

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）： 信息科学与工程学院 专 业： 信息工程

姓 名： 钟源 学 号： 04022212

实 验 室： 204 室 实验组别：

同组人员： 黄蕾 实验时间： 2023 年 9 月 11 日

评定成绩： 审阅教师：

一、教学目的

- 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、 教学内容

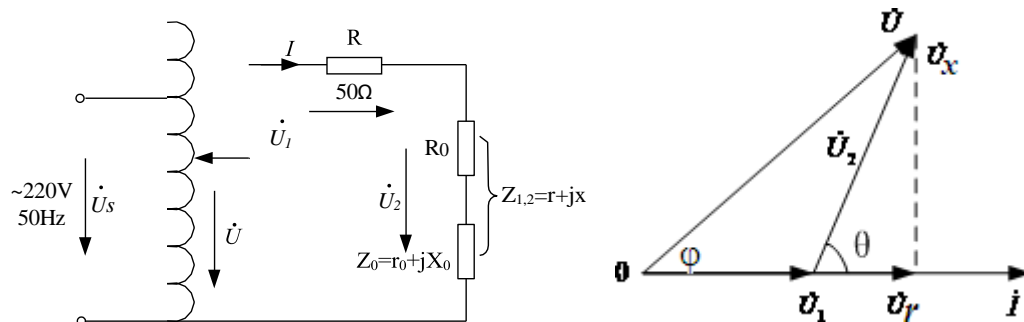
- 1.三相交流电基础知识
- 2.安全用电知识
- 3.交流电路及其参数测量
- 4.交流电路功率因数改变

三、 预习要求

- 1.查找资料, 了解交流电安全用电知识;
- 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。



(a) 测量电路

(b) 矢量图

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 (本实验平台为三表合一多功能表) 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。

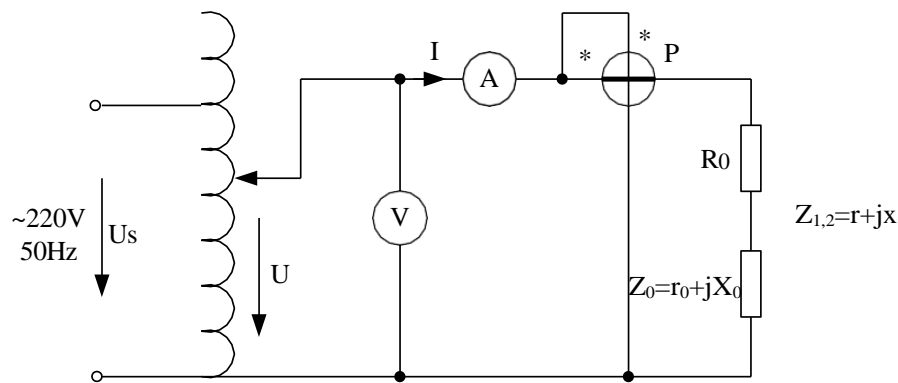


图 2 三表法测量电路

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)。

$$\begin{aligned} \text{由 } \omega &= 2\pi f = 100\pi, \\ \text{则 } Z_1 &= 10 + j \cdot 100\pi \times 114 \times 10^{-3} = 10 + j11.4\pi \Omega \\ Z_2 &= 100 - j \frac{1}{100\pi \times 10^{-6}} = 100 - j \frac{1000}{\pi} \Omega \\ \text{则 } Z_1 + Z_2 &= 110 - j282.50 \Omega, \text{ 可见串联呈容性;} \\ Z_1 // Z_2 &= \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{(100 - j \frac{1000}{\pi}) * (10 + j11.4\pi)}{(110 - j282.50)} \Omega \\ &= 13.62 + j38.59 \Omega, \text{ 可见并联呈感性} \end{aligned}$$

(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。

1) 功率因数是指交流电路有功功率对视在功率的比值。

2) 提高功率因数的方法:

① . 高压传输

② . 并联电容

③ . 串联电阻

3)减小功率因数的方法:

① . 低压传输

② . 在并联的电容上串联电感

③ . 减小设备内阻

四、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 , $Z_1=10\Omega+L$ (114mH) (208 室为 $Z_1=10\Omega+L$ (40mH) (1000 匝), $Z_2=100\Omega+C$ (10uF), 按表 1 内容测量和计算分析。

| Z | 测量参数 | | | 计算参数 | | | | | |
|-------|--------|----------|----------|--------------|----------|----------|---------------|------------------|------------|
| | $U(V)$ | $U_1(V)$ | $U_2(V)$ | $\cos\theta$ | $U_R(V)$ | $U_X(V)$ | $r_0(\Omega)$ | $L \text{ (mH)}$ | $C(\mu F)$ |
| Z_1 | 60.5 | 32.7 | 32.4 | 0.7273 | 23.5657 | 22.2355 | 26.0333 | 108.2 | |
| Z_2 | 60.2 | 8.8 | 57.0 | 0.2967 | 16.9091 | 54.4342 | -3.9256 | | |

表1 三电压表法

3.三表法测量电路参数 (验收)

测量电路如图 2 所示, $Z_1=10\Omega+L$ (114mH) (208 室为 $Z_1=10\Omega+L$ (40mH)), $Z_2=100\Omega+C$ (10uF) ,测量数据记入下表中。

| Z | 测量参数 | | | 计算参数 | | | | | |
|------------|-------|-------|------|-------------|---------------|---------------|-------------|--------|--------|
| | I/A | U(V) | P(W) | $z(\Omega)$ | $\cos\varphi$ | $r_0(\Omega)$ | $x(\Omega)$ | L(mH) | C(uF) |
| Z_1 | 0.305 | 15.1 | 3.2 | 49.51 | 0.6948 | 24.40 | 35.61 | 113.34 | |
| Z_2 | 0.300 | 101.6 | 9.8 | 338.22 | 0.3211 | 8.60 | 320.31 | | 9.938 |
| Z_1+Z_2 | 0.299 | 96.0 | 13.0 | 320.86 | 0.4526 | 35.22 | 286.11 | | 11.125 |
| $Z_1//Z_2$ | 0.299 | 15.6 | 3.7 | 52.09 | 0.7919 | 27.63 | 31.81 | 101.24 | |

表2 三表法

4.功率因数的改变 (验收)

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 | 0.2341 | 15.1 | 3.3 | 0.9335 |
| 并联电容 2 | 0.2748 | 15.1 | 3.3 | 0.7953 |

表 3 功率因数的改变-1

(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 |
|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | $I(\text{A})$ | $U(\text{V})$ | $P(\text{W})$ | $\cos\varphi$ |
| 铁芯部分插入 | 0.3027 | 27.0 | 3.2 | 0.3915 |
| 铁芯全部插入 | 0.3016 | 60.2 | 3.3 | 0.1818 |

(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 |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | $I(\text{A})$ | $U(\text{V})$ | $P(\text{W})$ | $\cos\varphi$ |
| Z_1 中电阻值增大 | 0.3010 | 41.4 | 12.0 | 0.9630 |
| Z_1 中电阻值减小 | 0.2986 | 14.0 | 2.8 | 0.6698 |

表5 功率因数的改变-3

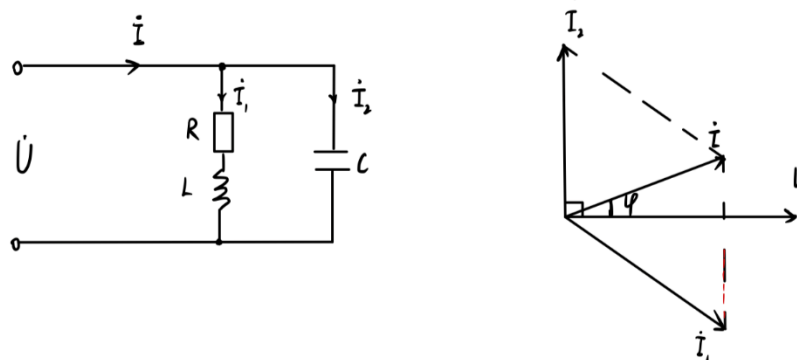
五、注意事项

- 1.必须注意用电安全，饮水不能放在操作台上，实验中单人单手操作。
- 2.多功能表的操作，电压表并联在被测对象上，电流表串联到电路中。
- 3.自耦调压器接通和断开电源线都应将副方滑动头退到零伏位置上。

六、思考题

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?

答: 不是, 分析如下:



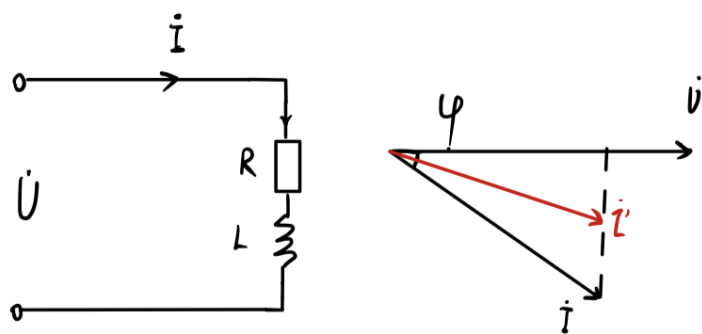
可见当电容增大, 则 I_1 不变, I_2 增大, φ 会增大
当 $\varphi < 0$ 时, C 增大会使 $\cos \varphi$ 增大
当 $\varphi = 0$ 时, $\cos \varphi = 1$, 达到最大值
当 $\varphi > 0$ 时, C 增大会使 $\cos \varphi$ 减小

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?

答: 插入铁棒后 Z_1 的功率因数减小, 所以插入铁棒可见会使电感变大。

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。

答: 阻值越大, 功率因数越大, 分析如下:



当电阻增大, 会使 I 减小, 且其感性分量不变
 则 φ 减小, $\cos \varphi$ 会越大。