

南开大学电子信息与光学工程学院

电路基础实验 七

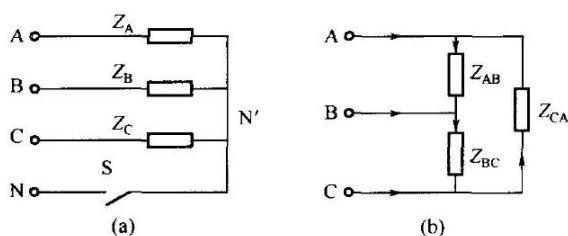
实验名称 三相交流电路电压、电流和功率的测量

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)。



其中, 星形连接又包括有中线和无中线两种情况。

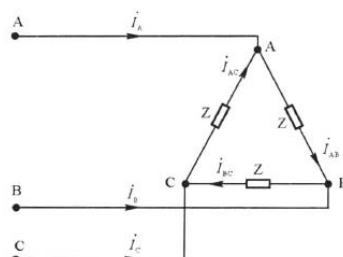
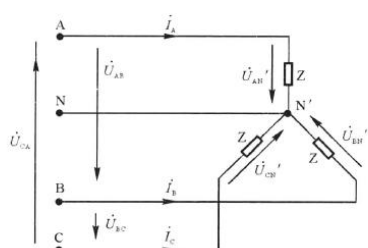
(a) 三相负载的星形连接

(b) 三相负载的三角形连接

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;

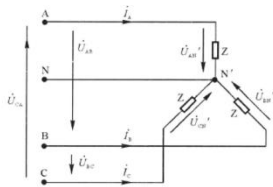
相电流: 流过电源或负载各相的电流称为相电流; 线电流: 流过各端线的电流称为线电流。



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。

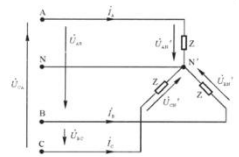
3、星形连接的三相负载

◆ 三相负载对称时
 $U_L = \sqrt{3}U_P; I_L = I_P$



此时流过中线的电流 $I_0 = 0$, 可以省去中线。

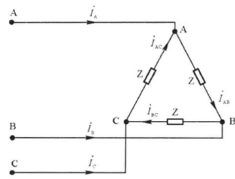
◆ 三相负载不对称时
必须采用三相四线制接法, 即Y0接法。而且中线必须牢固联接, 以保证三相不对称负载的每相电压维持对称不变。



倘若中线断开, 会导致三相负载电压的不平衡, 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
 $I_L = \sqrt{3}I_P; U_L = U_P$
△形联接没有中线。



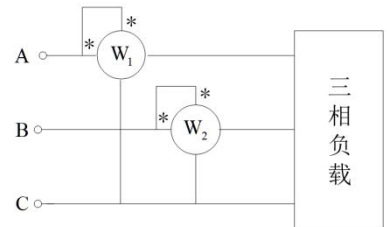
◆ 三相负载不对称时
 $I_L \neq \sqrt{3}I_P$

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W1和W2的读数分别为P1和P2。三相电路的总功率等于P1与P2的代数和。

$$P_1 = U_{AC} I_A \cos \phi_1$$
$$P_2 = U_{BC} I_B \cos \phi_2$$
$$P = P_1 + P_2$$



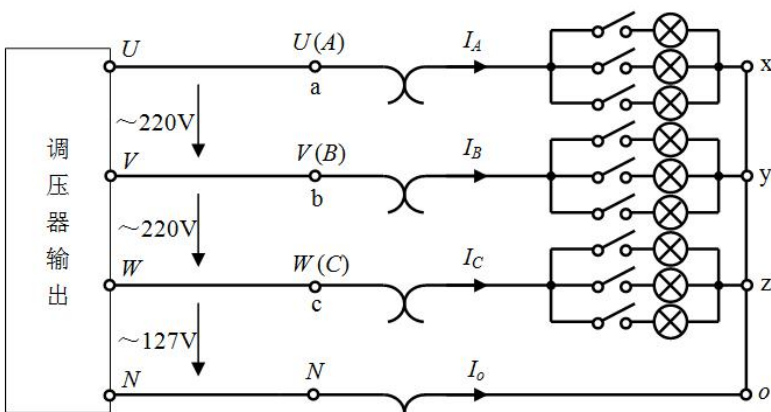
三. 实验设备

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。



[illegible]

表 1

2. 负载三角形联接（三相三线制供电）

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

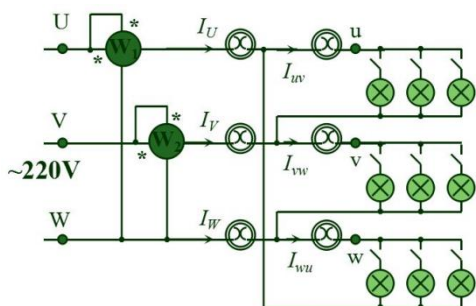


表 2

[illegible]

学号_____姓名_____课程序号 **1134** 组别 **B** 实验台号 **14** 实验时间: **5**月**19**日周**三** (上午/下午/晚)

五、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。

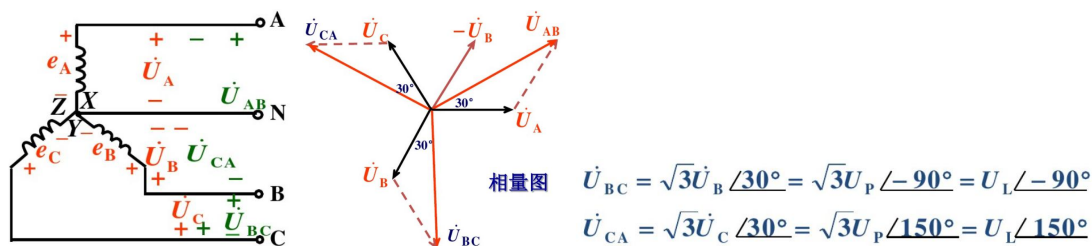
六. 思考题

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。

(1) 相序表: 相序表可检测工业用电中出现的缺相、逆相、三相电压不平衡、过电压、欠电压五种故障现象, 并及时将用电设备断开, 起到保护作用。相序表是由电压表、电阻、电容等构成。接入三相电源后, 电压表读数小于某一值时为正序(即被测电源相序与仪表标注相序相同)。大于某一值时为逆序。

(2) 氖灯相序检测器: 利用试电笔中的氖管作指示器与电阻、电容等元件组成检测器。接入三相电源后, 氖灯不亮为正序, 说明电源相序与图中标注相序相同, 氖灯亮为逆序。

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



3.对于三相四线制电路,能否在中线上安装保险丝?为什么?

答:三相四线制能提供 220 伏与 380v 两种电压,当三相 220v 负荷不平衡时,零线起到平衡电压的作用,防止中性点偏移。当中性线断开时,单相负载没有回路,就中性线断开处产生相电压,危及人体安全。同时三相负荷会因中性点偏移,所承受的电压升高或降低,损坏电器设备。所以中性线不能安装保险丝。

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

设三相负载的中线为 n 有: $i_a + i_b + i_c = 0 \dots \textcircled{1}$ $U_{ab} = U_{an} - U_{bn}$, $U_{cb} = U_{cn} - U_{bn} \dots \textcircled{2}$

三相瞬时功率: $p = U_{an} \cdot i_a + U_{bn} \cdot i_b + U_{cn} \cdot i_c \dots \textcircled{3}$

将①②代入③得 $p_{ab} = U_{ab} \cdot i_a + U_{cb} \cdot i_c$ $P_{有功} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt$

设 $P_1 = \frac{1}{T} \int_0^T U_{ab} \cdot i_a dt$ $P_2 = \frac{1}{T} \int_0^T U_{cb} \cdot i_c dt$ $P = P_1 + P_2$

$P = U_{AB} \cdot I_A \cdot \cos \varphi_{AB} + U_{CB} \cdot I_C \cdot \cos \varphi_{CB} = P_1 + P_2$

其中 U_{AB} , I_A , U_{CB} , I_C 为有效值, φ_{AB} 为 U_{AB} 与 I_A 相位差, φ_{CB} 为 U_{CB} 与 I_C 相位差
从公式中看出,只需测量两个电压和两个电流

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。

(1) 两表法: 在三相三线制电路中,不论负载接成 y 形或 0 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。