

东南大学电工电子实验中心

实 验 报 告

课程名称: 电路实验

第 7 次实验

实验名称: 交流电路认识及参数测试

院（系）： 电子科学与工程

专 业： 电子信息大类（无锡）

姓 名: 孙寒石 学 号: D2219117

实 验 室: 202 实验组别: 17

同组人员： 张扬 实验时间： 2020 年 9 月 21 日

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善方法。

二、实验原理

1. (1) 查找资料，了解交流电安全用电知识；

1. 人走断电，用毕断电，停电时也要临时切断电源。
2. 墙壁上的插座不要安得太低，教育小孩子要远离电源、开关和插头。
3. 使用螺丝口电灯，灯头上应装保险圈，最好安装拉线开关，以免开关电灯时触碰到金属部分而发生意外。
4. 墙壁上的扳钮式电源开关，坏了要及时修理。
5. 手上沾水或出汗过多时，不要接触电线插销和使用灯头开关的电灯。
6. 电炉不要靠近电线，以免电线被烤焦而埋下隐患。
7. 不要在电线上晾晒、搭挂衣物。
8. 保险丝断了不要用铁丝、铜丝、铝丝代用。
9. 电线破损、断落时，千万不要触碰，应及时断开电源，然后速找电工修理。
10. 发现有人触电，要先用绝缘体如干燥的木棒挑开电源，切忌在电源未与触电者分离的状态下拖拉触电者。

(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。

对于交流电路中的元件阻抗值(r 、 L 、 C)，可以用交流阻抗电桥直接测量，也可以用下面的两种方法来进行测量。

1) 三电压表法

先将一已知电阻 R 与被测元件 Z 串联，如下图 1(a) 所示， Z_1 是由 10Ω 电阻和未知电感串联组成， Z_2 是由 100Ω 电阻和未知电容串联组成，当通过一已知频率的正弦交流信号时，用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，如下图 1(b) 所示。这种方法称为三电压表法。

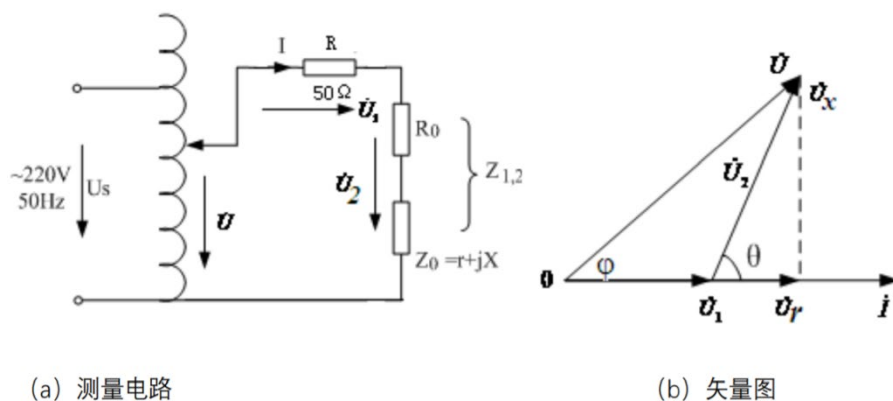


图 1 三电压表法

由矢量图可得：

$$\cos\theta = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1U_2}, \quad U_r = U_2 \cos\theta, \quad U_x = U_2 \sin\theta$$

$$r = \frac{RU_r}{U_1}, \quad L = \frac{RU_x}{\omega U_1}, \quad C = \frac{U_1}{\omega RU_x}$$

$$\cos\varphi = \frac{U_1 + U_r}{U} = \frac{U_1 + U_2 \cos\theta}{U}$$

2) 三表法（电压表、电流表、功率表）

如图 2 所示，用交流电压表、交流电流表和功率表（本实验平台三表合一）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。

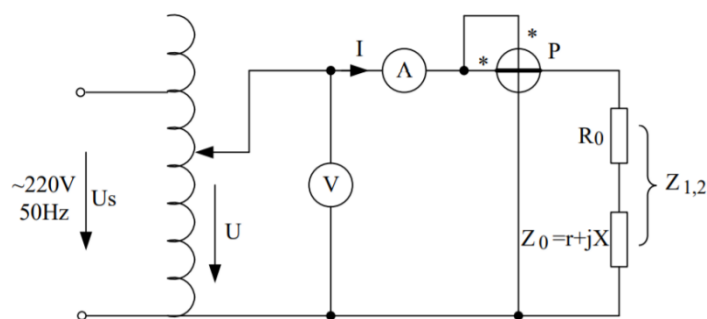


图 2 三表法测量电路

被测元件阻抗参数(r 、 L 、 C)可以由下列公式确定：

$$z = \frac{U}{I}, \quad \cos\varphi = \frac{P}{UI}, \quad r = \frac{P}{I^2} = z \cos\varphi$$

$$X = \sqrt{z^2 - r^2} = z \sin\varphi, \quad L = \frac{X_L}{\omega}, \quad C = \frac{1}{X_C \omega}$$

(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）。

$$Z_1 = 10 + j35.814$$

$$Z_1 = 100 - j318.310$$

$$Z_1 + Z_2 = 110 - j276.682$$

容性

$$Z_1 // Z_2 = 13.6172 + j38.5919$$

感性

(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。

概念：

功率因数是指交流电路有功功率对视在功率的比值。用户电器设备在一定电压和功率下，该值越高效益越好，发电设备越能充分利用。常用 $\cos\varphi$ 表示。

改变功率因数：

1、提高自然功率因数。自然功率因数是在 du 没有任何补偿情况下，用电设备的功率因数。提高自然功率因数的方法：合理选择异步电机；避免变压器空载运行；合理安排和调整工艺流程，改善机电设备的运行状况；在生产工艺允许条件下，采用同步电动机代替异步电动机。

2、采用人工补偿无功功率。装用无功功率补偿设备进行人工补偿，电力用户常用的无功功率补偿设备是电力电容器。

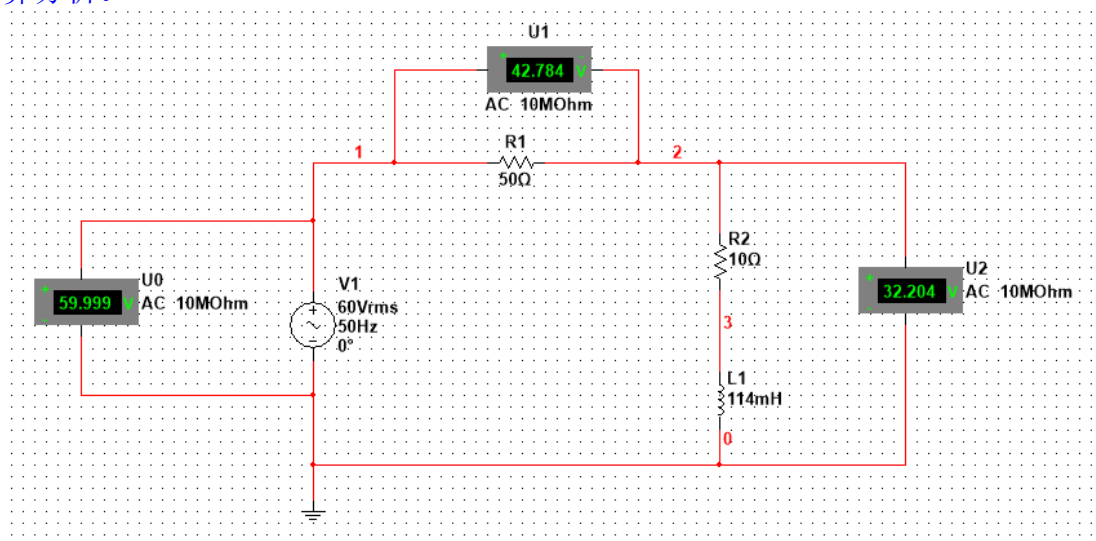
3、提高功率因数的途径主要在于如何减少电力系统中各个部分所需的无功功率，特别是减少负荷取用的无功功率，使电力系统在输送一定的有功功率时，可降低其中通过的无功电流。

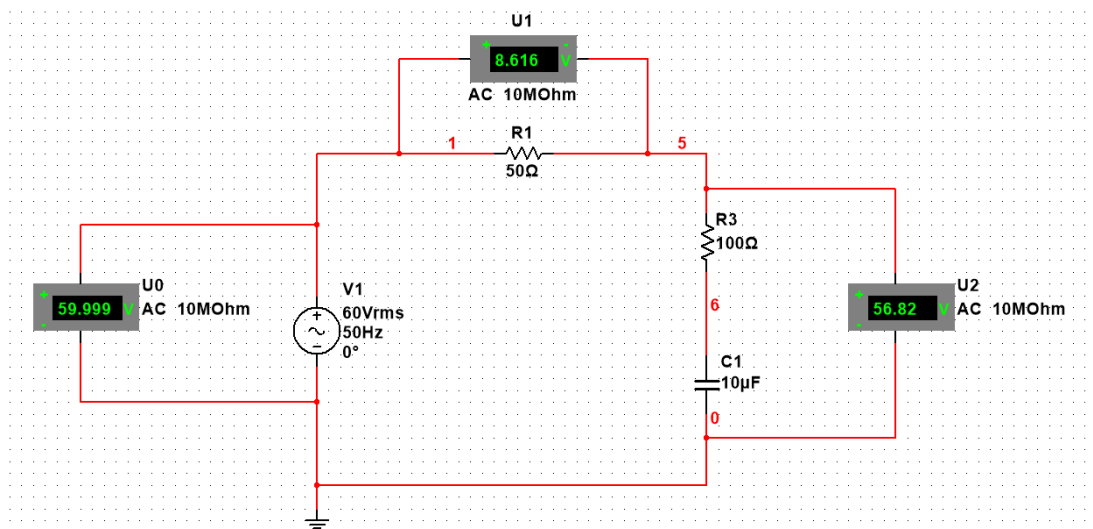
4、为了提高交流电路的功率因数，可在感性负载两端并联适当的电容 C，并联电容 C 以后，对于原电路所加的电压和负载参数均未改变，但由于的出现，电路的总电流减小了，总电压与总电流之间的相位差 ϕ 减小，即功率因数 $\cos\phi$ 得到提高。

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 ， $Z_1=10\Omega+L(114\text{mH})$ ， $Z_2=100\Omega+C(10\mu\text{F})$ ，按表 1 内容测量和计算分析。





理论值

Z	计算参数							已知参数	
	U(V)	U ₁ (V)	U ₂ (V)	cosθ	U _r (V)	U _x (V)	r(Ω)	L(mH)	C(μF)
Z ₁	60	42.933	31.929	0.269	8.587	30.752	10	114	/
Z ₂	60	8.526	56.891	0.300	17.067	54.271	100	/	10

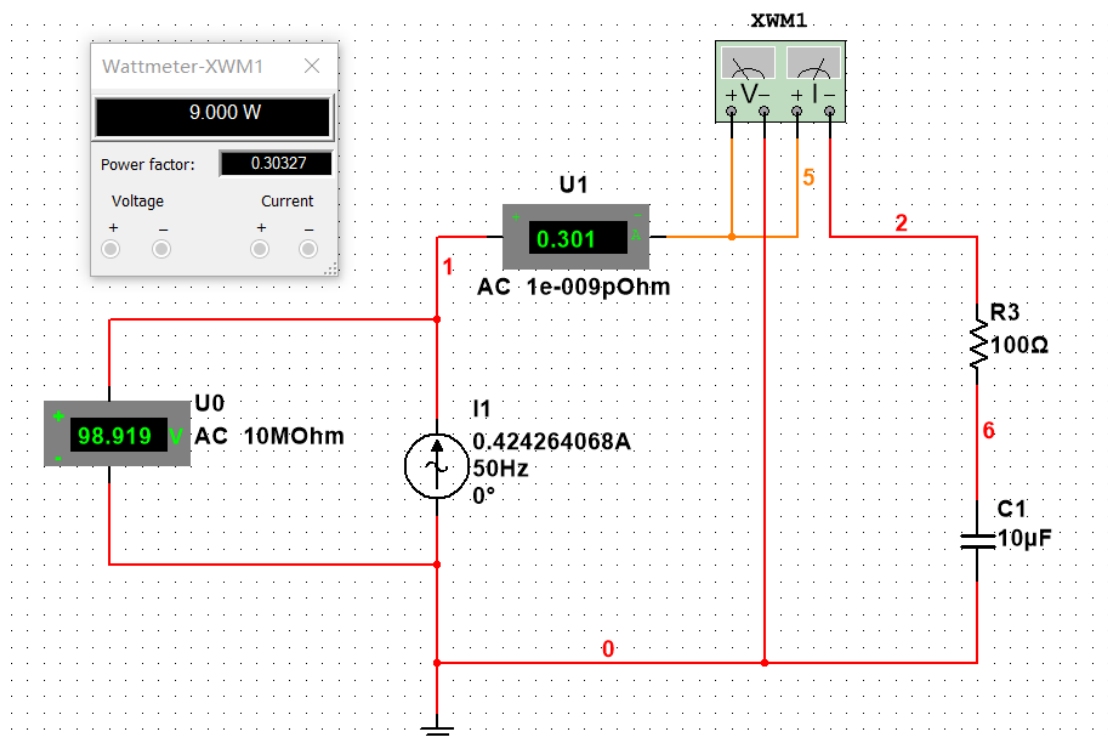
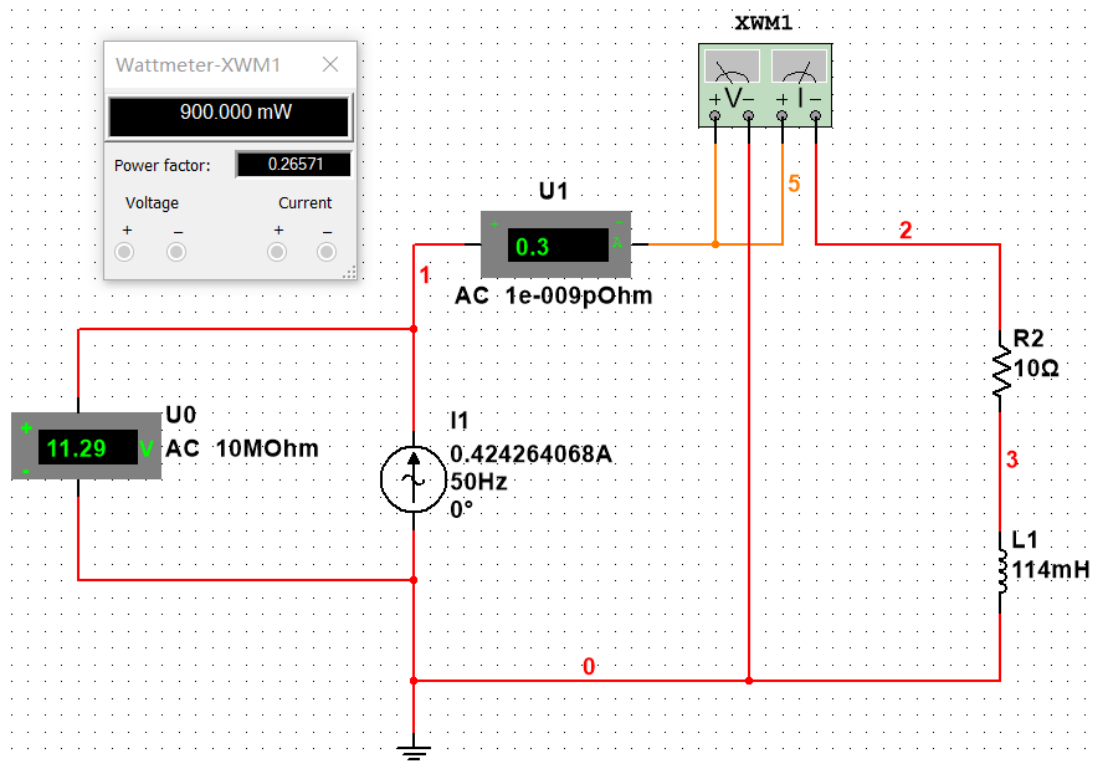
仿真值

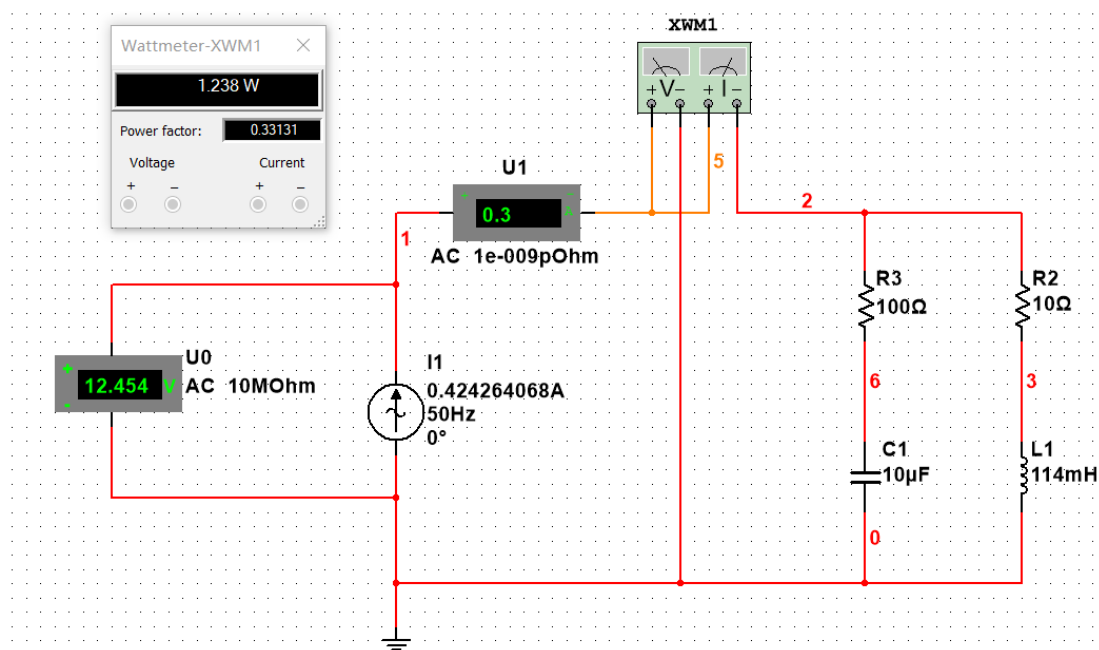
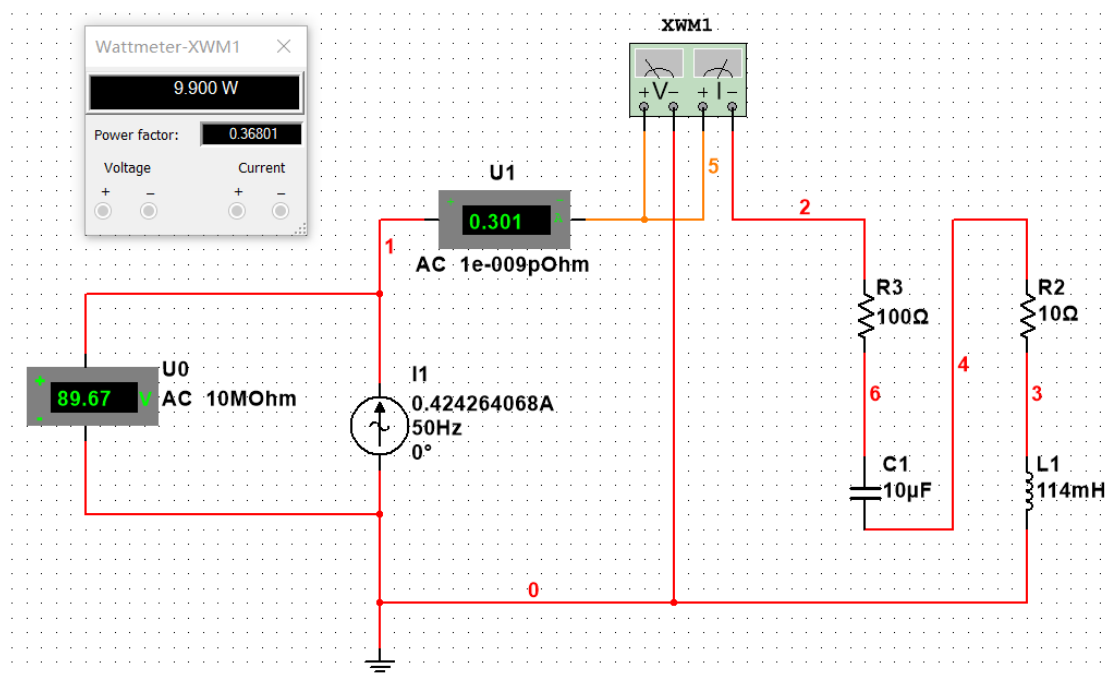
Z	测量参数			计算参数					
	U(V)	U ₁ (V)	U ₂ (V)	cosθ	U _r (V)	U _x (V)	r(Ω)	L(mH)	C(μF)
Z ₁	59.99 9	42.78 4	32.20 4	0.26 6	8.558	31.04 6	10.001 7	115.4 9	/
Z ₂	59.99 7	8.616	56.82	0.30 3	17.22 9	54.14 5	99.983	/	10.1 3

实验值

Z	测量参数			计算参数					
	U(V)	U ₁ (V)	U ₂ (V)	cosθ	U _r (V)	U _x (V)	r(Ω)	L(mH)	C(μF)
Z ₁	60.1	32.6	32.2	0.72 0	23.19 6	22.33 3	35.577	109.03 1	/
Z ₂	59.9	8.6	53.8	0.67 0	36.02 4	39.95 9	209.44 1	/	13.701 4

(3) 三表法测量电路参数(验收)测量电路如图 2 所示, Z₁=10 Ω+L(114mH), Z₂=100 Ω+C(10uF), 测量数据记入下表中。





理论值

Z	测量参数			计算参数					
	$I(A)$	$U(V)$	$P(W)$	$z(\Omega)$	$\cos\varphi$	$r(\Omega)$	$x(\Omega)$	$L(mH)$	$C(\mu F)$
Z_1	0.3	11.155	0.9	37.18	0.27	10	35.81	114	/
Z_2	0.3	100.09	9.0	333.65	0.30	100	-318.31	/	10
$Z_1 + Z_2$	0.3	89.32	9.9	297.74	0.36	110	-276.68	/	11.50
$Z_1 // Z_2$	0.3	12.277	1.2	40.92	0.33	13.6	38.59	122.84	/

仿真值

Z	测量参数			计算参数					
	$I(A)$	$U(V)$	$P(W)$	$z(\Omega)$	$\cos\varphi$	$r(\Omega)$	$x(\Omega)$	$L(mH)$	$C(\mu F)$
Z_1	0.3	11.29	0.900	37.633	0.266	10	36.280	115.484	/
Z_2	0.3	98.919	9.000	329.73	0.303	100	- 314.200	/	10.131
$Z_1 + Z_2$	0.3	89.67	9.900	298.9	0.368	110	- 277.923	/	11.453
$Z_1//Z_2$	0.3	12.454	1.238	41.513	0.331	13.756	39.168	124.676	/

实验值

Z	测量参数			计算参数					
	$I(A)$	$U(V)$	$P(W)$	$z(\Omega)$	$\cos\varphi$	$r(\Omega)$	$x(\Omega)$	$L(mH)$	$C(\mu F)$
Z_1	0.3	14.7	3.14	49	0.712	34.889	34.406	109.517	/
Z_2	0.299	98.6	9.55	329	0.322	106	311.456	/	10.220
$Z_1 + Z_2$	0.3	93.3	12.6	311	0.450	140	277.707	/	11.462
$Z_1//Z_2$	0.3	15.8	3.87	52.667	0.819	43.111	300.252	96.297	/

(4) 功率因数的改变

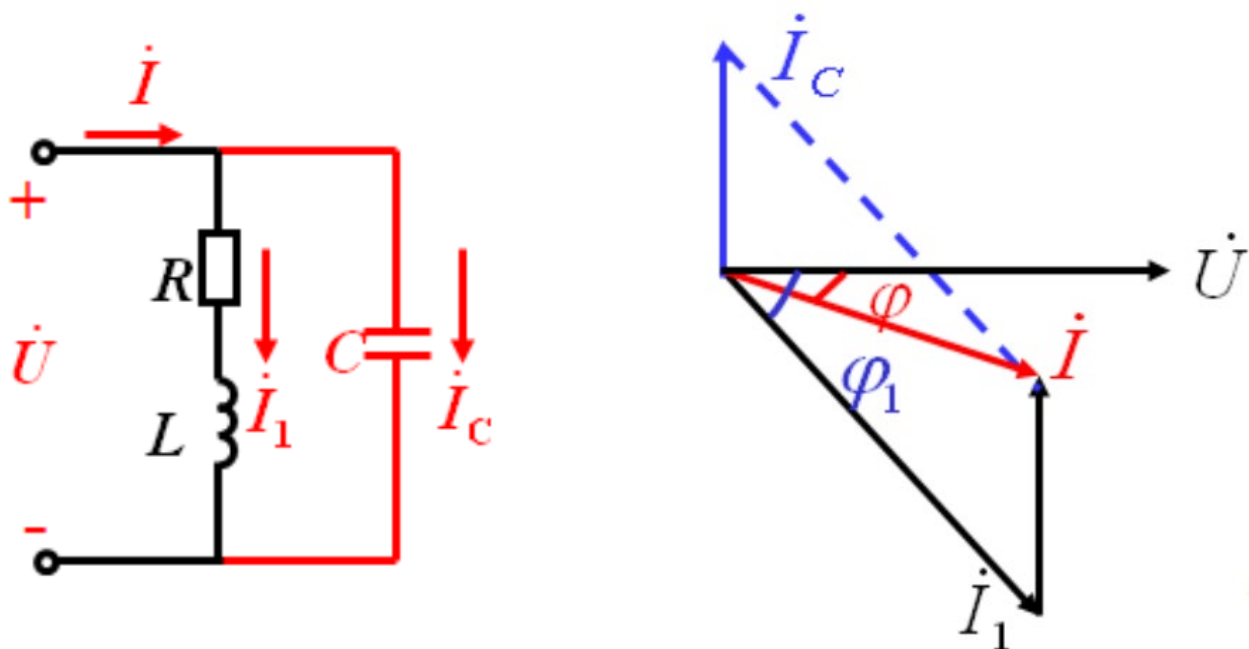
根据表 2 测得的 Z_1 (R、L 电路) 的功率因数 $\cos\varphi$ 值为参照, 试采用不同方法改变功率因数。

1) 仍按图 2 接线, 选取电容并联在负载 Z_1 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 Z_1 时对应的电压值, 然后测出 I 、 P , 计算 $\cos\varphi$, 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。

改变方法	测量参数			计算参数
	$I(A)$	$U(V)$	$P(W)$	$\cos\varphi$
并联电容 1 (10 μF)	0.3010	14.7	3.17	0.714
并联电容 2 (24 μF)	0.2315	14.7	3.13	0.919

总结分析：

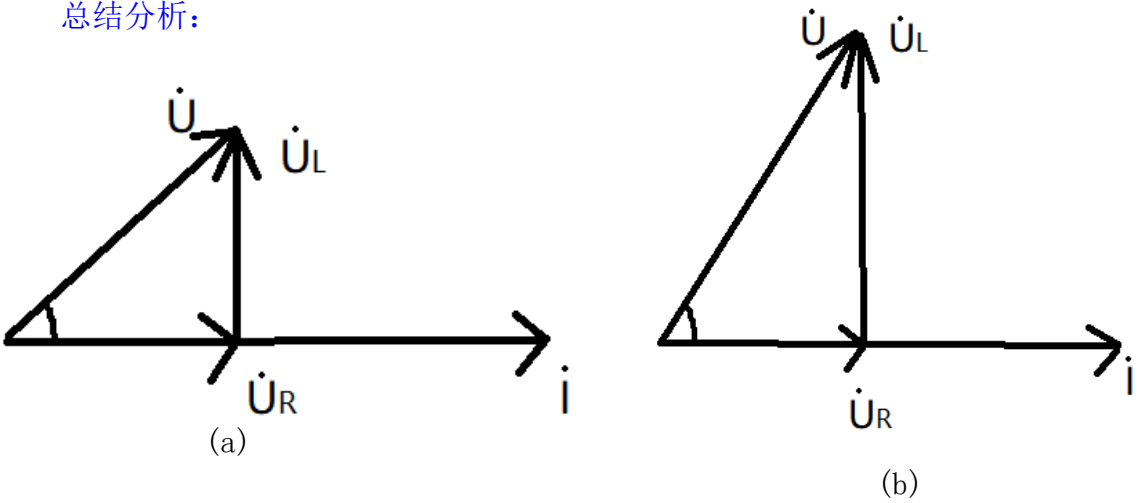


并联电容后，从矢量图上根据平行四边形法则可知，功率因数增大。但要注意的是电容并不是越大越好，当电容继续增加直到到 \dot{U} 相位落后 \dot{I} 时，电路呈现容性，功率因数减小。

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。

改变方法	测量参数			计算参数
	$I(A)$	$U(V)$	$P(W)$	$\cos\varphi$
铁芯部分插入	0.3	29	3.16	0.364
铁芯全部插入	0.3	59.8	3.23	0.180

总结分析：



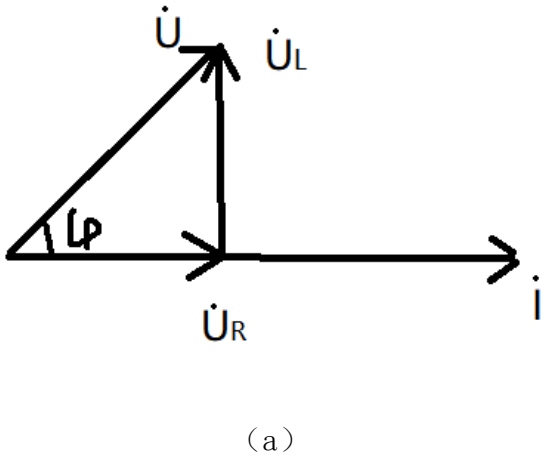
(a) 为铁芯未插入时，(b) 为铁芯插入时。

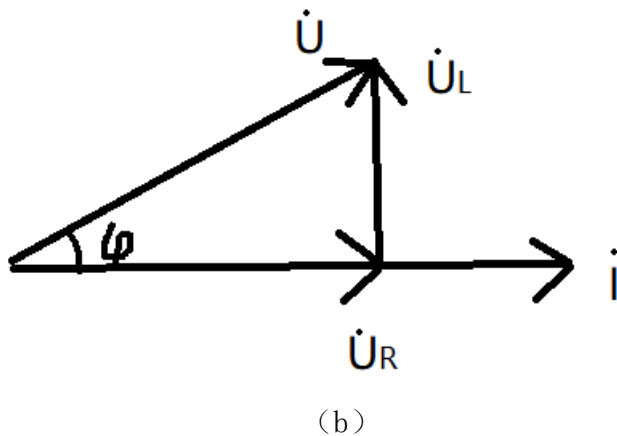
电感线圈中插入铁棒，电感值增大， \dot{U}_L 增大，此时 Φ 增大，功率因数减小。

3) 仍按图 2 接线，改变 Z_1 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。

改变方法	测量参数			计算参数
	$I(A)$	$U(V)$	$P(W)$	$\cos\varphi$
Z_1 中电阻值增大 (增大到 $20\ \Omega$)	0.3	17.2	4.19	0.812
Z_1 中电阻值减小 (减小到 $5\ \Omega$)	0.3	13.9	2.79	0.669

总结分析：





Z_1 如 (a) 所示, Z_1 串联的电阻增加时如 (b) 所示。

当 \dot{I} 不变时, 电阻阻值 R 增大, \dot{U}_R 增大, 此时 Φ 减小, 功率因数增大。
若 R 减小, 同理得功率因数减小。

四、实验使用仪器设备 (名称、型号、规格、编号、使用状况)

Multisim 软件:

名称: Multisim 13.0 使用状况: 顺利。

强电实验室相关器材

五、实验总结

(实验误差分析、实验出现的问题及解决方法、思考题 (如有)、收获体会等)

(1) “并联电容”可以提高感性阻抗的功率因数, 使用矢量图来分析并联的电容容量是否越大越好?

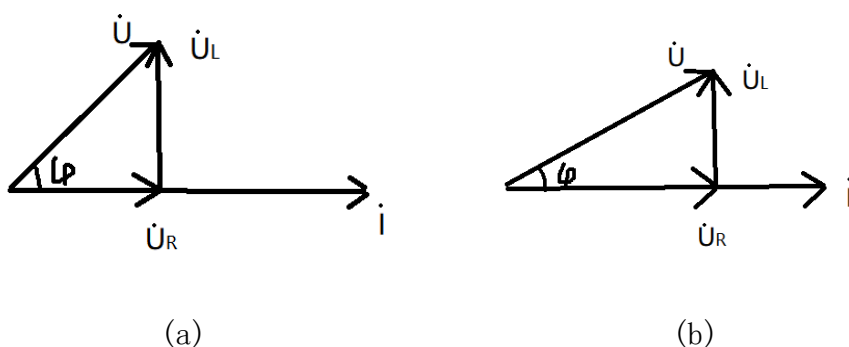
随着电容增加, 从矢量图上根据平行四边形法则可知, 功率因数增大; 而当电容继续增加, 直到 \dot{U} 相位落后 \dot{I} , 电路呈现容性, 功率因数减小。

综上所述, 电容并非越大越好, 增大到一定程度后功率因数会开始减小。

(2) 通过实验分析电感线圈中插入铁棒, 电感值会有怎样变化?

线圈的电感值增大。

(3) 使用矢量图分析 Z_1 中串联的电阻阻值变化对功率因数的影响。



Z_1 如 (a) 所示, Z_1 串联的电阻增加时如 (b) 所示。

当 \dot{I} 不变时, 电阻阻值 R 增大, \dot{U}_R 增大, 此时 ϕ 减小, 功率因数增大。

若 R 减小, 同理得功率因数减小。

收获体会:

1. 测量阻抗参数有多种方法.
2. 在感性负载两端并联适当的电容, 可以提高交流电路的功率因数, 但并不是越大越好, 过大的电容反而会降低交流电路的功率因数。
3. 在感性负载中, 增大其电阻或减小其电感, 都可以提高交流电路的功率因数。