

### 实验 3 三相交流电路

## 实验目的

1. 学习把三相负载接成星形和三角形的正确联结方法。
2. 理解三相负载星形和三角形联结时的线电压与相电压的关系，线电流与相电流的关系，理解三相负载星形联结时中线的作用。
3. 学习使用二功率表法及三功率表法测量三相负载的总功率。

## 实验原理

低压供电系统中均采用对称三相交流电源对各种负载供电,把负载合理地接到三相电源是保证负载正常工作的首要条件。

### 1. 三相负载与电源的联结方式

在负载与电源联结时,首先应保证电源电压与负载额定电压相等,同时应使负载比较均匀地分接到电源的三根相线上,力求使三相电源的各相负荷相近。

连接单相负载时,若负载额定电压为 220V,则负载应接在相线与中线之间,若负载额定电压为 380V,则负载应接在两根不同相的相线之间,以保证电源电压与负载额定电压一致。

由许多个单相负载构成的三相星形负载接到三相电源上时,负载通常是不对称的,此时的供电方式应采用三相四线制。由于三相电流不对称,所合成的中性线电流不等于零,此时中性线不能断开。否则不能保证电源中性点与负载中性点的电位一致,将造成负载中性点电位位移,使各相负载端电压不对称,造成各相负载不能正常工作,以致损坏设备。仅在负载对称时,因中性线电流为零,才能省略中性线而成为三相三线制供电方式。

由三相用电器(例如三相电动机、三相电炉等)构成的三相负载与电源联结时,应注意负载联结方式与额定电压有关,若负载额定相电压为 220V,应接成星形才能与线电压为 380V 的电源联结;若负载额定相电压为 380V,则应接成三角形再接到 380V 的电源上去。

三相负载联结成星形时,相电流  $I_p$  等于线电流  $I_L$ , 相电压  $U_p$  等于  $U_L/\sqrt{3}$ , 中性线电流  $I_0 = I_U + I_V + I_W$ 。三相负载联结成三角形时,相电压  $U_p$  等于线电压  $U_L$ , 在负载对称时,线电流  $I_L = \sqrt{3}I_p$ ; 如负载不对称,则线电流为相邻的两相电流的相量差。无论何种接法,三相负载总功率为每相功率之和,即  $P = P_U + P_V + P_W$ 。

### 2. 三相负载星形联结的接线

在实验中由灯泡作为单相负载,三相电动机作为三相对称负载。它们联结成星形时的接线分别见图 3.3a.1 和图 3.3a.2。

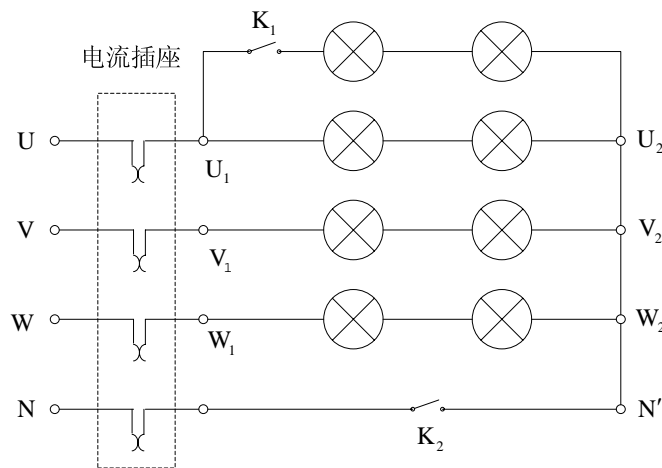


图 3.3a.1 三相星形联结的灯泡负载

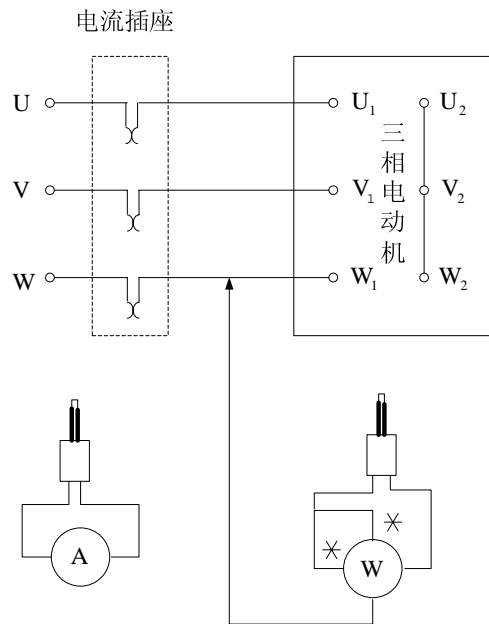


图 3.3a.2 三相电动机的星形联结

在图 3.3a.1 中，灯泡板上开关 $K_1$ 合上时，则形成不对称负载，中性线由 $K_2$ 控制通、断，若中性线开关 $K_2$ 合上则为三相四线制供电。在图 3.3a.2 中，应把电动机接线盒内三个线圈末端接在一起形成中性点，然后把三个始端接到电源上。为了测量三相线电流，在负载与电源之间应接入三相电流插座，不要把电流表直接接入三相电路中，以避免三相负载通电时出现的冲击电流损坏电表。在测量电流时应把电流表两端接电流插头，然后把电流插头插入对应相的电流插座之中，即把电流表串入电路。

### 3. 三相负载三角形联结的接线

把单相负载联结成三角形时，由于灯泡的额定电压为 220V，所以必须把两个灯泡串联以后才能接到线电压为 380V 的电源上，其接线如图 3.3a.3 所示。为了测量电流，电路中亦应接入电流插座，用电流插头与电流表相接。

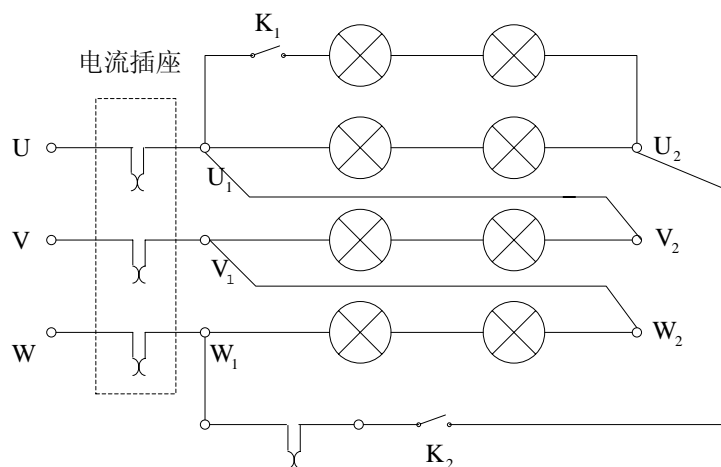


图 3.3a.3 三相三角形联结的灯泡负载

#### 4. 三相功率的测量

测量三相负载总功率有三功率表和二功率表两种方法，在三相四线制情况下，可以用一只功率表按测量单相功率的方法测出每相功率，然后把每相功率相加得到总功率，这就是三功率表法。

在三相三线制情况下，则采用二功率表法（二功率表法测量功率的原理可参见附录 3a11），测量时在三根相线中选定一根作为“公共线”，将功率表的电压线圈末端（非“\*”号端）与“公共线”相接，电压线圈的始端（“\*”）与电流线圈始端（“\*”）接在一起，然后把电流线圈两端接电流插头见图 3.3a.2，再把电流插头插入除“公共线”以外的二相电流插座中，即把电流线圈像电流表一样串入相线之中，就可以读出功率表读数  $P_1$  和  $P_2$ ，将两次读数代数相加就可得出三相总功率。对于功率因数小于 0.5 的三相负载，二功率表测量时有一次读数为负值（指针反转），此时可把功率表的电流插头反过来插入（两次读数中大的数值为正，小的数值为负）。

在使用电流插头插入电流插座的方式测量功率时，无论是三功率表法还是二功率表法，都应注意把电流线圈始端接电源，电流线圈末端接负载。在对称负载时，根据线电压，线电流及总功率可求得负载功率因数为

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{总}}}{\sqrt{3}U_L I_L}$$

## 实验仪器设备

1. 交流电流表	0-1-2A	1 只
2. 交流电流表	0-0.5-1A	1 只
3. 单相功率表	0-0.5-1A	1 只
	0-125-250-500V	
4. 交流电压表	0-150-300-600V	1 只
5. 三相异步电动机	380V	1 台
6. 三相灯泡板	220V 60W×8 只	1 块
7. 三相电流插座		1 只
8. 电流插头		2 只

## 实验步骤

### 1. 灯泡负载星形联结

(1) 按图 3.3a.1 接线，电流表及功率表电流线圈两端接电流插头。

(2) 断开 $K_1$ ，合上 $K_2$ ，形成对称负载，测量各线电流、中性线电流、线电压、相电压、各相功率，记入表 3.3a.1 内。

**表 3.3a.1 三相对称负载星形联结电量测定**

$I_U$ /A	$I_V$ /A	$I_W$ /A	$I_N$ /A	$U_{UV}$ /V	$U_{VW}$ /V	$U_{WU}$ /V	$U_{UN}$ /V	$U_{VN}$ /V	$U_{WN}$ /V	$P_U$ /w	$P_V$ /w	$P_W$ /w	$P_{总}$ /w

(3) 合上 $K_1$ 、 $K_2$ ，形成不对称负载的三相四线制接法，测量各线电流及功率，记入表 3.3a.2 内。

**表 3.3a.2 三相不对称负载星形联结电量测定**

$I_U$ /A	$I_V$ /A	$I_W$ /A	$I_N$ /A	$P_U$ /w	$P_V$ /w	$P_W$ /w	$P_{总}$ /w

(4) 合上 $K_1$ ，断开 $K_2$ ，即在负载不对称时断开中线，观察灯泡亮度变化及测量灯泡端电压 $U_{UN'}$ ， $U_{VN'}$ ， $U_{WN'}$ ，及负载中点电压 $U_{NN'}$ ，记入表 3.3a.3 内。

**表 3.3a.3 三相不对称负载中线断开后电压测定**

$U_{UN'}$ /V	$U_{VN'}$ /V	$U_{WN'}$ /V	$U_{NN'}$ /V

### 2. 灯泡负载三角形联结

(1) 按图 3.3a.3 接线。

(2) 断开 $K_1$ ，形成对称负载，测量线电流、相电流及功率，记入表 3.3a.4 内。

**表 3.3a.4 三相对称负载三角形联结电量测定**

$I_U$ /A	$I_V$ /A	$I_W$ /A	$I_P$ /A	$U_{UV}$ /V	$U_{VW}$ /V	$U_{WU}$ /V	$P_1$ /w	$P_2$ /w	$P_{总}$ /w

(3) 合上 $K_1$ ，形成不对称负载，测量线电流、相电流及功率，记入表 3.3a.5 内。

**表 3.3a.5 三相不对称负载三角形联结电量测定**

$I_U$ /A	$I_V$ /A	$I_W$ /A	$I_{WU}$ /A	$P_1$ /w	$P_2$ /w	$P_{总}$ /w

### 3. 三相异步电动机负载星形联结

按图 3.3a.2 接线，测量各线电流、线电压及用二瓦特计法测量功率，记入表 3.3a.6 内。





## 实验报告要求

1. 根据实验数据说明三相对称负载时，星形联结时的线电压与相电压间的关系；三角形联结时的线电流与相电流间的关系。
2. 根据实验结果说明三相四线制供电时中性线的作用。
3. 当三相不对称负载作三角形联结时，线电流是否相等，线电流与相电流之间是否成固定的比例关系？
4. 简述三相功率的测量方法。

## 实验现象

三相不对称负载星形联结实验中，有中性线时，各相灯泡亮度一样；中性线断开后，U相灯泡较暗。三相不对称负载三角形联结实验中，各相灯泡亮度一样。

## 实验结果分析

1. 根据实验数据说明三相负载对称时，星形联结的线电压与相电压间的关系；三角形联结的线电流与相电流间的关系。

答：三相负载对称时，星形联结的线电压与相电压间的关系为： $U_L = \sqrt{3}U_p$ ；三角形联结的线电流与相电流间的关系为： $I_L = \sqrt{3}I_p$ 。

2. 根据实验结果说明三相四线制供电时，中性线的作用。

答：三相四线制供电时，在负载不对称的情况下，中性线的作用是保证各相负载电压相等（ $U_p = 220V$ ），所以有中性线时各相灯泡亮度相同，中性线断开后发生负载中性点电位位移。使各相负载电压不相等，灯泡亮度不同。

3. 当不对称负载作三角形联结时，线电流是否相等，线电流与相电流之间是否成固定的比例关系？

答：当不对称负载作三角形联结时，线电流不相等，线电流与相电流之间不成固定的比例关系。

4. 简述三相功率的测量方法。

答：三相功率的测量有三功率表和二功率表两种，在三相四线制情况下，可以用一只功率表按测量单相功率的方法测出每相功率，然后把每相功率相加得到总功率，这就是三功率表法。在三相三线制情况下，则采用二功率表法，测量时在三根相线中选定一根作为“公共线”，将功率表的电压线圈末端与“公共线”相接，电压线圈的始端与电流线圈始端接在一起，然后把电流线圈两端接电流插头，再把电流插头插入除“公共线”以外的二相电流插座中，即把电流线圈像电流表一样串入相线之中，就可以读出功率表读数 $P_1$ 和 $P_2$ ，将两次读数代数相加就可得出三相总功率。二功率表法测量时，若有一次指针反转，此时可把功率表的电流插头反过来插入（读数为负值）。

## 实验相关知识

## 预习要求

1. 了解三相负载星形联结及三角形联结时的线电压和相电压，线电流和相电流之间的关系。

2. 了解三相功率测量方法、二功率表法测量功率的条件及功率表的接线方法。

3. 完成下列选择题：

(1) 三相星形联结的负载与三相电源相联结时，一般采用\_\_\_\_\_（三相四线制、三相三线制）接法，若负载不对称，中线电流\_\_\_\_\_（等于、不等于）零。三相负载联结成三角形，电路为\_\_\_\_\_（三相四线制、三相三线制）接法。

(2) 在三相四线制中的不对称灯泡负载\_\_\_\_\_（能、不能）省去中线，中线上\_\_\_\_\_（能、不能）安装保险丝。

(3) 三功率表法一般适用于测量三相四线制负载的总功率，本实验中功率表的电流线圈量限选 \_\_\_\_\_（0.5A、1A），电压线圈量限选 \_\_\_\_\_（125V、250V、500V）。

二功率表法一般适用于测量三相三线制负载的总功率，本实验中功率表的电流线圈量限选 \_\_\_\_\_（0.5A、1A），电压线圈量限选 \_\_\_\_\_（125V、250V、500V）。

## 相关知识点

负载星形联结的三相电路	E5020402
三相四线制(有中性线)	E502040201
三相三线制(无中性线)	E502040202
电压电流相量图	E502040203
负载三角形联结的三相电路	E5020403
三相功率	E5020404
三相功率测量	E505010303

## 注意事项

1. 在接通电源前，电流插头不能插在电流插座中，以免因起动电流过大损坏电表。
2. 三相异步电动机转动时，人体及设备切勿碰到转轴，以免发生事故。