

实验六:

三相电路中的电压、电流关系

实验台编号: 8

## 一、注意事项

1. 三相调压器的接线较为复杂, 中点O必须与电源中点连接。
2. 在合上和断开电源时, 调压器的手柄应回零。
3. 若每相负载为额定电压220V白炽灯泡, 则实验中应注意负载端线电压不得超过220V。
4. 注意开关S的作用和正确接法。
5. 若负载为纯电阻性时, 功率因数开关 $S_1, S_4, S_6$ 要断开。
6. 三相电源电压较高, 必须严格遵守操作规程。

## 二、实验任务与方法

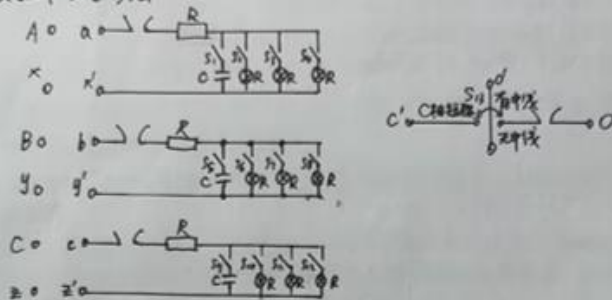


表1 测定相序的数据和结果

$U_{AX}(V)$	$U_{BY}(V)$	$U_{CZ}(V)$	电源1	电源2	电源3
220.0	95.4	229.8	A相	C相	B相

表2 星形三相电路的电压、电流测量数据

实验内容	$U_{AO}(V)$	$U_{BO}(V)$	$U_{CO}(V)$	$U_{AB}(V)$	$U_{BC}(V)$	$U_{CA}(V)$	$U_{AO}(V)$	$I_A(A)$	$I_B(A)$	$I_C(A)$	$I_{AO}(A)$	
负载对称	有中线	382.2	384.5	383.5	220.3	221.3	222.3	0	42.9	40.1	39.0	0
	无中线	382.5	384.3	383.0	212.6	222.7	227.2	8.8	42.0	40.4	39.7	0
负载不对称	有中线	382.4	384.4	383.3	220.3	221.6	223.0	0	62.3	55.0	79.0	20.8
	无中线	381.4	384.1	383.5	197.4	216.3	252.1	31.8	56.4	53.9	42.9	0
A相开路	有中线	382.8	384.4	384.5	221.3	222.0	222.9	0	0	40.1	39.0	39.7
	无中线	383.7	384.3	384.6	331.3	188.1	195.3	111.5	0	35.4	35.4	0
C相短路	无中线	384.0	381.7	382.4	375.8	396.4	0	222.0	68.0	62.2	112.7	0

实验六:

三相电路中的电压、电流关系

实验成绩:

## 一. 实验目的

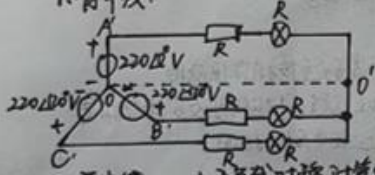
1. 研究与不对称负载作星形在对称三相电源供电下的工作特点;
2. 学习识别相序的方法.

## 二. 实验原理

1. 三相电路的两种连接方式: 星形连接和三角形连接. 当负载作星形连接时, 三相电路有三相三线制和三相四线制. 当负载作三角形连接时, 三相电路只有三相三线制一种形式.
2. 星形连接的三相三线制电路: 负载对称即  $Z_A = Z_B = Z_C$  时, 星形负载的相电压、线电压均对称, 此时电源中性点和负载中性点为等电位,  $U_{00'} = 0$ . 若负载不对称, 负载线电压仍对称, 负载相电压、相电流不对称, 称中性点位移.
3. 三相四线制电路: 在电路的俩中性点  $O$  和  $O'$  之间连接导线 (中线), 成为三相四线制电路. 当负载对称时, 电路情况与三相三线制相同. 若负载不对称, 负载相、线电压仍对称, 而相 (线) 电流不对称, 且中线电流不为零.
4. 三角形连接的三相电路: 负载作三角形连接时, 若负载对称, 则负载相、线电流对称,  $I_l = \sqrt{3} I_{ph}$ . 负载不对称时, 线、相电流有数量上不存在  $\sqrt{3}$  倍的关系.
5. 三相电路的相序: 三相电源有正序 (逆序) 和零序三种相序. 通常情况下三相电路是正序系统, 相序为  $A-B-C$  的顺序.
6. 三相调压器: 设备由三台相同的单相调压器在星形连接方式下组成的. 每相调压器是固定在同一根轴上旋转并相互绝缘. 当调压器位置不同时, 同时调节到边的三相输出电压, 并保证三相电压的对称性. 在合上和断开三相电源时, 调压器的手柄位置需回零.

三. 7种工况的电压、电流理论值, 电压、电流相量图. (电源相电压  $220V$ , 电阻  $300\Omega$ )(1) 对称负载:  $A, B, C$  三相各开一盏灯

## 1. 有中线

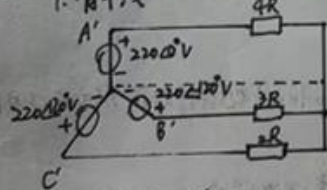


计算得  $U_{AB'} = 380V, U_{BC'} = 380V, U_{CA'} = 380V$   
 $U_{AO'} = 220V, U_{BO'} = 220V, U_{CO'} = 220V, U_{OO'} = 0V$   
 $I_A = 366.67mA, I_B = 366.67mA, I_C = 366.67mA, I_O = 0mA$

## 2. 无中线. 由于负载对称, 计算结果与有中线完全相同

(2) 负载不对称:  $A$  相3盏灯,  $B$  相2盏灯,  $C$  相1盏灯

## 1. 有中线



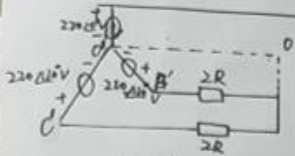
计算得  $U_{AB'} = 380V, U_{BC'} = 380V, U_{CA'} = 380V$   
 $U_{AO'} = 220V, U_{BO'} = 220V, U_{CO'} = 220V, U_{OO'} = 0V$   
 $I_A = 183.36mA, I_B = 244.47mA, I_C = 366.67mA, I_O = 161.69mA$

无中线 计算得  $U_{AB'} = 380V, U_{BC'} = 380V, U_{CA'} = 380V$   
 $U_{AO'} = 255.53V, U_{BO'} = 232.65V, U_{CO'} = 178.30V, U_{OO'} = 44.77V$

(3)  $A$  相开路:  $B, C$  各一盏

## 1. 有中线

# 实验报告



$$U_{A'O'} = 380V, U_{B'O'} = 380V, U_{C'O'} = 380V$$

$$U_{A'O} = 220V, U_{B'O} = 220V, U_{C'O} = 220V, U_{OO'} = 0V.$$

$$I_A = 0mA, I_B = 366.67mA, I_C = 366.67mA, I_O = 366.67mA$$

2. 无中线时:

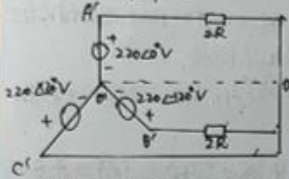
$$U_{A'O'} = 380V, U_{B'O'} = 380V, U_{C'O'} = 380V$$

$$U_{A'O} = 220V, U_{B'O} = 220V, U_{C'O} = 220V, U_{OO'} = 109.89mV$$

$$I_A = 0mA, I_B = 317.54mA, I_C = 317.56mA, I_O = 0mA$$

## (4) C相短路

### 1. 有中线时



$$U_{A'O'} = 380V, U_{B'O'} = 380V, U_{C'O'} = 380V$$

$$U_{A'O} = 220V, U_{B'O} = 220V, U_{C'O} = 220V, U_{OO'} = 0V.$$

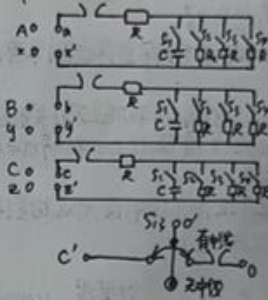
$$I_A = 366.67mA, I_B = 366.67mA, I_C = 0mA, I_O = 0mA$$

## 四. 实验任务与方法

### 1. 电源相序的测定

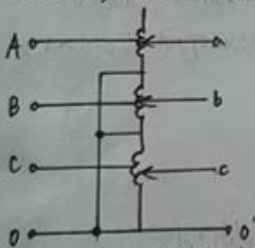
将  $S_1, S_6, S_{10}$  闭合, 其它开关断开, 将表接电压测量, 根据相序判断结果记录于表1中。

### 2. 负载对称、不对称情况下电压、电流的测量



## 五. 预习思考题

### 1. 对测定相序的电路进行分析推导, 说明其工作原理。



解: 三相调压器由三台相同的单相调压器在星形连接方式下组成的。每相调压电压的滑动触点在同一根转轴上, 旋转时三相电压同步变化, 同时调节副边的三相输出电压, 并保证三相电压的对称性。

### 2. 说明三相四线制电路中中线的作用。为什么中线上不允许装保险丝?

答: 电路中中线的作用: ① 保证负载电压的对称性: 可以保持中性点零电位, 使各相负载电压保持对称, 从而保证负载正常工作。

② 安全保护: 中线线在变压器处接地, 可防止人身触电。

不允许装保险丝: ① 防止中性点位移, 保持三相电压对称性。当电路故障熔断保险丝时, 中性线断开, 可能发危险。

### 3. 实验中当电路每相负载为单个灯泡时, 为什么要求负载端的线电压不能超过 220V?

解: 灯泡额定电压为 220V, 从安全考虑, 线电压不超过 220V 时可避免设备损坏。



## 六、实验数据与分析

表1 测定相序的数据和结果

$U_{AB}(V)$	$U_{BC}(V)$	$U_{CA}(V)$	电源1	电源2	电源3
220.0	95.4	229.8	A相	C相	B相

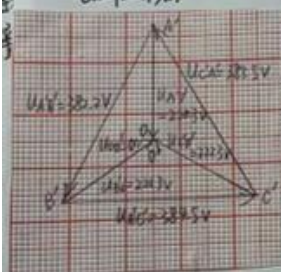
表2 星形三相电路的电压、电流测量数据

实验内容	$U_{AB}(V)$	$U_{BC}(V)$	$U_{CA}(V)$	$U_{AO}(V)$	$U_{BO}(V)$	$U_{CO}(V)$	$U_{AO}(V)$	$I_A(A)$	$I_B(A)$	$I_C(A)$	$I_N(A)$
负载对称	382.2	384.5	383.5	220.3	221.3	222.3	0	42.9	40.1	39.0	0
	382.5	384.3	383.0	212.6	222.7	227.2	8.8	42.0	40.4	39.7	0
负载不对称	382.4	384.4	383.3	220.3	221.6	223.0	0	62.3	55.0	39.0	20.8
	381.4	384.1	383.5	197.4	216.3	252.1	31.8	56.4	53.9	42.9	0
A相开路	382.8	384.4	384.5	221.3	222.0	222.9	0	0	40.1	39.0	39.7
	383.7	384.3	384.6	331.3	188.1	195.3	111.5	0	35.4	35.4	0
C相短路	384.0	383.7	382.4	395.8	396.4	0	222.0	68.0	62.2	112.7	0

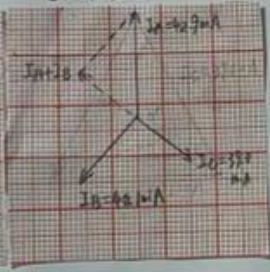
画出各条件下电压波形图和电流相量图。

## ① 负载对称有中线

电压波形图



电流相量图

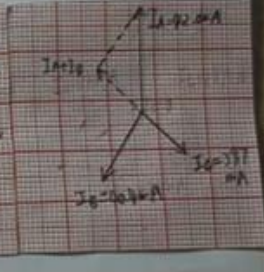


## ② 负载对称无中线

电压波形图

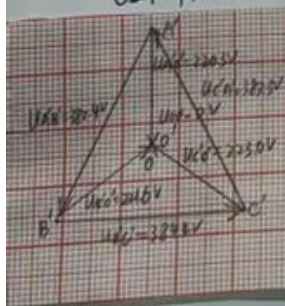


电流相量图

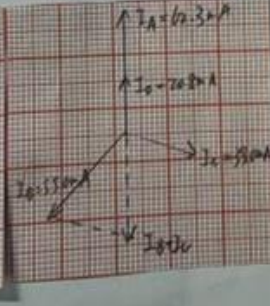


## ③ 负载不对称有中线

电压波形图

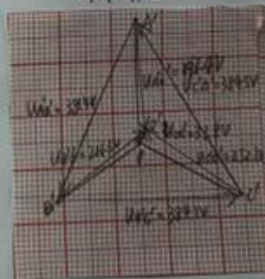


电流相量图

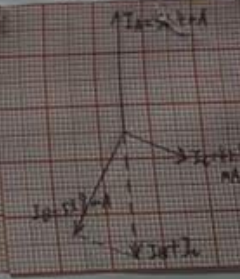


## ④ 负载不对称无中线

电压波形图

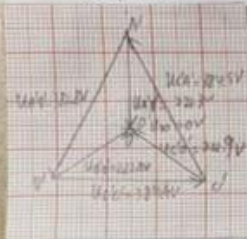


电流相量图

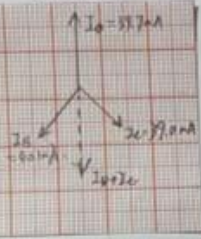


⑤ A相开路有中线

电压波形图

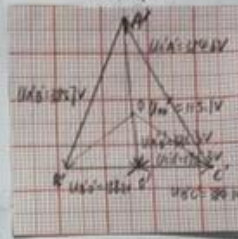


电流相量图

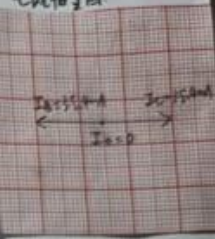


⑥ A相短路无中线

电压波形图

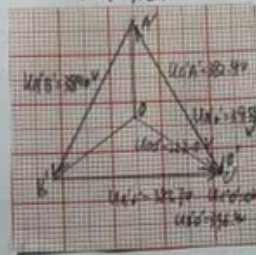


电流相量图

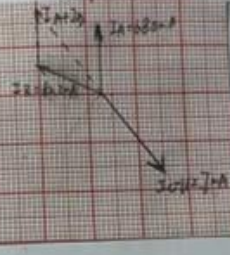


⑦ C相短路无中线

电压波形图

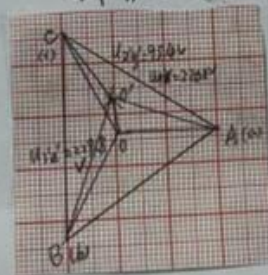


电流相量图



利用相序测定数据画出波形图如下:

电压波形图

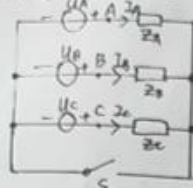


星形电路的三相三线制和三相四线制的特性:

- ① 三相三线制: 负载对称时, 线电压大改为相电压 $\sqrt{3}$ 倍, 同时相电压、相电流对称, 基呈正三角形, 两个中点重合, 无中性点偏移现象。  
负载不对称时, 线电压对称而相电压不对称, 相电流也不对称, 中点电压不相等, 发生中性点偏移。
- ② 三相四线制: 无论负载是否对称, 相电压均恒为220V, 电源中点与负载中点始终重合, 此时若负载对称, 中性线往往存在电流; 反之负载对称时, 理论上无电流。

## 七. 思考题

1. 做一相短路实验时对应的是否为三相四线制电路? 为什么? 由此说明下图开关S的作用。



答: 不是。若采用三相四线制,  $O$  相短路, 则  $O$  相支路与中线直接导线  $C$  相短路, 保险丝烧而熔断使之断开。

开关S的作用在于当作一相短路实验前, 将中线断开以保护电路。

2. 在三相四线制电路中, 当负载不对称时中线  $O'$  会发生位移, 试定性分析电阻性负载的不对称情况和中性点位移之间有何规律?

答: 分析负载不对称时数据可知, 一相负载电阻值越大, 其分得的电压越大, 电流越大, 导致其中性点的偏移越大。

## 八. 小结

通过本次实验, 我学习了对称与不对称负载在对称三相电源供电下的工作特点, 同时温习了电路理论中中性点偏移的判断与计算, 掌握了测定相序的方法, 对三相电路知识有了更深入的了解和体会。开始时我们对有无中线的接法产生了疑惑, 通过讨论研究最终顺利解决了问题。