

# 实验七

## 三相交流电路电压、电流和功率的测量

南开大学电子信息实验教学中心

2018年春季学期

# 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（“△”接）。

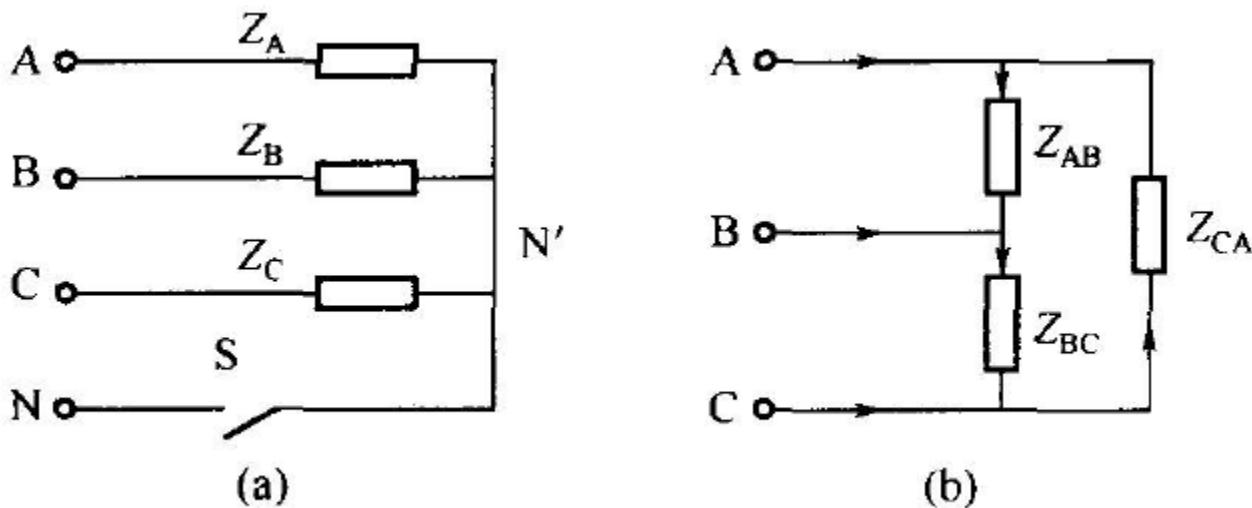


图1

(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。

## 二、实验原理

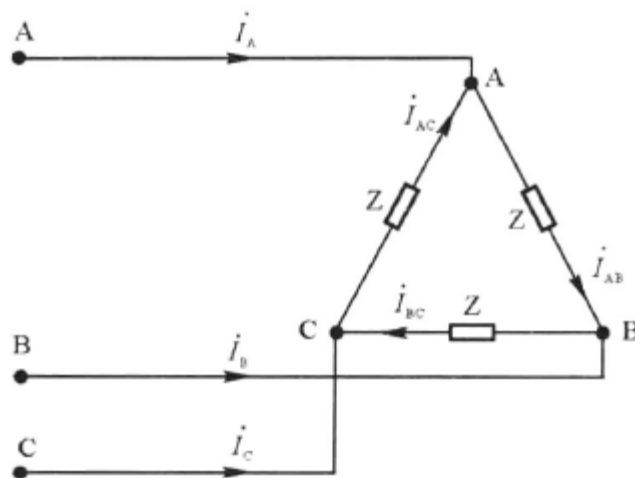
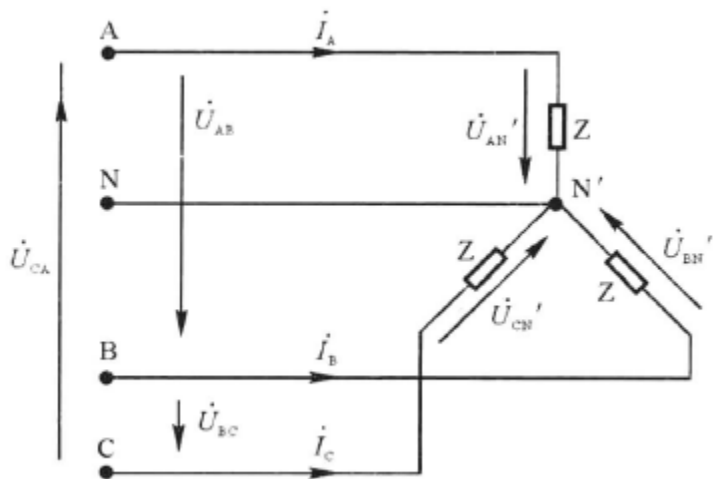
### 2、需要明确的几个概念

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。



## 二、实验原理

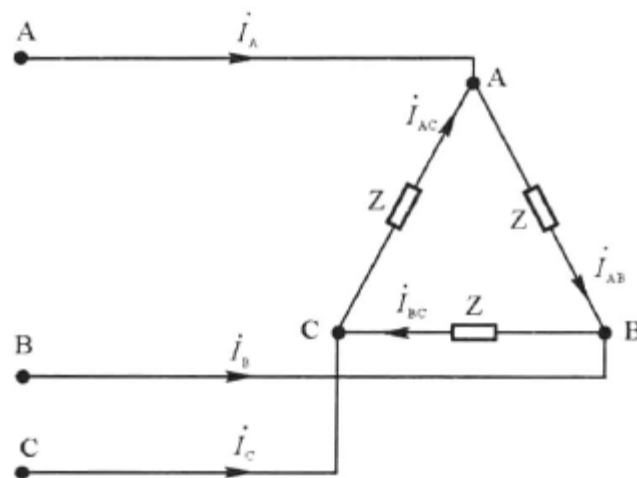
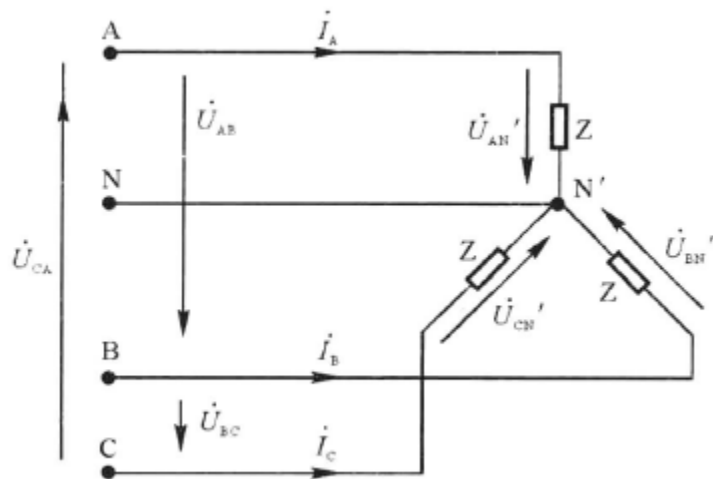
### 2、需要明确的几个概念

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 $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$ ；尾端常记为 $U_2$ 、 $V_2$ 、 $W_2$ 。

实际中旧标准标记比较多见。

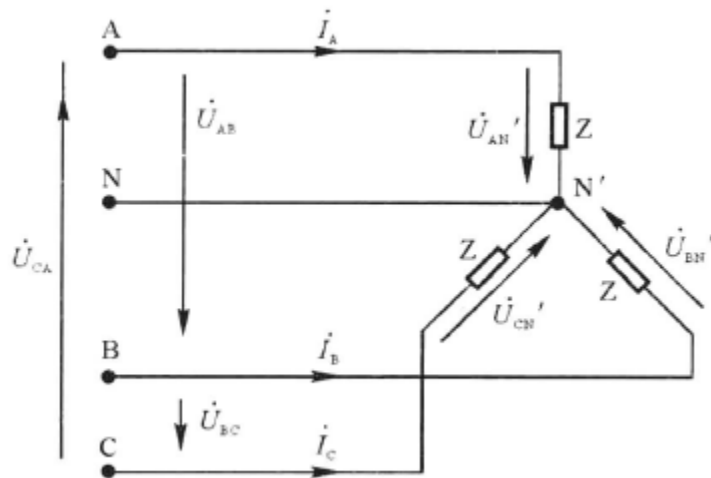


## 二、实验原理

### 3、星形连接的三相负载

◆ 三相负载对称时

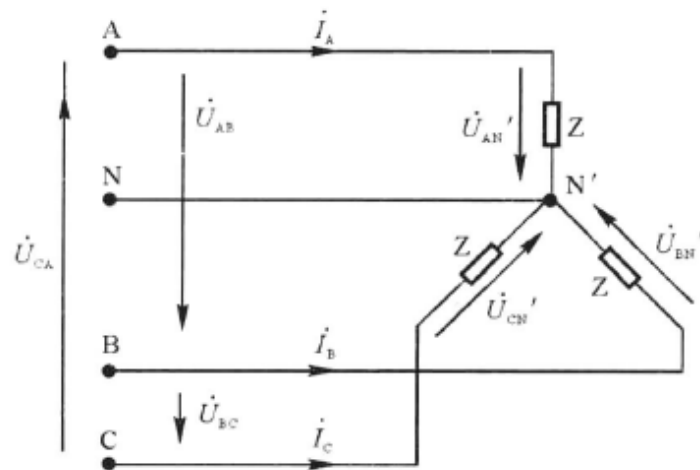
$$U_L = \sqrt{3}U_P; I_L = I_P$$



此时流过中线的电流 $I_0=0$ ，可以省去中线。

## 二、实验原理

### ◆三相负载不对称时



必须采用三相四线制接法，即Y<sub>0</sub>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。

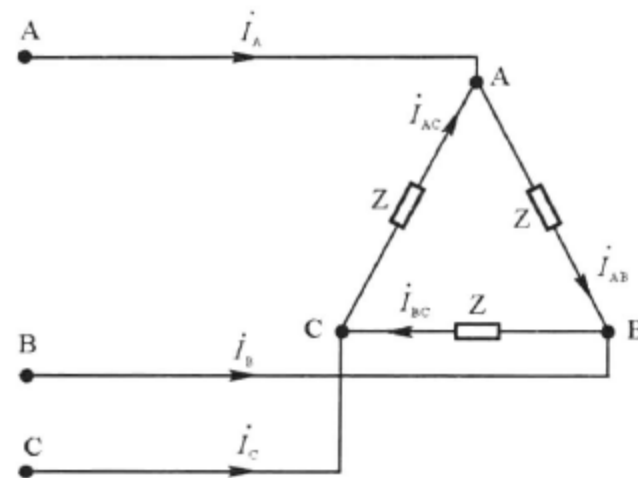
## 二、实验原理

### 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。



## 二、实验原理

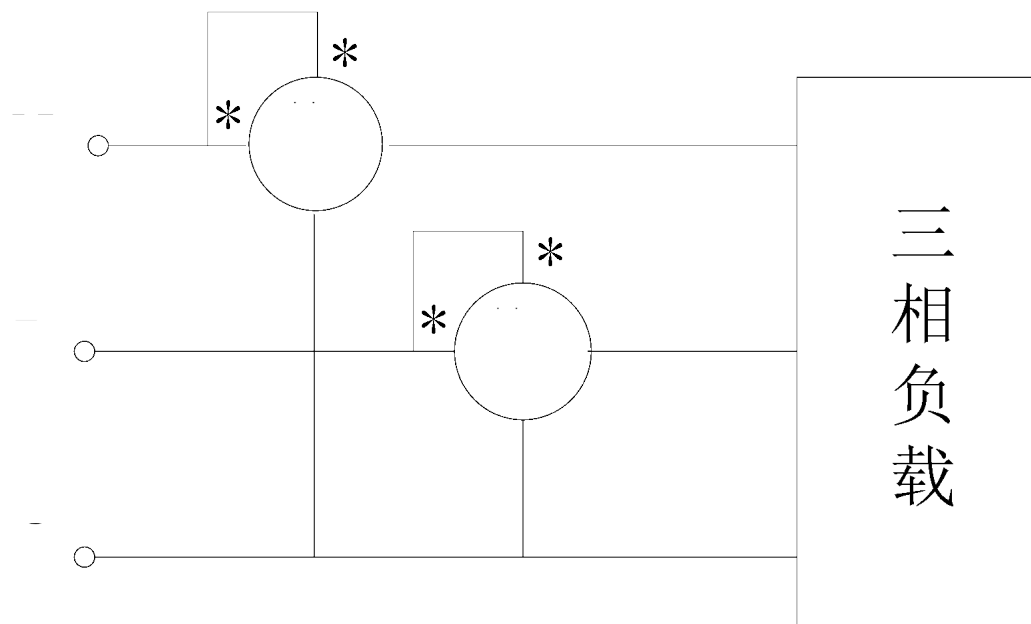
### 5、二瓦计法测量功率电路

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。

$$P_1 = U_{AC} I_A \cos f_1$$

$$P_2 = U_{BC} I_B \cos f_2$$

$$P_{\text{总}} = P_1 + P_2$$



### 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

### 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、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。

## 四、实验内容

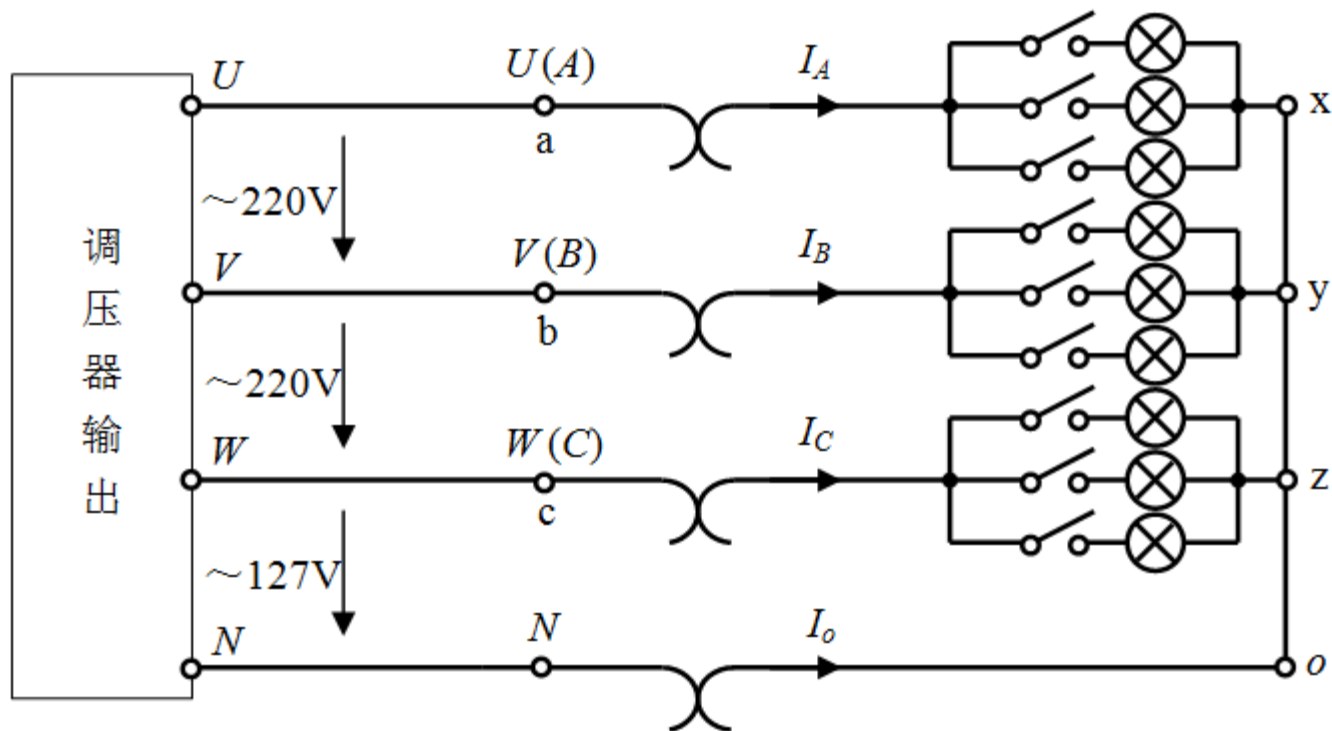


图 1

# 四、实验内容

表1

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											

## 四、实验内容

### 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！

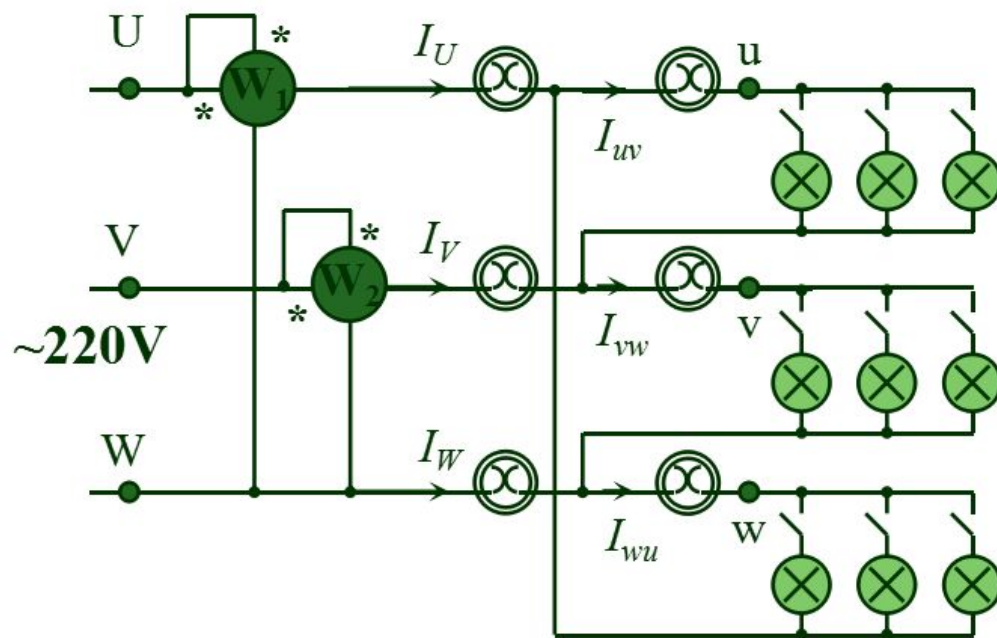


图2

# 四、实验内容

表2

测量数据 负载情况	开 灯 数 量			线电压相电压 (V)			线 电 流 (mA)			相 电 流 (mA)			二瓦计 (W)		
	A-B 相	B-C 相	C-A 相	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$I_{AB}$	$I_{BC}$	$I_{CA}$	$P_1$	$P_2$	$P_{\Sigma}$
三相平衡	3	3	3												
三相 不平衡	1	2	3												

## 四、实验内容

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。



# 注意事项

1. 本实验采用三相交流市电，实验时要注意人身安全，不可触及裸露的导电部件，防止意外事故发生。
2. 每次接线完毕，同组同学自查一遍，两人均确认无误后方可接通电源，必须严格遵守断电→接线→检查→通电；断电→拆线的实验操作原则。
3. 本次实验中，灯泡升温迅速。要注意选择长度适合的导线，不要让导线与灯泡表面接触，以免将导线绝缘层融化，形成安全隐患。在操作过程中，手不要触碰灯泡，以免烫伤！

# 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。
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 $I_L = \sqrt{3}I_P$ 。
3. 对于三相四线制电路，能否在中线上安装保险丝？为什么？
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。
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。

THE END

# 实验八

## 异步电动机的继电接触控制

南开大学电子信息实验教学中心  
2018年春季学期

# 一、实验目的

1. 了解三相鼠笼式异步电动机点动控制和自锁控制线路的原理，及实际安装接线。
2. 通过实验进一步加深理解点动控制和自锁控制的特点。

## 二、实验原理

### 1. 电气控制电路

自动控制大多是以各种电动机或是其它执行电器为被控对象，广泛使用于各个领域和行业中的电气设备和生产机械中。

根据一定的控制方式，用导线把继电器、接触器、按钮、行程开关、保护元件等器件连接起来组成的自动控制电路，通常称为电气控制电路。

三相鼠笼式异步电动机在工矿企业中应用广泛，适合用于分析一些典型的基本控制电路，如点动控制、自锁控制、点动与连续控制、顺序控制、多地控制等。本实验仅研究前两种控制电路。

## 二、实验原理

### 2. 点动控制

所谓点动控制是指，按下按钮，电动机得电运转；松开按钮，电动机失电停转。这是非常简单的一种控制电路。

FU：熔断器

KM：交流接触器主触头

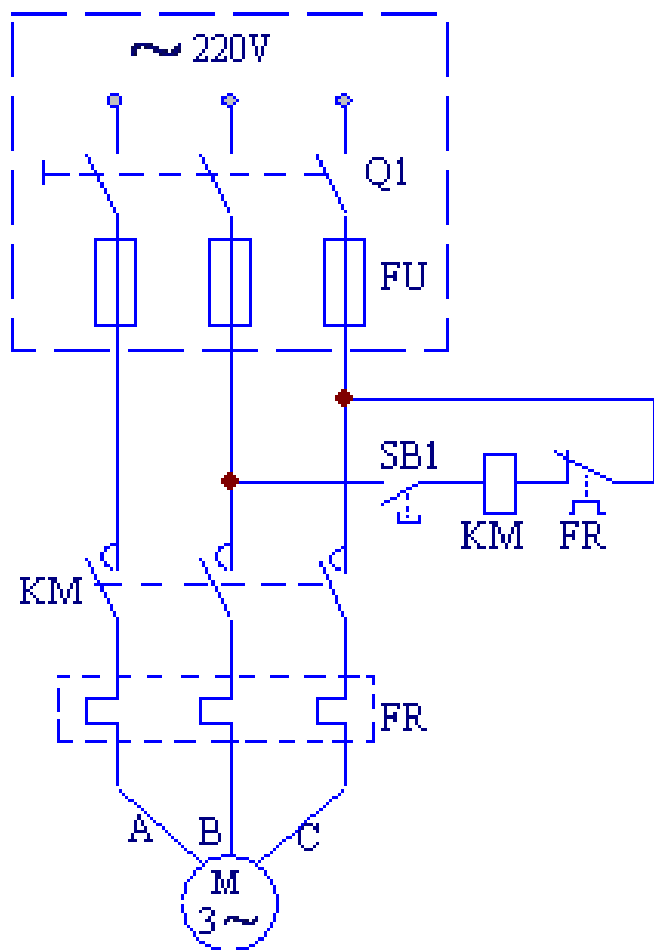
FU、KM、M构成主电路。

SB：起动按钮

KM：交流接触器线圈

FR：热继电器

SB、KM、FR构成控制电路。



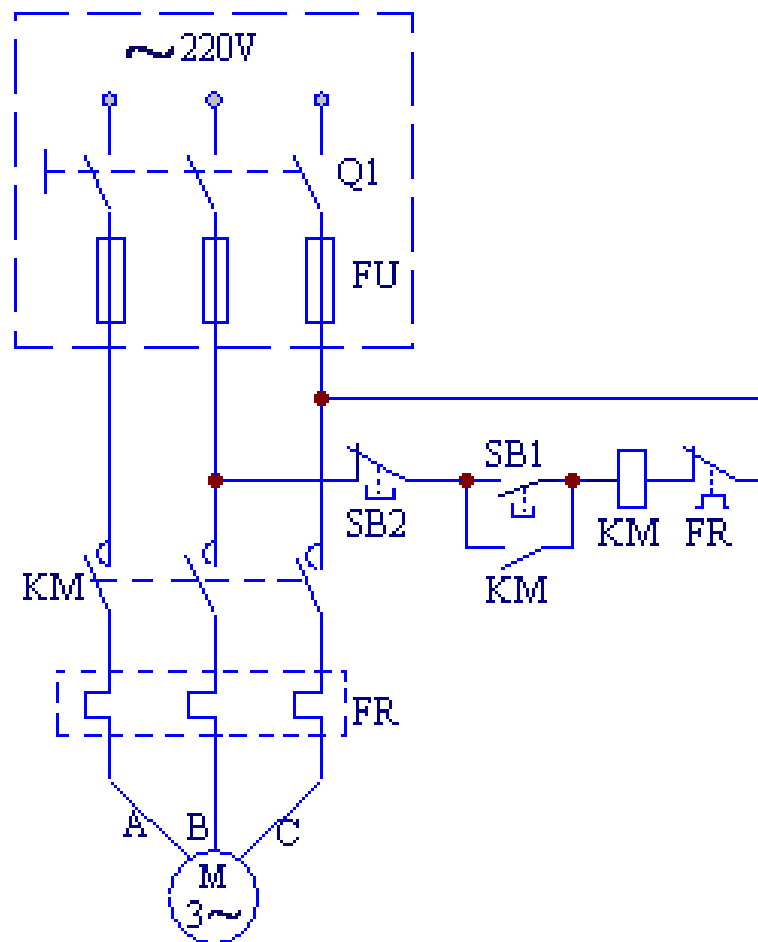
## 二、实验原理

### 3. 自锁控制

依靠接触器自身触点，使其线圈保持通电的措施，称为自锁。

SB2：停止按钮

KM（与SB1并接）：KM辅助触点，  
也称为自锁触点





## 二、实验原理

### 4. 电动机的保护

#### (1) 短路和过载保护

采用熔断器FU作为短路保护；采用热继电器FR作为过载保护。  
熔断器和热继电器作用不同，不能相互替代。

#### (2) 欠压保护

线路电压低于电动机的额定电压称为欠压。

KM作为欠压保护。

#### (3) 失压保护

失压保护是指电动机在正常运行中由于外界某种原因引起突然断电时，能自动切断电动机电源；而重新供电时，保护电动机不能自行起动的一种保护。KM作为失压保护。

### 三、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数量	备注
1	三相交流电源	220V		
2	三相鼠笼式异步电动机	DJ24	1	
3	交流接触器		1	D61-2
4	按 钮		2	D61-2
5	热继电器	D9305d	1	D61-2
6	交流电压表	0~500V		
7	万用电表		1	自备

## 四、实验内容

鼠笼电机接成 $\Delta$ 接法；实验线路电源端接三相自耦调压器输出端U、V、W，供电线电压为220V。

### 1、点动控制

按图1点动控制线路进行安装接线，接线时，先接主电路，即从220V三相交流电源的输出端U、V、W开始，经接触器KM的主触点，热继电器FR的热元件到电动机M的三个线端A、B、C，用导线按顺序串联起来。主电路连接完整无误后，再连接控制电路，即从220V三相交流电源某输出端(如V)开始，经过常开按钮SB1、接触器KM的线圈、热继电器FR的常闭触点到三相交流电源另一输出端(如W)。显然这是对接触器KM线圈供电的电路。

接好线路, 检查无误后, 方可进行通电操作。

## 四、实验内容

操作步骤:

- (1) 开启控制屏电源总开关, 按启动按钮, 调节调压器输出, 使输出电压为220V。
- (2) 按起动按钮SB1, 对电动机M进行点动操作, 比较按下SB1与松开SB1电动机和接触器的运行情况。
- (3) 实验完毕, 按控制屏停止按钮, 切断实验线路三相交流电源。

## 四、实验内容

### 2. 自锁控制电路

按图2所示自锁线路进行接线，它与图1的不同点在于，控制电路中多串联一只常闭按钮SB2，同时在SB1上并联1只接触器KM的常开触点，它起自锁作用。

接好线路经检查无误后，方可进行通电操作。

- (1) 按控制屏启动按钮，接通220V三相交流电源。
- (2) 按起动按钮SB1，松手后观察电动机M是否继续运转。
- (3) 按停止按钮SB2，松手后观察电动机M是否停止运转。
- (4) 按控制屏停止按钮，切断实验线路三相电源，拆除控制回路中自锁触点KM，再接通三相电源，启动电动机，观察电动机及接触器的运转情况。从而验证自锁触头的作用。

实验完毕，将自耦调压器调回零位，按控制屏停止按钮，切断实验线路的三相交流电源。

## 四、实验内容

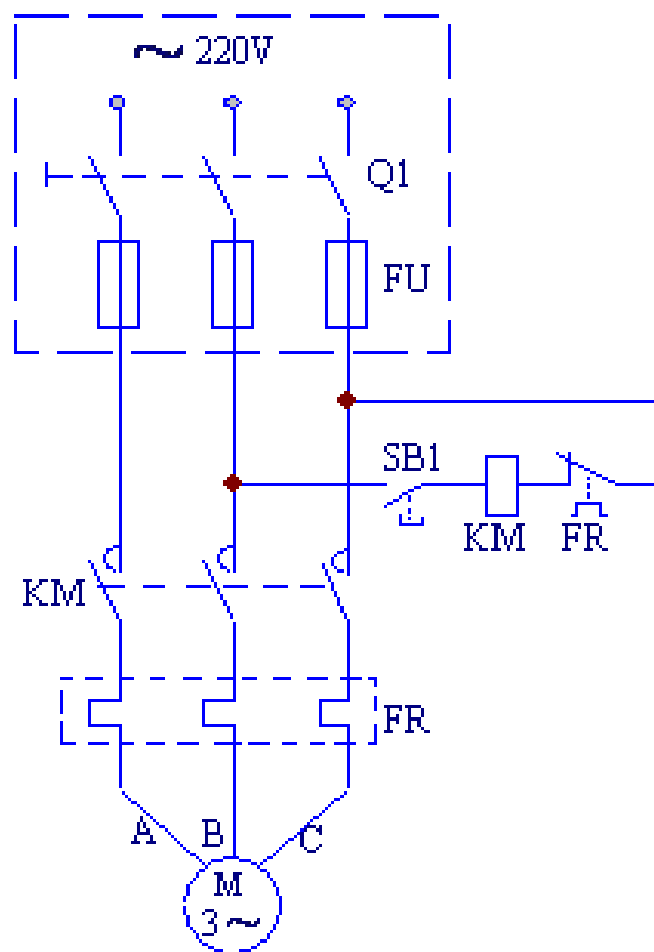


图1 点动控制线路

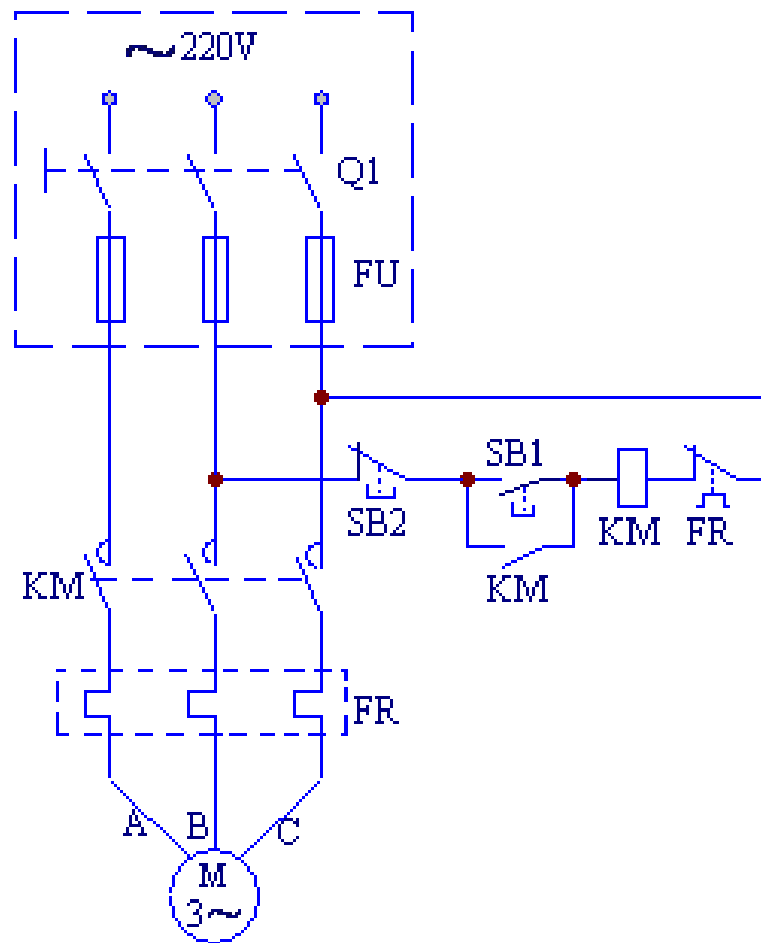


图2 自锁线路

## 五、注意事项

1. 接线要求牢靠、整齐、清楚、安全可靠。
2. 操作时要胆大、心细、谨慎，不许用手触及各电器元件的导电部分及电动机的转动部分，以免触电及意外损伤。
3. 通电观察继电器动作情况时，要注意安全，防止碰触带电部位。

THE END