

南开大学电子信息与光学工程学院

电路基础实验____七____

实验名称____三相交流电路电压、电流和功率的测量____

一. 实验目的

- 1、加深理解三相电路中线电压与相电压、线电流与相电流之间的关系。
- 2、掌握三相负载作星形联接、三角形联接的方法，验证这两种接法时线、相电压及线、相电流之间的关系。
- 3、充分理解三相四线供电系统中的中线作用。
- 4、学习、掌握用二瓦计法测量三相电路的有功功率。

二. 实验原理

- 1、三相负载可接成星形（“Y”接）或三角形（“ Δ ”接）。

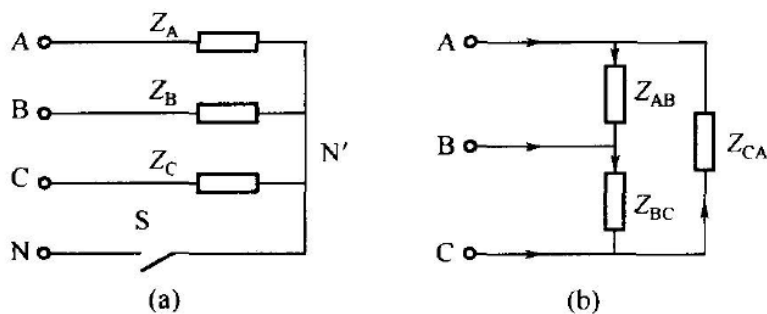


图 1

(a)三相负载的星形连接

(b) 三相负载的三角形连接

其中，星形连接又包括有中线和无中线两种情况。

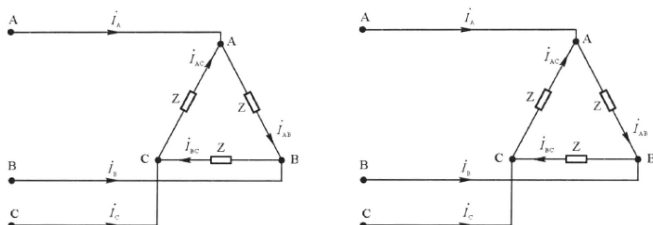
2、需要明确的几个概念

相电压：电源或负载各相的电压称为相电压；

线电压：端线之间的电压称为线电压；

相电流：流过电源或负载各相的电流称为相电流；

线电流：流过各端线的电流称为线电流。



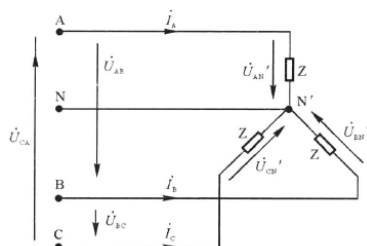
首端和尾端的标记说明：

旧的标准中，首端常记为 A、B、C；尾端常记为 X、Y、Z；

新的标准中，首端常记为 U1、V1、W1；尾端常记为 U2、V2、W2。

实际中旧标准标记比较多见。

3、星形连接的三相负载



◆ 三相负载对称时

$$U_L = \sqrt{3}U_P; \quad I_L = I_P$$

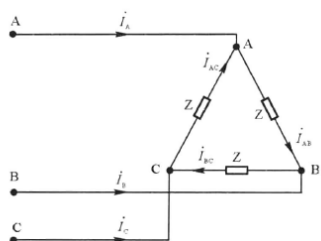
此时流过中线的电流 $I_0 = 0$ ，可以省去中线。

◆ 三相负载不对称时

必须采用三相四线制接法，即 Y0 接法。而且中线必须牢固联接，以保证三相不对称负载的每相电压维持对称不变。

倘若中线断开，会导致三相负载电压的不对称，致使负载轻的那一相的相电压过高，使负载遭受损坏；负载重的一相的相电压又过低，使负载不能正常工作。

4、三角形连接的三相负载



◆三相负载对称时

$$I_L = \sqrt{3}I_P; \quad U_L = U_P$$

△形联接没有中线。

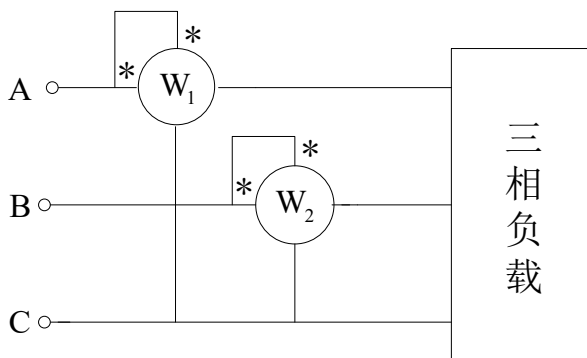
◆三相负载不对称时

$$I_L \neq \sqrt{3}I_P$$

但只要电源的线电压 U_L 对称，加在三相负载上的电压仍是对称的，对各相负载工作没有影响。

5、二瓦计法测量功率电路

在三相三线制电路中，通常用二只功率表测量功率。功率表 W_1 和 W_2 的读数分别为 P_1 和 P_2 。三相电路的总功率等于 P_1 与 P_2 的代数和。



$$P_1 = U_{AC} I_A \cos \Phi_1$$

$$P_2 = U_{BC} I_B \cos \Phi_2$$

$$P_{\text{总}} = P_1 + P_2$$

三.实验设备

| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
|----|---------|-------------|----|-----|
| 1 | 交流电压表 | 0~500V | 1 | 实验台 |
| 2 | 交流电流表 | 0~5A | 1 | 实验台 |
| 3 | 三相自耦调压器 | | 1 | 实验台 |
| 4 | 三相灯组负载 | 220V，15W白炽灯 | 9 | EEL |
| 5 | 电流插座 | | 3 | 实验台 |

四. 实验内容及数据

1. 三相负载星形联接（三相四线制供电）

实验准备:将三相调压器的旋柄置于输出为 0V 的位置(即逆时针旋转到底),将交流电压表接到调压器的输出端。开启实验台电源，调节调压器，使输出的三相电源的线电压为 220V（即相电压为 127V）。

关闭电源开关，按图 1 线路连接实验电路。分别测量三相负载的线电压、相电压、线电流、线电流、中线电流、电源与负载中点间的电压。将所测得的数据记入表 1 中，并观察各相灯组亮暗的变化程度，特别要注意观察中线的作用。

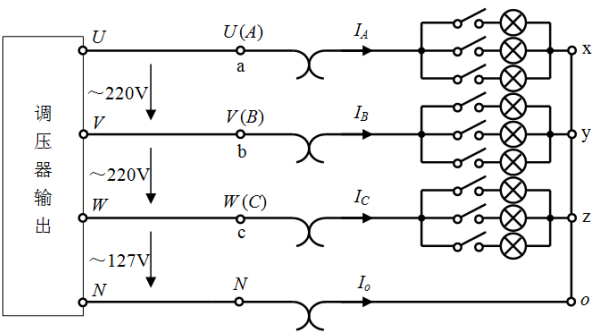


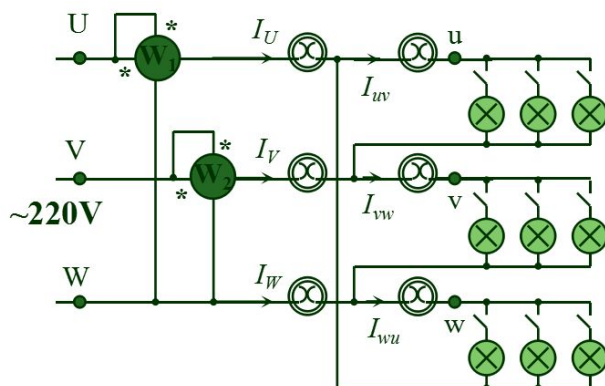
图 1

表一：

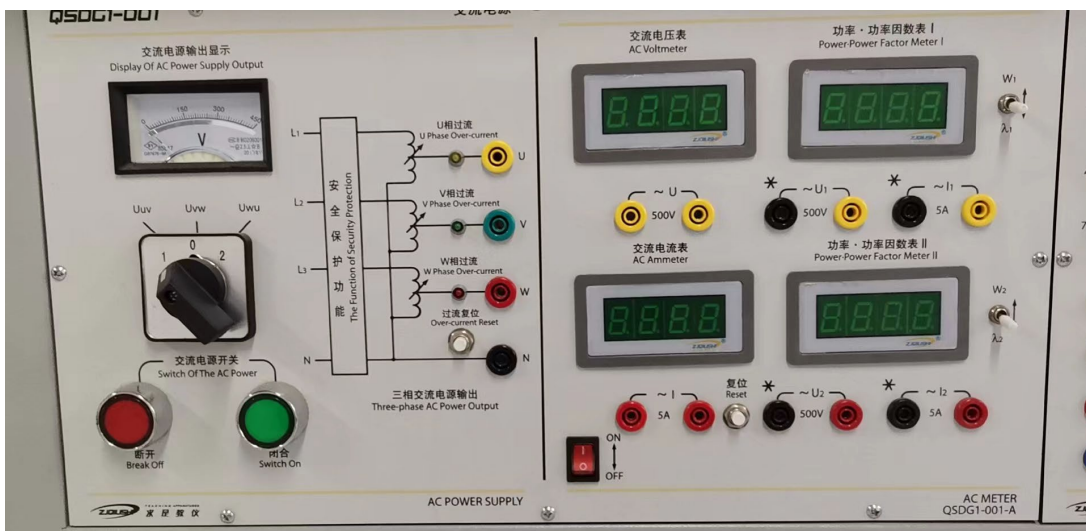
| 测量数据 负载状态 | 开灯数量 | | | 线电流(mA) | | | 线电压(V) | | | 相电压(V) | | | 中线 电流 I_o (mA) | 中点 电压 U_{No} (V) |
|----------------|--------|--------|--------|---------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------------|-----------------------------|
| | A 相 | B 相 | C 相 | I_A | I_B | I_C | U_{AB} | U_{BC} | U_{CA} | U_{ax} | U_{by} | U_{cz} | | |
| Y_0 接对称有中线 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | |
| Y接对称无中线 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | |
| Y_0 接不对称有中线 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | |
| Y接不对称无中线 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | |
| Y_0 接有中线B相断开 | 1 | 0 | 3 | | | | | | | | | | | |
| Y接无中线B相断开 | 1 | 0 | 3 | | | | | | | | | | | |

2. 负载三角形联接（三相三线制供电）

关闭电源开关，按图 2 改接线路，按表 2 的内容进行测试。注意三角形连接时没有中线！



如图:



表二：

[illegible]

五. 数据分析

根据实验数据分析：

1. 验证对称三相电路中的关系。
2. 用实验数据和观察到的现象，总结三相四线供电系统中的中线作用。
3. 不对称三角形联接的负载，能否正常工作？ 实验是否能证明这一点？
4. 根据不对称负载三角形联接时的相电流值作相量图，并求出线电流值，然后与实验测得的线电流作比较，分析之。

三相电路的功率测量有三种方法：

1.两表法

在三相三线制电路中，不论负载接成 Y 形或 Δ 形，也不论负载对称或不对称，都可使用功率表测量三相功率。测量功率 $P = P_1 + P_2$ 。其中 P_1 、 P_2 分别为两边的读数。

2.三表法

该法适用于三相四线制电路。负载不对称时，用三只单相功率表测量出三相各自功率值，测量功率 $P = P_1 + P_2 + P_3$ 。

其中 P_1 、 P_2 、 P_3 分别为三表的读数。

3.一表法

该法适用于对称三相电路。单表读数的 3 倍即为三相电路的功率。

六. 思考题

1. 课后查阅资料，了解三相电源相序的测定方法，简述测定原理、测定器材、测定步骤。

法一：

用两只 220V/60W 的灯泡和一个 4 微法的电容连接成星型接法，由于电容的作用，造成三相负载电压的不平衡，产生一只灯泡亮、一只灯泡暗的现象。如果把电容连接的一端定为 A 相，则亮灯泡为 B 相，暗灯泡为 C 相

法二：

测定原理：

以某相电量的相位超前排列在前面，而电量的相位滞后的相排列在后面，三相之间互差 120 度电角度，第二相滞后第一相 120 度电角度，最后的一相滞后第一相 240 度电角度。但是由于相差 360 度相当于同相位，因此最后的一相又相当于超前第一相 120 度电角度。

实际的三相交流电是由三相发电机产生的，在发电机中有三个相同的绕组按空间相差 120° 均匀分布。这样，发电机旋转就可以产生满足上述条件的三个单相交流电，由于初相位相差 120°

测定器材：相序表

测定步骤：使用时，将表面上的三个界限端钮 U、V、W 上的引线（分别为黄、绿、红色）分别接到待测的三根电源线上。按动一下按钮（数秒即可），如果铝盘沿顺时针方向转动，则所接的三根电源线为正相序；如果铝盘逆时针转动，则为逆向序。

2. 对于三相对称负载的星形连接，如何证明 $U_L = \sqrt{3}U_P$ ；同理，对于三相对称负载的三角形连接，如何证明 $I_L = \sqrt{3}I_P$

可以通过测量在对称星型电路中测量 U_L 、 U_P ，在对称三角形电路中测量 I_L 、 I_P ，来确定它们是否相等。

3. 对于三相四线制电路，能否在中线上安装保险丝？为什么？

三相中负载平衡时，中线没有电流通过，但负载不平衡时，中线上的电流是很大的，会使三相相电压失去平衡，损坏用电设备，因此中线上不许安装保险丝或开关。即如果安装了保险丝，若一相发生短路时，中线上的保险丝就有可能烧断而造成中线断开，开关若不慎在三相负载工作时拉断同样造成三相不平衡

4. 能否用数学方法证明二瓦计法，即三相电路的总功率等于两块功率表示数的代数和。

利用向量图： $U * P = U_1 * P_1 + U_2 * P_2$

5. 课后查阅资料，了解除了二瓦计法外还有哪些测量三相电路功率的方法，简述测量方法及各自适用的情况。