

电路原理实验报告

实验名称 交流电路参数的测定

班 号 1151

实验日期 2016年10月9日

实验者 金子豪

同组人 张耀楠

成绩评定:

92

教师签名:

李

评阅日期:

10.31



实验二 交流电路参数的测定

- 实验目的
1. 学习用电参数测试仪(交流电压表、电流表和功率表)测量交流电路参数的方法
 2. 加强正弦交流电路相量的概念。
 3. 学习正确使用自耦调压器的方法。

实验电路及原理 1. 三表法测阻抗。

交流电路的阻抗 Z 的等值参数可以利用伏特表、安培表和功率表和频率计来测定。 $Z = |Z| \angle \varphi = R + jX$ 。

测出此阻抗两端的电压，流过其中的电流以及所消耗的功率 P ，即可按下列公式计算出：

$$|Z| = \frac{U}{I}, R = \frac{P}{I^2}, X = \pm \sqrt{|Z|^2 - R^2} = \pm \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - \left(\frac{P}{I^2}\right)^2}$$

$\varphi = \pm \cos^{-1} \frac{P}{UI}$ ，其中“+”号用于感性情况，“-”号用于容性情况。

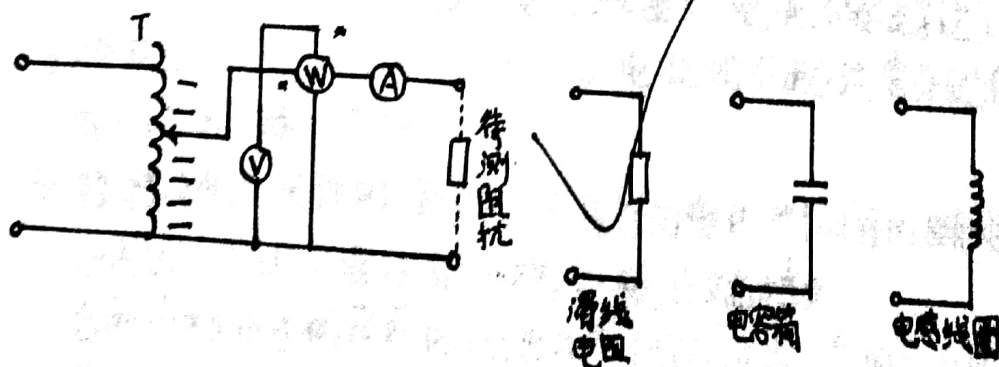
如果所测的是感性元件，则

$$X = \omega L = 2\pi fL \text{ 或 } L = \frac{X}{\omega}$$

如果所测的是容性元件，则

$$X = -\omega C, C = -\frac{1}{\omega X}$$

下图是实验用的测量电路图，其中 T 为调压器，用以调节实验电压和电流。



清华大学实验报告

系别 _____ 班号 _____ 姓名 _____ (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日

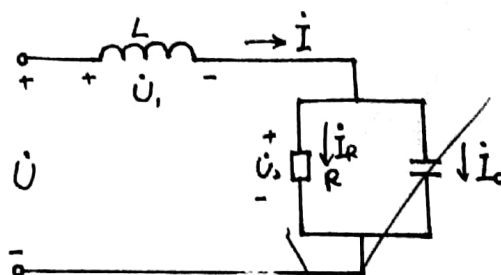
教师评定 _____

2. 向量图的画法.

将基尔霍夫电压定律和电流定律
应用于右图电路有

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

$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_C$$



这些电压、电流的数值可分别用电压表、电流表读出。根据上述关系可画相量图。相量求和的几何表示方式是作平行四边形。我们可以取某一阻抗的电压或电流为参考向量。如 \dot{U}_1 。根据各支路阻抗的性质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。

实验设备	单相自耦调压器	220V/0-250V, 2kVA	1台
	电参数测量仪	型号 8952CJ	1台
	滑线变阻器	320Ω/1A (约用 160Ω)	1个
	电感线圈	约 0.5H (接 1、6 端)	1个
	电容箱	10μF (0-20μF)	1个

- 说明及注意事项
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。使用调压器时，不要把输入端和输出端接反。合闸前检查手柄是否在输出为零伏的位置。合闸后从零伏开始逐渐增大输出电压，并同时监视各仪表是否正常。实验读数完成后将手柄转回零伏位置。



5. 电参数测量仪测量电压时, 用表笔测量. 测量电流时, 将待测量的导线从图 2.6 所示电流钳前端的孔中穿过, 并合上电流钳, 则可以直接在前面板中的相应位置读出电流值. 当电压电流同时测量时, 仪器会自动计算出功率值. 此时必须保证测量电压的红黑表笔和电流钳上红色箭头方向一致.

实验电路一

X

组别	电流 I	电压 U	功率 P	滑线电阻 R	R_L	L	R_C	C
第一组								
第二组								

实验电路二

X

组别	电流 I	P	U	U_L	$ Z $	φ

X

预习时所画表格是错误的, 请忽略
 以下是课上所讲的表格:

实验任务: 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到实验电路一.
 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.

$R \approx 160 \Omega$

接电阻时

I(A)	U(V)	P(W)	R(Ω)	平均值 R(Ω)
0.80	129.1	103.2	161.4	161.65
1.00	161.9	161.9	161.9	



接电容箱时

~~L ≈ 500mH~~

C ≈ 16μF

I(A)	U(V)	P(W)	Z(Ω)	X _C (Ω)	C(μF)	X _C 平均(Ω)	C平均(μF)
0.80	154.2 (177)	0.3	192.8	-192.8 (-147)	16.5	-192.75	16.5
1.00	192.7	0.4	192.7	-192.7 (-147)	16.5		

接电感线圈时

L ≈ 500mH

I(A)	U(V)	P(W)	R _L (Ω)	X _L (Ω)	L(H)	X _L 平均(Ω)	R _L 平均(Ω)	Z < φ
0.80	127.1	9.7	15.2	158.1	0.50	158.1	15.15	158.8 284.5°
1.00	158.8	15.1	15.1	158.1	0.50			

2. 将上述滑线电阻、电感线圈及电容箱组成实验电路二。测量该电路在电流 I 分别为 0.8A 和 1.0A 时的 P、U、U_s 等量

I(A)	U(V)	U _s (V)	P(W)	Z(Ω)	φ(°)	Z平均(Ω)	φ平均(°)
0.8	109.0	100.0	71.7	136.3	34.7	136.35	34.75
1.00	136.4	125.1	112.0	136.4	34.8		

实验结论 (对于书上七. 实验报告要求的回答)

1. 任务 1 中的测量结果: 电阻 R = 161.65Ω 电感线圈的等效参数 R_L = 15.15Ω, L = 0.50mH
电容的等效参数 R_C = 2.2Ω C = 16.5μF

2. 任务 2 中的测量结果: 总阻抗 |Z| = 136.35Ω. φ = 34.75°

3. 任务 1 中: $|Z| < φ = R_L + jX_L + \frac{R_C jX_C}{R_C + jX_C} = 15.15 + 158.1j + \frac{161.65 \times 192.75j}{161.65 + 192.75j} = \frac{109.9 + 78.6j}{161.65 + 192.75j} = 94.8 + 63.2j$
(= 113.9 e^{j33.6°}) = 135.15 e^{j35.6°}

可知 |Z| 的相对误差 = $\frac{|Z|_{理论} - |Z|_{测量}}{|Z|_{理论}} \times 100\% = \frac{136.35 - 135.15}{136.35} \times 100\% = 0.88\%$

φ 的绝对误差 = φ_{理论} - φ_{测量} = 35.6° - 34.75° = 0.85°



由 扫描全能王 扫描创建

4. 以任务2电流 $I=1A$ 时实测的 U_2 为参考相量. 用相量法计算并验证

$|U|_{\text{实测}} \approx |U_1 + U_2|$ 计算, $|I|_{\text{实测}} \approx |I_R + I_C|$ 计算.

$$\dot{U}_1 = 120 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$\dot{I}_R = 0.774 \angle 40^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_C = 0.649 \angle 90^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I} = 0.774 + j0.649 \text{ A} = 1.01 \angle 40^\circ \text{ A}$$

$$|I_R + I_C|_{\text{计算}} \approx |I|_{\text{实测}}$$

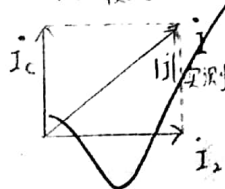
1.5 折线

$$\dot{U}_1 = \dot{I} \times Z_L = 158.8 \angle 124.5^\circ \text{ V}$$

$$\therefore \dot{U} = 35.05 + j30.87 \text{ V}$$

$$= 135.5 \angle 75^\circ$$

$$\therefore |U|_{\text{实测}} \approx |U_1 + U_2| \text{ 计算}$$



5. 在坐标纸上画出 $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}, \dot{I}, \dot{I}_R$ 和 \dot{I}_C 的相量图.

如附图所示.

6. 实验结论. 收获

结论: $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{U}$ 的合成符合平行四边形法则. $\dot{I}, \dot{I}_R, \dot{I}_C$ 的合成符合平行四边形法则

电感. 电容对交流电都有一定的阻碍作用. 即使理想电感. 电容不存在导线电阻的影响. 仍会产生阻抗阻碍交流电流.

对于感性元件. 电压领先于电流. X 为正

对于容性元件. 电流领先于电压. X 为负

收获: 因为在高中的时候很少做实验. 因此在上节课做实验连电路时手忙脚乱. 这节课做了充足的预习. 连接电路变得顺畅了许多. 在做实验时. 发现了电容测量时. 电流钳方向正确. 但功率 P 却出现了负值. 与老师交流了很长时间. 得知了电表测量的局限性. 在此. 感谢老师长时间不厌其烦的讲解!

另外. 在一次实验前. 忘记将调压器归零. 看到电表示数时才意识到这一问题. 以后一定注意严格按照流程操作. 避免此类问题再次发生.



误差分析:

①. 数字电表测量内部误差

②. 电感、电容内部误差

以上为系统误差.

③. 用数字电表测量电压时, 线路接触不良或接线处有抖动, 产生误差

④. 用数字电表测量电流时, 电流钳接反或导线位置不对产生误差

⑤. 读数时不等示数稳定, 造成读数误差

以上为随机误差.

若实验结果与理论值偏差过大, 应重测或舍弃该数据.

以免对结论产生影响.

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?

若接反, 则该调压器变为升压调压器, 接在电路上的电压极大, 易发生危险. 在实验结束将调压器归零时, 相当于把电源短路, 会引发事故

2. 如何根据 I 、 U 、 P 实验结果直接计算电感线圈的并联等值

电路 (如图) 的参数?

$$\left(\begin{aligned} Z &= \frac{U}{I} \quad Z = \frac{U}{I} \\ Z &= \frac{R_0}{1 + j\omega L} \\ Z &= \frac{R_0}{1 + j\omega L} \end{aligned} \right)$$

注意 $U = I|Z|$, $I = |I|$
根据 Z 可求得.

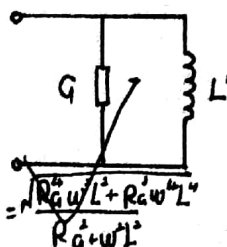
$$Z = \frac{U}{I} = j \frac{R_0 \omega L}{R_0 + j\omega L}$$

$$R_0 = \frac{U^2}{P}$$

将 $R_0 = \frac{U^2}{P}$ 代入

$$\frac{U}{I} = \left| \frac{R_0 \omega L (R_0 - j\omega L)}{R_0^2 + \omega^2 L^2} \right| = \frac{R_0 \omega L}{R_0^2 + \omega^2 L^2}$$

可得.



3. 如何判断被测阻抗是容性还是感性?

根据测量值画相量图. 若电流领先电压.

则阻抗呈容性. 若电压领先电流, 则阻抗

呈感性.

实验方法

4. 对于纯电阻、电感和电容元件, 如何简化测量方式?

纯电阻: 直接测其两端 U , I . 由 $R = \frac{U}{I}$ 求得

纯电感: $R=0$. 测其两端 U , I . $X = \frac{U}{I}$. $L = \frac{X}{\omega} = \frac{U}{\omega I}$

纯电容: $R=0$. 测其两端 U , I . $X = -\frac{U}{I}$. $C = \frac{1}{\omega X}$



清华大学实验报告

系别 _____ 班号 _____ 姓名 _____ (同组姓名 _____)
作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

5. (自行思考) 为什么在测实验线路一中电容箱时, 电流表方向正确, 但是数字电表的功率却显示为负值?

可能的情况 1. 数字电表当时显示的示数是 -0.3W , 可能是电表对于小数值的数据测量不准确, 导致出现负值.

2. 在测量时, 将电容箱的放电摇杆拨至上端和中部时, 示数为负, 当摇杆拨至下端时, 示数为正, 可能是电容箱内部电路的问题, 使得摇杆处于中部仍然连通放电电路, 导致上述情况.



$R \approx 160 \Omega$

I(A)	U(V)	P(W)	R(Ω)	平均值R(Ω)
0.80	129.1	103.2		
1.00	161.9	161.9		

$L \approx 500 \text{ mH}$

I(A)	U(V)	P(W)	R(Ω)	X _L (Ω)	L(H)	X _L 平均(Ω)	R _L 平均(Ω)	Z $\angle\varphi$
0.80	127.1	9.7						
1.00	158.8	15.1						

$C \approx 16 \mu\text{F}$

I(A)	U(V)	P(W)	R(Ω)	X _C (Ω)	C(μF)	X _C 平均(Ω)	C平均(μF)
0.80	154.2	00.3					
1.00	192.7	00.4					

任务2

I(A)	U(V)	U ₂ (V)	P(W)	R(Ω)	$\varphi(^{\circ})$	R平均(Ω)	φ 平均($^{\circ}$)
0.8	109.0	100.0	71.7				
1.00	136.4	125.1	112.0				

仪器名称 滑线电阻 FMB教学用十进制电阻箱

仪器编号 R-1611 03005959

仪器名称 空心电感箱 调压器

仪器编号 15022892 T-11

桌号 11

数字电参数测量仪

12007710

10.10



由 扫描全能王 扫描创建

根据实验任务4的计算可得

$$\dot{U}_1 = 158.8 \angle 124.5^\circ \text{ V}$$

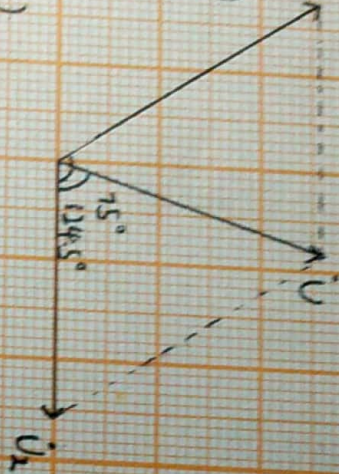
$$\dot{U}_2 = 125.1 \angle 0^\circ \text{ V (参考)}$$

$$\dot{U} = 135.5 \angle 75^\circ \text{ V}$$

$$\dot{I}_R = 0.774 \angle 0^\circ \text{ A (参考)}$$

$$\dot{I}_L = 0.649 \angle 90^\circ \text{ A}$$

$$I = 1.01 \angle 40^\circ \text{ A}$$



11/18

