

实验报告

第 4 次实验

评定成绩: _____ 审阅教师: _____

一、实验目的

- (1) 了解交流电基础知识及电器设备使用操作方法;
- (2) 掌握电阻、电感、电容等单相交流电路参数测量方法,通过实验加深对阻抗概念的理解;
- (3) 掌握多功能表测量电压、电流、功率以及单相自耦调压器的正确使用方法,
- (4) 掌握功率因数的测量及其改变方法。

二、实验原理(预习报告内容,如无,则简述相关的理论知识点。)

- (1) 查找资料,了解交流电安全用电知识;

交流电是一种电能的形式,它的电压和电流的方向和大小都随时间周期性地变化。交流电的优点是可以通过变压器进行电压的升降,方便电能的输送和使用。交流电的缺点是对人体的危害比直流电大,因为交流电可以更容易地穿透人体的皮肤和组织,造成电击、电烧、心律失常等严重的后果。因此,使用交流电时,必须注意以下的安全用电知识:

遵守用电规则,不私拉乱接电线,不超负荷用电,不在潮湿或易燃的地方用电,不在雷雨天气用电,不在电源开关附近放置易燃易爆物品,不在电源开关上挂衣服等物品,不在电源开关上贴纸或涂漆,不在电源开关上插入金属物品等。

使用合格的电器设备,不使用老化、损坏、漏电的电器设备,不使用不符合国家标准的电器设备,不使用不适合电压或功率的电器设备,不使用不带保护措施的电器设备,不使用不经检验或维修的电器设备,不使用不清洁或不干燥的电器设备等。

正确插拔电源插头,不用湿手或金属物品插拔电源插头,不用力过猛或过快插拔电源插头,不用暴力或工具拔出电源插头,不在电源插头上挂重物或拉扯电线,不在电源插头上堆放物品或覆盖物品,不在电源插头上接触带电部分等。

妥善处理故障和事故,不自行拆修或处理故障的电器设备,不用湿手或金属物品触摸故障的电器设备,不用水或其他液体灭火故障的电器设备,不在故障的电器设备附近停留或观看,不在故障的电器设备上继续用电,不在故障的电器设备上移动或拆卸,不在故障的电器设备上留下易燃易爆物品等。遇到故障或事故时,应立即切断电源,报告有关部门或专业人员,进行检查或维修,进行安全处理或处置。

- (2) 了解电阻、电感、电容、功率因数等单相交流电路参数测量方法。

电阻、电感、电容、功率因数等是单相交流电路的重要参数,它们反映了电路的性能和特点。测量这些参数的方法有多种,其中常用的有以下几种:

电桥法:电桥法是一种利用电桥平衡原理,通过调节电桥的四个臂的电阻或电抗,使电桥两端的电压相等,从而测量出被测元件的电阻或电抗的方法。电桥法的优点是精度高,灵敏度高,适用于测量各种电阻或电抗的元件。而它的缺点是操作复杂,需要多个仪器,受外界干扰大,不适用于测量变化快的电阻或电抗的元件。电桥法有多种类型,如直流电桥、交流电桥、韦斯顿电桥、麦克斯韦电桥、舒林格电桥等。

三表法:用交流电压表、交流电流表和功率表分别测出元件 Z 两端电压 U 、电流 I 和消耗的有功功率 P ,并且根据电源角频率 ω ,然后通过计算公式间接求得阻抗参数。这种测量方法称为三表法。三表法的优点是操作简单,仪器少,受外界干扰小,适用于测量变化快的电阻或电抗的元件。其缺点包括精度低,灵敏度低,不适用于测量很小或很大的电阻或电抗的元件。

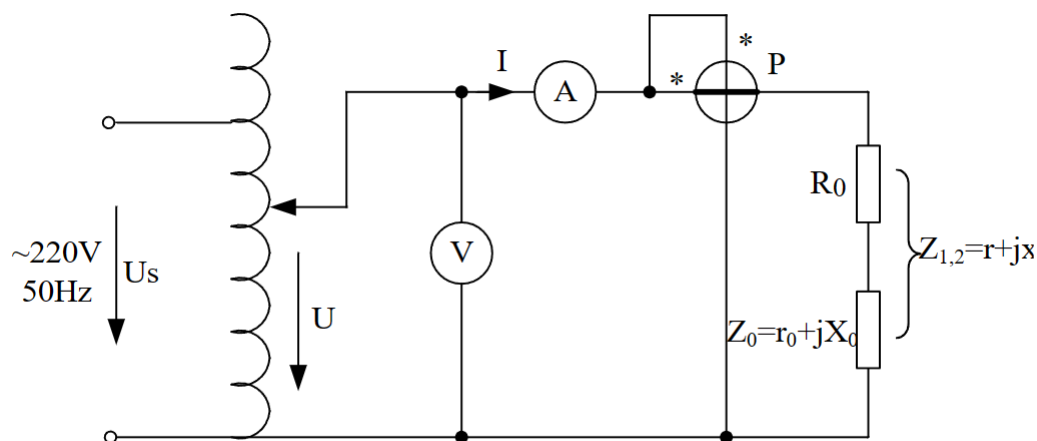
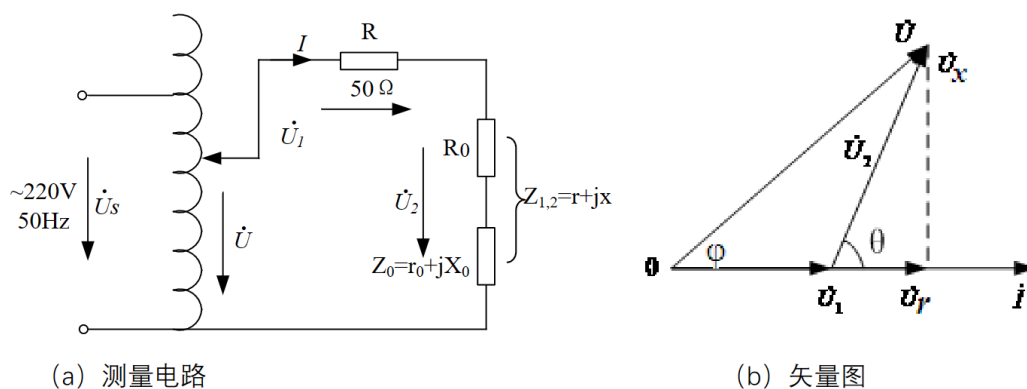


图 2 三表法测量电路

三电压表法：三电压表法通过电压表分别测出电压 U 、 U_1 和 U_2 ，然后根据这三个电压向量构成的三角形矢量图和 U_2 分解的直角三角形矢量图，从中可以求出元件阻抗参数。三电压表法的优点是操作简单，仪器少，受外界干扰小，适用于测量变化快的电阻或电抗的元件。电压比法的缺点是精度低，灵敏度低，不适用于测量很小或很大的电阻或电抗的元件。



(a) 测量电路

(b) 矢量图

图 1 三电压表法

(3) 理论计算分析实验内容 (3) 中 $Z_1 + Z_2$ (Z_1 串联 Z_2)、 $Z_1 // Z_2$ (Z_1 并联 Z_2) 时，电路的性质（容性电路还是感性电路）。

$$Z_1 = 10 \Omega + jL (114 \text{mH}) \quad Z_2 = 100 \Omega + jC (10 \mu\text{F})$$

$$Z_1 + Z_2 = R_1 + 2\pi fLj + R_2 + \frac{1}{2\pi fCj}$$

$Z_1 + Z_2$:

$$Z_1 + Z_2 = 10 + 2 * 3.14 * 50 * 114 * 10^{-3}j + 100 + \frac{1}{2 * 3.14 * 50 * 10 * 10^{-6}j} = 110 + -282.67j$$

所以对于 Z_1 串联 Z_2 为容性电路

$$Z_1 // Z_2 = (R_1 + 2\pi fLj) // (R_2 + \frac{1}{2\pi fCj})$$

$Z_1 // Z_2$:

$$Z1 \parallel Z2 = \frac{(10 + 2 * 3.14 * 50 * 114 * 10^{-3}j) * (100 + \frac{1}{2*3.14*50*10*10^{-6}j})}{(10 + 2 * 3.14 * 50 * 114 * 10^{-3}j) + (100 + \frac{1}{2*3.14*50*10*10^{-6}j})} = 13.612 + 38.37j$$

所以对于 Z1 并联 Z2 为感性电路

(4) 复习功率因数概念，试列出负载功率因数改变（提高、减小）的方法。

功率因数是指交流电路有功功率对视在功率的比值，它反映了电能的利用效率。功率因数越接近 1，说明电能利用效率越高，电网损耗越小。功率因数越低，说明电能利用效率越低，电网损耗越大。

提高功率因数的方法有：

- 1，提高设备的负载率，避免轻载。（成本高）
- 2，在设备上并联电容器，提高功率因数。

减小功率因数的方法有：

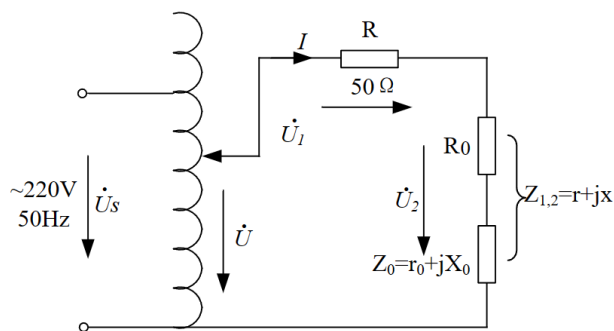
- 1，减少电阻负载率，降低电路的电抗，使电路的功率因数接近 0。
- 2，在感性电路增加电感负载率，增大电路的感抗，使电路功率因数滞后，接近 0。
- 3，在容性电路增加电容负载率，增大电路的容抗，使电路功率因数超前，接近 0。
- 4，在电路中引入非线性元件，如整流器、变频器等，产生谐波失真，降低电路的功率因数。

三、实验内容

(1) 单相、三相交流电路的接线操作，按照强电实验操作规范接线、通电、操作：包括开关、熔断器、自耦变压器等电器设备结构原理的理解和使用方法。

(2) 三电压表法测量电路参数（验收）

测量电路如图 1 所示，串联的已知电阻为 50Ω ， $Z1=10 \Omega + L(114mH)$ ， $Z2=100 \Omega + C(10uF)$ ，



(a) 测量电路

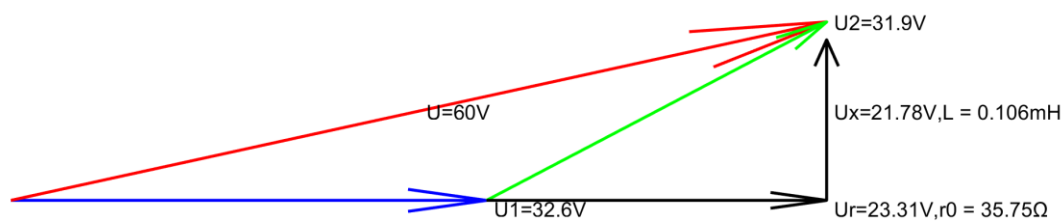
图 1 三电压表法

按表 1 内容测量和计算分析。

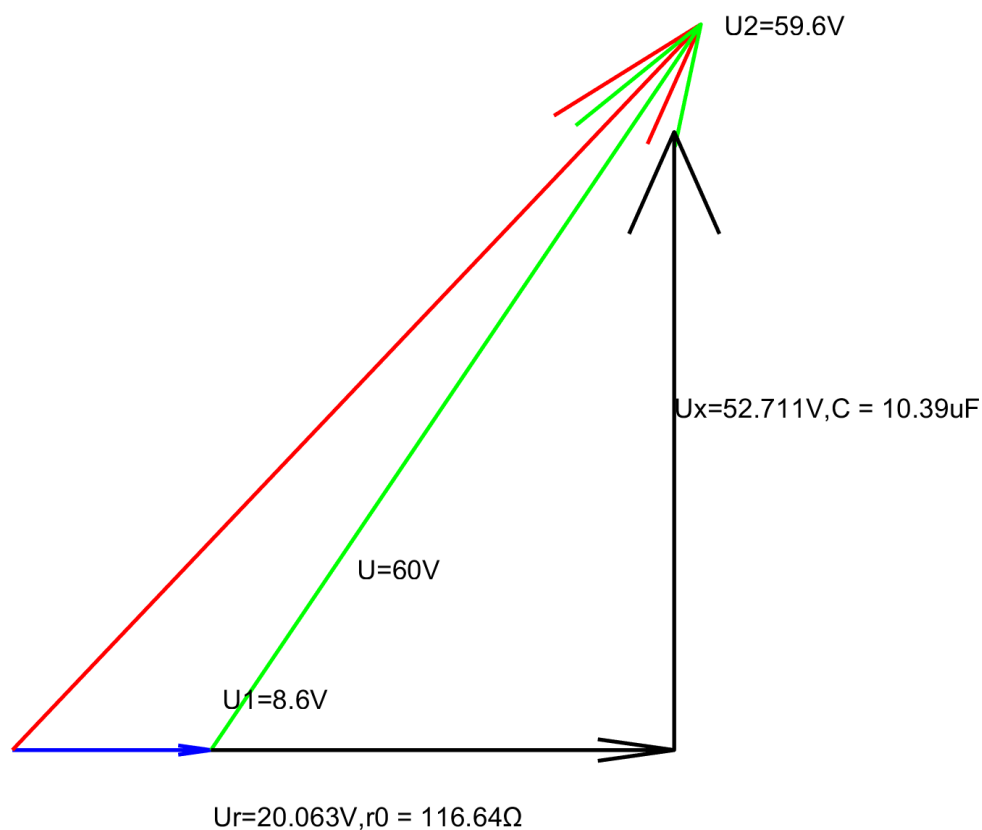
表 1 三电压表法

Z	测量参数			计算参数					
	U(V)	U1(V)	U2(V)	cosθ	Ur(V)	Ux(V)	r0(Ω)	L(mH)	C(uF)
Z1	60(59.6)	32.6	31.9	0.731	23.31	21.780	35.75	0.106	
Z2	60(59.6)	8.6	56.4	0.356	20.063	52.711	116.64		10 . 39

对于 Z1 可以做出如下矢量图，分析可得结论：



对于 Z2 同样可以做出如下矢量图，分析可得结论



从矢量图中可以看出，Z1 是一个感性电路，其电压滞后于电流，其电阻为 35.75Ω ，其电感为 0.106 mH ，其功率因数为 0.731 。Z2 是一个容性电路，其电压超前于电流，其电阻为 116.64Ω ，其电容为 $10.39 \mu\text{F}$ ，其功率因数为 0.356 。

(3) 三表法测量电路参数（验收）

测量电路如图 2 所示， $Z_1=10 \Omega + L$ (114 mH)， $Z_2=100 \Omega + C$ ($10 \mu\text{F}$)，测量数据记入下表中。

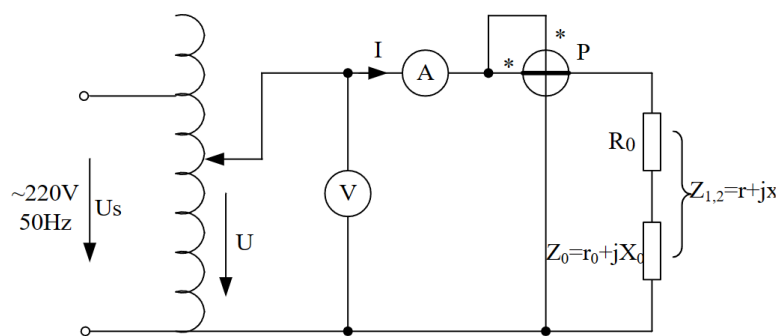
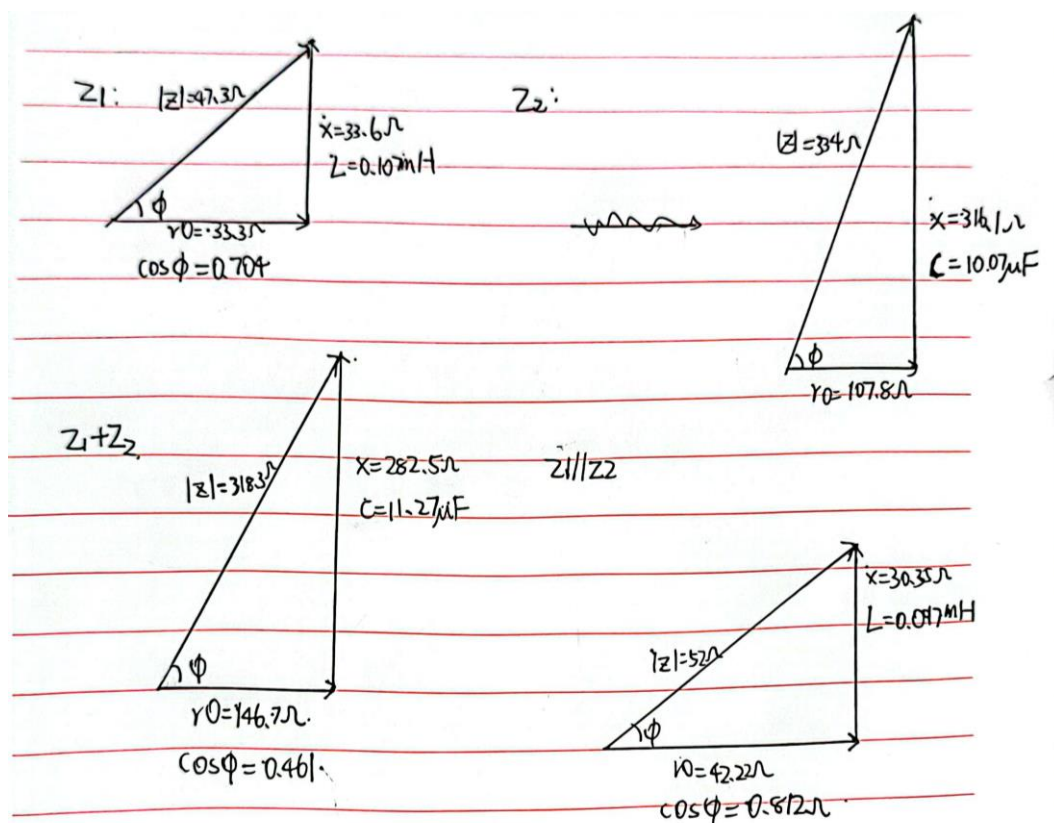


图 2 三表法测量电路

表 2 三表法

Z	测量参数			计算参数					
	I(A)	U(V)	P(W)	z(Ω)	cos ϕ	r0(Ω)	x(Ω)	L(mH)	C(μ F)
Z1	0.3(298.6)	14.1	3.0	47.333	0.704	33.333	33.606	0.107	
Z2	0.3(298.9)	92.9	9.7	334.000	0.323	107.778	316.133		10.07
Z1+Z2	0.3(299.5)	84.5	3.0	318.333	0.461	146.667	282.533		11.27
Z1//Z2	0.3(301.3)	15.8	3.6	52.000	0.812	42.222	30.353	0.097	



从表 2 中可以看出, Z1 和 Z2 的参数与表 1 中的基本一致, 说明两种测量方法的结果是相符的。另外, 从表 2 中还可以看出, 当 Z1 和 Z2 并联时, 其总阻抗为 52 Ω , 其总功率因数为 0.812, 比单独的 Z1 和 Z2 的功率因数都要大, 说明电感并联电容可以提高功率因数。

从表 2 中还可以看出, Z1//Z2 的阻抗和功率因数与 Z1 的非常接近, 说明 Z1//Z2 的电路特性主要由 Z1 决定, Z2 的影响很小。这是因为 Z2 的阻抗远大于 Z1 的阻抗, 所以 Z1//Z2 的阻抗近似等于 Z1 的阻抗, 而 Z2 的电流很小, 所以 Z1//Z2 的功率近似等于 Z1 的功率。同理 Z1+Z2 电路特性主要由 Z2 决定, Z1 的影响很小。这同样是因为 Z2 的阻抗远大于 Z1 的阻抗, 所以 Z1+Z2 的阻抗近似等于 Z2 的阻抗。

(4) 功率因数的改变 (验收)

根据表 2 测得的 Z1 (R、L 电路) 的功率因数 $\cos \phi$ 值为参照, 试采用不同方法改变功率因数。

1) 仍按图 2 接线, 选取电容并联在负载 Z1 两端。首先调节单相自耦调压器, 使副方电压等于表 2 中负载为 Z1 时对应的电压值, 然后测出 I、P, 计算 $\cos \phi$, 将实验数据填入表 3 中, 与不接电容前的负载功率因数相比较, 进行总结分析。

表 3 功率因数的改变-1

改变方法	测量参数			计算参数
	I(A)	U(V)	P(W)	$\cos\phi$
并联电容 1(10uF)	0.2674	14.1	2.8	0.743
并联电容 2(20uF)	0.2418	14.1	2.7	0.792

从表 3 中可以看出, 当在 Z1 两端并联电容时, 其电流减小, 其功率略有减小, 其功率因数有所提高, 说明并联电容可以抵消 Z1 的感性电抗, 使电路更接近于纯电阻性, 从而提高功率因数。当并联电容的容值增大时, 其功率因数提高的幅度更大, 说明并联电容的容值越大, 其抵消感性电抗的效果越好。

但是若并联的电容超过一定量时, 电路会从感性电路变成容性电路, 再增加电容的容值时, 其功率因素反而会减小。

2) 仍按图 2 接线, 将电感线圈中插入铁芯, 调节调压器, 观察电流表读数保持在 0.3A。完成表 4。与未插入铁芯时数据比较, 结合表格数据, 总结分析功率因数改变的原因。

表 4 功率因数的改变-2

改变方法	测量参数			计算参数
	I(A)	U(V)	P(W)	$\cos\phi$
铁芯部分插入	0.3(0.3013)	20.300	3.100	0.509
铁芯全部插入	0.3(0.298.9)	60.300	3.200	0.177

从表 4 中可以看出, 当在电感线圈中插入铁芯时, 其电压增大, 其功率略有增大, 其功率因数有所降低, 说明插入铁芯可以增加电感线圈的电感, 使电路更接近于纯感性, 从而降低功率因数。当铁芯全部插入时, 其功率因数降低的幅度更大, 说明铁芯插入的深度越深, 其增加电感的效果越好, 功率因素越低, 当完全插入时, 功率因数最低。

3) 仍按图 2 接线, 改变 Z1 中串联的电阻阻值, 调节调压器, 观察电流表读数保持在 0.3A。完成表 4。与原数据比较, 结合表格数据, 进行分析总结。

表 5 功率因数的改变-3

改变方法	测量参数			计算参数
	I(A)	U(V)	P(W)	$\cos\phi$
Z1 中电阻值增大	0.3	19	4.8	0.842
Z1 中电阻值减小	0.3	13.7	2.8	0.681

从表 5 中可以看出, 当 Z1 中的电阻值增大时, 其电压增大, 其功率增大, 其功率因数提高, 说明增大电阻值可以减小 Z1 的感性电抗与电阻的比值, 使电路更接近于纯电阻性, 从而提高功率因数。当 Z1 中的电阻值减小时, 其电压减小, 其功率减小, 其功率因数降低, 说明减小电阻值可以增大 Z1 的感性电抗与电阻的比值, 使电路更接近于纯感性, 从而降低功率因数。

四、实验使用仪器设备（名称、型号、规格、编号、使用状况）



功率表的型号是 HF9600E

五、实验总结

通过本次实验，我学习了单相、三相交流电路的接线操作，掌握了三电压表法和三表法测量电路参数的原理和方法，了解了并联电容、插入铁芯、改变电阻值等方法改变功率因数的效果和原因，加深了对交流电路的理解和分析，提高了实验技能和能力

本次实验让我体会到了交流电路的复杂性和多样性，让我认识到了交流电路中的各种元件的作用和特点，我掌握了一些基本的电路分析和计算方法，让我能够用矢量图来表示交流电路中的电压、电流、功率等物理量的关系，同时我能够用实验数据来验证理论公式的正确性。

本次实验还让我了解了如何改变交流电路的功率因数，我知道了功率因数的重要性和意义，也明白了提高功率因数的好处和方法，还有用并联电容、插入铁芯、改变电阻值等方式来调节交流电路的功率因数，同时能够用实验数据来说明功率因数改变的原因和效果。

本次实验还锻炼了我的实验技能和能力，让我熟悉了单相、三相交流电路的接线操作，掌握了三电压表法和三表法的测量原理和方法，我也熟练了使用电压表、电流表、功率表等仪器设备，最后我还注意了实验安全和规范，养成了良好的实验习惯和态度。

六、参考资料（预习、实验中参考阅读的资料）

《电子技术基础实验教程》，李晓峰等编著，高等教育出版社

《电子技术基础》，王晓东等编著，清华大学出版社

《电子技术基础实验指导书》，北京航空航天大学电子信息工程学院