_C(Ω)	|Z|∠φ	平均C(μF)
0.80	154.3	0.2	192.8	0.3	-192.8	16.5	0.3	-193.0	193.0 ∠89.9°	16.5
1.00	193.2	0.3	193.2	0.3	-193.2	16.5				

(2) 任务(2)

I(A)	U(V)	U_2(V)	P(W)	Z(Ω)	φ(°)	平均Z(Ω)	平均φ(°)
0.80	112.7	94.8	71.0	140.9	38.0	141.0	38.1
1.00	141.0	117.9	110.8	141.0	38.2		

龙
5.14

空心电感箱 15022893

调压器 T-14

滑线电阻 R-1614

数字电参数测量仪 12006773

十进电容箱 03005961

实验人：彭程

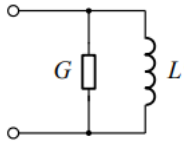
日期：2021.5.14.

4. 思考题

1. 如果调压器的输入端、输出端接反了，会发生什么情况？

会造成电源短路或者烧毁调压器，实验中应当避免这种情况发生。

1. 如何根据 I、U、P 的实验结果直接计算电感线圈的并联等值电路的参数？



纯电感线圈不消耗功率，故此电路中满足 $P=U^2G$

故 $G=\frac{P}{U^2}$ 可直接计算出 G

由 $|Y|=\frac{I}{U}=\sqrt{G^2+\frac{1}{w^2L'^2}}$ 得到 $L'=\sqrt{\frac{U^2}{w^2I^2-G^2U^2}}$，代入可计算出 L'

2. 如何判断被测阻抗是容性还是感性？

串联一只感抗为 X_C 的电容，$X_C=\frac{1}{wC}$

由 KVL：$\dot{I}(R+jX)=\dot{I}_C(R+jX-jX_C)=\dot{U}$

故 $\frac{I}{I_C}=\sqrt{\frac{R^2+(X-X_C)^2}{R^2+X^2}}$

对于该阻抗，当 $X>0$ 时为感性，$X<0$ 时为容性.

故当串联电容 C 很大，即 X_C 较小时（满足 $\frac{1}{wC}<2X$）

若电流增大，即 $\frac{I}{I_C}<1$，可判断 $X>0$，为感性.

若电流减小，即 $\frac{I}{I_C}>1$，可判断 $X<0$，为容性.

4. 对于纯电阻、电感和电容元件，如何简化测量方式？

只需要测量元件两端的 U 和通过元件的 I

即可按照下式算出：

$R=\frac{U}{I}$

$X_L=wL \qquad L=\frac{X_L}{w}=\frac{U}{Iw}$

$X_C=\frac{1}{wC} \qquad C=\frac{1}{wX_C}=\frac{I}{Uw}$

5. 终结报告要求

1. 计算任务（1）中滑线电阻（作为固定电阻用）的电阻 R、电感线圈的等效参数 R_L 和 L 以及电容的等效参数 R_C 和 C，并取两次结果的平均值作为最后的测量结果。

根据实验记录表格中的计算：

$R = 147.1\Omega$

$R_L = 15.6\Omega$ $L = 0.502H$

$R_C = 0.3\ \Omega$ $C = 16.5\mu F$

2. 计算实验任务（2）中的总阻抗 Z 、φ的值，并取其平均值。

根据实验记录表格中的计算：

$|Z| = 141.0\ \Omega$ $\varphi = 38.1°$

3. 用任务（1）测得的参数代入下式计算阻抗

$$|Z|\angle\varphi = R_L + \mathrm{j}X_L + \frac{R(\mathrm{j}X_C)}{R+\mathrm{j}X_C}$$

与任务(2)测量结果比较，并计算 Z 的误差

$$|Z|\text{的相对误差} = \frac{|Z|_{\text{实测}} - |Z|_{\text{计算}}}{|Z|_{\text{实测}}} \times 100\%$$

$$\varphi\text{的绝对误差} = \varphi_{\text{实测}} - \varphi_{\text{计算}}$$

根据任务(1)中测得的参数：

$R_L = 15.6\Omega$ $X_L = 157.8\Omega$ $R = 147.1\Omega$ $X_C = -193.0\Omega$

得：$|Z|\angle\varphi = R_L + \mathrm{j}X_L + \frac{R(\mathrm{j}X_C)}{R+\mathrm{j}X_C} = 139.1\angle 38.6°$

任务(2)中测得 $|Z|\angle\varphi = 141.0\angle 38.1°$

$|Z|\text{的相对误差} = \frac{|Z|_{\text{实测}} - |Z|_{\text{计算}}}{|Z|_{\text{实测}}} \times 100\% = 1.35\%$

$\varphi\text{的绝对误差} = \varphi_{\text{实测}} - \varphi_{\text{计算}} = -0.5°$

3. 以任务(2)电流 I=1A 时实测的$\dot{U}_2$为参考相量，用相量法计算并验证：

$$|\dot{U}|_{\text{实测}} \approx |\dot{U}_1 + \dot{U}_2|_{\text{计算}}\ ,\quad |\dot{I}|_{\text{实测}} \approx |\dot{I}_R + \dot{I}_C|_{\text{计算}}$$

$$\dot{U}_2 = 117.9\angle 0° \quad (V)$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_2}{\frac{R(jX_c)}{R+jX_c}} = 1.0\angle 37.3° \quad (V)$$

$$\dot{U}_1 = \dot{I}(R_L + jX_L) = 159.8\angle 121.7° \quad (V)$$

$$\dot{U}_1 + \dot{U}_2 = 140.1\angle 76.0° \quad (V)$$

$$|\dot{U}_1 + \dot{U}_2|_{计算} = 140.1(V) \approx |\dot{U}|_{实测} = 141.0 \ (V)$$

$$\dot{I}_R = \frac{\dot{U}_2}{R} = 0.801\angle 0° \ A$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_2}{jX_C} = 0.611\angle 90° \ A$$

$$\dot{I}_R + \dot{I}_C = 1.01\angle 37.33° \ A$$

$$|\dot{I}_R + \dot{I}_C|_{计算} = 1.01A \approx |\dot{I}|_{实测} = 1.0 \ A$$

4. 在坐标纸上画出$\dot{U}$、$\dot{U}_1$、$\dot{U}_2$、$\dot{I}$、$\dot{I}_R$、$\dot{I}_C$的相量图。

见报告末附页

6. 实验结论与收获

6.1 实验结论：

(1) 交流电路中，基尔霍夫电压和电流定律依然适用，阻抗可以表示成：

$Z = |Z|\angle\varphi = R + jX$，可以使用纯电阻电路中的串并联关系来分析交流电路。

(2) 交流电路中的支路量可以用向量表示，并通过元件的约束条件和向量的四则运算来作向量图求解。在作向量图时，先选某一阻抗的电压或者电流作为参考向量。这样，知道了电路上一个阻抗的电压和和电流的相位关系，就可以将电路中各个元件的电压向量与电流向量画在同一个向量图上。

6.2 实验收获：

通过本次“交流电路参数的测定”实验，我学习到了电参数测试仪的使用方法，知道了调压器的内部结构、使用方法以及安全操作规范，掌握了三表法测量阻抗和利用向量图求解交流电路参数的方法。同时也加深了对于正弦交流电路向量表示的理解。

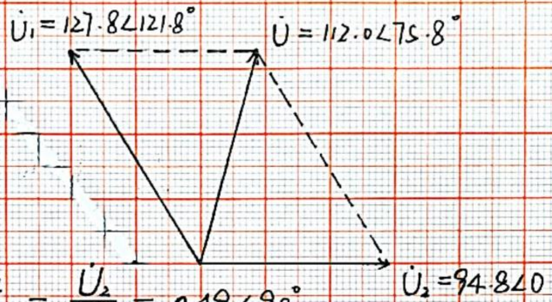
附页：

用相量法作 $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}, \dot{I}, \dot{I}_R, \dot{I}_C$

$I = 0.8A$时，以$\dot{U}_2$作为参考相量.

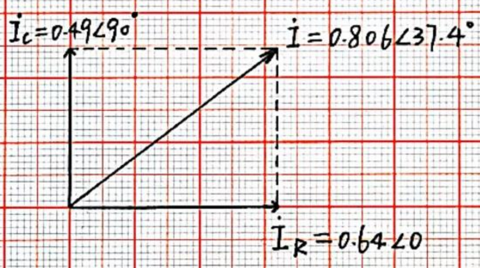
$\dot{U}_2 = 94.8\angle 0$ $\quad\quad$ $\dot{U}_1 = \dot{I}Z_L = 127.8\angle 121.8^\circ$

$\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = 112.0\angle 75.8^\circ$



$\dot{I}_R = 0.64\angle 0^\circ$ $\quad\quad$ $\dot{I}_C = \dfrac{\dot{U}_2}{X_C} = 0.49\angle 90^\circ$

$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_C = 0.806\angle 37.4^\circ$

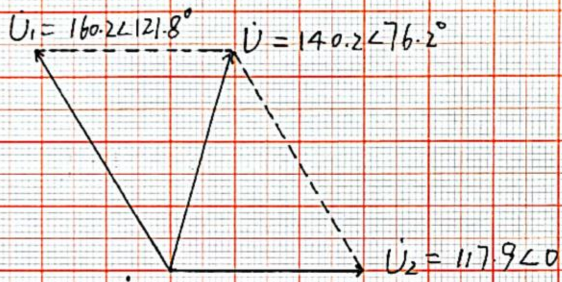


用相量法作 $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}, \dot{I}, \dot{I}_R, \dot{I}_C$

$\dot{I}=1.0A$时，以$\dot{U}_2$作为参考相量.

$\dot{U}_2 = 117.9\angle 0$　　　$\dot{U}_1 = \dot{I}Z_L = 160.2\angle 121.8^\circ$

$\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = 140.2\angle 76.2^\circ$



$\dot{I}_R = 0.80\angle 0^\circ$　　　$\dot{I}_C = \dfrac{\dot{U}_2}{X_C} = 0.61\angle 90^\circ$

$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_C = 1.01\angle 37.4^\circ$