

# 新编实用电工电路

# 400例



郑凤翼 主编  
李俊 审校

人民邮电出版社  
www.pptph.com.cn

# 新编实用电工电路

## 400 例

何国良 主编

ISBN 7-115-09520-5



9 787115 095206 >

ISBN7-115-09520-5/TN·1752

定价:32.00 元

人民邮电出版社  
www.pptph.com.cn

TM13  
Z434

# 新编实用电工电路 400 例

郑凤翼 主编  
李俊 审校

人民邮电出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

新编实用电工电路 400 例/郑凤翼主编. —北京:人民邮电出版社,2001.10

ISBN 7-115-09520-5

I. 新… II. 郑… III. 电工-电路 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 048044 号

## 内 容 提 要

本书精选了低压电器电路、设备控制电路、供电电路、检测与报警电路以及电子电路等常用的电工电路 400 余例,详细地讲解了电路的原理和工作过程。本书所选资料来自生产实践,内容真实可信、通俗易懂,可以帮助读者解决工作生活中遇到的问题。

本书适合广大电工人员及电子爱好者阅读。

### 新编实用电工电路 400 例

- ◆ 主 编 郑凤翼  
审 校 李 俊  
责任编辑 张 鹏 刘建章
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@poptph.com.cn  
网址 <http://www.poptph.com.cn>  
读者热线:010-67129212 010-67129211(传真)  
北京汉魂图文设计有限公司制作  
北京朝阳隆昌印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本:787×1092 1/16  
印张:25.25  
字数:632千字 2001年10月第1版  
印数:1-6 000册 2001年10月北京第1次印刷

ISBN 7-115-09520-5/TN·1752

定价:32.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

## 前 言

随着科学技术的进步和国民经济的发展,各行各业的电气化程度日益提高,所用的电气设备越来越复杂,相应的安装、调试与维修的技术水平也越来越高,因此要求维修电工的技术水平也需要进一步提高。

我们根据有关资料和多年从事电工工作的经验,汇编了约 400 种实用电工电路。本书所介绍的电工电路绝大部分来自生产实践,经过归纳、提炼和引伸而成,因此内容比较真实,可帮助大家快速、正确地处理工作中遇到的问题,希望读者能从中得到启发。

本书主要内容有:低压电器电路、电动机控制电路、机床和起重机械电气控制电路、一般生产机械装置电气控制电路、供电电路(包括三相交流电源相序检测及锁定电路、单相和三相供电电路、整流、稳压及调压电路、备用电源切换电路和蓄电池充电电路)、电工测量、监测、指示电路与报警电路、灯光控制电路(包括照明灯控制电路、彩灯控制电路、路灯控制电路)、电子电路(包括电子电器电路、晶闸管电路、常用设备电子控制电路)。全书共分三章,第一章为一般电工电路,第二章为基础电工电路,第三章为电工用电子电路。

全书特点是简明扼要、内容充实、重点突出、通俗易懂。

参加本书编写的工作人员有郑丹丹、孟庆涛、齐宝霞、郑晞晖、苏阿莹及杨长瑞等。

在本书写作过程中,编者参考了大量的书刊杂志和有关资料,并引用其中一些资料,难以一一列举,在此一并向有关书刊和资料的作者表示衷心感谢。

作者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第一章 一般电工电路</b> .....	1
<b>第一节 低压电器电路</b> .....	1
一、交流接触器直流运行电路 .....	1
二、接触器控制电路 .....	2
三、继电器电路 .....	5
四、熔断器电路 .....	7
五、其它电工电器电路 .....	9
<b>第二节 电动机控制电路</b> .....	11
一、电动机多点、多地及远地控制电路 .....	11
二、三相鼠笼型异步电动机全压启动控制电路 .....	13
三、三相鼠笼型异步电动机降压启动控制电路 .....	30
四、电动机制动电路 .....	36
五、三相异步电动机 Y- $\Delta$ -Y 转换节能控制电路 .....	42
六、三相异步电动机保护电路 .....	45
七、三相绕线型异步电动机控制电路 .....	50
八、双电动机自动切换电路 .....	53
九、单相交流电动机控制电路 .....	55
十、直流电动机控制电路和调速电路 .....	58
十一、60Hz 的电动机在 50Hz 电源上的使用 .....	61
<b>第三节 机床和起重机械电气控制电路</b> .....	64
一、机床电气控制电路 .....	64
二、起重机械电气控制电路 .....	70
<b>第四节 一般生产机械装置电气控制电路</b> .....	76
一、电焊机电路 .....	76
二、纺织机械电气控制电路 .....	82
三、水泵电气控制电路 .....	83
四、水位、液位电气控制电路 .....	91
五、供水、断水控制电路 .....	102
六、压力和压缩机电气控制电路 .....	104
七、电加热电路 .....	106
八、其它生产机械装置电气控制电路 .....	113
<b>第五节 供电电路</b> .....	121
一、三相交流电源相序检测及锁定电路 .....	121
二、单相和三相供电电路 .....	123
三、整流、稳压及调压电路 .....	131

四、简单实用的备用电源切换电路 .....	147
五、蓄电池充电电路 .....	149
第六节 电工测量、监测、指示电路与报警电路 .....	159
一、电工测量、监测与指示电路 .....	159
二、报警电路 .....	167
第七节 灯光控制电路 .....	172
一、照明灯控制电路 .....	172
二、路灯控制电路 .....	181
<b>第二章 基础电工电路</b> .....	<b>185</b>
第一节 低压电器电路 .....	185
一、断路器控制电路 .....	185
二、继电器电路 .....	187
三、熔断器电路 .....	187
四、其它电工电器电路 .....	189
第二节 电动机控制电路 .....	190
一、电动机多点、多地及远地控制电路 .....	190
二、电动机全压启动控制电路 .....	194
三、电动机降压启动控制电路 .....	199
四、电动机制动电路 .....	205
五、三相异步电动机保护电路 .....	206
六、单相交流电动机控制电路 .....	216
七、电磁调速电动机控制电路 .....	217
八、直流电动机控制电路和调速电路 .....	220
第三节 机床和起重机械电气控制电路 .....	228
一、机床电气控制电路 .....	228
二、起重机械电气控制电路 .....	236
第四节 一般生产机械装置电气控制电路 .....	240
一、电焊机电路 .....	240
二、纺织机械电气控制电路 .....	241
三、水泵电气控制电路 .....	247
四、水位、液位电气控制电路 .....	250
五、供水、断水控制电路 .....	253
六、压力和空气压缩机(以下简称空压机)电气控制电路 .....	256
七、电加热电路 .....	261
八、其它生产机械装置电气控制电路 .....	263
第五节 供电电路 .....	265
一、单相和三相供电电路 .....	265
二、整流、稳压及调压电路 .....	267
三、简单实用的备用电源切换电路 .....	270
四、蓄电池充电电路 .....	273

第六节 电工测量、监测、指示电路与报警电路	275
一、电工测量、监测与指示电路	275
二、报警电路	281
第七节 灯光控制电路	285
一、照明灯控制电路	285
二、彩灯控制电路	290
三、路灯控制电路	294
第三章 电工用电子电路	298
第一节 电子电器电路	298
一、电子定时器电路	298
二、电子继电器电路	310
三、电子开关和插座电路	317
四、新型电子器件应用电路	333
五、其它电子电器电路	342
第二节 晶闸管电路	350
一、晶闸管开关和单相调压电路	350
二、晶闸管三相调压电路	354
三、晶闸管过零触发调功电路	362
第三节 常用设备电子控制电路	367
一、电动机控制电路	367
二、液位显示与井泵控制电路	372
三、温度控制电路	375
四、其它设备电子控制电路	379
第四节 供电电路	383
一、单相电源和三相电源供电电路	383
二、整流、稳压、调压及充电电路	385



# 第一章 一般电工电路

本章介绍由继电器、接触器组成的电气控制电路,以及由晶体管、晶闸管和集成电路组成的简单电气控制电路。

## 第一节 低压电器电路

### 一、交流接触器直流运行电路

#### 1. 不占用辅助触点的交流接触器直流运行电路

大多数交流接触器直流运行电路都要占用接触器的一个常闭辅助触点,而图 1.1.1 所示的交流接触器直流运行电路不占用交流接触器的辅助触点。

##### (1) 向电容 $C_2$ 充电

交流接触器 KM 不带电时,220V 交流电经电容  $C_1$  降压再耦合到全桥 UR,经全波整流后再经  $C_2$  滤波,在  $C_2$  的两端得到上正下负的约 300V 直流电压。

##### (2) 电容 $C_2$ 向 KM 线圈放电, KM 直流吸合

按下启动按钮  $SB_1$ ,  $C_2$  向 KM 线圈放电,强大的瞬间放电电流使 KM 立即得电吸合并自锁。

##### (3) KM 直流吸合维持阶段

220V 交流电经电容  $C_1$  降压、整流桥 UR 整流、电容  $C_2$  滤波,通过已闭合的常开触点 KM (1-2)提供的较小的直流维持电流,使 KM 保持吸合状态不变。

#### 2. 接入 1 只二极管的交流接触器无声运行电路

电路如图 1.1.2(a)所示,按下启动按钮  $SB_1$ ,其常开触点(1-2)闭合、常闭触点(3-4)断开,交流接触器 KM 得电吸合,其常开辅助触点闭合,将电容 C 接入电路,其等效电路如图 1.1.2(b)所示。松开启动按钮  $SB_1$ ,在  $SB_1$  复位的过程中,其常

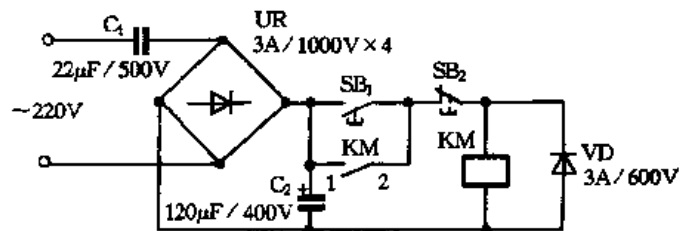


图 1.1.1 不占用辅助触点的交流接触器直流运行电路

开触点(1-2)先断开、常闭触点(3-4)后闭合,电容 C 先串入电路。由于电容具有隔直流通交流的作用,接触器 KM 的线圈通过电容 C 能够直接接通 220V 交流电,通过电容 C 给线圈提供维持吸合的电流。在  $SB_1$  复位后,二极管 VD 接入电路,使 KM 线圈开始进入直流运行。在交

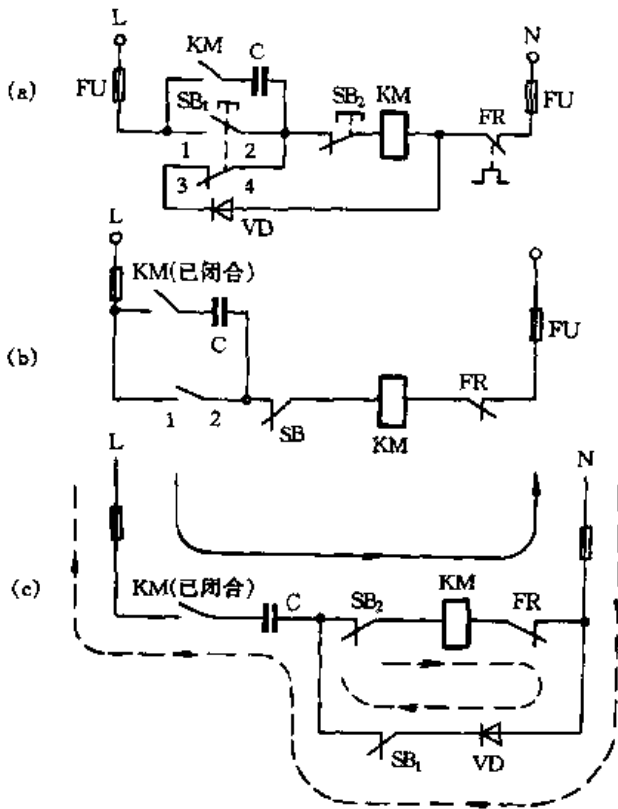


图 1.1.2 接入 1 只二极管的交流接触器无声运行电路

这样在 KM 的辅助常闭触点 KM(3-4)断开的瞬间,过电压将被电容 C 吸收,保护二极管 VD<sub>2</sub> 免被击穿。在 KM(3-4)断开、KM(5-6)尚未闭合瞬间,220V 交流电经启动按钮 SB<sub>1</sub> (仍闭合)、VD<sub>2</sub> 直接供给 KM 线圈电流,使衔铁可靠吸合。KM(5-6)闭合后,在 SB<sub>1</sub> 复位(断开)前,电源正半周(左正右负)经 SB<sub>1</sub>、VD<sub>2</sub> 直接供给 KM 直流电流,负半周由 VD<sub>1</sub> 续流维持吸合。SB<sub>1</sub> 复位后,才由 C 和 VD<sub>1</sub> 组成直流运行电路。

对于图 1.1.2、图 1.1.3 所示电路,电容器 C 的容量和接触器线圈的工作电流之间存在着一定关系。经验公式  $C = (6.5 \sim 8) I_0$  可供参考,式中 C 为电容器的电容量( $\mu\text{F}$ )、 $I_0$  为所选接触器线圈的直流工作电流(A)。该式适用于交流工作电压为 380V 的情况。由于吸合的直流工作电流  $I_0$  小于交流的工作电流  $I_c$ ,且接触器的容量愈大, $I_0/I_c$  的值愈小,因此对额定电流大的接触器,选取直流电流值和上式中的系数时应当小些。

## 二、接触器控制电路

### 1. 低压接触器瞬时失压、欠压延时电路

接触器线圈为长期工作负载,若由于某种原因而瞬间失压成欠压,使线圈两端的电压跌落到维持电压以下,造成衔铁释放,这将给要求保持连续运行的生产线带来损失。如果能在交流线圈上并接一只平时不放电的电容器充电待命,一旦在电网电压跌落到一定数值,电容器就自

流电源的正半周中,二极管 VD 截止,220V 交流电通过电容 C 给线圈供电,其电流流路径如图 1.1.2(c) 的实线所示;在交流电源的负半周中,二极管 VD 导通,同时二极管 VD 给 KM 线圈提供续流回路,其电流流路径如图 1.1.4(c) 的虚线所示,使 KM 线圈中流过连续的直流电流,交流接触器进入无声的节电运行状态。按下停止按钮 SB<sub>2</sub>,能同时切断 KM 线圈的交流供电电路和续流回路,使交流接触器触点快速释放,这与交流释放时间大致相等。因此在电网电压发生瞬时断电或电压突然大幅度波动时,交流接触器主触点就会释放,此时就不能保证设备的可靠稳定运行。

### 3. 接入 2 只二极管的交流接触器无声运行电路

电路如图 1.1.3 所示,按下启动按钮 SB<sub>1</sub>,在接触器 KM 的衔铁闭合过程中,首先应使 KM 的辅助常开触点 KM(1-2)闭合,把电容 C 直接并联在二极管 VD<sub>2</sub> 的两端,

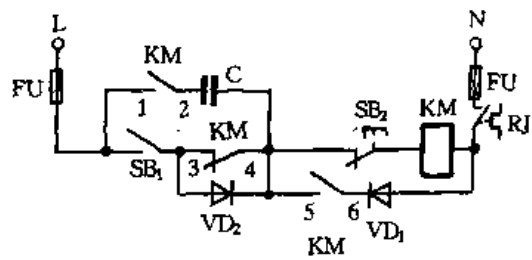


图 1.1.3 接入双二极管的交流接触器无声运行电路

动接通通向线圈的电路,并向线圈放电(见图 1.1.4),则前述的缺陷都可克服。

图 1.1.5 虚线框内所示电路为接触器由瞬时失压再转入正常时能立即自动吸合的电路。接触器 KM 线圈接在变压器 T 的一次侧对应电压值的绕组上,继电器 K 的常开触点并联在控制回路 KM 的自锁触点上,常闭按钮 SB<sub>1</sub> 增加一副常开触点与延时电路放电回路相连。这样安装简便,不影响原控制回路,操作习惯与正常时一样,按“停止”按钮时间不需超过延时时间。

按下 SB<sub>2</sub>, KM 得电吸合并自锁,虚线框中变压器 T 随 KM 同时得电, T 的次级电压经整流桥 UR 整流、C<sub>1</sub> 滤波,在 C<sub>1</sub> 两端得到直流电压,经 R 对电容 C<sub>2</sub> 充电, C<sub>2</sub> 充电完毕, VT 导通,使继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合,作失压、欠压延时的准备。当失压、欠压时,接触器 KM 失电释放,其自锁触点断开,同时 C<sub>2</sub> 向三极管 VT 放电,使其仍维持导通,而由 C<sub>1</sub> 供给 K 线圈吸合能量,因此 K 仍可吸持一定时间,这段时间里如电源已恢复正常, KM 立即通过 K 的已闭合的常开触点得电吸合,达到失压延时同样的效果。如果正常按动 SB<sub>1</sub>, 则主回路失电,同时 C<sub>2</sub> 被 SB<sub>1</sub> 常开按钮(已闭合)短路放电, K 由于 VT 无基极电流截止而释放, KM 也由于通路全部切断而释放。

该失压、欠压延时电路可通用于所有电流等级的接触器,而且所用元件简单,体积也很小。

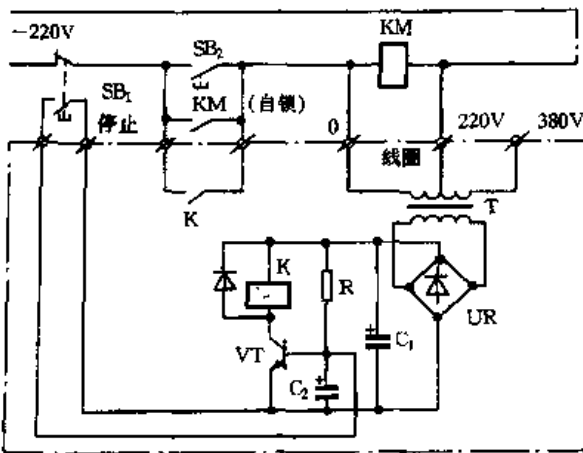


图 1.1.5 低压接触器瞬时失压、欠压延时电路

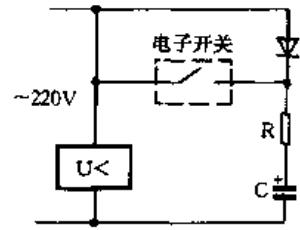


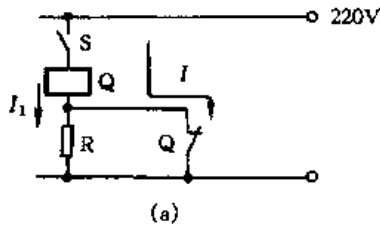
图 1.1.4 交流接触器  
线圈瞬时失压、  
欠压延时电路原理

## 2. 高压真空接触器辅助回路的改进电路

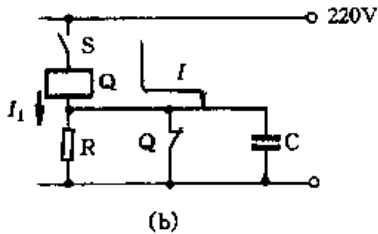
在大功率电气拖动系统中,高压真空接触器经常处于开闭运转状态,其直流电磁操作回路要求 220V 供电,合闸电流较大,保持电流较小,这一转换过程是通过其辅助常闭触点来完成的,如图 1.1.6(a)所示。当 S 闭合后, Q 的线圈得电,全电流  $I$  通过 S、Q 的线圈及 Q 的触点,在 Q 得电的瞬间 Q 的常闭触点打开,则  $I$  变为由限流电阻 R 限流后的 Q 线圈的维持电流  $I_1$ 。极据 CZG 型真空接触器技术要求,合闸电流为 1.3~5A,维持电流为 0.3~0.2A。由于 Q 的常闭辅助触点开断容量往

往不足,  $I$  又为感性负载电流,在触点断开瞬间,往往因拉弧致使触点烧坏而出现故障,造成 Q 难以正常工作。

为了消除该电弧并保证 Q 正常运行,在 Q 的常闭触点两端并联一消弧电容,如图 1.1.6 (b)所示。在 Q 得电、其常闭触点断开的瞬间,合闸电流  $I$  对 C 充电, Q 的常闭触点就在无弧状态下断开, Q 正常合闸。当 C 充电电压等于电阻分压  $U_R$  时,充电结束,合闸电流  $I$  逐渐衰减为维持电流  $I_1$ 。S 断开, Q 失电, C 通过 Q 的常闭触点瞬间放电至零,恢复原始状态。其充电电压及电流波形如图 1.1.7 所示。充电时间  $T$  的长短取决于 Q 线圈的直流电阻和 C 的大小。充电时间必须大于 Q 常闭触点的动作时间,其电弧才能全面消除,并可保证辅助点的安全和真空接触器的正常合闸。一般这种接触器动作拉弧时间为数十毫秒,因此在参数选择上,只要能保证充电时间  $T$  大于  $0.7RC$  即可。电容 C 选用  $100\mu\text{F}/350\text{V}$ , 其时间常数  $\tau$  计算结果为 114ms,就能完全满足系统运行要求。实践结果也充分证明当 Q 合闸、Q 常闭触点断开时是无电弧运行的。



(a)



(b)

图 1.1.6 高压真空接触器辅助回路的改进电路

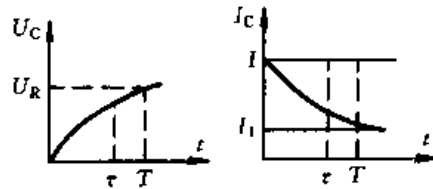


图 1.1.7 图 1.1.6 中电容 C 的充电电压和电流波形

### 3. 交流接触器的检测控制电路

接触器在运行中,主触点频繁地接通和分断电路中的大电流,并长期要通过额定电流,往往造成磨损、严重烧损或熔焊;接触器的可动部件被卡住、吸合线圈绝缘被损坏、电磁铁噪声大等故障也时有发生。因此,接触器投入运行后,要经常进行检查、维护并定期检修,确保接触器长期可靠地运行。

对于新安装的或检修后的接触器,通常要在主触点不带电的情况下,先使吸合线圈通电,分合数次,以检查可动部件是否灵活以及触点开距、压力、超行程和触点接触的同步性等是否符合规定、动作是否可靠,然后才能投入使用。

为此,有必要对固定式低压配电屏和动力配电箱带有交流接触器的配电回路,增设接触器检测控制电路,以达到在主触点不带电的情况下,检查接触器的动作情况。

图 1.1.8 所示为带有低压断路器 QF 的交流接触器控制电路,点划线框内为检测交流接触器 KM 的控制电路。这种电路是利用 LA101 系列机械自持型按钮 SB<sub>3</sub> 常开触点和 QF 的辅助常闭触点与接触器 KM 的吸合线圈串联组成的。当检测 KM 时,将 QF 置于分断位置,这时 QF 的常闭触点 QF (1-2) 闭合,按下 SB<sub>3</sub>,其常开触点 SB<sub>3</sub>(1-2) 闭合并保持这一状态,使 KM 得电吸合,接通 KM 的检测电路,并且 SB<sub>3</sub> 的常闭触点 SB<sub>3</sub>(3-4) 断开 KM 的控制电路,此时就可

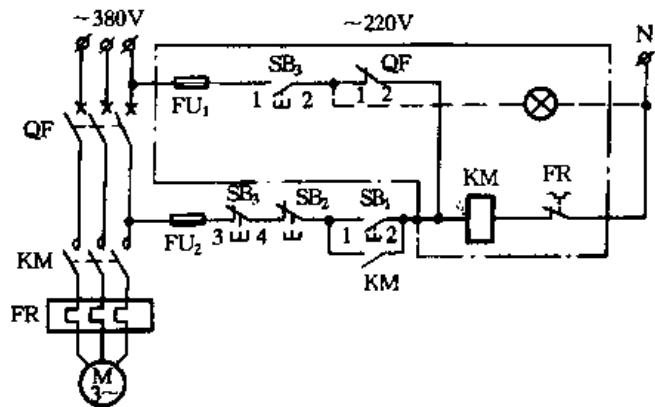


图 1.1.8 交流接触器检测控制电路

以单独对 KM 进行接通与分断相关项目的检查。虽然 KM 的常开辅助触点 KM(1-2) 闭合,但由于复合按钮 SB<sub>3</sub> 的常闭触点 SB<sub>3</sub>(3-4) 已断开,使 KM 的主触点不带电。如果主电路接通(断路器 QF 合闸),电动机 M 运转,由于 QF 的常闭触点(1-2)断开,则检测 KM 的控制电路不能工作。检测工作完毕后,再次按动 SB<sub>3</sub> 时,其常开触点断开,恢复到原始状态。为了提示电工及时将 SB<sub>3</sub> 复位,宜选用带指示灯的 LA101 系列灯式机械自持按钮,如图 1.1.8 中虚线接线

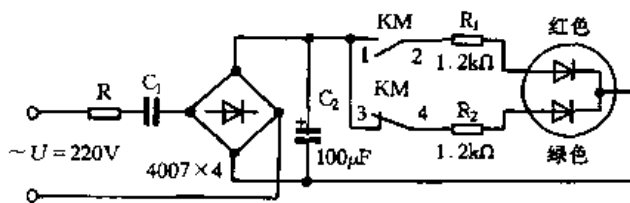
部分所示。

#### 4. CJ20 系列接触器运行指示电路

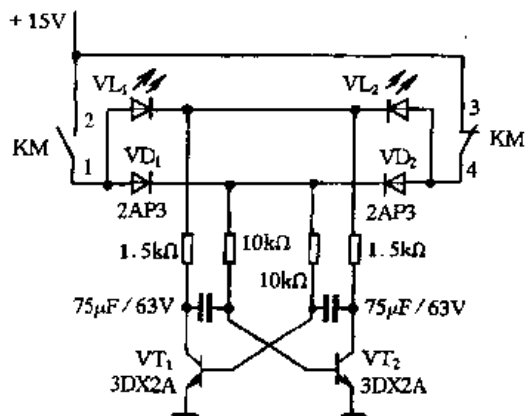
图 1.1.9 所示的 CJ20 系列交流接触器运行指示电路,根据指示灯的指示,可判断接触器是否吸合。

对于图 1.1.9(a)所示电路,电源部分用电容  $C_1$  将 220V 交流电降至 15V 左右。 $R_1$  和  $R_2$  为变色发光二极管的限流电阻。当接触器 KM(CJ20 型)得电吸合时,其常开辅助触点 KM(1-2)闭合、常闭辅助触点 KM(3-4)断开,红色发光二极管发光;当 KM 失电释放时,其辅助触点 KM(3-4)闭合、KM(1-2)断开,绿色发光二极管发光。

为使指示器显示更醒目,可采用图 1.1.9(b)所示电路。 $VT_1$ 、 $VT_2$  组成振荡频率为 1Hz 的多谐振荡器。当 KM 得电吸合时,其常开辅助触点 KM(1-2)闭合, +15V 电源电压经  $VL_1$ 、 $VD_1$  给  $VT_1$ 、 $VT_2$  供电;而使常闭触点 KM(3-4)断开,使  $VL_1$ 、 $VD_2$  与 +15V 电源断开。这时  $VL_1$ 、 $VD_1$ 、 $VT_1$ 、 $VT_2$  工作(振荡), $VL_1$  发出一亮一灭的红光。同理, KM 失电释放(不工作)时,其常开辅助触点 KM(1-2)断开,而常闭触点 KM(3-4)闭合,使  $VL_2$  发出一亮一灭的绿光。



(a)



(b)

图 1.1.9 CJ20 系列接触器运行指示电路

### 三、继电器电路

#### 1. 220V 交流市电直接驱动小型继电器电路

用小型直流继电器作执行元件的电路,通常利用变压器对市电降压、整流为其供电,成本较高。图 1.1.10 所示电路则采用电阻、电容降压的直接驱动电路,降低了成本。

图 1.1.10(a)为最简单的电阻降压、二极管整流、电容滤波的电路,用来驱动继电器工作,此电路唯一的要求是 R 的功率要稍大一点。

图 1.1.10(b)采用电阻降压、桥式整流、电容滤波的稳压电路,比图 1.1.1(a)电路稳定性好。

图 1.1.10(c)则采用电容降压、稳压管稳压、二极管整流、电容滤波的驱动小型继电器工作的电路。交流电的正半周通过阻容降压、稳压管 VZ 稳压,二极管 VD 整流,电容  $C_2$  滤波,驱动小型继电器工作;负半周  $C_2$  对小型继电器放电,使小型继电器继续得电,同时  $C_1$  通过 R 放电, R 则用来泄放  $C_1$  两端的电荷。

图 1.1.10(d)是 4 个电路中最好的一个,采用电容  $C_1$  降压,桥式整流,  $C_2$  滤波来驱动继电器工作。

#### 2. 提高直流继电器触点释放速度的电路

在常见的直流继电器控制电路中,为了防止继电器线圈的反电势击穿驱动晶体管 VT 和加快继电器触点释放速度,往往在继电器线圈 L 两端并联一只二极管 VD,如图 1.1.11(a)所

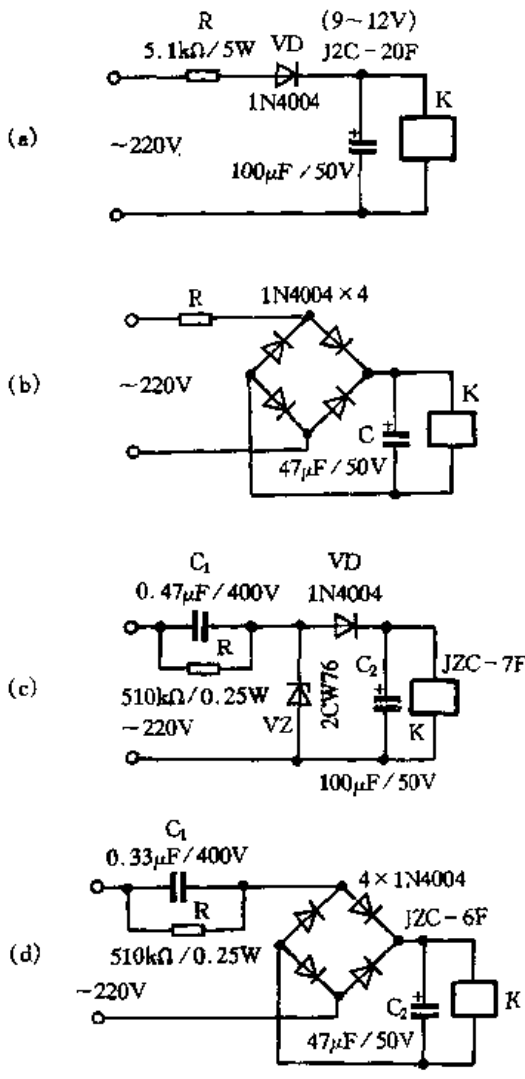


图 1.1.10 市电直接驱动小型继电器电路

的情况,以保证所生产的电热膜元件的质量(温度对喷镀质量影响很大),为此将电阻丝分成 12 组,每组采用 Y 形连接,三相电源供电,利用电流继电器来检测断相,其中一组的断相检测电路如图 1.1.12 所示。

示。但由于 VD 将脉冲电压钳制在 0.7V 左右,线圈中的电流不会立即消失,造成继电器触点释放时间较长,并产生抖动现象。这对控制电器设备是十分有害的,为此可以采用图 1.1.11(b)、(c)所示电路来提高继电器触点的释放速度,并消除抖动现象。

(1) 稳压管电路(图 1.1.11(b))

当驱动晶体管 VT 突然截止时,L 的反电势将使稳压管 VZ 击穿,通过 VZ 供给 VT 的基极电流  $I_B$ (如图 1.1.11(b)虚线所示),使 VT 瞬时导通,L 直接通过 VT 对地放电(如图 1.1.11(b)实线所示),使放电时间大大缩短,从而达到提高继电器触点释放速度的目的。

(2) 并联电容电路(图 1.1.11(c))

当 VT 突然截止时,L 中的能量被电容 C 在短时间内吸收,从而明显提高了继电器触点的释放速度。图中 C 的选择应满足临界阻尼条件,即  $C = \frac{4L}{r^2}$  (r 为 L 的电阻),电容耐压要求在 (3~5)U 之间。此时,若 VT 突然截止,则 L 中的电流按指数规律衰减,因此  $I_L$  将很快衰减到继电器线圈最小的工作电流以下,从而明显提高了继电器触点的释放速度。

3. 应用电流继电器检测电阻丝烧断的控制电路

某一条 27m 的链传式喷镀电加热窑共分 12 段加热,每段分别由一台温控柜来控制其温度,由于该电加热窑中加热电阻丝很多(电加热窑最大功率消耗为 200kW),为此需要及时地检测出电阻丝烧断的情况,

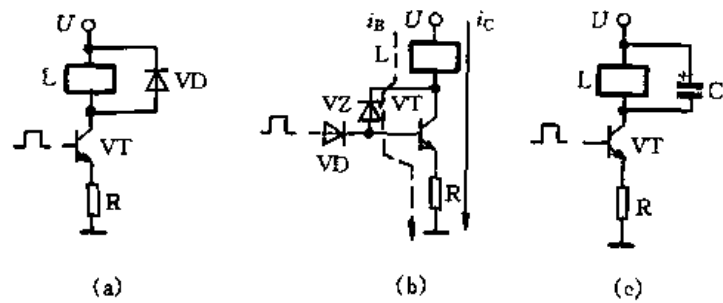


图 1.1.11 提高继电器触点释放速度的电路

三相对称电阻丝  $R_{L1}$ 、 $R_{L2}$ 、 $R_{L3}$  采用 Y 形连接,负载中性点  $N'$  与电源中性点  $N$  之间串入电流继电器 KA,若电阻丝未烧断,由于三相电流是对称的,因此中线电流  $I_{NN'}$  为零,电流继电器 KA

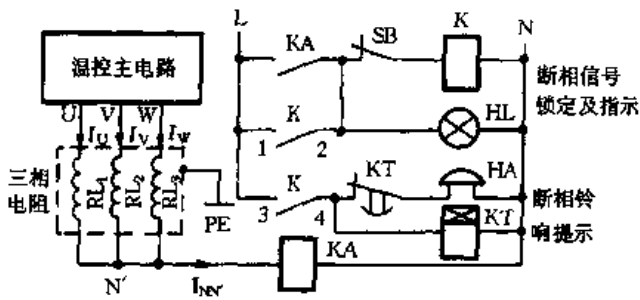


图 1.1.12 断相检测部分电路

K 的常开触点 K(3-4) 闭合,使通电延时时间继电器 KT 得电吸合,当延时时间到,其延时断开的常闭触点断开,解除声音报警。KT 选用 JS14A 晶体管时间继电器,SB 为报警信号解除按钮。若两相中线电流仍等于一相负载电流值,仍能发出声光双报警信号,三相同同时烧断的概率几乎为零,因此不作考虑。

#### 四、熔断器电路

##### 1. 直流电路熔断器熔体熔断指示电路

电路如图 1.1.13 所示,当熔断器 FU 熔体完好时,发光二极管 VL<sub>1</sub>、VL<sub>2</sub> 均亮;当熔断器 FU 熔体熔断时,则 VL<sub>2</sub> 熄灭,仅 VL<sub>1</sub> 亮。R 为 VL<sub>1</sub>、VL<sub>2</sub> 的限流电阻。

##### 2. 交流电路熔断器熔体熔断指示电路

电路如图 1.1.14 所示,若熔断器 FU 熔体完好,发光二极管 VL<sub>1</sub> ~ VL<sub>4</sub> 均亮,正半周时 VL<sub>2</sub>、VL<sub>3</sub> 亮;负半周时 VL<sub>1</sub>、VL<sub>4</sub> 亮。当熔断器 FU 熔体熔断时,则 VL<sub>3</sub>、VL<sub>4</sub> 熄灭,仅 VL<sub>1</sub>、VL<sub>2</sub> 亮。

##### 3. 直流电路熔断器熔体熔断闪光指示电路

电路如图 1.1.15 所示。在熔断器 FU 完好的情况下,氖管 NE-2 的限流电阻主要由 R<sub>2</sub> 起作用。由于 R<sub>2</sub> 的阻值较小,因此给氖管提供足够的电流,使氖管常亮。当熔断器熔体熔断后,电阻 R<sub>1</sub> 便成了 NE-2 的限流电阻,而 R<sub>1</sub> 阻值较大,提供的电流不足以使氖管起辉,因此氖管不亮,而同时直流电源给电容 C<sub>1</sub> 充电,当充电电压达到氖管的起辉电压时,氖管点亮,同时电容 C<sub>1</sub> 放电;当 C<sub>1</sub> 上的电压低于氖管的起辉电压时氖管熄灭,而后电容 C<sub>1</sub> 又重新充电。如此周而复始,氖管一会儿亮一会儿灭,不停地闪烁,指示熔断器熔体已经熔断,告知人们去排除故障。

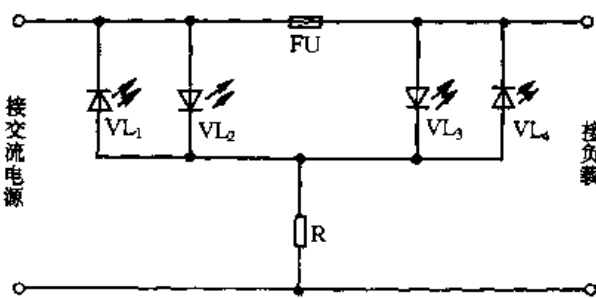


图 1.1.14 交流电路熔断器熔体熔断指示电路

不会动作(选用阿城继电器厂生产的 DL-24C 型电流继电器,其动作电流只要调整到稍低于每相负载的电流值即可)。

当有一相负载烧断时(例如 U 相),则中线电流不为零,电流继电器 KA 得电吸合,使继电器 K 得电吸合并自锁,其常开触点 K(1-2)、K(3-4) 闭合,通过 HA、HL 发出声光双报警信号,或送至中央控制室中的计算机,由计算机发出相应的处理信号。

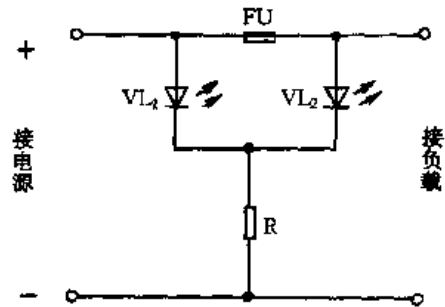


图 1.1.13 直流电路熔断器熔体熔断指示电路

4. 检测熔断器熔体熔断的报警继电器电路

##### 4. 检测熔断器熔体熔断的报警继电器电路

JRD1 系列熔断器熔体熔断报警继电器适用于工作在交流电路中各种低压熔断器、快速熔断器熔体熔断的检测报警,可提高配电屏、电力变流设备运行的可靠性及供配电系统的自动化水平。按熔断器工作回路电压,

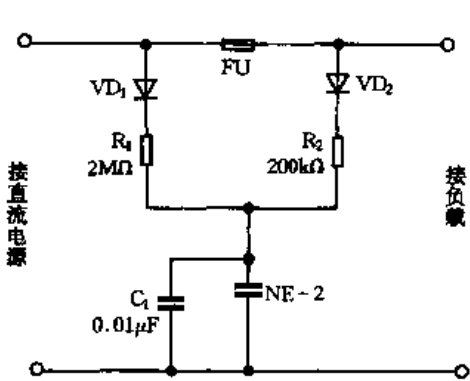


图 1.1.15 熔断器熔断闪光电路

熔断报警继电器共分为 4 个规格:10 ~ 80V、48 ~ 150V、110 ~ 250V、220 ~ 380V。只要选对规格,无需配置限流电阻等便可直接使用。

报警用继电器电路如图 1.1.16 所示。由接于熔断器  $FU_1 \sim FU_3$  两侧的两个整流桥  $UR_1$  和  $UR_2$ 、检测单元(由晶闸管等电子器件组成)、电阻  $R$ (提供检测电流通路)以及直流工作电源和继电器  $K$  等组成。当用于单相交流电路中时,只要将⑧、⑨脚不连接即可。正常工作时, $UR_1$ 、 $UR_2$  的输入电压相同,其输出电压相等,便检测单元两端电位相等,检测单元不工作,因此  $UR_1$  截止,而

$UR_2$  经  $R$  导通。

当  $FU_1 \sim FU_3$  中有 1 只或两只或全部熔断器熔体熔断时, $UR_2$  输入电源断相或没有输入, $UR_1$  输出电压高于  $UR_2$  输出电压,此时, $UR_1$  通过检测单元、 $R$  导通,使检测单元流过检测电流,检测单元内晶闸管导通,使  $K$  得电吸合,完成了熔断器熔体熔断报警的检测功能。

### 5. 熔断器自动切换电路

电路如图 1.1.17 所示, $FU_2$  为启动熔断器, $FU_1$  为运行熔断器。按下  $SB_2$ ,接触器  $KM_2$ 、时间继电器  $KT$  得电吸合并自锁,接触器  $KM_2$  的主触点闭合,电动机启动,启动熔断器  $FU_2$  投入,经一段时间, $KT$  延时触点  $KT(1-2)$  闭合, $KM_1$  得电吸合并自锁,运行熔断器  $FU_1$  投入, $KM_1$  常闭辅助触点断开,使  $KT$ 、 $KM_2$  失电,断开  $FU_2$ ,启动过程结束。可根据启动时间来整定  $KT$  的延时时间。

### 6. 自动投入备用熔断器电路

图 1.1.18 所示为自动投放备用熔断器电路,既适用于直流电路又适用于交流电路。当电路中的熔断器发生非保护性熔断时,该电路能自动投入

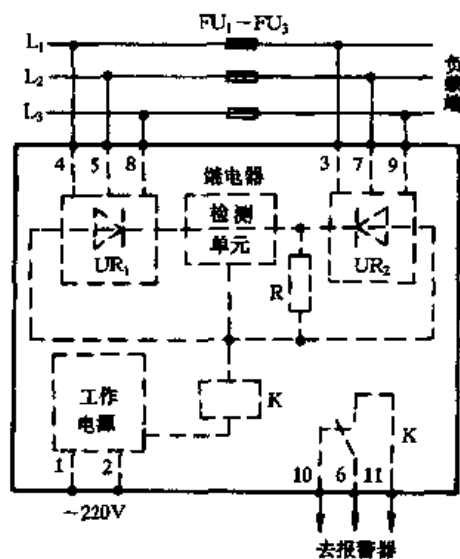


图 1.1.16 熔断器熔体熔断报警继电器电路

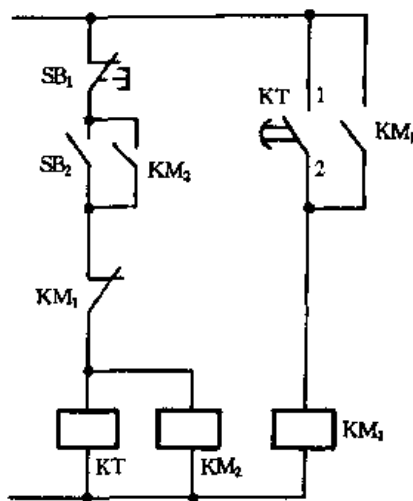
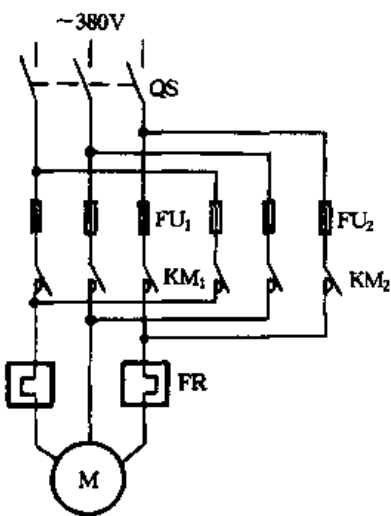


图 1.1.17 熔断器自动切换电路



备用熔断器  $FU_2$  使电路保持接通,用电器仍能正常工作,同时用发光二极管  $VL_1$ 、 $VL_2$  指示备用熔断器  $FU_2$  已工作。若电路中发生熔断器保护性熔断,则备用熔断器投入后也熔断,由氖灯  $VG$  发光指示电路中发生保护性熔断的情况,提示需排除故障后才能运行。

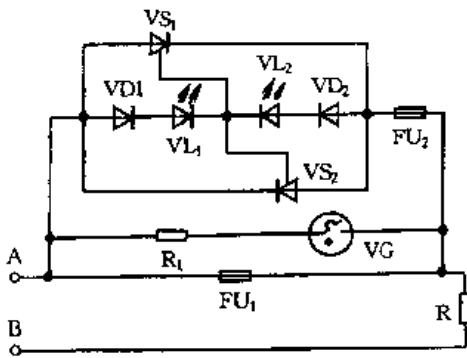


图 1.1.18 自动投放备用熔断器电路

电路由晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$ 、二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$  以及发光二极管  $VL_1$ 、 $VL_2$  组成交流静止开关,与备用熔断器  $FU_2$  串联后,再与主电路熔断器  $FU_1$  并联。当  $FU_1$  正常接通电路时,其两端的电压降小于  $VS_1$ 、 $VS_2$  的正向电压降,因此  $VS_1$ 、 $VS_2$  不会导通, $FU_2$  不工作。当  $FU_1$  由于某种原因被熔断时,其两端的电压降提高到  $VS_1$ 、 $VS_2$  的控制极触发电压值以上约为 2.5V 时, $VS_1$ 、 $VS_2$  触发导通,交流静止开关工作,于是  $FU_2$  自动投入电路,使用电器继续正常工作。

在直流电路中应用时,若 A 端接电源的正极,B 端接电源的负极,当  $FU_1$  因故熔断时,则  $VS_1$  的触发电流从 A 端经  $VD_1 \rightarrow VL_1 \rightarrow VS_1$  的控制极  $\rightarrow VS_1$  的阴极  $\rightarrow FU_2 \rightarrow$  用电器  $R \rightarrow$  直流电源的负极 B,使  $VS_1$  触发导通,同时  $VL_1$  发光,指示备用熔断器已工作,电源经  $VS_1$ 、 $FU_2$  作用于用电器,使其继续工作。反之,若 A 端接电源的负极,B 端接电源的正极,则  $VS_2$  导通, $VL_2$  发光指示,电源经  $VS_2$ 、 $FU_2$  作用于用电器。

在交流电路中应用时,若  $FU_1$  因故而熔断,则通过  $VS_1$ 、 $VS_2$  每半周的交替导通,使  $FU_2$  自动投入工作,同时  $VL_1$ 、 $VL_2$  发光指示。当  $FU_1$  恢复正常后, $VS_1$ 、 $VS_2$  自动截止,使  $FU_2$  退出工作,主熔断器恢复工作。

若  $FU_2$  自动投入后熔断,则  $VS_1$ 、 $VS_2$  截止,用电器停止工作,同时  $VL_1$ 、 $VL_2$  熄灭,氖灯  $VG$  点亮,指示电路存在短路故障,需及时排除。

## 五、其它电工电器电路

### 1. 继电器按钮多地(处)开关控制电路

多地(处)开关控制是指在不同空间位置的多个开关,可以对某地(处)的同一负载的通断状态进行控制。

图 1.1.19 所示为多地开关控制事故紧急断电电路。当某处突发触电或其它电气事故时,任何人均可就近按动该处的红色断电按钮  $SB_1$ ,切断总电源,当事故得到妥善处理,再按动任一绿色按钮  $SB_2$  即可重新接通总电源。在需设置开关处,设置常开按钮  $SB_1$ 、 $SB_2$ 。需通电时,按一下  $SB_2$ ,继电器  $K_2$  得电吸合(其导电通路如图中粗实线所示),并通过自身的常开触点  $K_2(1-2)$  自锁,同时其另一常开触点  $K_2(3-4)$  闭合,使接触器  $KM$  得电吸合,其主触点闭合,继而接通三相总电源。当需要紧急断电时,按一下  $SB_1$ ,继电器  $K_1$  得电吸合(其导电通路如图中细虚线所示),其常闭触点断开,切断  $K_2$  电源,使  $K_2$ 、 $KM$  相继失电释放,切断电源三相总电源。

该电路的优点是具有失压保护功能。如果以主电路为中心,各处开关只需引 3 根导线,并可向平面或空间的任意方向辐射;其缺点是每处开关需引 3 根导线,导线显得略多一点。

### 2. 汽车自动变光器电路

根据国家交通安全规则的要求,各种机动车辆在夜间行车时,一般可开强光灯(远光灯),但会车时,必须使用弱光灯(近光灯)。这样,每遇会车时,驾驶员就得用手动或脚踏操作变换灯光数次。采用汽车自动变光器,可依靠对方来的车辆的灯光实现自动切换强、弱光,从而减

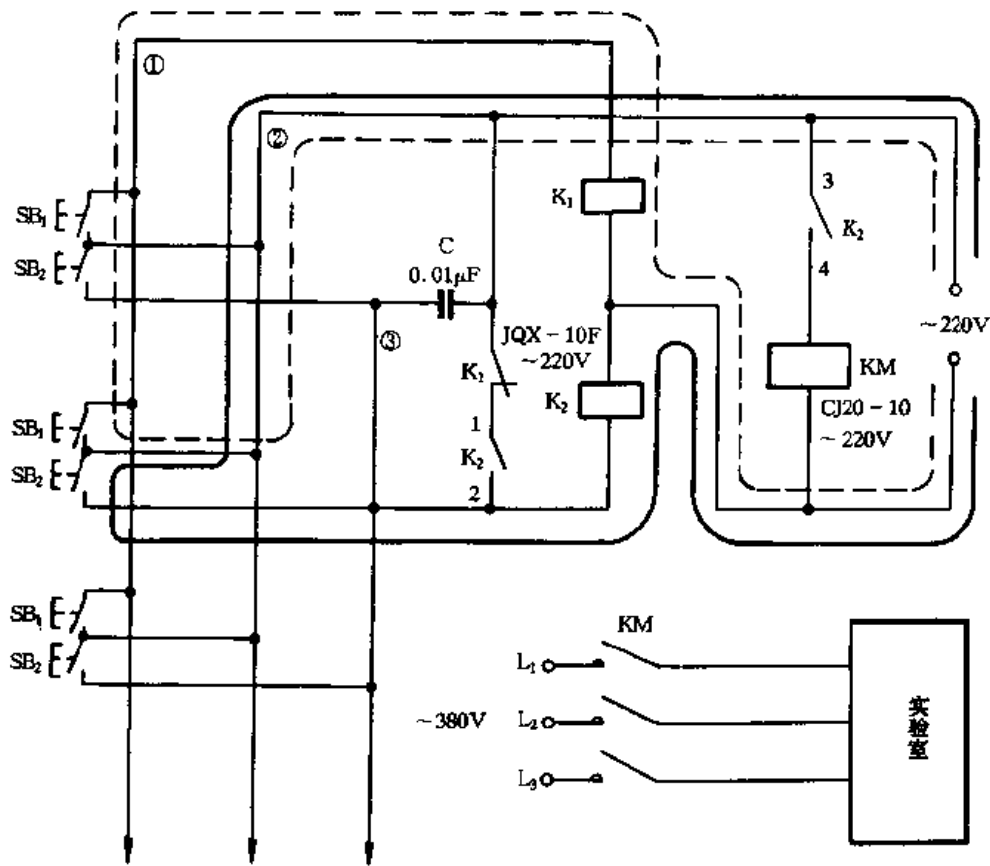


图 1.1.19 继电器按钮多地控制电路

轻驾驶员的劳动强度,保障行车安全,其电路如图 1.1.20 所示。

将汽车上的变光开关 S 置于强光灯位,在无光照射时,光敏电阻 RG 的阻值非常大,调整电位器 RP 使集成电路 N(NE555)的②、⑥脚电压高于  $2/3 U_{DD}$  ( $U_{DD}$  为电源电压),N 的③脚输出低电平,从而使三极管 VT 截止,继电器 K 常闭触点仍闭合,己方车辆强光灯亮。当会车时,对方车灯灯光照射在 RG 上,使 RG 的阻值急剧下降,N 的②、⑥脚电压低于  $2/3 U_{DD}$ ,其③脚输出高电平,VT 饱和导通,K 得电吸合,其常开触点闭合,强光灯灭,弱光灯亮。会车以后,RG 又无光照射,N 的③脚输出低电平,VT 截止,继电器 K 失电释放,其触点复位,弱光灯灭,强光灯亮,于是完成了灯光的自动切换。由于该变光器采用光敏电阻,实际使用表明,变光器灵敏度极高,工作可靠。调节 RP 可改变 RG 的灵敏度。

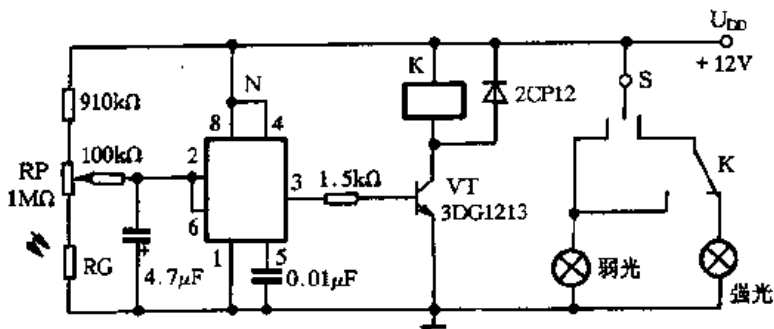


图 1.1.20 汽车自动变光器电路

### 3. MZD1 系列制动电磁铁的交流吸合、直流保持节能电路

电路如图 1.1.21 所示。接通电源,继电器  $K_2$  得电吸合,其常开触点  $K_2(1-2)$  闭合,电源经过  $K_2$  的常开触点  $K_2(1-2)$  (已闭合)、 $K_1$  的常闭触点  $K_1(1-2)$  使电磁铁 YA 得电吸合,经过大约半秒钟的延时后,电子延时模块 JGS1 使  $K_1$  得电吸合并自锁,其常闭触点  $K_1(1-2)$  打开、常开触点  $K_1(3-4)$  闭合,220V 交流电通过变压器 T 降压,给电磁铁 YA 供电,此时电磁铁进入直流保持状态;与此同时  $K_1$  的常闭触点  $K_1(5-6)$  打开, $K_2$  失电释放,其常开触点  $K_2(1-2)$  打开。直流保持时,电磁铁由低电压供电。电源正半周时,电源经变压器 T 的次级、 $VD_1$  供给电磁铁线圈;负半周时,线圈中储存的能量产生自感电动势,其电流经  $VD_2$  续流,与其本身自成回路而维持吸合。

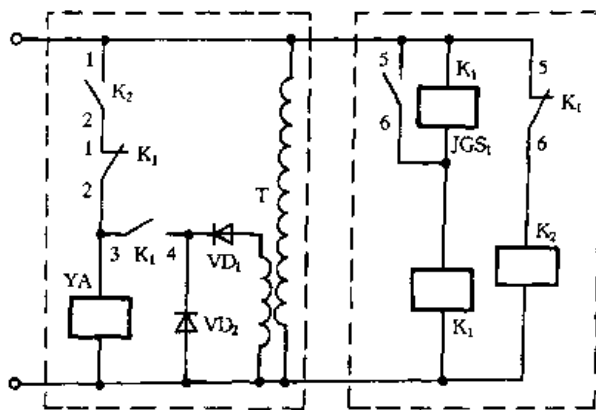


图 1.1.21 MZD1 系列制动电磁铁配置的节能电路

## 第二节 电动机控制电路

### 一、电动机多点、多地及远地控制电路

#### 1. 3 地(或多地)控制 1 台电动机启动、点动、停止的控制电路

图 1.2.1 所示的 3 地(或多地)点动、启动的控制电路简单实用。 $SB_1$ 、 $SB_4$  和  $SB_7$  为停止按钮, $SB_2$ 、 $SB_5$  与  $SB_8$  为点动按钮, $SB_3$ 、 $SB_6$  与  $SB_9$  为启动控制按钮。该电路特点是:各控制点按钮组之间的连线较小,只需两根线。无论控制点增加多少,同样也只需两根线。安装接线简单,比一般类似的电路节料、省时、省力。尤其在控制地点较多时,效果就更明显。

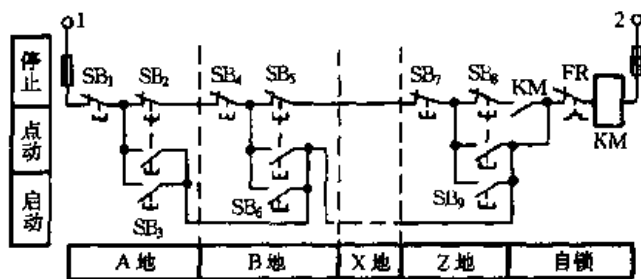


图 1.2.1 多地点动和启动控制电路

#### 2. 多只按钮启停一台电动机的控制电路

多只按钮控制一台电动机单向启动、点动、停止的控制电路在纺织机床上应用较多。图 1.2.2 所示为多只按钮启停一台电动机的控制电路,该按钮站与站间仅用 3 根 3 种颜色的导线即可。该控制电路简单、用线少,因此运行可靠、故障少。另外不用线号、按线色区分,给维修带来方便。

只要引线连接可靠,接通电源,逐个按启动、点动按钮,哪个没有动作,故障就在哪个按钮内部。如按下某一启动按钮,只有点动动作,这个按钮站至首按钮站间的蓝色线中有断路故障;如果均无动作,故障在首、尾按钮站的蓝色线回路中。故障范围确定后,关闭电源,用万用表欧姆挡,选按钮站总数 1/2 处确定一测试点(即用二分法),分别对首、尾按钮站中的蓝色线控制回路进行测试,连续将不通段的 1/2 依次测试,很快就可将故障点查出来。

#### 3. 多地控制 1 台电动机可逆启动、点动、停止的控制电路

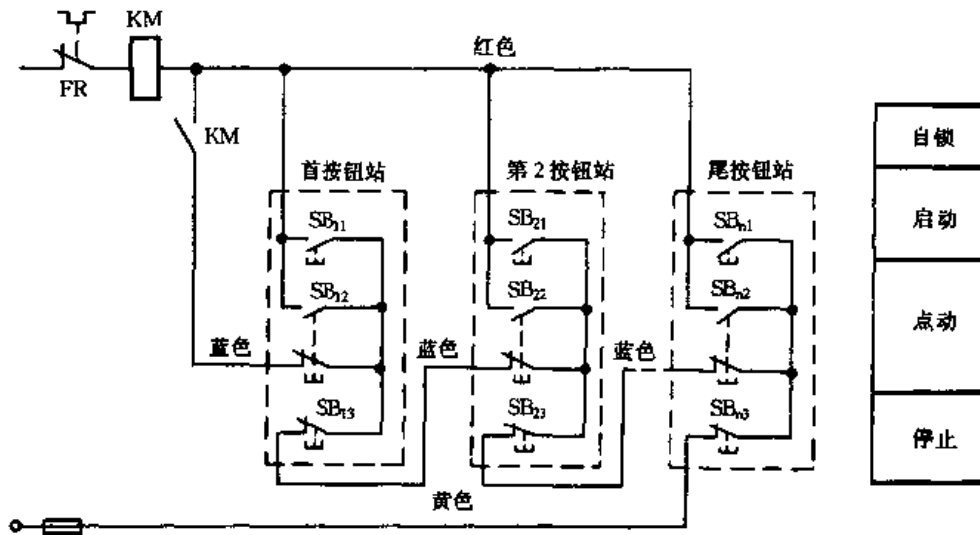


图 1.2.2 多只按钮启停一台电动机的控制电路

图 1.2.3 所示为多地可逆停止、点动、启动控制电路。图中各地的  $SB_1$  为停止按钮,  $SB_2$  为正向点动按钮,  $SB_3$  为正向启动按钮,  $SB_4$  为反向点动按钮,  $SB_5$  为反向启动按钮。该图具有图 1.2.1 所示电路的特点, 其各控制点之间的导线为 3 根。图中略去了一些联锁控制。正、反向启动按钮之间的互锁, 图中仅示出了 A 地的。由接触器辅助触点实现各地之间正、反方向的互锁。

图 1.2.4 为各控制按钮布置示意, 中间为停止按钮、虚线内为点动按钮、实线内为启动按钮。

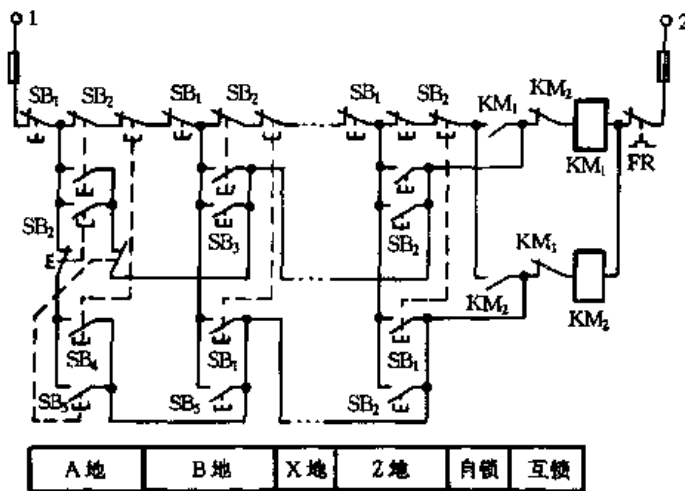


图 1.2.3 多地可逆停止、点动、启动控制电路

#### 4、多点控制电动机点动制动控制电路

电路如图 1.2.5 所示。

##### (1) 启动控制

按下启动按钮( $SB_2 \sim SB_3$ ), 接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 电动机 M 得电启动;  $KM_1$  的常闭辅助触点  $KM_1(1-2)$  断开, 使  $KM_2$  不能得电, 实现互锁;  $KM_1$  的常闭辅助触点  $KM_1(3-4)$  断开, 使时间继电器 KT

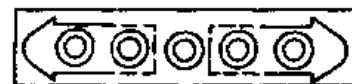


图 1.2.4 控制按钮布置示意图

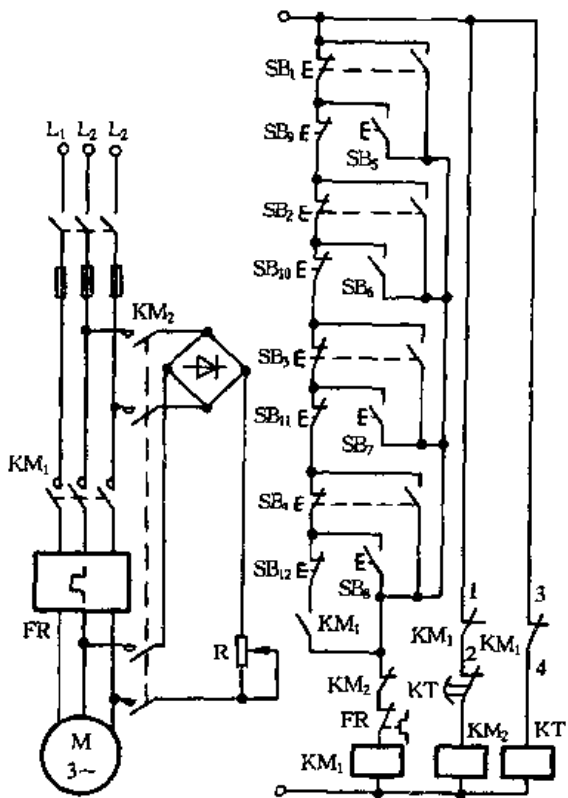


图 1.2.5 多点控制电动机点动制动控制电路

失电,其常闭延时触点闭合,为  $KM_2$  得电作准备。

### (2) 停止控制

按下停止按钮 ( $SB_9 \sim SB_{12}$ ),  $KM_1$  失电释放,  $M$  与电源脱离;  $KM_1$  的常闭辅助触点 (1-2)、(3-4) 闭合, 接触器  $KM_2$  和时间继电器  $KT$  同时得电吸合。  $KM_2$  主触点闭合, 直流电流流入电动机  $M$  定子绕组进行制动;  $KT$  经延时后, 其延时常闭触点断开, 使  $KM_2$  失电, 其主触点断开, 切断直流电源, 完成制动过程。

### (3) 点动制动

按下复合点动按钮 ( $SB_1 \sim SB_4$ ), 其常开触点闭合, 使  $KM_1$  得电吸合, 其主触点闭合, 电动机  $M$  得电启动; 复合点动按钮 ( $SB_1 \sim SB_4$ ) 的常闭触点断开, 使  $KM_1$  不能自锁。

松开点动按钮 ( $SB_1 \sim SB_4$ ), 其常开触点断开, 使  $KM_1$  失电释放,  $KM_1$  的主触点断开,  $M$  脱离电源, 制动过程与停止控制中的制动过程一样。

## 二、三相鼠笼型异步电动机全压启动控制电路

### 1. 220V 供电的控制回路的短路保护电路

低压电动机的控制回路中, 短路保护可采用断路器或熔断器来实现。在我国倾向于选择熔断器方案, 从国外有关技术资料看, 这种方案已基本被淘汰, 而以小型低压断路器取代。小型低压断路器具有体积小、重复利用率高、跳闸后标志明显等优点, 因此在条件允许的情况下应优先考虑采用小型低压断路器作保护元件。

对于 220V 供电的控制回路, 不论用熔断器还是用低压断路器作控制回路的元件, 其可靠性是一样的。但如果接法有误, 则可靠性会大大降低。

图 1.2.6 所示接法, 熔断器  $FU_{11}$ 、 $FU_{12}$ 、 $FU_{13}$  对电动机主电路进行短路保护,  $FU_2$  对控制回路进行短路保护。如电动机的容量不大 (10kW 以下), 可以省去  $FU_2$ 。当电动机工作, 控制回路 D、E、F 点出现对地短路时, 接触器会失电, 电动机停止工作, 且短路电流也足以使  $FU_{13}$  熔断, 立即切断了控制回路。

### 2. 380V 供电的控制回路的短路保护电路

图 1.2.7 所示为电源电压为 380V 的控制电路的保护电路。其中图 1.2.7(a) 所示的控制回路仅用了 1 只熔断器  $FU_2$ 。假设在 G 处发生接地短路, 此时控制回路的唯一熔断器  $FU_2$  由于交流接触器  $KM$  线圈有一定的电阻存在, 因此不会熔断, 而  $L_2$  相的接地短路的大电流  $I_G$  必然经主电路中该相熔断器  $FU_{12}$ 。如果电动机的容量不大 (同样是 10kW 以下),  $I_G$  足以使  $FU_{12}$  熔断,  $L_2$  相断电。由于 G 处接地, 控制回路中交流接触器  $KM$  的线圈就跨接在  $L_3$

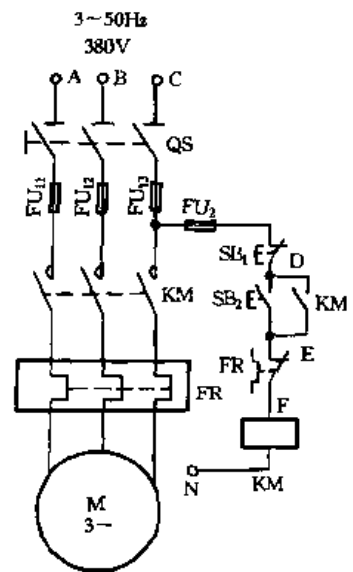


图 1.2.6 220V 供电的控制回路的短路保护电路

相与地之间, KM 仍有可能保持吸合状态。因为一般情况接触器释放电压约为  $40\% \sim 45\% U_N$ , 对线圈额定电压  $U_N$  为 380V 的接触器来说, 线圈电压即使降到 170V 左右, 仍能可靠吸合。这样, 由于 KM 不释放, 主电路中常开触点就保持接通,  $L_1$ 、 $L_2$  两相仍然给电动机供电, 即电动机处于两相运行状态, 导致过载发热, 特别是对  $\Delta$  接法运行的电动机, 在热继电器对断相保护能力较差的情况下, 往往更容易烧坏电动机。

如果控制回路中的两只熔断器都被忽略, 则带来的危险就更大, 因为控制回路中任一点发生接地短路故障, 都会导致电动机处于两相运行而烧坏。如图 1.2.7(b) 所示, 假设接地短路发生在 G 处, 其后果同前述装单只熔断器保护的情况。如接地短路发生在 DE 段, 假设在  $G_1$  处, 当电动机容量不大时  $L_3$  相主熔断器  $FU_{13}$  就会因  $I_{G1}$  而熔断;  $L_2$  相主熔断器  $FU_{12}$  由于接触器 KM 存在而不会熔断, 加在 KM 线圈上的电压为  $L_2$  相对地电压, 因此 KM 仍能保持吸合, 使电动机处于两相运行状态, 结果就导致电动机过载发热, 甚至烧坏。如果控制回路有单只熔断器保护 (即图 1.2.7(a)), 那么  $G_1$  处发生接地短路时,  $FU_2$  即熔断,  $FU_{13}$  就不致于熔断, 电动机也就不会因两相运行而发生事故。控制回路无熔断器保护比用单只熔断器保护要危险得多。

因此, 对控制电压为 380V 的电动机控制回路, 作为短路保护的两只熔断器不可忽略。

图 1.2.7(c) 所示控制电路采用低压断路器为保护元件。当控制线路中的 D、E、G 任一点发生接地故障时均会使低压断路器 QF 动作, 从而切断控制电源使接触器 KM 无法工作; 当 G 点发生接地故障时, 如果 KM 处于吸合状态, 则 QF 动作使 KM 释放; 如果 KM 处于释放状态, 由于此时线圈处于 220V 的相电压下, 不排除 KM 吸合的可能, 当一旦 KM 吸合, QF 就会动作, 切断电源使 KM 失电, 但 KM 还是误动了一下, 可靠性不是很高。

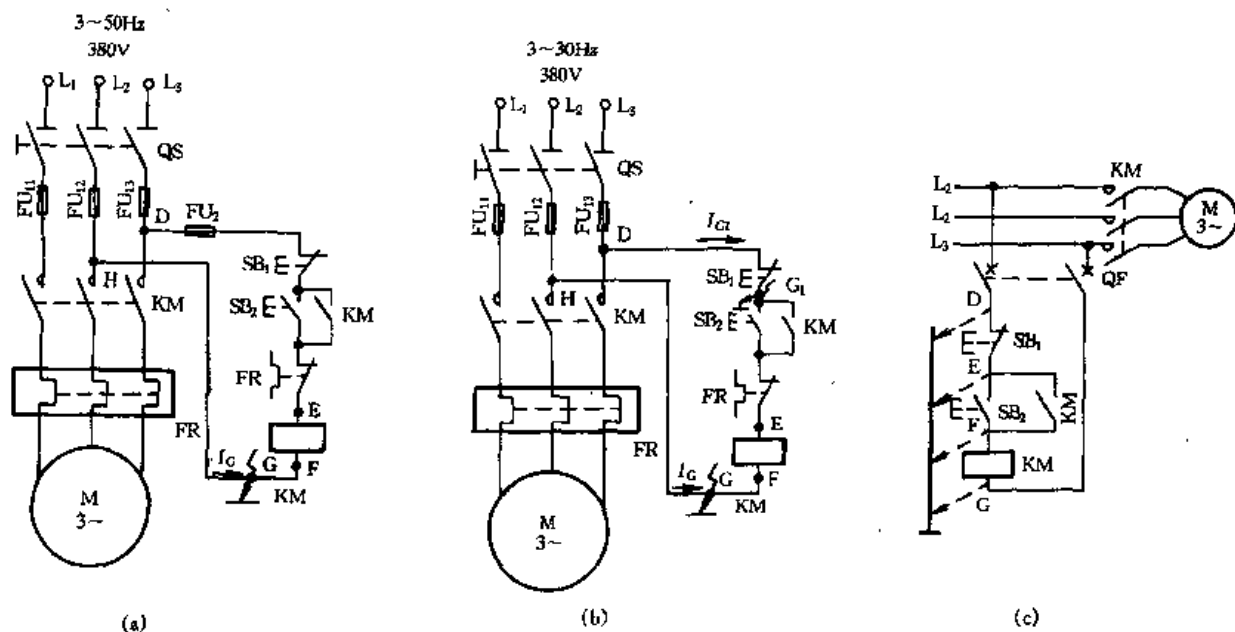


图 1.2.7 380V 供电的控制回路的短路保护电路

### 3. 采用隔离变压器供电的控制电路的短路保护电路

这种接线方式在我国应用得不多, 但是在国外的配电系统中应用却十分广泛。其电路如图 1.2.8 所示。隔离变压器 T 的次级绕组同大地隔离, 其控制回路中如果仅有一点发生接地故障, 由于构成不同回路, 因此控制回路仍能正常工作; 但是如不排除故障, 一旦再有一点或多点接地就可能引起控制失误。例如, 当 D 点和 E 点同时接地, 运行的电动机将无法通过按钮

SB<sub>1</sub> 停车;当 E 点和 F 点同时接地时,停止的电动机将自启动;当 D 点和 F 点同时接地时,停止的电动机不仅会自启动,而且无法用按钮停车;当 G 点与 D 点(或 E 点、或 F 点)同时接地时将会导致 QF 动作。这种方案相对于 220V 和 380V 供电的控制回路的短路保护电路方案来说,其可靠性是高的,隔离变压器的外壳一定要可靠地接地。

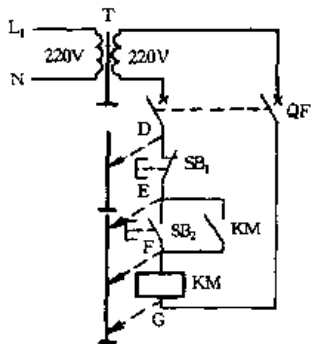


图 1.2.8 采用隔离变压器的控制电路

#### 4. 电动机的点动控制电路

生产实际中,有的生产机械需要点动控制,还有些生产机械在进行调整工作时采用点动控制。图 1.2.9 所示为实现点动控制的几种电气控制电路。

图 1.2.9(a)为最基本的点动控制电路。按下点动启动按钮 SB,接触器 KM 得电吸合,其主触点闭合,电动机接通电源。松开按钮 SB,接触器 KM 失电释放,其主触点断开,电动机电源被切断而停止旋转。

图 1.2.9(b)为带手动开关 SA 的点动控制电路。当需要点动时将开关 SA 打开,操作 SB<sub>2</sub> 即可实现点动控制。当需要连续工作时合上 SA,将自锁触点接入,即可实现连续控制。

图 1.2.9(c)中增加一个复合按钮 SB<sub>3</sub>,这样,点动控制时,按下点动按钮 SB<sub>3</sub>,其常闭触点先断开自锁电路、常开触点闭合接通启动控制电路,使 KM 得电吸合,其主触点闭合,电动机启动旋转。松开 SB<sub>3</sub>,KM 失电释放,其主触点断开,电动机停止转动。若需要电动机连续运转,则按启动按钮 SB<sub>2</sub> 即可,停机时需按停止按钮 SB<sub>1</sub>。

图 1.2.9(d)为利用中间继电器实现点动的控制电路。利用点动启动按钮 SB<sub>2</sub> 控制中间继电器 KA,KA 的常开触点并联在 SB<sub>3</sub> 两端,控制接触器 KM,再控制电动机实现点动,需要连续控制时按下按钮 SB<sub>3</sub> 即可,需要停转时按下按钮 SB<sub>1</sub>。

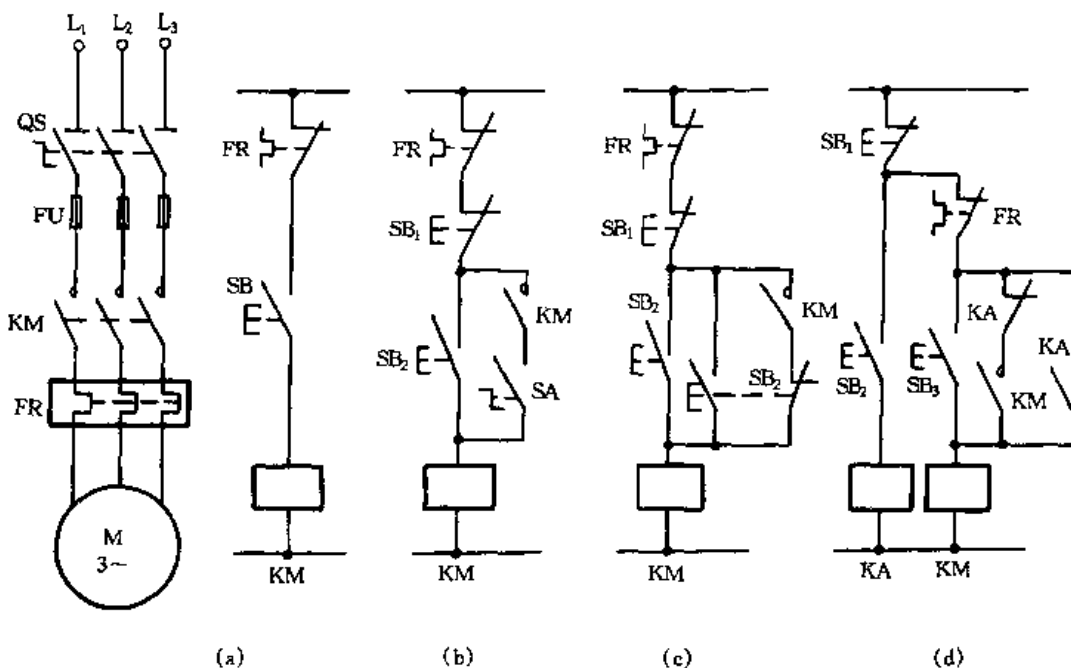


图 1.2.9 实现点动的几种控制线路

### 5. 单向运转全压启动控制电路

图 1.2.10 所示为三相鼠笼型异步电动机单向全压启动控制电路。它是一个常用的最简单的控制电路。由刀开关 QS、熔断器  $FU_1$ 、接触器 KM 的主触点、热继电器 FR 的热元件与电动机 M 构成主电路。

由启动按钮  $SB_2$ 、停止按钮  $SB_1$ 、接触器 KM 的线圈及其常开辅助触点、热继电器 FR 的常闭触点和熔断器  $FU_2$  构成控制回路。

#### (1) 电路的工作原理

启动时,合上 QS,引入三相电源。按下  $SB_2$ ,交流接触器 KM 的吸合线圈得电吸合,其主触点闭合,电动机接通电源直接启动运转。同时与  $SB_2$  并联的 KM 常开辅助触点闭合,使接触器 KM 吸合线圈经两条路得电。这样,当手松开,  $SB_2$  自动复位时,接触器 KM 的线圈仍可通过 KM 已闭合的常开辅助触点使接触器线圈继续得电,从而保持电动机的连续运行。这种依靠接触器自身辅助触点而使其线圈保持得电的现象称为自锁。这对起自锁作用的辅助触点,则称为自锁触点。

要使电动机 M 停止运转,只要按下停止按钮  $SB_1$ ,将控制电路断开即可。这时接触器 KM 失电释放,其主触点断开,将三相电源切断,电动机 M 停止运转。当手松开按钮  $SB_1$ ,其常闭触点在复位弹簧的作用下,虽又恢复到原来的常闭状态,但接触器线圈已不再能依靠自锁触点得电,因为原来闭合的自锁触点早已随着接触器的失电而断开。

#### (2) 电路的保护环节

① 短路保护:短路时熔断器 FU 熔体熔断而切断电动机电源,电动机停止运转,起到短路保护作用。

② 过载保护:采用热继电器 FR。由于热继电器的热惯性比较大,即使热元件在短时间内流过几倍的额定电流,热继电器也不会动作。因此在电动机启动时间不太长的情况下,热继电器是经得起电动机启动电流的冲击而不动作的。只有在电动机长时间过载下热继电器才动作,串接在控制回路中的常闭触点断开,使控制电路失电。

③ 欠电压、失电压保护:通过接触器 KM 的自锁环节来实现。当电源电压由于某种原因严重欠电压或失电压(如停电)时,接触器 KM 失电释放,电动机停止运转。当电源电压恢复正常时,接触器线圈不会自行得电,电动机也不会自行启动,只有操作人员再次按下启动按钮后电动机才能启动。

控制电路具备了欠压和失压保护能力之后,有如下三个方面的优点:防止电压严重下降时电动机欠电压运动;避免电动机同时启动而造成的电压严重下降;防止电源电压恢复时,电动机突然启动运转造成设备和人身事故。

### 6. 接触器互锁电动机的正反转控制电路

有的生产机械往往要求运动部件实现正反两个方向运动,例如,机床的工作台前进与后

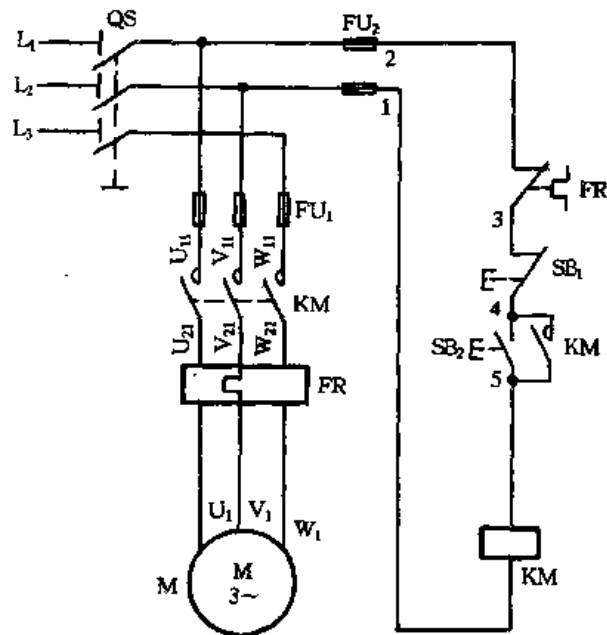


图 1.2.10 单向全压启动控制电路



退、主轴的正转与反转、起重机的上升与下降等等。这就要求拖动生产机械的电动机能够实现正反转控制。根据电机学原理,只要把接到三相异步电动机的三相电源线中任意两相对调,即可实现反转。

图 1.2.11 所示为接触器互锁的正反转控制电路。图中主电路采用了两个接触器,其中接触器  $KM_1$  用于正转,接触器  $KM_2$  用于反转。当接触器  $KM_1$  主触点闭合时,接到电动机接线端  $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$  的三相电源相序是  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ ;而当接触器  $KM_2$  主触点闭合时,接到电动机接线端  $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$  的三相电源相序是  $L_3$ 、 $L_2$ 、 $L_1$ ,其中  $L_1$  和  $L_3$  两相对调了,因此电动机旋转方向相反。从电路可以看出,用于正反转的两个接触器  $KM_1$  和  $KM_2$  不能同时得电,否则会造成  $L_1$  和  $L_2$  两相电源短路。因此,正反转的两个接触器需要互锁。

接触器互锁正反转控制线路的工作原理:合上  $QS$ ,按下按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM_1$  的线圈得电吸合,其主触点闭合,使电动机  $M$  正转。同时接触器  $KM_1$  的常开辅助触点  $KM_1(7-9)$  闭合实现自锁;其常闭辅助触点  $KM_1(13-15)$ (互锁触点)断开,接触器  $KM_2$  线圈电路被切断,使接触器  $KM_2$  不会同时吸合。要使电动机反转,先按停止按钮  $SB_1$ ,接触器  $KM_1$  失电,其常开触点断开,电动机停止运转,其互锁触点  $KM_1(13-15)$  闭合为反转作准备。然后按下  $SB_3$ ,接触器  $KM_2$  得电吸合,其主触点和自锁触点闭合,使电动机反转,其互锁触点  $KM_2(9-11)$  断开,切断接触器  $KM_1$  线圈电路,使接触器  $KM_1$  不会同时吸合。

这种控制线路在改变电动机转向时,需要先按停止按钮,然后再按启动按钮,才能使电动机改变转向,即为正-停-反电路。

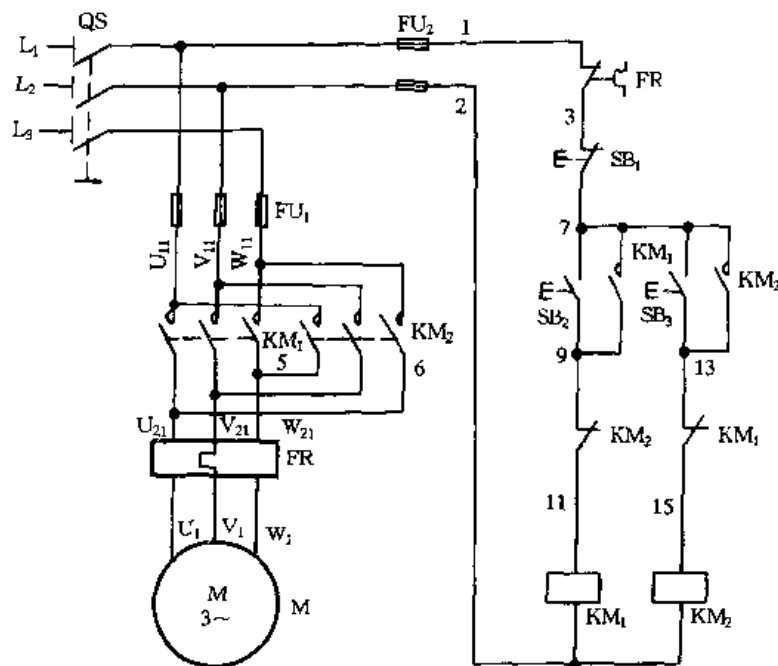


图 1.2.11 接触器互锁电动机正反转控制电路

### 7. 按钮互锁电动机的正反转控制电路

电路如图 1.2.12 所示。它实际上是把图 1.2.11 中两个接触器的常闭触点去掉,换上复合按钮的常闭触点,来实现正反转控制的。复合按钮的动作特点是先断后通,即常闭触点先断开,常开触点再闭合。

按钮互锁正反转控制电路的工作原理:合上  $QS$ ,按下按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM_1$  线圈得电吸

合,其主触点和自锁触点闭合,电动机正转。电动机需反转时,直接按下  $SB_3$ ,这时按钮的常闭触点先断开,即先使接触器  $KM_1$  线圈断开,然后其常开触点闭合,再使接触器  $KM_2$  线圈得电吸合,接触器  $KM_2$  的主触点和自锁触点闭合,电动机反转。按下停止按钮  $SB_1$ ,电动机停止转动。

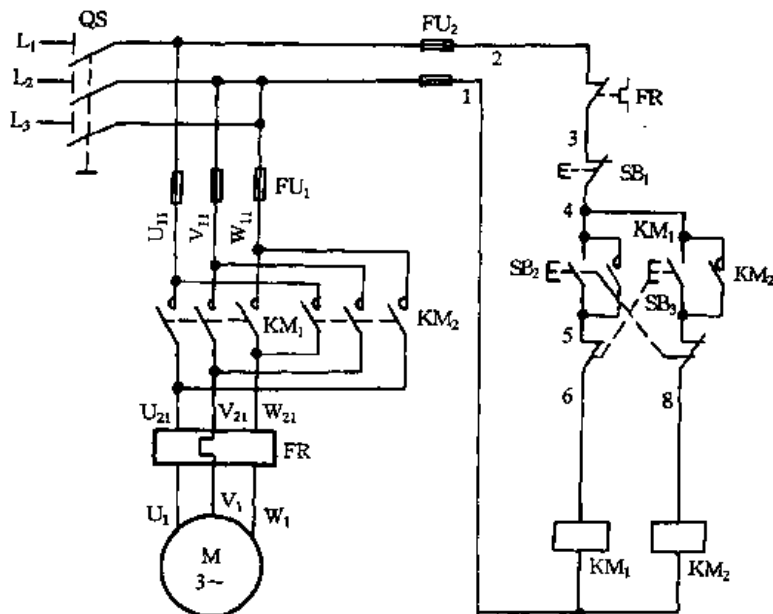


图 1.2.12 按钮互锁电动机正反转控制电路

该控制电路的优点是操作方便,当需要改变电动机转向时,不必再先按停止按钮,即为正-反-停电路,但是该电路容易发生短路故障。例如当接触器  $KM_1$  主触点因故延迟释放或不能释放时,如果此时按反转按钮  $SB_3$ ,使接触器  $KM_2$  线圈得电吸合,其主触点闭合,就会发生正反转接触器同时吸合,造成两相电源短路。可见,该电路不够安全。

#### 8. 双重互锁电动机的正反转控制电路

把图 1.2.11 和图 1.2.12 结合起来,就变成具有双重互锁的正反转控制电路,如图 1.2.13 所示。该电路既能实现直接正反转操作,又能安全可靠地工作。

图中  $SB_2$  和  $SB_3$  均为复合按钮,它们的常开触点接通时,其常闭触点则断开;反之,常开触点断开时,其常闭触点则接通。按下电动机正转启动按钮  $SB_2$ ,其常闭触点  $SB_2(9-10)$  断开,使接触器  $KM_2$  不得电;常开触点  $SB_2(5-6)$  接通,使接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,接通电源,电动机正向启动运转。这时,  $KM_1$  的常闭触点  $KM_1(10-11)$  断开,进一步保证  $KM_2$  不得电。

需要电动机反向转动时,按下反向转动按钮  $SB_3$ ,其常闭触点  $SB_2(6-7)$  断开,使接触器  $KM_1$  失电释放,其主触点断开,切除了电动机的电源,电动机失电而慢慢停止转动;同时,  $SB_3$  的常开触点  $(5-9)$  闭合,又由于  $KM_1$  的常闭辅助触点  $(10-11)$  恢复闭合,使接触器  $KM_2$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,将电动机的电源线  $L_1$  相和  $L_3$  相对调,使电动机反向启动运转。这时,  $KM_2$  的常闭触点  $KM_2(7-8)$  断开,确保  $KM_1$  失电。

在该控制电路中,采用了复合按钮的常闭触点和接触器的常闭触点两种互锁保护,其目的是确保不发生电源短路事故。只果用复合按钮互锁保护是不大可靠的。在实际工作中,由于负载短路或大电流的长期作用,接触器的主触点有可能被强烈的电弧“烧焊”在一起;或者因为接触器的机构失灵,使衔铁卡住而总是处于吸合状态。这时,如果另一个接触器正好得电吸

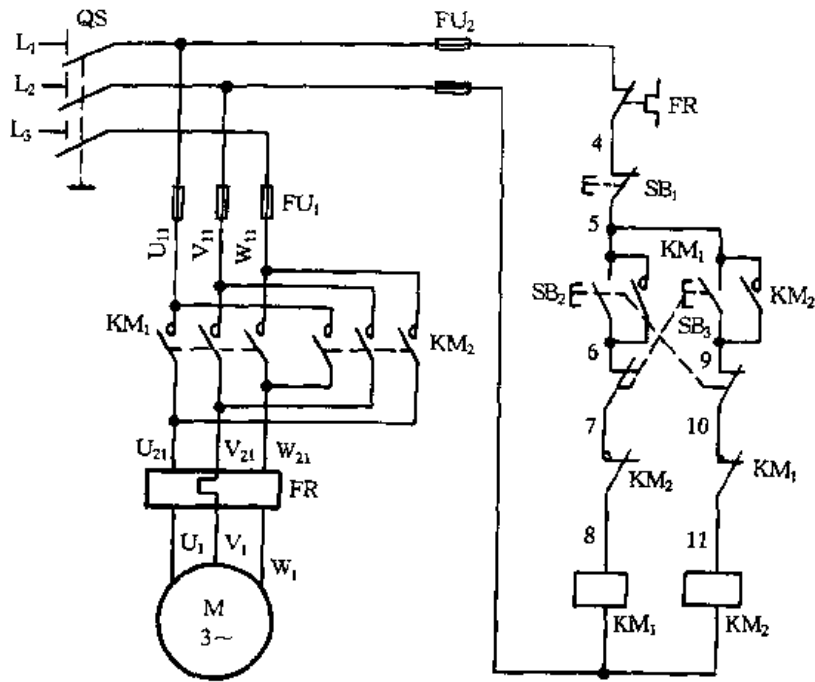


图 1.2.13 双重互锁电动机正反转控制电路

合,就会发生电源短路故障。为此,在电路中又分别串接了接触器的常闭触点,起到互锁保护的作用。

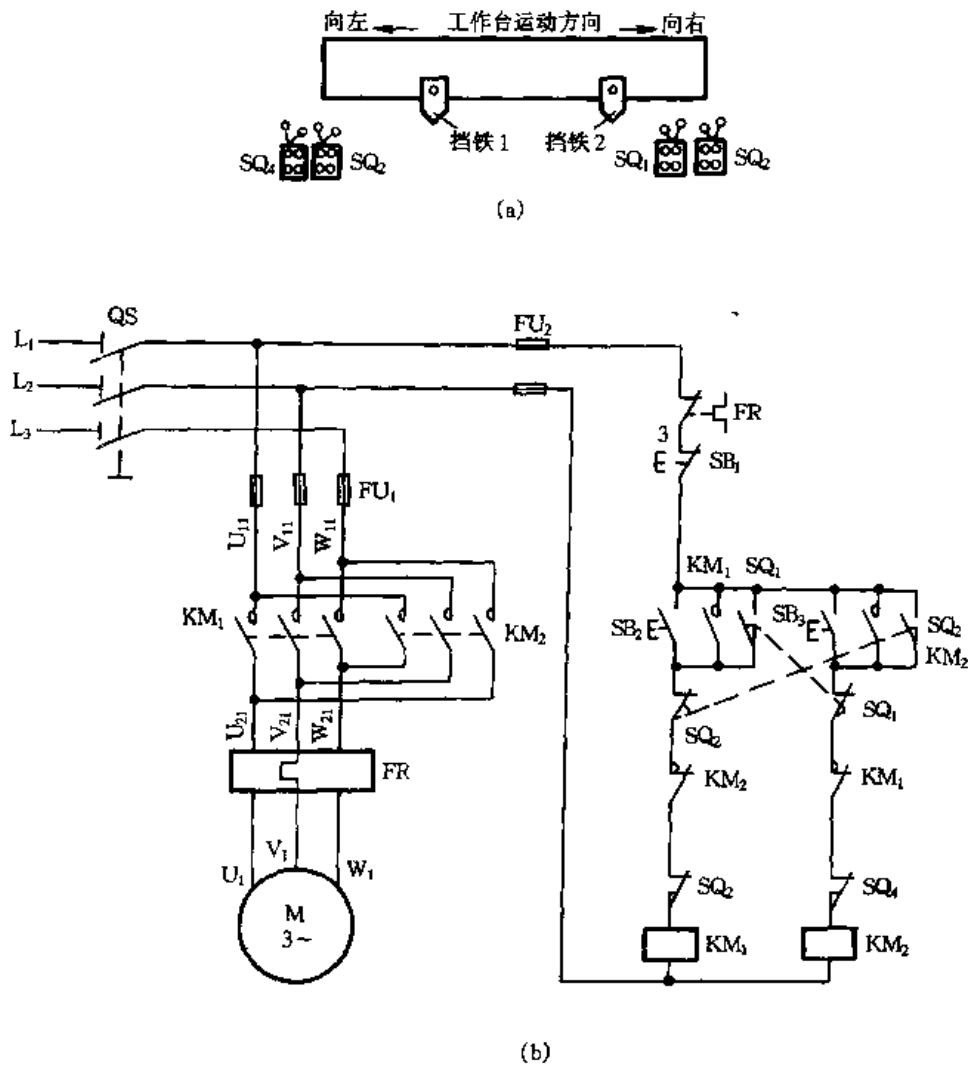
### 9. 自动循环正反转控制电路

有些生产机械要求其工作台能在某段距离内自动往返,不断地循环,以便对工件进行连续加工。这种控制通常是利用行程开关来自动实现的,也就是用行程开关自动控制电动机的正反转,从而使工作台不断地自动往返。图 1.2.14 是工作台自动往返的控制电路。其中图 1.2.14(a)为工作台自动往返的示意图,工作台上装有挡铁 1 和 2,生产机械的床身上装有行程开关  $SQ_1$  和  $SQ_2$ ,当挡铁压下行程开关后,自动使电动机改变转向,从而使工作台反向移动。行程开关  $SQ_3$  和  $SQ_4$  用来作限位保护。图 1.2.14(b)为电动机正反转控制电路图。

工作过程为:合主电路电源开关 QS,按下启动按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,电动机正转启动运行,拖动工作台向左移动。同时  $KM_1$  的常闭辅助触点断开,确保  $KM_2$  不能得电,实现互锁。当工作台移动到一定的位置时,挡铁 1 压下行程开关  $SQ_2$ ,使其常闭触点断开,接触器  $KM_1$  线圈失电释放,电动机停止转动。与此同时  $SQ_2$  的常开触点闭合, $KM_1$  的常闭辅助触点也闭合,使接触器  $KM_2$  线圈得电吸合,电动机反转启动运行,拖动工作台向右移动。同时  $KM_2$  的常闭辅助触点断开,确保  $KM_1$  不能得电,实现互锁。此时行程开关  $SQ_2$  复位。当工作台移动到一定的位置时,挡铁 2 压下行程开关  $SQ_1$ ,使其常闭触点断开,接触器  $KM_2$  由于线圈失电而释放,电动机停止转动。此时  $SQ_1$  的常开触点闭合,使接触器  $KM_1$  线圈又得电吸合,电动机又正转启动运行,又拖动工作台向左移动。如此反复循环,使工作台自动往返移动。工作台的行程是通过改换挡铁的位置来实现的。当按下停止按钮  $SB_1$ ,电动机停止转动。

### 10. 仅用一只行程开关实现电动机自动往返控制电路

自动往返控制电路通常均采用两只行程开关实现自动往返控制,而图 1.2.15 所示电路,是仅用一只双轮 LX19-232 型不可复位式行程开关完成某设备拖板系统的自动往返控制(主回路同一般的正反转电路,这里未画出)。



(a) 工作台自动往返示意图

(b) 电动机正反转控制电路

图 1.2.14 工作台自动往返的控制电路

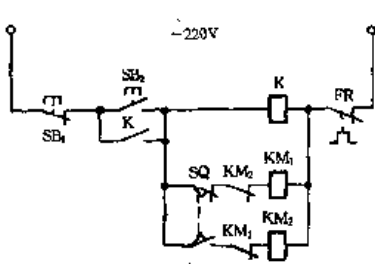


图 1.2.15 仅用一只行程开关实现自动往返控制电路

启动拖板时,按下启动按钮  $SB_2$ ,中间继电器  $K$  得电吸合并自锁,使接触器  $KM_1$  得电吸合,其主触点闭合,电动机正转运行(拖板向左移动),当拖板向左移动到位时,左边的位保护撞块将行程开关  $SQ$  撞动而改变状态(即  $SQ$  行程开关的常闭触点断开、常开触点闭合),接触器  $KM_1$  失电释放,电动机正转运行停止(拖板向左移动停止);同时,接触器  $KM_2$  得电吸合,其主触点闭合,电动机反转运行(拖板向右移动),当拖板向右边移动到位时,右边的到位保护撞块将行程开关撞动恢复原来状态(即  $SQ$  行程开关常闭触点闭合,常开触点断开),此时,接触器  $KM_2$  失电释放,电动机反转运行停止(拖板向右移动停止),同时接触器  $KM_1$  又得电吸合,其主触点闭合,电动机再次正转运行(拖板向左移动)。这样一直循环重复,从而实现自动往返控制。

如需要拖板电动机停止运转时,则按下拖动板停止按钮  $SB_1$  即可。

$SQ$  行程开关可安装在机器中间位置,左右两只保护撞块可分别安装在移动拖板上(安装

距离必须左右对称,具体尺寸可根据实际要求确定),且需根据 LX19-232 型行程开关的动作要求各自错开一定角度,使左右撞块在动作时能分别撞动 LX19-232 行程开关的各个轮珠即可。

### 11. 用联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路

电路如图 1.2.16 所示。按下正转按钮  $SB_3$  时,正转接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,电动机正向转动;同时, $KM_1$  的常开辅助触点  $KM_1(1-2)$  闭合,使联锁继电器  $K$  得电吸合并自锁,串联在  $KM_1$ 、 $KM_2$  电路的常闭触点  $K(3-4)$ 、 $K(5-6)$  断开,使  $KM_2$  不能得电,实现互锁。按下反转按钮  $SB_2$  时,首先断开  $KM_1$  控制电路,使  $KM_1$  失电释放,当其主触点电弧完全熄灭后,联锁继电器  $K$  失电释放,这时  $K$  的常闭触点  $K(5-6)$  闭合, $KM_2$  才能得电吸合并自锁,电动机才能反向转动。

这种电路能完全防止正反转转换过程中的电弧短路,适用于转换时间小于灭弧时间的场合。

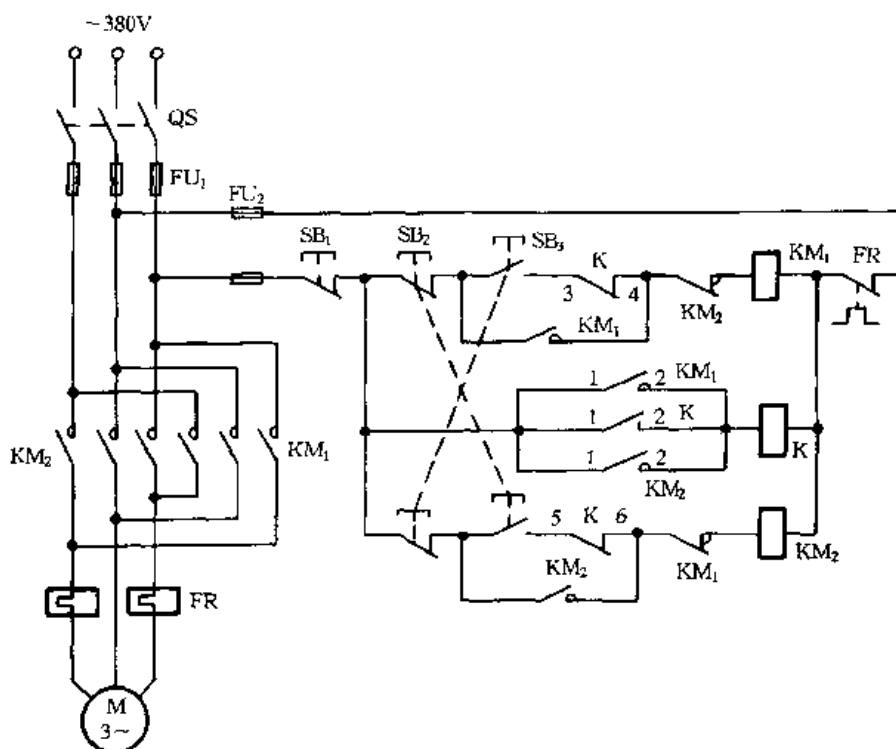


图 1.2.16 用联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路

### 12. 增加一只接触器防止相间短路的正反转控制电路

电路如图 1.2.17 所示,加 1 只接触器  $KM$ ,当正反转转换时,正转接触器  $KM_1$  失电释放后,接触器  $KM$  也随着失电释放, $KM_1$  和  $KM$  两个接触器组成 4 断点灭弧电路,可有效地熄灭电弧,防止相间短路。

### 13. 三相异步电动机非典型控制电路

在工作实践中,以典型控制电路控制某些机械设备中的三相异步电动机往往不能满足安全施工和安全生产的要求,图 1.2.18 所示为既安全又简单实用的三相异步电动机非典型控制电路。

#### (1) 避免机械伤害的两地控制电路

图 1.2.18(a)所示的三相异步电动机单向运转两地控制电路与典型控制电路相比,控制接

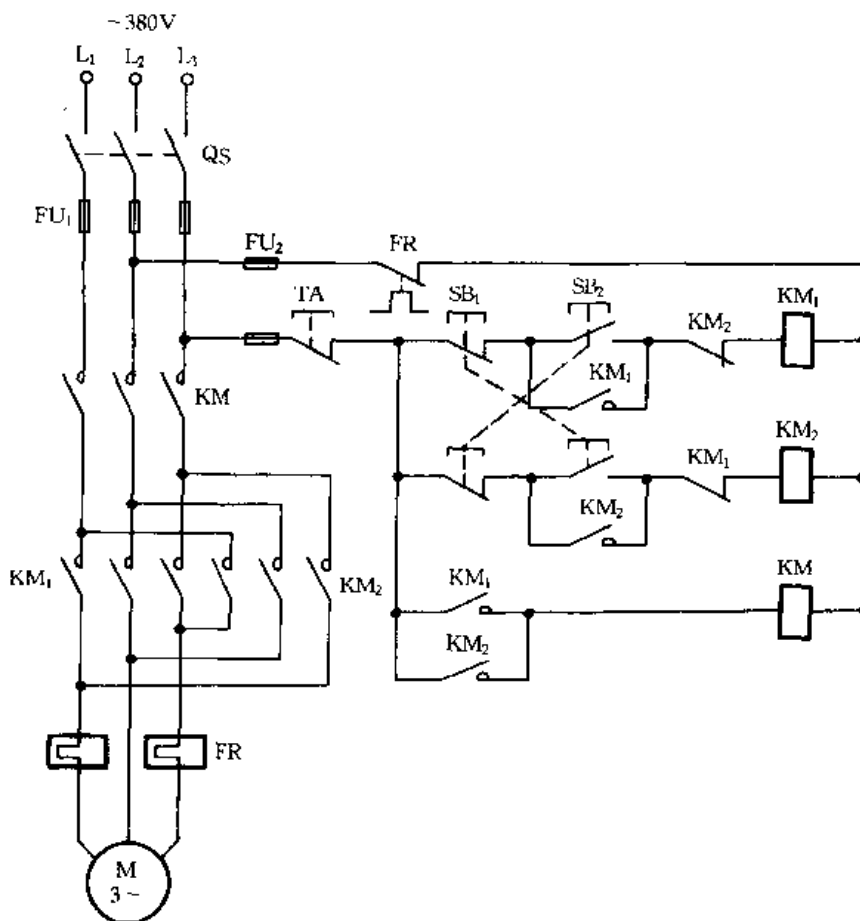


图 1.2.17 另一种防止相间短路的正反转控制电路

触器线圈的两只启动按钮的常开触点不是并联而是串联。位于甲地的操作人员按住启动按钮  $SB_1$  只能使安装在乙地的电铃  $HA_1$  得电,待位于乙地的操作人员听到铃声按下启动按钮  $SB_2$  后,接触器  $KM$  才能得电吸合并自锁,其主触点闭合,电动机  $M$  才能启动。同样,位于乙地的操作人员按住起运按钮  $SB_2$  只能使安装在甲地的电铃  $HA_2$  得电,待位于甲地的操作人员听到铃声按下  $SB_1$  后, $KM$  才能得电吸合并自锁,电动机  $M$  才能启动。在同一拖动系统的两地(比如皮带输送机的始点和终点)工作的 2 名操作人员,必须同时各按 1 只启动按钮,方能使电动机启动。这样便可从根本上避免那种当 1 名操作人员按下启动按钮之后,而使转动起来的生产机械伤害未能离开的另 1 名操作人员的恶性事故。

### (2) 防止误启动的正反转控制电路

图 1.2.18(b)所示的三相异步电动机正反转控制电路与典型控制电路相比,增加了 1 只启动按钮,从而需用双手操作。操作人员不仅需用右手按下启动按钮  $SB_1$ ,还需用左手按下启动按钮  $SB_3$ (由按钮的实际安装位置所决定),才能使接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,使电动机  $M$  正向启动。同样,操作人员既要用右手按下反向启动按钮  $SB_2$ ,又要用左手按下  $SB_3$ ,才能使接触器  $KM_2$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,使  $M$  反向启动。这样,平时无意中误碰任何 1 只启动按钮都不会造成电动机误启动。操作人员不知操作诀窍,按照传统方法仅用 1 只手去按启动按钮,根本不能使电动机启动,因此电路具有加密性质,可应用于某些较复杂的施工和生产场合。

### (3) 具备急停功能的正反转控制电路

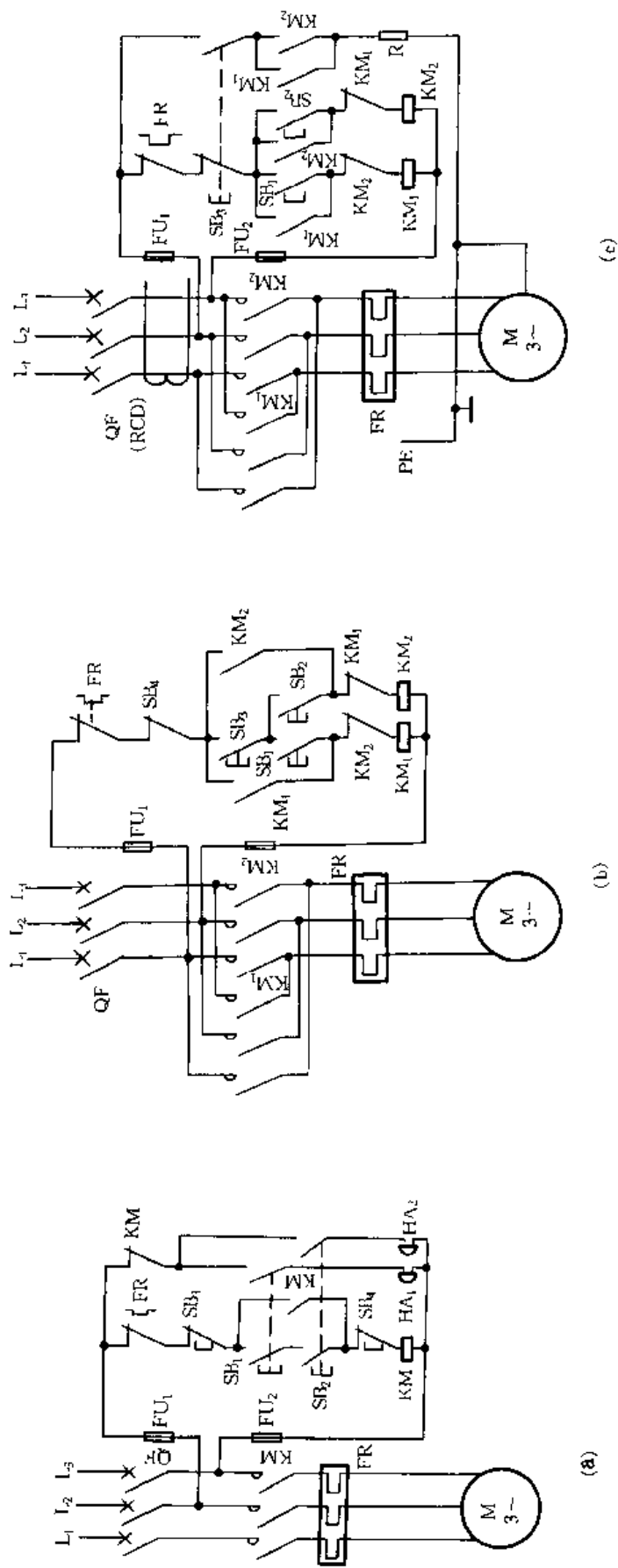


图 1.2.18 三相异步电动机非典型控制电路

图 1.2.18(c)所示的三相异步电动机正反转控制电路与典型控制电路相比,不仅需用停止按钮的常闭触点,还需用停止按钮的常开触点。电动机 M 运行时,正转接触器  $KM_1$  或者反转接触器  $KM_2$  处于得电吸合状态,电源开关 QF(三极漏电断路器)处于闭合状态。需停机时按下停止按钮  $SB_3$ ,其常闭触点首先断开,使  $KM_1$  或者  $KM_2$  失电释放。如果  $KM_1$  或者  $KM_2$  由于触点熔焊、弹簧损坏、机械卡阻、铁心剩磁等原因使线圈失电而不释放,待  $SB_3$  的常开触点接通后就会有电流流过电阻 R,电流值为  $U_{相}/R$ ,此电流比 QF 的漏电动作电流大数倍(R 的阻值由此确定),能使 QF 迅速分断,使 M 紧急停机,从而避免事故(比如因卷扬机电机不能停转而造成的吊件坠落事故)的发生。

#### 14. 延时复位按钮控制的电动机控制电路

图 1.2.19 所示为带延时复位功能按钮控制的电动机降压启动电路,比原电路省 1 只时间继电器,其延时范围 0.4~180s。延时复位按钮  $SB_2$  为在原有一个常开触点基础上增加一个延时复位闭合的常闭触点的按钮。按下  $SB_2$ ,其常开触点闭合,接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,电动机串电阻 R 降压启动,同时  $SB_2$  的延时复位闭合的常闭触点断开,而  $KM_1$  的常开辅助触点闭合,为  $KM_2$  得电作准备。待  $SB_2$  已断开的延时复位闭合的常闭触点,延时一定时间后闭合,使接触器  $KM_2$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,将电阻 R 短接,电动机进入全压运行; $KM_2$  的常闭辅助触点断开,使  $KM_1$  失电释放。

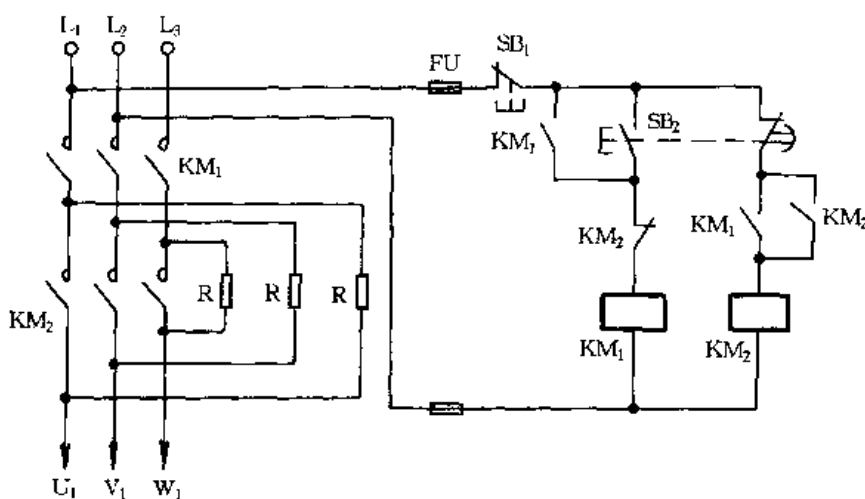


图 1.2.19 延时复位按钮控制的电动机控制电路

该按钮结构如图 1.2.20 所示,按下按钮帽,常开触点闭合,活塞杆在按钮帽压力作用下克服宝塔弹簧的阻力向下移动,使延时复位闭合常闭触点瞬时断开。当松开按钮帽,活塞杆在宝塔弹簧作用下向上移动,使与活塞相连的橡皮膜也向上运动,但受到进气孔进气速度的限制,这时橡皮膜下面形成空气稀薄的空间,与橡皮膜上面的空气形成压力差,对活塞的移动产生阻尼作用,空气由进气孔进入气囊,经过一段时间,活塞才能完成全部行程,而使触点延时闭合。延时时间的长短取决于进气孔的进气速度,进气越快,延时越短,旋动调节螺钉可调节进气孔的大小。

该按钮可在已有成型按钮及空气阻尼式延时头的基础上改制而成。由于其触点一般在同一控制回路中,因此要求其电流、电压等级相同即可。

#### 15. 电动机紧急停车电路

在电力拖动系统控制电路中,停止与急停电路的区别在于,急停电路可使电动机开关直接



断开,而停止电路可通过其他控制电路间接地使电动机开关断开。从时间上比较,急停比停止来得快;从可靠性上比较,急停比停止更高。尽管这样,实际工作中,也出现急停信号发出后电动机开关不能立即断开或不能断开的现象,在以接触器作为电动机开关的场合,此种现象比较多见,其主要原因在于,接触器的动、静铁心在油污的作用下相互吸住或接触器的动、静触点相互熔焊等。

为提高急停控制的可靠性,可采用图 1.2.21 所示的以接触器为电动机开关的紧急停车控制电路。 $KM_1$  为电动机 M 的启动接触器, $KM_2$  为急停接触器, $SB_1$  为停止按钮, $SB_2$  为急停按钮, $SB_3$  为启动按钮,R 为急停限流电阻( $KM_2$  吸合后 R 须通过 6 倍的  $FU_1$  熔体额定电流)。

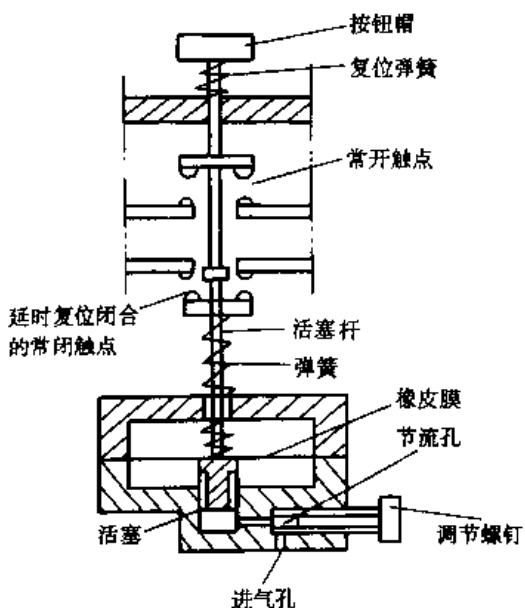


图 1.2.20 延时复位按钮结构

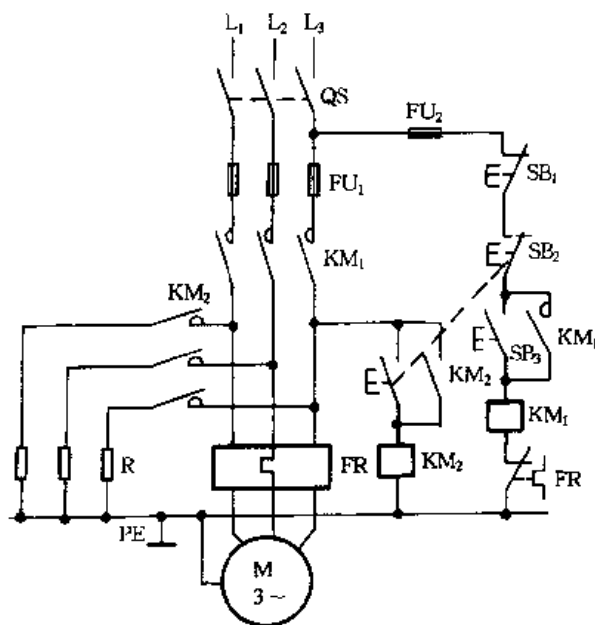


图 1.2.21 电动机紧急停车电路

合上开关 QS、按下  $SB_3$ ,  $KM_1$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,电动机 M 启动运转。当有意外情况须紧急停车时,按下  $SB_2$ ,有两种可能性:

- ①  $SB_2$  常闭触点断开时,  $KM_1$  立即失电释放、M 失电停止运转;
- ②  $SB_2$  常闭触点断开时,  $KM_1$  不能立即失电释放或不能失电释放,但在  $SB_2$  常开点闭合时,  $KM_2$  得电吸合, R 通过 6 倍的  $FU_1$  熔体额定电流,  $FU_1$  立即熔断, M 失电停止运转。

此电路多用了一些元器件,但提高了设备的可靠性。

#### 16. 利用漏电开关作急停开关电路

利用 DZ-15L 型三相漏电开关试验回路原理,紧急情况下可以实现及时手动或自动切断总电源。其电路如 1.2.22 所示,虚线框内为新增的元器件。

图 1.2.22(a)、(b)所示为手动操作电路。正常时,手动操作按钮  $SB_1$ 、 $SB_2$  可以实现电动机正反转运转。若接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  吸合机构卡死或触点粘连,可以迅速操作同  $SB_1$ 、 $SB_2$  装在一起的控制盘的急停按钮  $SB_3$ ,三相漏电开关 Q 因试验回路得电而脱扣,从而切断总电源。

图 1.2.22(a)、(c)所示为自动操作电路。正常时,调整操作方法同上。 $SB_3$  和  $KM_1$  的触点  $KM_1(3-4)$ 、 $SB_4$  和  $KM_2$  的触点  $KM_2(3-4)$  不可能同时闭合,因此漏电开关不脱扣。如果将图 1.2.22(c)的自动操作机构装在 SA 上时,一旦接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  吸合机构卡死或触点粘连,将  $SB_3$ 、 $KM_1$  的触点  $KM_1(3-4)$  回路闭合(或  $SB_4$ 、 $KM_2$  的触点  $KM_2(3-4)$  回路闭合),接通漏电开关

试验回路,切断主电源。

以上方法可以起到漏电保护和急停开关双重作用,而且还能应用到诸如超温、超压、过流、过压保护等电路。

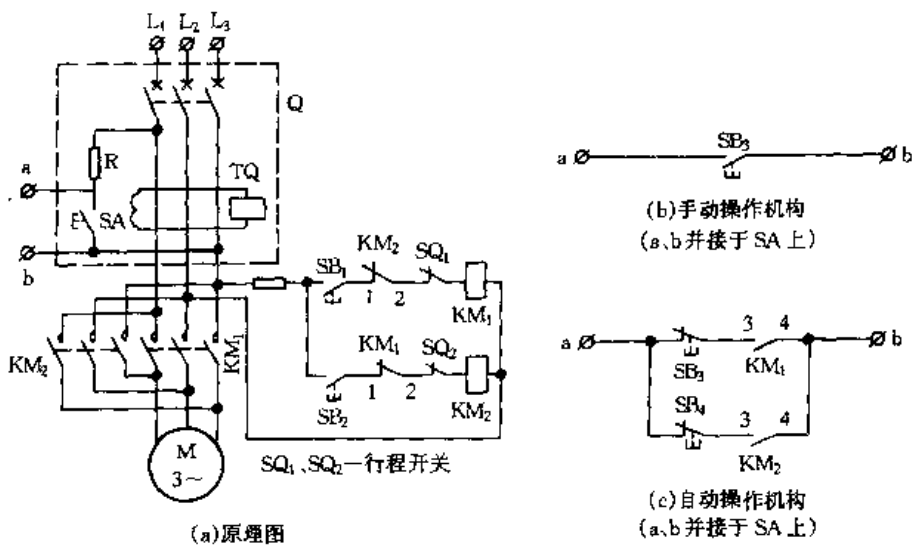


图 1.2.22 利用漏电开关作急停开关电路

### 17. 重载电动机启动电路

重载电动机启动电路如图 1.2.23 所示。

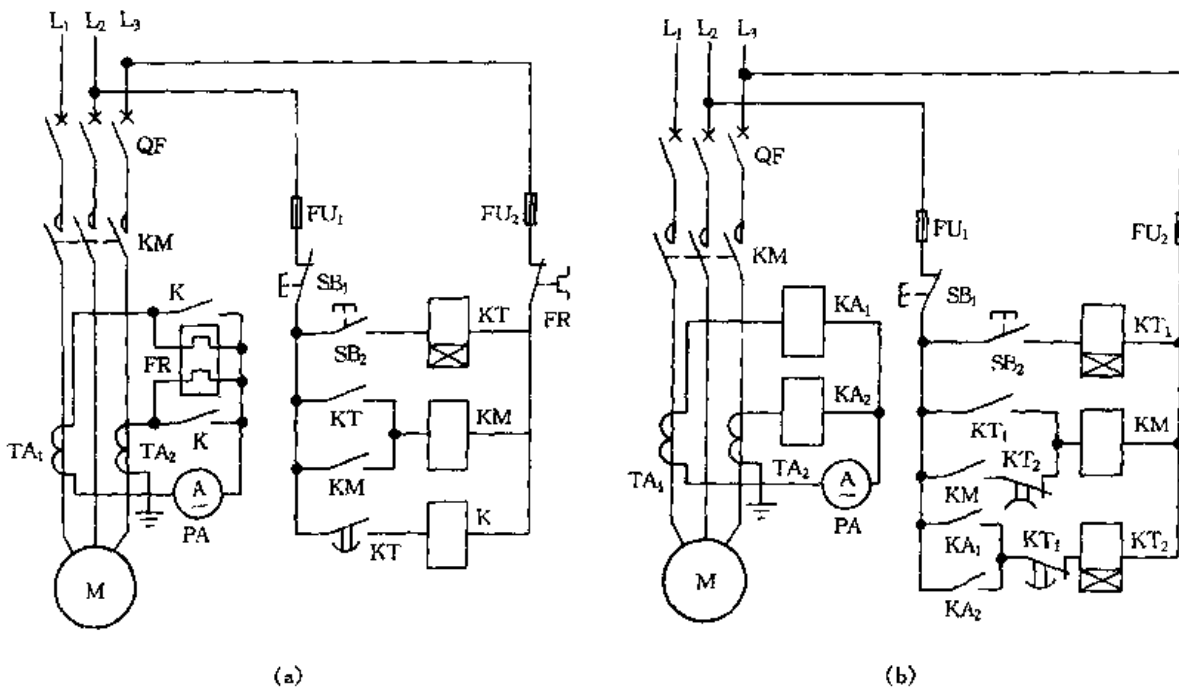


图 1.2.23 重载电动机启动电路

对于图 1.2.23(a)所示电路,启动电动机时,按下启动按钮  $SB_2$ , 断电延时时间继电器  $KT$  得电吸合,其瞬动常开触点闭合,接触器  $KM$  得电吸合并自锁,使电动机处于启动状态。与此同时, $KT$  断电延时断开的常开触点闭合,使中间继电器  $K$  短时得电吸合, $K$  吸合后,其常开触点闭合,将热元件  $FR$  短接,电流互感器  $TA_1$ 、 $TA_2$  上的电流只经过电流表  $PA$ ,不经过热继电器  $FR$ 。当电动机达到正常运转后,由于  $KT$  已闭合的延时断开的常开触点打开,使  $K$  失电释放,

热保护才投入运行。该电路由于采用的是热保护,其过载的准确性和灵敏度均不如图 1.2.23(b)好。

对于图 1.2.23(b)所示电路,按下启动按钮  $SB_2$ ,断电延时时间继电器  $KT_1$  得电吸合,其瞬动常开触点闭合,使接触器  $KM$  得电吸合并自锁,使电动机处于启动状态。与此同时  $KT_1$  的断电延时闭合的常闭触点断开,将时间继电器  $KT_2$  的线圈回路断开。这样,在电动机启动过程中尽管电流继电器  $KA_1$ 、 $KA_2$  的常开触点受启动电流影响而闭合,但时间继电器  $KT_2$  并不会得电吸合,其延时断开的常闭触点也不会断开。松开  $SB_2$ , $KT_1$  失电释放,其延时时间到,已断开的断电延时闭合的常闭触点复位后,才能为  $KT_2$  得电吸合作准备。当电动机在运行中发生过载时,电流继电器  $KA_1$ 、 $KA_2$  的常开触点闭合,使通电延时时间继电器  $KT_2$  得电吸合。 $KT_2$  延时时间到,其延时断开的常闭触点断开,使  $KM$  失电释放,切断电动机电源,时间可按 3~5s 整定,而  $KT_2$  线圈回路的恢复接通时间必须按能躲开最长启动时间整定。图 1.2.23(b)所示电路由于采用 DL-11 或 DL-13 型电流继电器,可以根据不同电动机而方便、灵活地整定,保护性能比较可靠。

#### 18. 电动机固定旋转方向控制电路

图 1.2.24(b)所示为利用 CQX-1 型错、断相保护器组成的电动机固定旋转方向控制电路。错、断相保护器电路如图 1.2.24(a)所示,在正常情况下(正相序、无断相),信号检测电路的信号电源经  $R_1 \sim R_4$ 、 $C_1 \sim C_3$  及整流桥 UR 整流,再经  $R_5$ 、 $VD_2$  加至  $VT_1$  的基极。此时,桥式整流电路的输出电压接近于 0V,晶体管  $VT_1$  截止, $VT_2$  导通使继电器 K 得电吸合。一旦出现错相或断相(缺相)时,在信号检测整流桥 UR 的输出端便会有信号电压产生, $VT_1$  导通, $VT_2$  截止,继电器 K 失电释放。

当三相电源相序正确时(即正相序),CQX-1 错、断相保护器的信号检测继电器 K 得电吸合,其常闭触点 K(1-2)断开、常开触点 K(1-3)闭合,给正相序接触器  $KM_1$  提供控制电源。若按下启动按钮  $SB_2$ , $KM_1$  得电吸合并自锁,其主触点闭合接通三相电源,电动机得电按正相序运行;同时  $KM_1$  的常闭辅助触点断开,使  $KM_1$  不能得电,实现互锁。当三相电源相序不正确时(即逆相序),CQX-1 型错、断相保护器的信号检测继电器 K 失电释放,其常闭触点 K(1-3)恢复常闭,常开触点 K(1-2)恢复常开,将正相序接触器  $KM_1$  回路电源切断,给反相序接触器  $KM_2$  提供控制电源;若按下  $SB_2$ , $KM_2$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,接通三相电源,电动机得电并按正相序运行(此时利用反相序接触器  $KM_2$  再将逆相序变换为正相序,即反、反得正的道理);同时  $KM_2$  的常闭辅助触点断开,使  $KM_1$  不能得电,实现互锁。该电路的最大特点是无论电源相序如何变化,均能自动转换为正相序,使电动机旋转方向永远保持不变。

该 CQX-1 错、断相保护器还具有缺相保护功能,这里不再赘述。

#### 19. 利用辉光指示灯指示电动机工作状态电路

图 1.2.25 所示的电动机控制电路,将指示灯并接于电路中的控制按钮、行程开关、熔断器等有关接点上,使得指示灯具有故障诊断能力。

当控制电路处于停止状态时,辉光指示灯  $HL_1$  通过停止按钮  $SB_1$ 、接触器线圈  $KM$  和热继电器  $FR$  的常闭触点构成回路而发光,表示电动机停机。由于接触器线圈的电阻比辉光指示灯的电阻要小得多,辉光指示灯  $HL_2$  上施加的电压很小,而  $HL_3$  上没有电压,因此  $HL_2$ 、 $HL_3$  都不会发光。当接触器吸合时,由于接触器线圈  $KM$  的两端有 220V 交流电压,因此  $HL_2$  会发光,表示电动机运转,此时, $KM$  的常开辅助触点闭合, $HL_1$  上没有电压,而  $HL_2$  上也没有电压,因此  $HL_1$  和  $HL_3$  都不发光。若热继电器  $FR$  保护动作,其常闭触点断开,若按下启动按钮  $SB_2$ ,则

HL<sub>3</sub> 会发光,表示热保护动作。辉光指示灯的工作电流非常小,因此不会导致接触器的误动作。

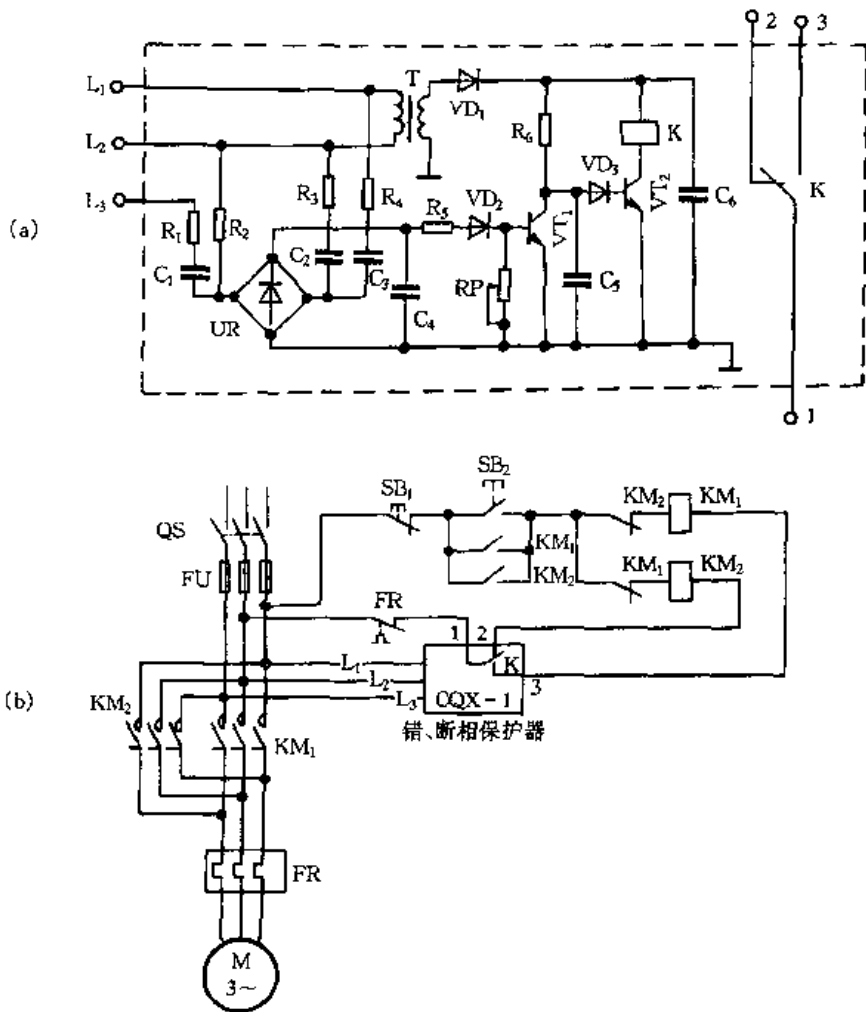


图 1.2.24 电动机固定旋转方向控制电路

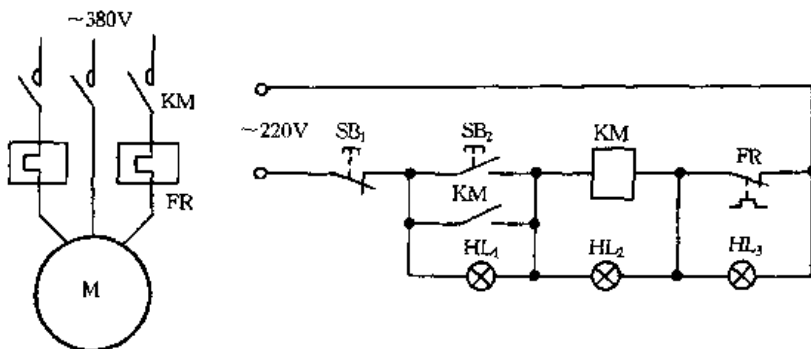


图 1.2.25 利用辉光指示灯指示电动机工作状态电路

### 20. 停电、来电,电动机再启动电路

电路如图 1.2.26 所示,其中主电路未画出。当电动机需要启动时,合上电源开关 QS,将停止按钮 SB<sub>1</sub> 置于接通位置,然后按下启动按钮 SB<sub>2</sub>,接触器 KM、断电延时时间继电器 KT 相继得电吸合并自锁,KM 的主触点闭合,电动机 M 得电运转。KT 延时断开的常开触点 KT(3 -

6) 闭合。

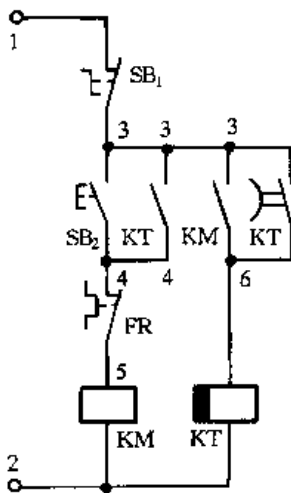


图 1.2.26 停来电电动机再启动电路

电动机运转后,如果供电电路出现电压波动(瞬间过低)或电网短暂停电时,KM、KT 均失电释放,KM 的主触点断开,电动机 M 失电停止运转,同时,KT 已闭合的断电延时常开触点(3-6)延时断开。若在 KT 延时时间内电网电压恢复正常或电网短暂停电恢复供电,那么时间继电器 KT 的断电延时断开的常开触点(3-6)仍未打开(延时未结束,仍在闭合状态),因此电网恢复正常供电后,KT 重新得电吸合,KT 的瞬动常开触点(3-4)立即闭合,使 KM 得电吸合,KM 的主触点闭合,电动机 M 得电自动再启动运转。但是,如果电动机运转后,电网电压出现波动或停电,其波动或停电时间大于时间继电器 KT 的整定值,那么 KT 的断电延时断开的常开触点(3-6)已断开,电网再恢复正常供电后,电动机也不会再自动启动运转。若要启动则需重新按下启动按钮 SB<sub>2</sub>。

当电动机需要停止运转时,将停止按钮 SB<sub>1</sub> 置于断开位置,此时交流接触器 KM 和时间继电器 KT 均失电释放,KM 的主触点断开,电

动机停止运转。

### 21. 用时间继电器防止电压波动造成电动机停止电路

电路如图 1.2.27 所示。启动时,按下启动按钮 SB<sub>1</sub>,接触器 KM 和时间继电器 KT<sub>1</sub>、KT<sub>2</sub> 相继得电吸合,并经 KM 的已闭合的常开辅助触点和 KT<sub>1</sub> 的已闭合的常开触点(KT<sub>1</sub> 得电吸合后,其断电延时断开的常开触点闭合)自锁。另外,KT<sub>2</sub> 通电延时断开的常闭触点延时断开。KM 的主触点闭合,电动机转动。

停止时,按下 SB<sub>2</sub>,则 KM、KT<sub>1</sub> 失电释放,电动机停转,KT<sub>1</sub> 已闭合的常开触点延时断开,KT<sub>2</sub> 失电释放,其延时断开的常闭触点瞬时闭合。

当电路电压波动成短时停电时,KM、KT<sub>1</sub>、KT<sub>2</sub> 均失电释放,电动机停转。但 KT<sub>1</sub> 常开触点延时断开,如果电路电压在 KT<sub>1</sub> 触点未打开之前恢复正常,则 KM 和 KT<sub>1</sub> 线圈仍可经过 KT<sub>1</sub> 和 KT<sub>2</sub> 触点得电自锁,电动机自动启动。如果电压在 KT<sub>1</sub> 延时触点断开之后恢复正常,则控制电路不通,电动机将不能自行启动。

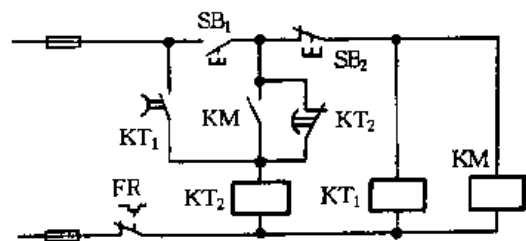


图 1.2.27 防止电压波动造成电动机停止电路

由上述可知,电路的延时时间只与 KT<sub>1</sub> 整定时间有关;KT<sub>2</sub> 触点的延时断开时间只要保证大于 KM 触点的固有闭合时间就可以。

### 22. 低压电动机自启动控制电路

图 1.2.28 所示的低压电动机自启动控制电路,运行过程中仅接触器 KM 和断电延时时间继电器 KT 工作,因此具有较高的可靠性和可用性。在正常情况下,当 FR 动作后,其常开触点闭合使中间继电器 K 得电吸合,串联在接触器 KM 线圈回路中的 K 的常闭触点断开,KM 失电释放,电动机停转;若在 KT 整定时间内发生 FR 自动复归,由于 K 线圈通过 KT 已闭合的断电延时断开的常闭触点和自身常开触点形成自锁,K 仍得电吸合,其常闭触点仍断开,KM 线圈仍不能得电吸合,电动机处于准备自启动状态。一般情况下,由于 FR 自动复位时间远大于 KT 的整定时间,因此 FR 复位时自启动电路已断开,不会出现电动机自启动现象。但是,若 FR 质

量不好,自动复位时间较短,那么,在KT整定时间(分批自动启动的可达近10s)内,电动机就可能发生非正常的自启动,这是非常危险的。而图1.2.28所示电路则不会出现这种错误的误启动。

### 23. 电动机间歇运行控制电路

在某些工作场合,需要电动机间歇运行,即在运行一段时间后,自动停止,然后再自动启动运行,这样反复进行,其电路如图1.2.29所示。

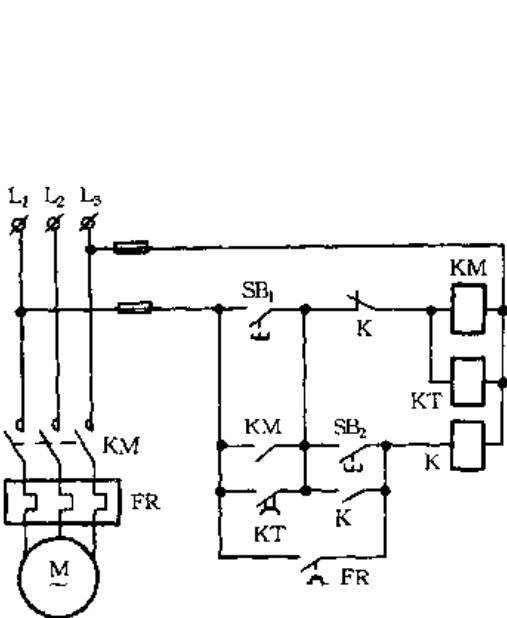


图 1.2.28 低压电动机自启动控制电路

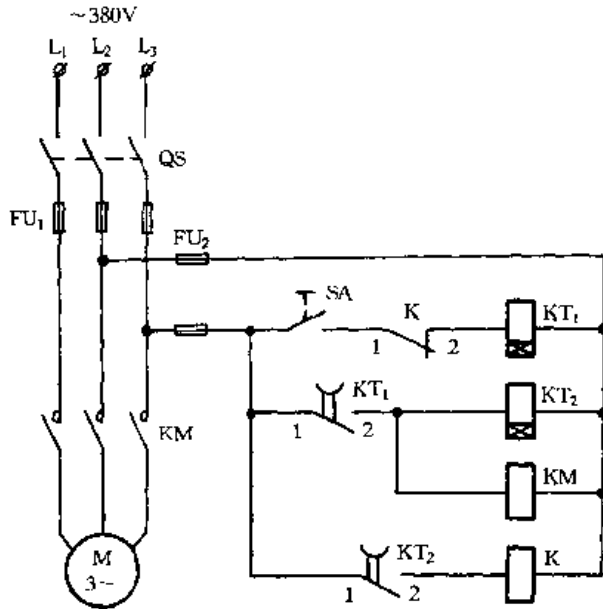


图 1.2.29 电动机间歇运行控制电路

合上电源开关 QS 及控制开关 SA,通电延时时间继电器  $KT_1$  得电吸合。待  $KT_1$  延时时间到,其延时闭合的常开触点  $KT_1(1-2)$  闭合,使时间继电器  $KT_2$  和接触器 KM 得电吸合, KM 的主触点闭合,使电动机运转。当  $KT_2$  延时时间到,其延时闭合的常开触点  $KT_2(1-2)$  闭合,使继电器 K 得电吸合,其常闭触点  $K(1-2)$  断开,使时间继电器  $KT_1$  失电释放,其已闭合的常开触点断开,使  $KT_2$  和 KM 失电释放, KM 的主触点断开,电动机停止运转;已闭合的  $KT_2$  的常开触点  $(1-2)$  断开,使 K 失电释放,其已断开的常闭触点  $K(1-2)$  恢复闭合,使  $KT_1$  再次得电吸合。电动机要运行一定时间后,自动停止转动至规定的时间,然后再启动。这样就周而复始地间歇运行。

### 24. 能发出开车信号的电动机控制电路

对于大型机械设备,电动机拖动的运动部件移动范围很大,因此需发出开车信号,经过一定时间,再启动电动机,以告知其他人员注意,其电路如图1.2.30所示。

按下开车按钮  $SB_2$ ,通电延时时间继电器 KT 和继电器 K 得电吸合并自锁, K 的常开触点  $(3-4)$  闭合,使电铃 HA 和指示灯 HL 发出声光开车信号。当 KT 的延时时间到,其延时闭合的常开触点  $KT(1-2)$  闭合,使接触器 KM 得电吸合并自锁,其主触点闭合,电动机 M 启动运转;同时 KM 的常闭触点  $(3-4)$  断开,使 KT 和 K 失电释放, HA 和 HL 也失电停止发出开车信号,启动过程结束。按下停车按钮  $SB_1$ ,使 KM 失电释放,其主触点断开,电动机 M 停止运转。

## 三、三相鼠笼型异步电动机降压启动控制电路

三相鼠笼型异步电动机的启动电流很大,约为额定电流的 4~7 倍。较大容量的三相异步

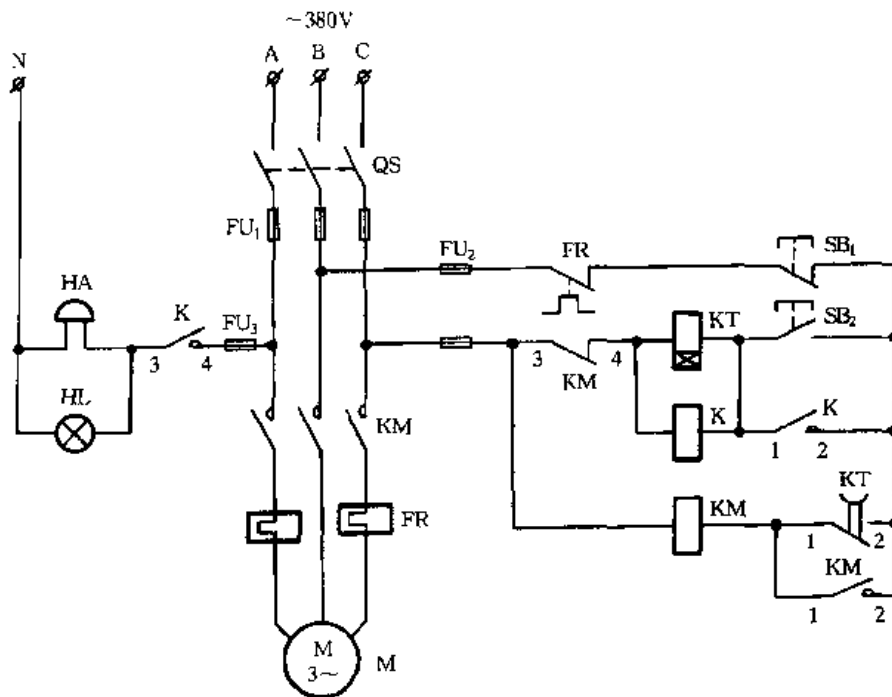


图 1.2.30 能发出开车信号的电动机控制电路

电动机的启动电流使车间电网电压波动很大,而影响其他电气设备的正常工作。因此,这样的电动机不宜采用直接启动方法。

三相异步电动机的启动电流与其定子绕组上的电压成正比,因此,可以采用降低异步电动机定子绕组电压的方法来减小电动机的启动电流。这样的启动方法叫做电动机的降压启动。常用的降压启动方法有 Y(星)- $\Delta$ (三角)启动、自耦变压器(补偿器)降压启动和串联电阻降压启动三种。

凡是在正常运行时定子绕组接成三角形的三相异步电动机,均可采用 Y- $\Delta$ 降压启动。在启动时,将电动机的定子绕组先做 Y 形连接,接到电动机的电源上。这时,每相绕组上的电压下降到正常工作电压的 57.7%,启动电流则下降到直接启动时的 33.3%。电动机启动升速到转速接近额定转速时,将电动机定子绕组恢复为三角形联接。目前,4kW 以上的三相异步电动机都可以用这种方法启动。

### 1. 时间继电器控制式 Y- $\Delta$ 降压启动电路

在电动机 Y- $\Delta$ 减压启动过程中,为避免从 Y 形连接到 $\Delta$ 形连接转换时发生电弧短路,转换时必须要有休止时间,即必须在电弧消除后才能转换。这一休止时间是由 Y- $\Delta$ 启动用的时间继电器来实现的,使 Y 形连接接触器有足够的断开时间,通常这一时间设定为 50ms,称之为转换时间。

时间继电器控制式 Y- $\Delta$ 降压启动电路如图 1.2.31 所示。依靠通电延时时间继电器 KT 来实现 Y- $\Delta$ 降压启动。按下启动按钮 SB<sub>2</sub>,接触器 KM<sub>1</sub> 得电吸合并自锁,其主触点闭合,将电动机的三相定子绕组首端 U<sub>1</sub>、V<sub>1</sub>、W<sub>1</sub> 分别和电源接通。由于时间继电器 KT 延时闭合的常开触点 KT(6-7)是断开的,因此 KM<sub>2</sub> 无电源,其主触点及常开辅助触点断开,常闭辅助触点 KM<sub>2</sub>(2-4)闭合。在 KM<sub>1</sub> 得电吸合的同时,时间继电器 KT 和接触器 KM<sub>3</sub> 得电吸合。KM<sub>3</sub> 的主触点闭合,将电动机三相定子绕组的末端 U<sub>2</sub>、V<sub>2</sub>、W<sub>2</sub> 短接在一起,电动机在绕组连接成 Y 形的状况下得电启动;常闭辅助触点 KM<sub>3</sub>(2-6)断开,确保 KM<sub>2</sub> 无电源,实现互锁,以避免 KM<sub>2</sub>、

KM<sub>3</sub> 同时通电而造成电源短路。

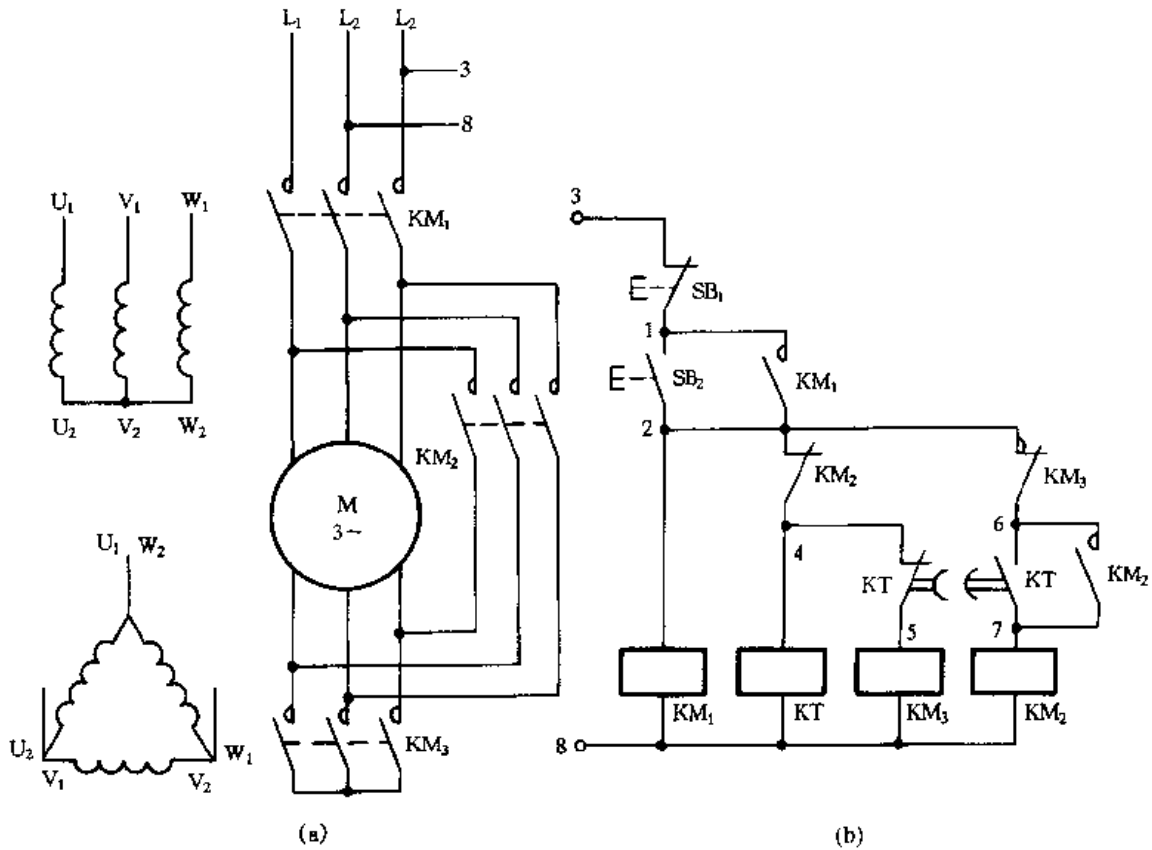


图 1.2.31 时间继电器控制式 Y - Δ 降压启动电路

当电动机转速接近额定转速时,也就是通电延时时间继电器 KT 的延时时间到,则 KT 延时断开的常闭触点 KT(4-5)断开,使 KM<sub>3</sub> 失电释放,其主触点断开,电动机定子绕组的末端脱离短接状态;同时,其常闭辅助触点 KM<sub>3</sub>(2-6)恢复闭合。在时间继电器 KT 延时断开的常闭触点 KT(4-5)断开时,其延时闭合的常开触点 KT(6-7)闭合,使 KM<sub>2</sub> 得电吸合并自锁,其主触点闭合,将电动机绕组接成 Δ 形(U<sub>1</sub>→W<sub>2</sub>、V<sub>1</sub>→U<sub>2</sub>、W<sub>1</sub>→V<sub>2</sub>)而得电运转。KM<sub>2</sub> 主触点闭合的同时,其常闭辅助触点 KM<sub>2</sub>(2-4)断开,使时间继电器 KT 和接触器 KM<sub>3</sub> 失电释放,这样一方面使已经完成 Y - Δ 启动任务的 KT 不再得电,另一方面确保 KM<sub>2</sub> 得电时 KM<sub>3</sub> 失电,实现互锁,从而避免 KM<sub>2</sub> 和 KM<sub>3</sub> 同时得电造成电源短路。

## 2. 防止接触器触点间飞弧短路的 Y - Δ 降压启动电路

从产生飞弧短路的主要原因看,只要能推迟 Δ 接法的接触器的吸合时间,就能避免飞弧短路。为此可采用图 1.2.32 所示的控制电路。按下启动按钮 SB<sub>2</sub>, Y 接法的接触器 KM<sub>3</sub>、通电延时时间继电器 KT 得电吸合, KM<sub>3</sub> 的辅助触点(1-2)闭合、(3-4)断开,KT

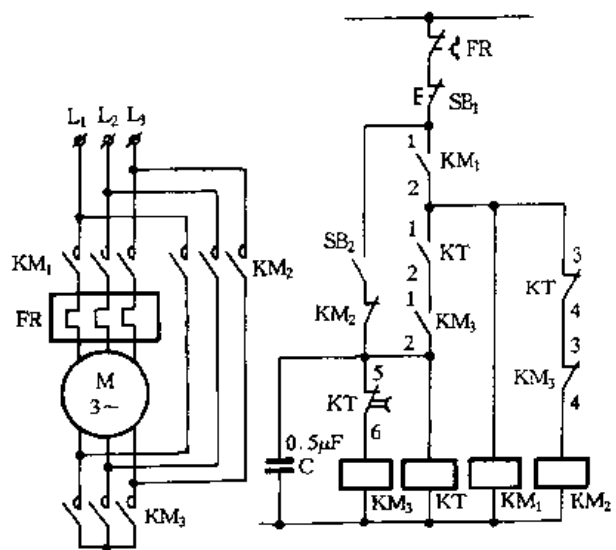


图 1.2.32 防止接触器触点间飞弧短路的 Y - Δ 降压启动电路



的瞬动触点(1-2)闭合、(3-4)断开,使接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁;并使  $KM_2$  不能得电,实现互锁。电动机开始在 Y 接下启动。当  $KT$  整定时间到,其延时断开的常闭触点  $KT(5-6)$  断开,使  $KM_3$  失电释放,其触点(1-2)断开、(3-4)闭合。接着  $KT$  失电释放,其触点(3-4)闭合,使  $KM_2$  得电吸合,电动机转入  $\Delta$  接法正常运行。由于  $KM_3$  失电释放后,  $KM_2$  还要等  $KT$  释放后才吸合,  $KT$  的释放时间约为  $15ms$ ,这就使  $KM_2$  在  $KM_1$  释放后推迟了约  $15ms$  才得电吸合。如果  $KM_2$  的吸合时间也为  $15ms$ ,那么总的间隔时间已达  $30ms$ ,一般情况下都能使  $KM_3$  触点间的电弧熄灭。为了在任何情况下都能使  $KM_3$  触点间的电弧熄灭后,才使  $KM_2$  得电吸合,可以在  $KT$  线圈上并联适当的电容器  $C$ ,使  $KT$  延时释放,延时值以  $30ms$  为宜,最大不超过  $50ms$ ,否则电动机断电时间太长,转速下降太多,使转换电流剧增。

### 3. 可靠性高的 Y- $\Delta$ 降压启动控制电路

图 1.2.33 所示为 Y- $\Delta$  降压启动控制电路。在电路中的各个接触器和继电器发生断线或主触点熔焊时,都不会使电动机产生异常的启动和运行,并可通过信号灯来检测运行状态和电路的故障。

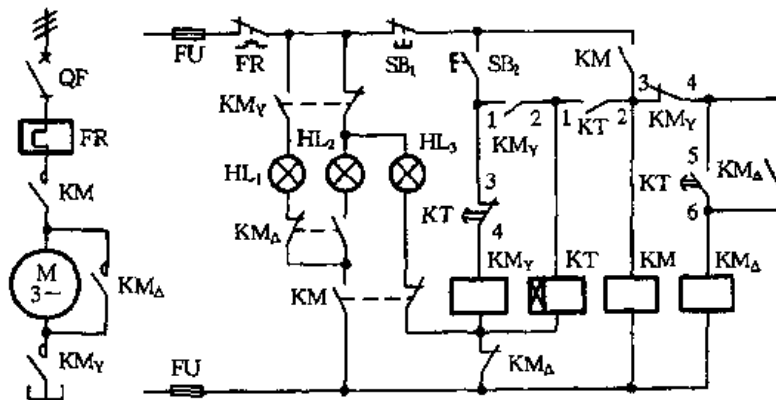


图 1.2.33 可靠性高的 Y- $\Delta$  降压启动控制电路

#### (1) 电路工作过程

合上开关  $QF$ ,按下启动按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM_Y$  得电吸合,其主触点闭合,电动机  $M$  定子绕组连接成 Y 形;其辅助触点  $KM_Y(1-2)$  闭合,使通电延时时间继电器  $KT$  得电吸合,其瞬动常开触点  $KT(1-2)$  闭合,使  $KM$  得电吸合并自锁,电动机  $M$  接通电源,开始减压启动; $KM_Y$  常闭辅助触点  $KM_Y(3-4)$  断开,使  $KM_\Delta$  不能得电,实现互锁。

当  $KT$  延时时间到,其延时断开的常闭触点  $KT(3-4)$  断开,使  $KM_Y$  失电释放,其常闭触点  $KM_Y(3-4)$  恢复闭合; $KT$  的延时闭合的常开触点  $KT(5-6)$  闭合,使  $KM_\Delta$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,使定于绕组连接成  $\Delta$  形,电动机  $M$  加以额定电压运行; $KM_\Delta$  的常闭辅助触点断开,使  $KT$  失电释放,并确保  $KM_Y$  不能得电。

按下  $SB_1$ , $KM_Y$ 、 $KT$ 、 $KM$ 、 $KM_\Delta$  均失电释放,电动机  $M$  停止运转。

#### (2) 电路断线分析

$KM_Y$  线圈断线,其他接触器、继电器的线圈不能得电,防止了电动机直接启动。

$KT$  线圈断线,其瞬动触点不能闭合,电动机也不可能得电。 $KM$  线圈断线,其主触点不能闭合,电动机就不能启动。 $KM_\Delta$  线圈断线,按启动按钮  $SB_2$ ,电动机启动,当时间继电器延时动作后, $KM_Y$  线圈失电,电动机停止转动,但是  $KT$  和  $KM$  的线圈、电动机都带电,不易引起人们的注意。这可由信号灯来反映这一情况。

### (3) 接触器卡住或主触点熔焊时的分析

$KM_Y$  的主触点只是在启动时短间接通,一般不容易熔焊,但  $KM_Y$  有可能被机械部分卡住,出现类似  $KM_\Delta$  线圈断线的情况。这也可以由信号灯来反映出来。

$KM$  卡住或主触点熔焊,控制电路仍能正常启动和停止,但按下停止按钮后电动机虽停止,但电动机和  $KM$  线圈仍带电不易被发现。这可由信号灯的显示来判断。 $KM_\Delta$  卡住或主触点熔焊,其常闭触点断开,电动机将不能启动。

时间继电器一般不会熔焊或卡住,万一延时触点卡住,电路也不能启动。瞬时触点卡住对控制电路无影响。只有在瞬动触点卡住,  $KT$  线圈又断线的情况下才会造成电动机  $Y$  接法长期运行,这种情况是很少碰到的,并且也可由信号灯的显示判断出来。如需反映瞬动常开触点  $KT$  卡住时,可在信号灯  $HL_3$  下面串接  $KT$  的瞬动常开触点。

### (4) 监视信号灯的使用

信号灯  $HL_1$ 、 $HL_2$  和  $HL_3$  用于监视反映控制电路的工作状态。在控制电路工作正常的情况下,  $HL_1$  表示“启动”,  $HL_2$  表示“运行”,  $HL_3$  表示“停止”。 $HL_3$  还能反映断路器  $QF$ 、熔断器  $FU$  和热继电器  $FR$  的工作状态。当控制电路发生断线、熔焊等故障时,信号灯将会不亮或与工作状态不对应。可见信号灯具有一定的故障显示作用。例如在停止时,信号灯  $HL_3$  亮。当控制电路发生在触点熔焊或卡住时,  $HL_3$  就熄灭。当  $KM$  或  $KM_Y$  断线后,启动时  $HL_1$  不亮等。

### 4. 利用时间继电器多余触点的 $Y-\Delta$ 降压启动控制电路

电路如图 1.2.34 所示,  $KM_1$ 、 $KM_2$  和  $KT$  由  $KM_1$  的触点(13-14)、 $KM_2$  的触点(13-14)、 $KT$  的触点(3-4)相互联锁,启动时相互保证,从而可保证电路不因时间继电器失灵使电动机长期处于  $Y$  连接运行面过载烧坏。启动时,延时时间到,使  $KT$  触点  $KT(5-6)$  断开时,使  $KM_1$  失电释放,其触点  $KM_1(13-14)$  断开,使  $KM_2$  释放,  $KM_2$  需由  $\Delta$  形运转接触器  $KM_3$  常开触点  $KM_3(13-14)$  闭合,才能得电吸合。若  $KM_3$  不能得电吸合,则  $KM_2$  释放,启动失败。

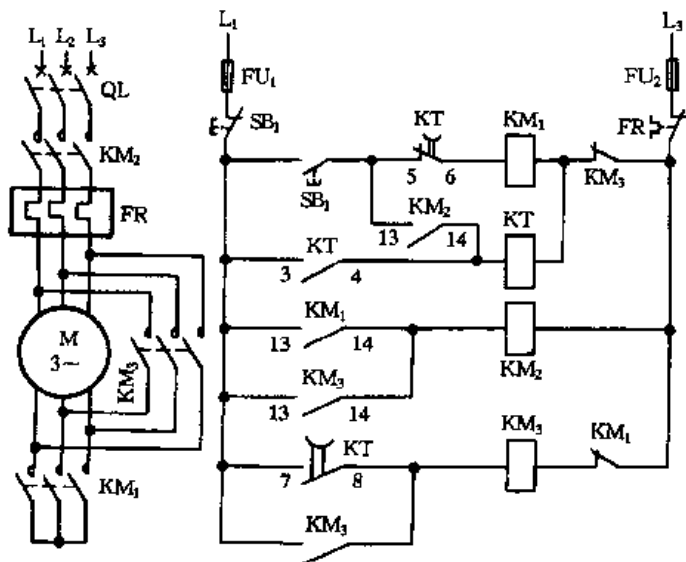


图 1.2.34 利用时间继电器多余触点的  $Y-\Delta$  降压启动控制电路

该启动电路使用时间继电器瞬动(不延时)触点  $KT(3-4)$  与启动接触器互锁,从而保证启动元件均在完好情况下投入运行。另一方面,使用时间继电器延时断开的常闭触点  $KT(5-6)$  的延时时间到时断开,使启动设备退出运行,保证启动设备不因过载而烧毁。

### 5. 自耦变压器降压启动电路

电路如图 1.2.35 所示。按下启动按钮  $SB_2$ ，降压启动接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$ 、通电延时时间继电器  $KT$  得电吸合并自锁。 $KM_1$ 、 $KM_2$  的主触点闭合，使电源加到自耦变压器  $TM$  上，而电动机定子绕组与变压器抽头连接，电动机进入降压启动阶段； $KM_2$  常开辅助触点闭合，指示灯  $HL_1$  亮； $KM_1$  的常闭辅助触点断开，使  $KM_3$  不能得电，实现互锁。

当电动机转速升高到一定值时，即  $KT$  延时时间到， $KT$  的延时断开的常闭触点断开， $KM_1$ 、 $KM_2$  失电释放，使自耦变压器  $TM$  退出运行， $KM_1$  的常闭辅助触点恢复闭合。与此同时， $KT$  的延时闭合的常开触点闭合， $KM_3$  得电吸合，使电动机  $M$  全压运行。

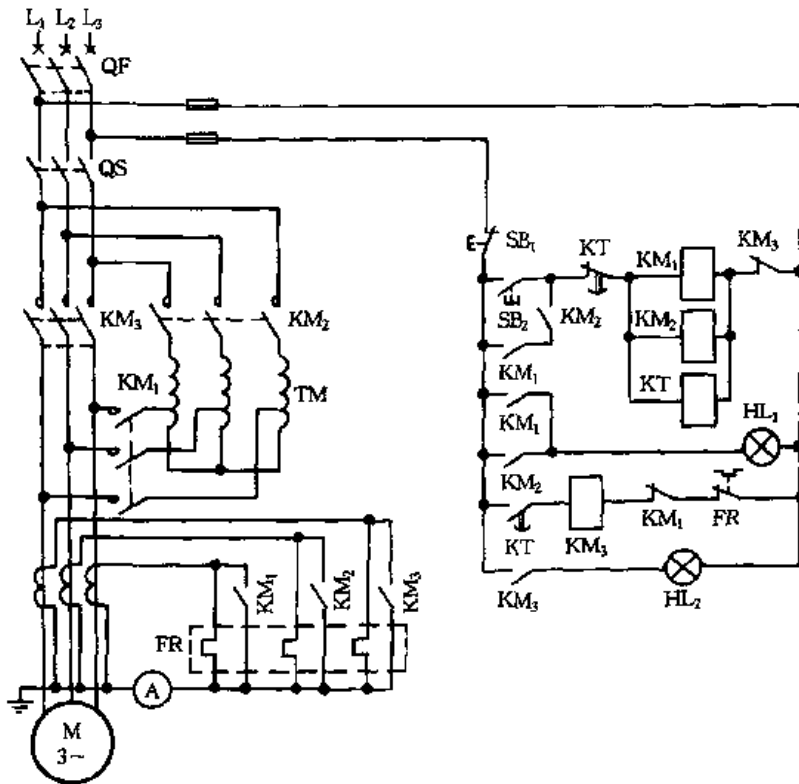


图 1.2.35 自耦变压器降压启动电路

该电路的主要特点：

在控制电路中， $KM_1$  和  $KM_2$  的辅助常开触点与  $KT$  的延时断开的常闭触点串联构成“与”逻辑电路。当整定的启动时间到时， $KT$  延时常闭触点断开，切断  $KM_1$  和  $KM_2$  线圈的电路。 $KM_1$  和  $KM_2$  辅助常开触点复位。此时，如  $KM_1$  或  $KM_2$  的主触点发生熔焊，都能切断通过自耦变压器线圈中的电流，从而避免因触点熔焊使自耦变压器严重发热或损坏的故障发生。

控制电源从主电路隔离开关进线端引出。断开隔离开关就可以不带负载通电调试控制电路，调整主触点压力、行程等，检修方便、安全。

### 6. 利用时间继电器多余触点的自耦变压器降压启动控制电路

电路如图 1.2.36 所示，时间继电器  $KT$ 、启动接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  通过  $KM_1$  的常开触点  $KM_1(13-14)$ 、 $KT$  的常开触点  $KT(3-4)$ 、 $KM_2$  的常开触点  $KM_2(13-14)$  相互联锁。不论  $KT$ 、 $KM_1$  或  $KM_2$  自身或回路故障，电动机均不能启动。串于  $KM_1$  控制回路的  $KT$  延时触点  $KT(5-6)$  经延时后断开，使  $KM_1$  失电释放， $KM_1$  常开触点  $KM_1(13-14)$  即断，使  $KM_2$  失电释放，自耦变压器  $TM$  退出运行。这样，即使  $KT$  的延时触点  $KT(7-8)$  接触不良或中间继电器  $K$  发生故障而不能

可靠切换 TM 时, TM 也不会因此而烧毁。串于接触器  $KM_3$  回路的  $KM_2$  常闭触点  $KM_2(11-12)$  可消除  $KM_3$  与  $KM_1$  之间的飞弧引起的短路。

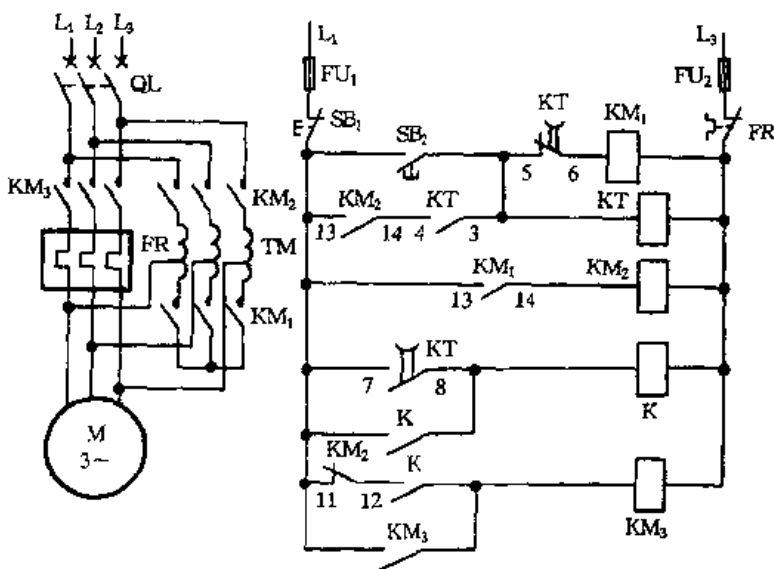


图 1.2.36 利用时间继电器多余触点的自耦变压器降压启动控制电路

该启动电路利用时间继电器瞬动(不延时)触点  $KT(3-4)$  与启动接触器互锁,从而保证启动元件均在完好情况下投入运行,另一方面,利用时间继电器延时断开触点  $KT(5-6)$  的延长时间到时,使启动设备退出运行,保证启动设备不因过载而烧毁。

#### 四、电动机制动电路

交流电动机的制动方法很多,常用的有电磁抱闸、反接制动、能耗制动等。随着半导体技术的发展,不少设备采用变压器降压、桥式整流进行能耗制动。

##### 1. 正反转的点动能耗(短接)制动电路

图 1.2.37 所示为点动正反转控制电路,其制动部分没有增加任何元件,制动时,也不会因  $KM$  主触点电弧短路而使熔断器熔断,是一种简便经济实用的能耗制动(短接制动)电路。

$SB_1$ 、 $SB_2$  为电动机正反转点动按钮,按下按钮电动机运行,松开按钮电动机就会制动停下。当松开正转按钮  $SB_1$  时,接触器  $KM_1$  失电释放,在电动机脱离电源的同时,其定子绕组 U 相由于  $KM_1$  常闭触点的闭合而自相短接,这时电动机转子在惯性作用下仍在旋转,由于转子剩磁的存在,形成了转子旋转磁场,此磁场切割定子绕组,在定子绕组中产生感应电动势,由于定子绕组 U 相已被短接,因此在定子绕组 U 相中有感应电流,该电流又与旋转磁场相互作用,产生制动转矩,使转子停止转动。松开反转按钮  $SB_2$ ,制动原理同上。

为防止相间短路,接触器  $KM_1$  和  $KM_2$  常闭触点短接的是相线和中线(电动机 3 个线圈末端的公共点)。即使接触器主触点电弧短路也不会造成相间短路,由于相与相之间的定子绕组的阻抗作用,限制了相与相之间的瞬间电流。

这种制动方法由于只能短接一相定于绕组,因而制动作用受到限制。这种制动方法一般适用于 Y 形连接,对制动要求不太严格、功率较小的电动机。

##### 2. 单向运转全波整流的点动能耗制动电路

电路如图 1.2.38 所示。

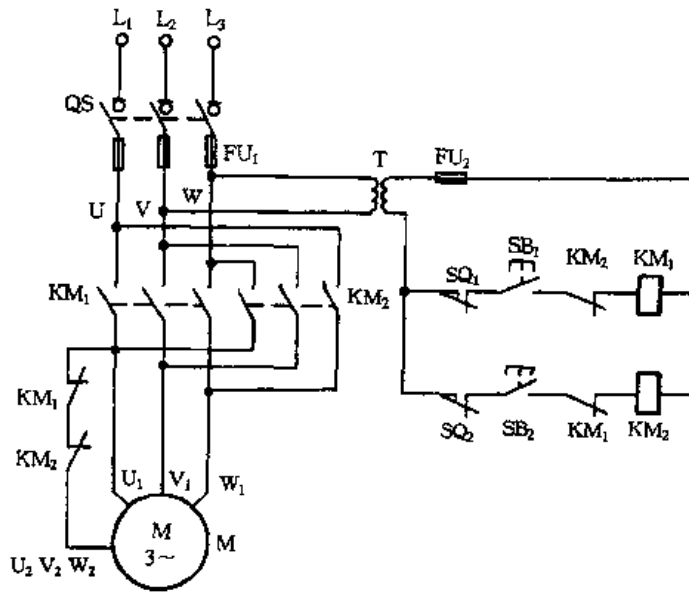


图 1.2.37 点动正反转控制电路

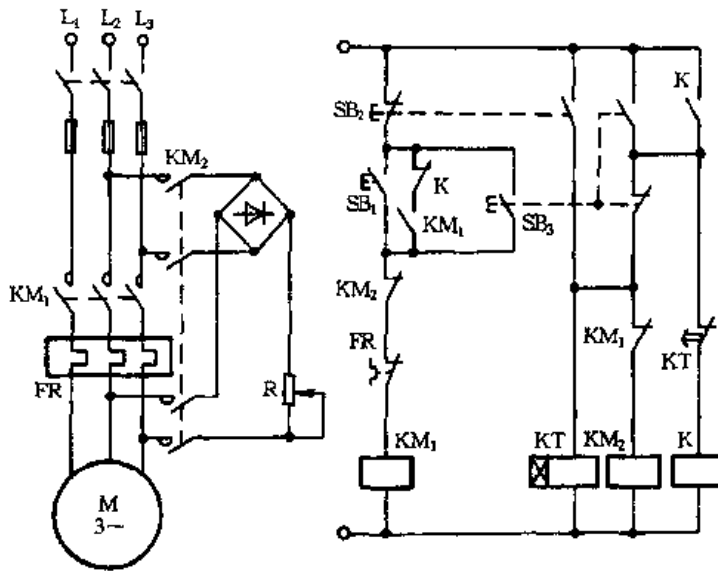


图 1.2.38 电动机点动能耗制动控制电路

### (1) 启动控制

按下启动按钮  $SB_1$ , 接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 电动机  $M$  得电启动。

### (2) 停止控制

按下停止按钮  $SB_2$ , 其常闭触点断开, 使  $KM_1$  失电释放,  $M$  与电源脱离;  $SB_2$  的常开触点闭合, 使通电延时时间继电器  $KT$ 、接触器  $KM_2$  和中间继电器  $K$  同时得电吸合, 并通过  $K$  的常开触点(已闭合)自锁。主电路中  $KM_2$  的主触点闭合, 直流电流流入电动机定子绕组中, 使电动机受到制动。松开  $SB_2$ ,  $KT$  经延时后, 其延时断开的常闭触点断开, 使  $K$  失电释放,  $K$  的常开触点断开解除自锁, 使  $KT$ 、 $KM_2$  和  $K$  失电释放,  $KM_2$  的主触点断开, 切断直流电源, 完成制动过程。

### (3) 点动控制

按下点动按钮  $SB_3$ , 其常开触点闭合, 使  $KM_1$  得电吸合,  $M$  得电启动;  $SB_2$  的常闭触点断开,

使  $KT$  和  $KM_2$  线圈不能得电； $SB_3$  的另一常开触点闭合使  $K$  得电吸合并自锁， $K$  的常闭触点断开，使  $KM_1$  不能自锁。松开  $SB_3$  后，其常开触点断开，使  $KM_1$  失电释放，电动机脱离三相电源；其常闭触点闭合，使  $KT$  和  $KM_2$  得电吸合， $M$  的定子绕组内通入直流电，能耗制动开始。当  $KT$  延时一定时间后， $KT$  延时断开的常闭触点断开，使  $K$  失电释放， $K$  的常开触点又断开，使  $KT$  和  $KM_2$  失电释放， $KM_2$  主触点断开，切断直流制动电源，制动结束。

上述电路采用时间控制原则，用时间继电器控制电动机的制动时间。该电路也可改为速度控制原则，只需将时间继电器改用速度继电器，并将电路中时间继电器的常闭触点改为速度继电器的常开触点即可。相比之下，采用速度继电器比用时间继电器的效采要好。

### 3. 单向运转半波整流能耗制动控制电路

电路如图 1.2.39 所示。合上总开关  $QS$ ，按下启动按钮  $SB_2$ ，接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机  $M$  启动运转；其常闭触点  $KM_1(8-9)$  断开，使  $KM_2$  不能得电，实现互锁。按下复合停止按钮  $SB_1$ ，其常闭触点断开，使接触器  $KM_1$  失电释放；其常开触点闭合，使接触器  $KM_2$  和时间继电器  $KT$  得电吸合并自锁，于是  $KM_2$  的触点  $(5-6)$  断开，确保  $KM_1$  不能得电，实现互锁， $KM_2$  主触点闭合，电动机定子绕组内通入直流电，能耗制动开始。几秒钟后，时间继电器  $KT$  的延时断开的常闭触点  $(7-8)$  断开，使  $KM_2$  失电释放，其触点  $KM_2(3-7)$  断开，使时间继电器  $KT$  失电释放，其触点复位；触点  $KM_2(5-6)$  恢复闭合； $KM_2$  的主触点断开，切断直流制动电源，能耗制动结束。

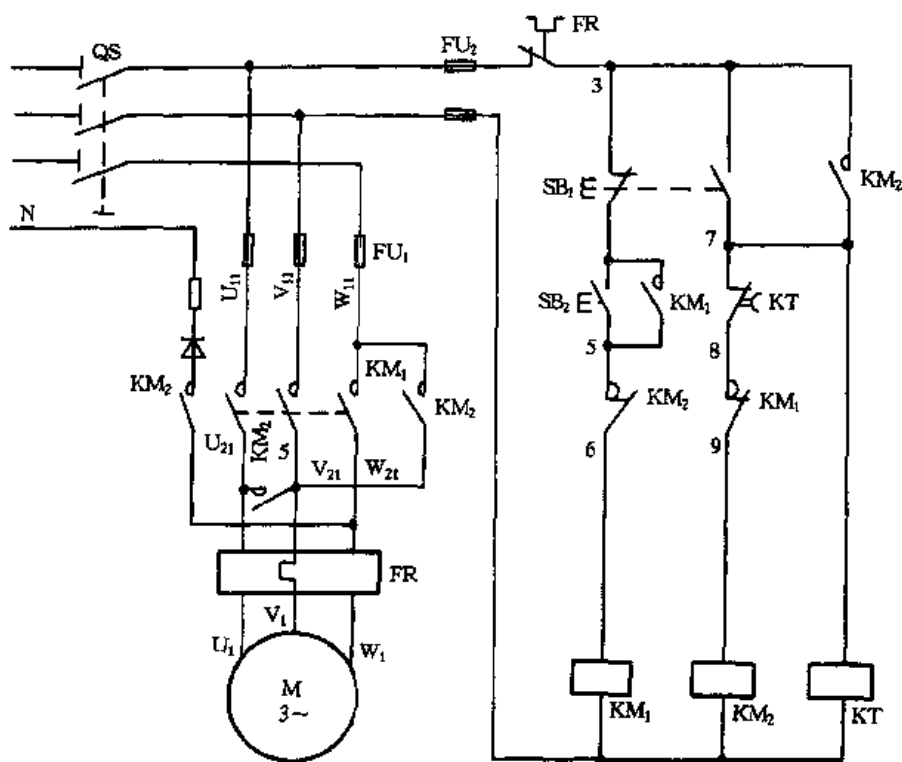


图 1.2.39 单向运转半波整流的能耗制动控制电路

### 4. 双向运转半波整流的能耗制动电路

电路如图 1.2.40 所示，合上电源开关  $QS$ ，按下按钮  $SB_3$ ，接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁，其主触点闭合，电动机正转。当电动机运行至正向设定位置时，正向限位开关  $SQ_1$  动作，其常闭触点断开、常开触点接通，使接触器  $KM_1$  失电释放，其主触点断开；同时  $KM_2$  得电吸合并自锁，

其主触点闭合,电动机反转。当电动机反转至反向设定位置时,反向限位开关  $SQ_2$  动作,其常闭点断开、常开点接通,使接触器  $KM_2$  失电释放,  $KM_1$  得电吸合,电动机又正转。如此反复运行。

停车时,按下复合按钮  $SB_1$ ,其常闭点断开、常开点接通,接触器  $KM_1$  (或  $KM_2$ ) 失电释放,  $KM_3$  得电吸合,其常开触点  $KM_3(1-2)$ 、 $KM_3(3-4)$  接通,制动电流由  $U_{11}$  经  $KM_3$  的触点  $KM_3(1-2)$  流入电动机绕组  $U_1$ ,再由  $W_1$  出来,经  $KM_3$  的触点  $KM_3(3-4)$ 、二极管  $VD$  进入电源的零线。这个单向电流通过电动机绕组形成方向不变的磁场,对旋转的转子产生吸力,从而产生制动作用(制动能量以转子电流转变为热能耗散出去)。

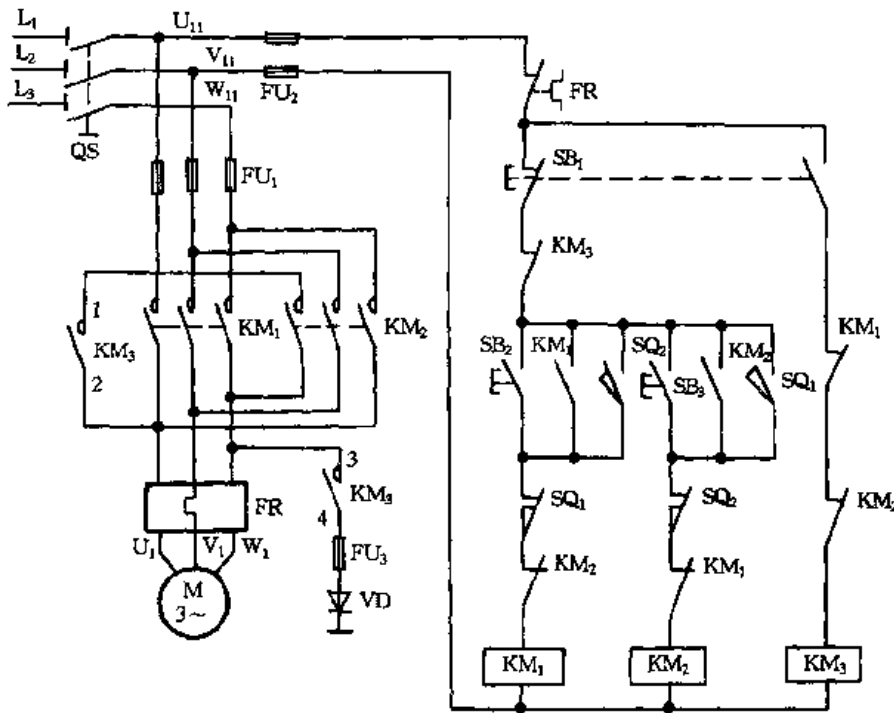


图 1.2.40 双向运转半波整流的能耗制动电路

### 5. 单向运转反接制动控制电路

反接制动是采用改变输入电动机定子绕组的电源相序,而使电动机迅速停止转动的一种制动方法,其控制电路如图 1.2.41 所示。反接制动时,旋转磁场和转子的相对速度很高,感生电动势很大,制动电流也很大。为了限制制动电流,防止对设备的冲击、对精度的破坏以及对机械零部件的损坏,在制动时应在主电路中串联电阻。

合上总电源开关  $QS$ ,按下启动按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,电动机  $M$  启动运转;同时其常闭触点  $KM_1(8-9)$  断开,使  $KM_2$  不能得电,实现互锁,。当  $M$  的转速上升到一定数值时,速度继电器的  $KV(7-8)$  闭合,为制动作好准备。按下复合停止按钮  $SB_1$ ,其常闭触点  $SB_1(3-4)$  断开,使  $KM_1$  失电释放,其主触点断开,电动机  $M$  失电而惯性运转;其触点  $KM_1(8-9)$  恢复闭合,而  $SB_1$  的常开触点  $SB_1(3-7)$  闭合,使接触器  $KM_2$  得电吸合并自锁。 $KM_2$  的触点  $(5-6)$  断开,确保  $KM_1$  不能得电,实现互锁; $KM_2$  的主触点闭合,使电动机定子绕组串联电阻  $R$  反接制动。当转子速度接近于零时,速度继电器的触点  $KV(7-8)$  断开,使接触器  $KM_2$  失电释放,其触点  $KM_2(3-7)$  断开、触点  $KM_2(5-6)$  恢复闭合;其主触点断开,电动机  $M$  制动过程结束。

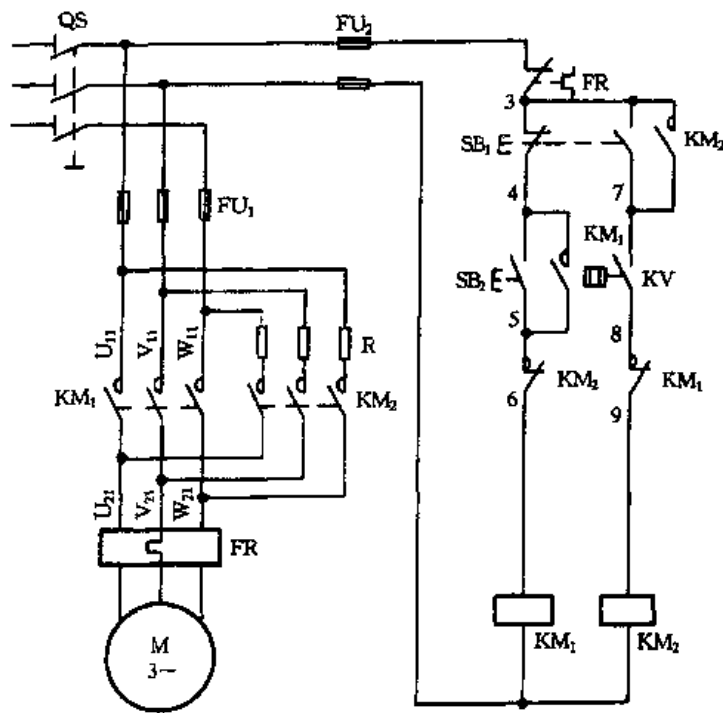


图 1.2.41 单向运转反接制动控制电路

### 6. 三相异步电动机电容制动控制电路

电容制动是在切断三相异步电动机的交流电源后,在定子绕组上接入电容器,转子内剩磁切割定子绕组产生感应电流,向电容器充电,充电电流在定子绕组中形成磁场,该磁场与转子感应电流相互作用,产生与转向相反的制动力矩,使电动机迅速停止运转。电容制动控制电路如图 1.2.42 所示。

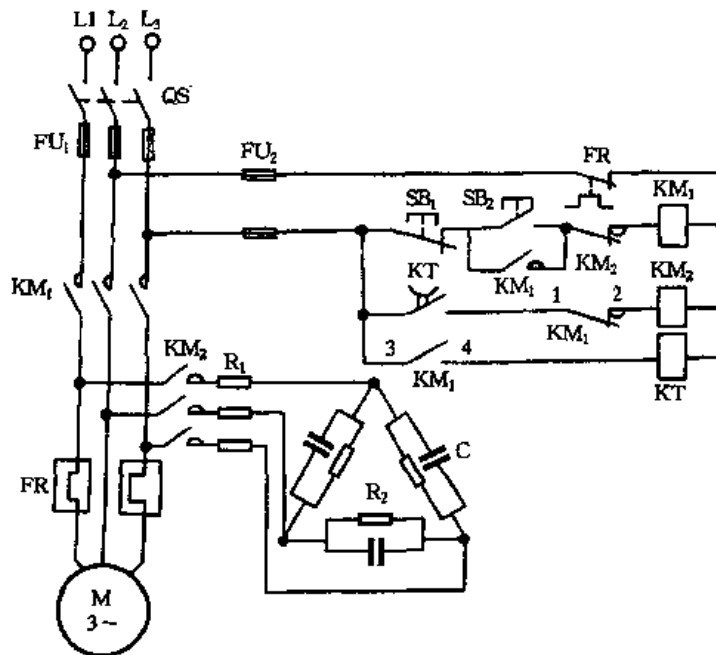


图 1.2.42 电容制动控制电路

合上开关 QS,按下启动按钮 SB<sub>2</sub>,接触器 KM<sub>1</sub> 得电吸合并自锁,其主触点闭合,使电动机 M



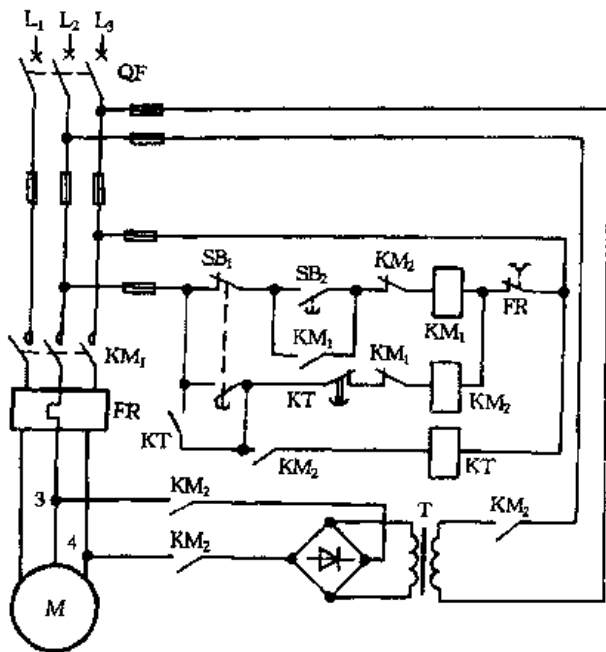


图 1.2.43 直流电动机能耗制动电路

触器  $KM_1$  得电吸合,而  $KM_2$  和  $KT$  是失电的。按下复合停止按钮  $SB_1$ ,其常闭触点断开,使  $KM_1$  失电释放,电动机脱离电源;同时  $SB_1$  的常开触点闭合,使  $KM_2$  得电吸合,将直流电源电压加到定子绕组开始进行能耗制动。与此同时, $KT$  得电吸合,并使  $KM_2$ 、 $KT$  自锁。 $KT$  经预先整定的延时时间后,其延时断开的常闭触点断开,使  $KM_2$  失电释放,结束能耗制动过程。在图 1.2.43 中, $KM_2$  的自锁电路中串接  $KT$  的常开瞬动触点,用以防止因  $KT$  故障在两相定子绕组中长期流过直流制动电流,且通过主控回路串接  $KM_2$  辅助常闭触点,预防电动机再次动作产生反向电压毁坏整流制动系统。

图 1.2.44 所示为直流能耗制动电路(主电路同图 1.2.43),输出直流脉动电压为 130V,晶闸管起宽范围调节制动电压的作用。尤为重要是原电动机的控制电路基本不需改动,新装置连接到原电路上的 7 根导线能完成所有制动功能。

中间继电器  $K$  主要用来隔离电路并参与制动,电容  $C_2$  为起延时制动效果的储能元件,晶闸管  $VS$  用来调节制动电流, $RP$  为调压电位器, $VD$  和  $R$  则负责给  $C_2$  充直流电。3# 和 4# 线接电动机出线, $KM$  为原电路接触器。按下启动按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM$  得电吸合并自锁,电动机启动运转。此时 1# 与 2# 线上对地带有 220V 交流电压。 $KM$  的常开触点(5-6)接通、常闭触点(6-7)断开,使中间继电器  $K$  处于断开状态,而  $C_2$  经 3# 线、 $VD$ 、 $R$ 、 $KM$  的触点(5-6)、 $N$  线进行充电,从而获得直流电能,并能不断补充其自然消耗的能量。按下停止按钮  $SB_1$ ,使  $KM$  失电释放,其触点  $KM(5-6)$ 、触点  $KM(6-7)$  恢复原状,由机械特性可知,触点  $KM(5-6)$  的分断总在  $KM(6-7)$  的接通之前发生,因此不可能出现瞬间同时得电的情况,一旦系统趋于稳定,电容  $C_2$  将通过触点  $KM(6-7)$  向  $K$  放电,使  $K$  得电吸合,且吸合时间由  $C_2$  的容量决定。 $K$  吸合后,使其所有常开触点均闭合,1#、2# 线间的 220V 交流电通过整流、调压加至电动机一组线圈的两端,起制动作用。在制动过程中由于原电动机控制回路串联了  $K$  的一副常闭触点,因此不可能出现  $KM$  再次吸合的情况。 $C_2$  放电完毕,所有电路恢复正常。该电路中的  $C_2$  击穿和失效时对电动机无影响;由于制动时间较短, $KM$  触点粘连的可能性极小,加上有熔断器  $FU$  的保护,电动机不会遭损坏。

启动运行;其常闭触点  $KM_1(1-2)$  断开,使  $KM_2$  不能得电;其常开触点  $KM_1(3-4)$  闭合,使断电延时时间继电器  $KT$  得电吸合, $KT$  的断电延时断开的常开触点闭合。

停止时,按下停止按钮  $SB_1$ ,使  $KM_1$  失电释放,其主触点断开,同时其常闭触点  $KM_1(1-2)$  恢复闭合,使接触器  $KM_2$  得电吸合,其主触点闭合,电容器接入,制动开始; $KM_1$  的常开触点  $KM_1(3-4)$  断开,使  $KT$  失电释放,当延时时间到, $KT$  延时打开的常开触点断开,使  $KM_2$  失电释放,电容器断开,制动结束。

### 7. 电动机能耗制动电路的改进电路

图 1.2.43 所示为典型直流能耗电路,制动所需的直流电压由单相桥式整流器通过接触器  $KM_2$  的常开触点供给,时间继电器  $KT$  用以控制制动时间。电动机在正常运行时,接

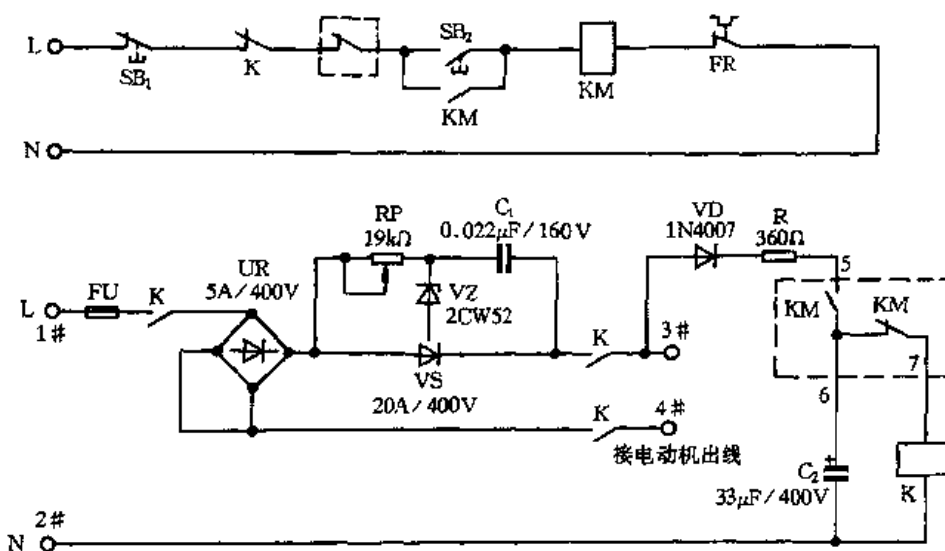


图 1.2.44 图 1.2.43 的改进电路

### 五、三相异步电动机 Y-Δ-Y 转换节能控制电路

电动机 Y-Δ-Y 接法转换,就是根据电动机负载变化的情况,用改变绕组接线的方式来调整绕组电压,当电动机重载(负载率  $\beta > 40\%$ )时采用 Δ 形接法,作全电压运行;轻载( $\beta < 40\%$ )时改为 Y 形接法,作低电压节电运行。这种方法适合于定子绕组 Δ 形连接,有 6 个接线柱,且适合于长期轻载运行或重载—轻载交替运行的电动机。它既可节约电能,又可改善电网的功率因数。用 Δ-Y 形接法对电动机进行节电改造,应注意以下两点:

① Δ-Y 形接法属于电动机调压节电方式,只能用改变绕组的接线方式来调整运行电压,即只能在 380V、220V 跳跃变化,不能随负载率变化任意调整电压与负载的最佳匹配,因此改造后,部分电动机还达不到最佳经济运行。

② 电动机 Δ 形接法改为 Y 形接法后,绕组电压降为原电压的  $1/\sqrt{3}$ ;启动转矩与电压平方成正比,降为原启动转矩的  $1/3$ 。因此,必须进行启动转矩校验。

#### 1. 电流型三相异步电动机 Y-Δ-Y 转换节能控制电路

电路如图 1.2.45 所示,在不改变原 Y-Δ 降压启动控制电路的基础上,增加 3 只电磁元件(电流互感器 TA、电流继电器 KA、时间继电器  $KT_2$ )即可实现 Y-Δ-Y 自动切换。为避免在负载瞬时波动时不必要的切换,延长设备的使用寿命,该电路用通电延时时间继电器  $KT_1$  作电动机由 Y 到 Δ 切换延时的过渡,其动作时间应比电动机启动时间长 5~10s;通电延时时间继电器  $KT_2$  用于电动机由 Δ 到 Y 延时的过渡,其动作时间可整定在 50s 左右。

合上总电源开关 QS,按下启动按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,将三相电源引入电动机,其常开辅助触点闭合,使时间继电器  $KT_2$  得电吸合,经延时, $KT_2$  的延时断开的常闭触点断开,进一步保证  $KM_3$  不能得电;同时接触器  $KM_2$  吸合,使电动机以 Y 形连接启动。 $KM_2$  的常闭辅助触点断开,确保  $KM_3$  不能得电,起到互锁作用。

如果在空载或轻载工作时,电流继电器 KA 不动作,使  $KT_1$  不能得电, $KT_2$  不能失电,也使  $KM_2$  不失电, $KM_3$  不能得电,确保电动机在 Y 形连接下运转。

如果在重载工作时,KA 吸合,其常开触点闭合,使时间继电器  $KT_1$  得电吸合;其常闭触点断开,使时间继电器  $KT_2$  失电释放, $KT_2$  延时断开的常闭触点恢复闭合,为  $KM_3$  通电作准备。

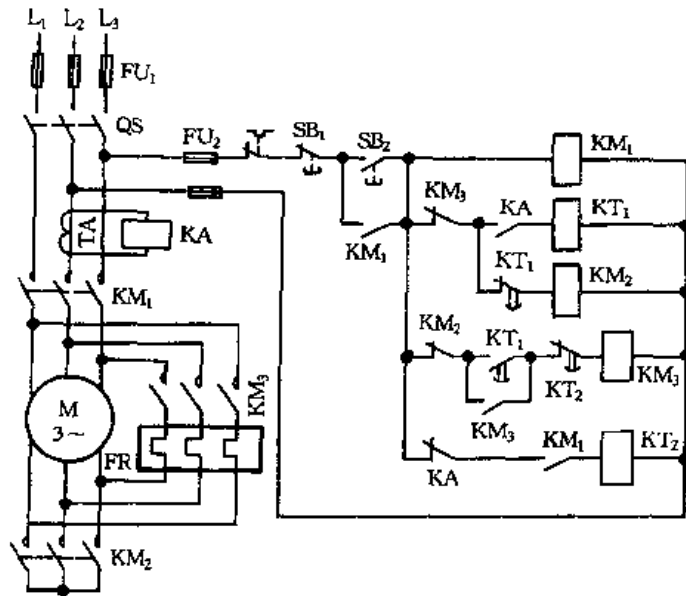


图 1.2.45 用电流继电器作电动机 Y—Δ—Y 转换节能控制电路

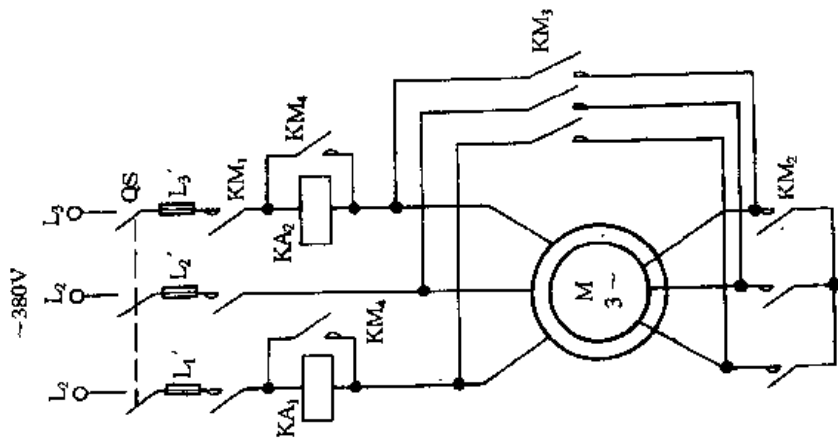
当  $KT_1$  延时时间到,其延时断开的常闭触点断开,使  $KM_2$  失电释放,延时闭合的常开触点闭合,也为  $KM_3$  得电作准备。由于  $KM_2$  失电释放,其主触点断开,打开电动机的 Y 形连接,其常闭辅助触点恢复闭合,使  $KM_3$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,使电动机在  $\Delta$  形连接下运行,同时其常闭辅助触点断开,使  $KT_1$  失电释放,也进一步保证  $KM_2$  失电,起到互锁作用。

当又在空载或轻载工作时,KA 失电释放,其常开触点恢复断开,使  $KT_1$  失电释放,其延时断开的常闭触点恢复闭合,为  $KM_2$  得电作准备。KA 的常闭触点恢复闭合,使  $KT_2$  得电。当  $KT_2$  的延时时间到,其延时断开的常闭触点断开,使  $KM_3$  失电释放,其主触点断开,使电动机失电,依靠惯性运行。 $KM_3$  的常闭辅助触点恢复闭合,使接触器  $KM_2$  得电,使电动机又在 Y 形连接下运行, $KM_2$  的常闭辅助触点断开,确保  $KM_3$  不能得电,实现互锁。

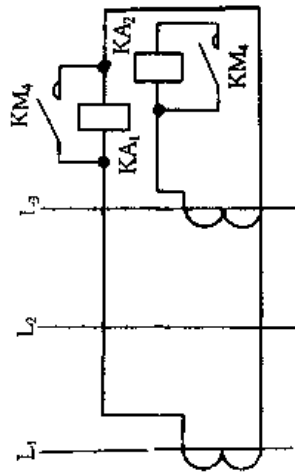
## 2. 大电流三相异步电动机 Y—Δ—Y 转换节能控制电路

电路如图 1.2.46 所示。合上主电路开关 QS,按下控制电路的启动按钮  $SB_{12}$ ,接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,同时接触器  $KM_2$  得电吸合, $KM_1$ 、 $KM_2$  的主触点闭合,使电动机 M 的定子绕组接成 Y 形而进行降压启动;同时  $KM_2$  的常闭触点断开,使接触器  $KM_3$  不能得电,实现互锁;此时由于时间继电器  $KT_1$  也得电吸合,待异步电动机启动一段时间(即时间继电器  $KT_1$  的延时时间到)后, $KT_1$  的延时断开的常闭触点  $KT_1(1-2)$  断开,使  $KM_2$  失电释放,而延时闭合的常开触点  $KT_1(3-4)$  闭合,使  $KM_3$  得电吸合并自锁,于是电动机定子绕组改为  $\Delta$  形连接并正常运行。由于  $KM_3$  得电吸合而使  $KT_1$  失电释放,Y— $\Delta$  启动即告结束。在 Y— $\Delta$  启动的自动控制电路基础上,将电路加以改进,以达到节能的目的。这就是在原主电路的两相电路上各串一个电流继电器 KA。该电流继电器不是过流保护装置(短路过流保护靠熔断器 FU),而是按负载大小将  $\Delta$  形连接改为 Y 形连接的切换反映元件。因为当电网电压一定(为额定电压)时,电动机的负载电流可以反映异步电动机的功率。

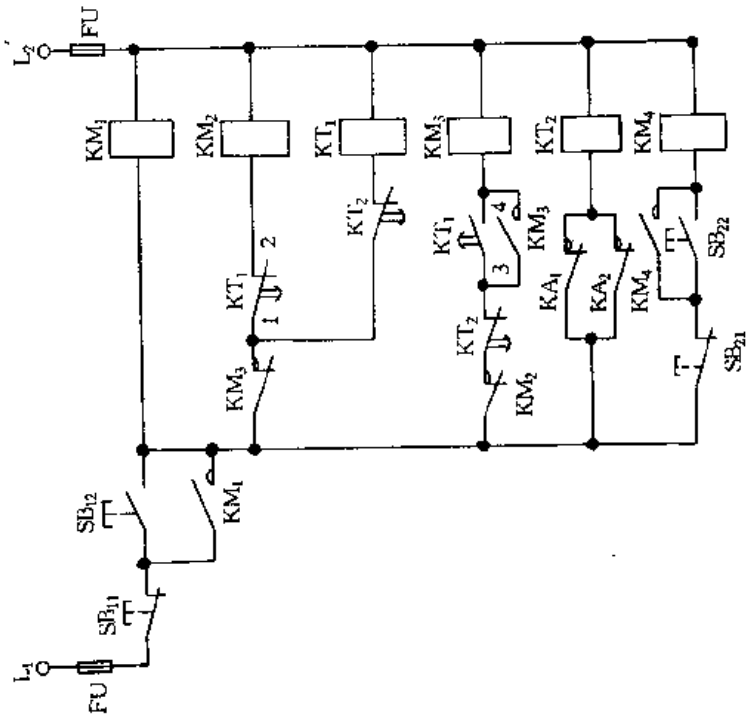
由于一般电流继电器线圈的电流容量较小,当电动机容量较大导致线电流较大时,改进电路应改作如图 1.2.46(b)所示的有电流互感器的结构。再看图 1.2.46(c),当电流小于预定值时,电流继电器 KA 释放,其常闭触点  $KA_1$ 、 $KA_2$  闭合,时间继电器  $KT_2$  得电吸合,待延时时间到, $KT_2$  延时断开的常闭触点断开,使  $KM_3$  失电释放, $KM_2$  自动接通( $KT_2$  的整定时间应较  $KT_1$



(a) 主电路(无电流互感器时)



(b) 部分主电路(有电流互感器时)



(c) 控制电路

图 1.2.46 大电流三相异步电动机 Y-Δ-Y 转换节能控制电路

短),异步电动机的定子绕组由 $\Delta$ 形连接改为Y形连接,达到节能运行的目的。加时间继电器 $KT_2$ 的目的,在于避免负载电流短时间减小到临界切换电流以下而又很快回升上去时,出现的相关继电器与接触器的乱抖动现象。当作为 $\Delta$ 形连接的异步电动机的负载电流大于临界切换电流时,电流继电器 $KA_1$ 、 $KA_2$ 得电吸合,其常闭触点断开, $KT_2$ 失电,异步电动机仍维持 $\Delta$ 形连接下运行。如果异步电动机带动的工作机械需要在较硬的机械特性下运行,于是异步电动机不管其负载电流多大,均应维持在 $\Delta$ 形连接下运行(因异步电动机改为Y形连接运行时,其相电压只为 $\Delta$ 形相电压的 $1/\sqrt{3}$ ,其机械特性变软),此时可按一下按钮 $SB_{22}$ ,使短路接触器 $KM_4$ 得电吸合并自锁,通过短路接触器 $KM_4$ 将电流继电器 $KA_1$ 、 $KA_2$ 短路,便可使异步电动机一直维持在 $\Delta$ 形连接下运行。如再需作 $\Delta$ -Y节电运行时,按一下按钮 $SB_{21}$ ,将电流继电器 $KA$ 解除短路即可。

## 六、三相异步电动机保护电路

异步电动机的故障一般有:过负荷、堵转、断相、轴承磨损、通风不良和绝缘老化等。异步电动机最易受到损坏的是定子绕组。在异步电动机各种故障中,尤以过负荷、堵转和断相为主。

### 1. 采用热继电器防止Y形连接电动机断相运行电路

电路如图1.2.47所示。电动机正常运行时,其Y形连接点与N线间无电流。当电动机因故断相运行时,热继电器 $FR_2$ 与N线间有未断两相的矢量和电流,使热继电器 $FR_2$ 的热元件受热弯曲,其常闭触点断开,使 $KM$ 失电释放,电动机停止运转。

该电路采用电流取样,不管何处断相均能动作;有较宽的电流适应范围,通用性强;不另外使用电源,不会因保护电路电源故障而拒动;利用 $FR_2$ 的常闭触点实现保护,即电动机不工作或正常工作时不动作,只在故障时动作。

热继电器选 $JR16B$ ,其整定值略大于Y形连接点与N线的不平衡电流。

### 2. 三相电动机相序及断相保护电路

图1.2.48所示的电动机保护电路,用来检测三相电源是否断相及相序是否正确,如断相能及时切断电源,保护电动机。

使用时,当 $L_1$ 相、 $L_2$ 相、 $L_3$ 相接到晶闸管 $VS$ 的A、G、K极时,其导通时间为半个单相周期,VL为普通亮度,中间继电器 $KA$ 得电吸合,使接触器 $KM$ 得电吸合,其主触点闭合,电动机正常运转;如接线有误,如相序为 $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 时,晶闸管 $VS$ 的导通时间变短,VL亮度减小,但 $KA$ 仍得电吸合,使接触器 $KM$ 仍得电吸合,其主触点仍闭合,电动机仍正常运转;如三相电源断相,晶闸管 $VS$ 截止,VL熄灭, $KA$ 失电释放,电动机即不能运转。

### 3. 两台互为备用电动机共用断相保护电路

两台互为备用电动机只加装一只中间继电器 $KA$ 进行断相保护,其电路如图1.2.49所示。按下启动按钮 $SB_1$ ,接触器 $KM_1$ 得电吸合,中间继电器 $KA$ 的线圈经 $KM_2$ 的常闭触点而得电吸合,并使 $KM_1$ 锁住,电动机 $M_1$ 正常运行;同时 $KM_1$ 的常闭辅助触点断开。若由于某种原因造

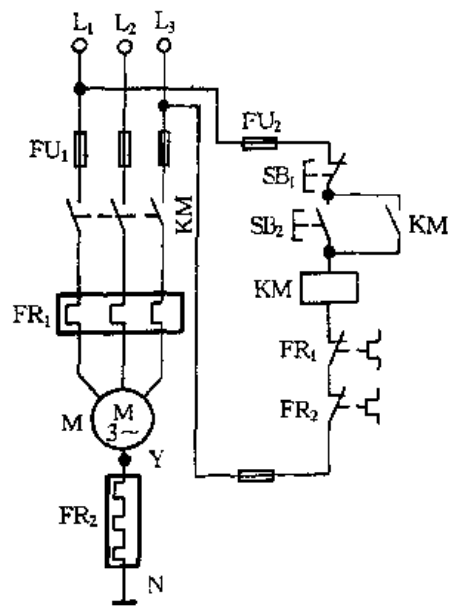


图1.2.47 采用热继电器防止Y形连接电动机断相运行电路

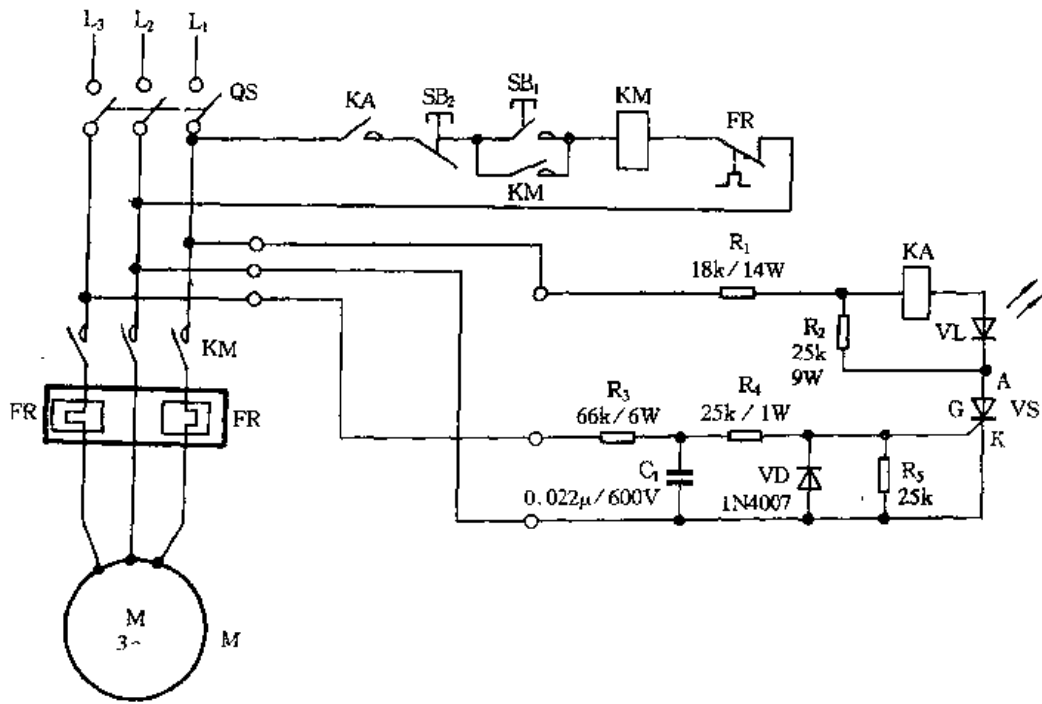


图 1.2.48 三相电动机相序及断相保护电路

成电动机断相运行,这时接触器  $KM_1$  或中间继电器  $KA$  中的任一个由于失电释放,都可使电动机停转,从而使电动机避免由于断相运行而烧毁。同理,  $KM_2$  的工作原理和  $KM_1$  一样。

当  $KM_1$  吸合、 $M_1$  运转时,也可以启动  $M_2$ ,此时  $KM_1$  立即断开,  $M_1$  停止运行,然后  $KM_2$  才能得电吸合,  $M_2$  才能启动运行,这样可保证始终有一台电动机运行。此种断相运行保护只要改变一下接线也可以给同时运行的两台电动机共用。

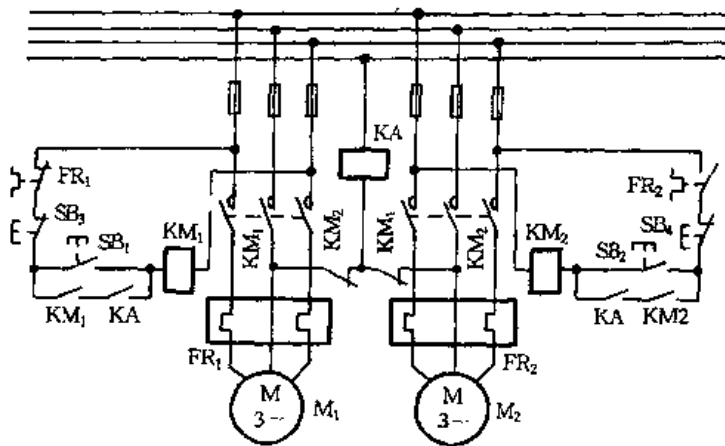


图 1.2.49 两台互为备用电动机共用断相保护电路

#### 4. 预埋式电动机超温保护电路

图 1.2.50 所示为在电动机绕组内预埋热敏电阻式的超温保护电路,能够对电动机运行超温进行有效保护,延长电动机的使用寿命。此种电路由温度传感器、温度继电器和报警器电路等组成。

温度传感器用 6~9 只具有正温度系数的 PTC 热敏电阻串联而成,并将其均匀地埋设在电动机绕组端部。热敏电阻的个数视其特性和电动机的大小而定,要求全部热敏电阻 PTC 串联

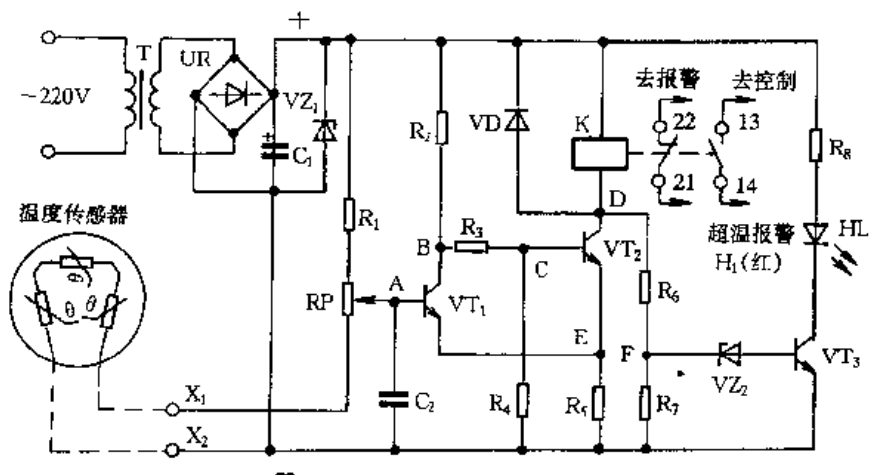


图 1.2.50 预埋式电动机超温保护电路

后,在常温下总电阻值不大于  $1500\Omega$ ;在温度达到或超过额定值  $T_N$  时,总电阻值不小于  $3000\Omega$ 。

温度继电器主要由晶体管  $VT_1 \sim VT_3$  组成。变压器 T、整流桥 UR、稳压管  $VZ_1$ 、电容  $C_1$  组成稳压电源。埋在电动机绕组内的 PTC 热敏电阻串联后(阻值用  $\Sigma R_T$  表示),接到  $X_1$ 、 $X_2$  端,与  $R_1$  和 RP 串联分压,供给  $VT_1$  偏流。 $R_2$ 、 $R_3$  和  $R_4$  串联分压,供给  $VT_2$  偏流。 $R_5$  起电流负反馈和稳定 E 点电位的作用。温度继电器的工作原理如下。

① 当电动机绕组温度低于整定值  $T_2$  时,热敏电阻值较小,即  $\Sigma R_T < 3k\Omega$ 。A 点电位较低,  $VT_1$  截止;B、C 点为高电位,  $VT_2$  饱和导通。继电器 K 得电吸合,其常开触点(13 - 14)闭合,接通电动机控制电路,电动机可以启动运转。此时, F 点为低电位,稳压二极管  $VZ_2$  截止,  $VT_3$  截止, HL 不发光。

② 当电动机绕组温度达到或超出整定值  $T_2$  时,即  $\Sigma R_T \geq 3k\Omega$ 。A 点电位升高,  $VT_1$  导通, B 点电位下降, C 点电位随之下降,  $VT_2$  截止。K 失电释放,其常开触点(13 - 14)断开,电动机停止运转;同时,其常闭触点(21 - 22)闭合,接报警电路,发出“超温”报警信号,提醒值班人员采取措施。此时, D 点电位很高, F 点电位较高,  $VZ_2$  导通,  $VT_3$  导通, HL 发出红光,表示电动机已超温。

调整 RP 可改变 A 点电位,从而改变继电器的动作值,即温度整定值  $T_2$ 。一般应使  $T_2$  等于  $T_N$ ,特殊场合也可以使  $T_2 < T_N$ 。

### 5. 可自动复位的预埋式电动机超温保护电路

图 1.2.51 所示电路其温度继电器主要由 1 只 NPN 型三极管和 2 只 PNP 型三极管组成。超温后,既可自动复位,也可手动复位,这取决于选择开关  $S_2$  的位置。

### 6. 过热、进水保护的电动机开关电路

图 1.2.52 的大点划线框内所示为具有过热、进水保护的开关电路,能使用于各种不同功率的电动机。

传感部分由开关型正温度系数热敏电阻 RT 和埋在电动机中的而根靠得很近且头部去掉绝缘的绝缘线 1、2 组成。前者是检测过热信号,后者是检测进水信号。

当电动机无故障时,按下启动按钮  $SB_2$ ,接触器 KM 得电吸合并自锁,其主触点闭合,主电路电源接通,电动机启动。同时变压器 T 输出电压经整流桥 UR 整流、C 滤波、7812 稳压后供保护电路使用。如果电动机温升正常且没有进水,热敏电阻 RT 阻值较小,传感部分中线头(1 - 2)不会

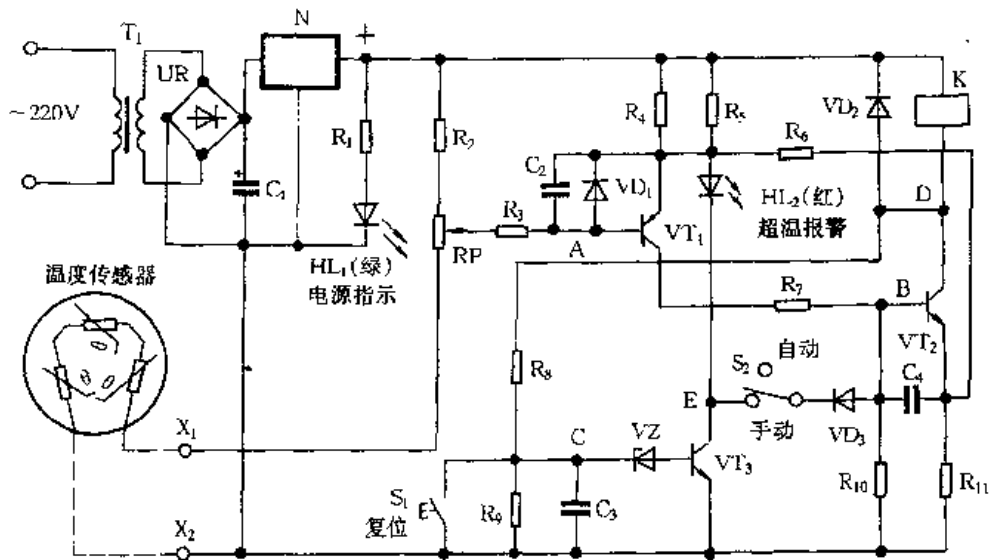


图 1.2.51 可自动复位的预埋式电机超温保护电路

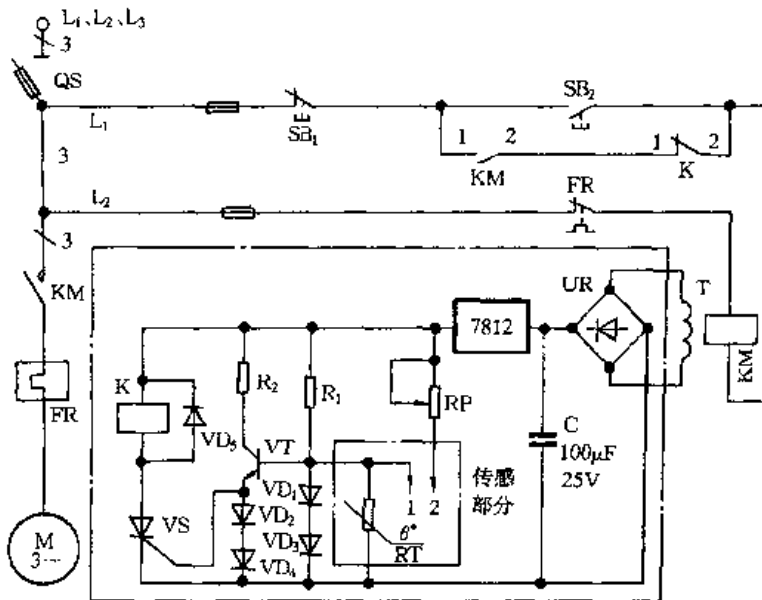


图 1.2.52 过热、进水保护的电动机开关电路

被短接,这时电路设置成使三极管 VT 截止,晶闸管 VS 也因为没触发信号而阻断,灵敏继电器 K 不吸合,其常闭触点 K(1-2)保持闭合。K 的常闭触点 K(1-2)与 KM 已闭合的常开辅助触点 KM(1-2)串联后并接在 SB<sub>2</sub> 上,对 KM 起到自锁作用。

如果电动机内进水,传感部分中 1、2 线头被水短接,直流电源经电位器 RP 给 VT 提供足够的基极电流,使 VT 饱和导通。VT 的发射极电流为晶闸管 VS 提供触发电流,使 VS 导通,K 得电吸合,其常闭触点 K(1-2)断开,KM 失电释放,其主触点断开,切断电动机电源,从而起到对电动机进水的保护作用。

如果断相、过载等原因引起电动机绕组温升超过允许值,则 RT 的阻值突增几百倍甚至几千倍,改变了 RT 和电阻 R<sub>1</sub> 的分压比,抬高 VT 的基极电压,使 VT 饱和导通,与上面的进水情况一样切断电动机电源,从而有效地防止电动机因过热而被烧。

电动机因进水或发热而停转后,由于 KM 失电释放,使整个保护电路也失电并恢复到起始



状态,必须等到故障排除后方可再次启动。

在 VT 的基极回路和 VS 的触发回路分别接有两只二极管( $VD_1 \sim VD_4$ ),这是利用二极管的正向压降防止在电动机发生所要保护的故障时,VT 的基极电压和 VS 的触发电压升得过高而损坏三极管和晶闸管。

### 7. 电动机断相保护电路

图 1.2.53 所示电路是利用电流互感器二次绕组中的三次谐波电流来反映电动机的运行状态而实现断相保护的。电流互感器采用速饱和电流互感器,其铁心使用铁淦氧磁环,电路中的三个饱和电流互感器首末端依次串联成开口三角形。由于电流互感器工作在饱和状态,铁心中磁通除基波外,还有高次谐波。高次谐波磁通以三次谐波为主,与磁通相对应,在二次绕组中感应出基波与三次谐波电动势。

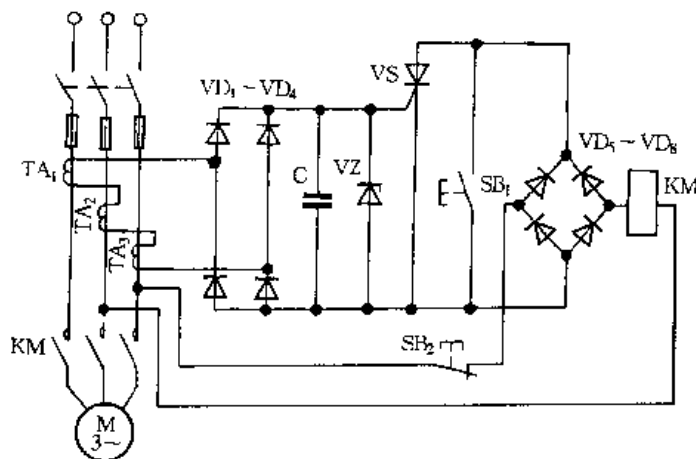


图 1.2.53 简单实用的电动机保护电路

电动机在正常运行状态下,磁环饱和,由磁化曲线的非线性特性可知, $TA_1$ 、 $TA_2$ 、 $TA_3$  的二次绕组除基波电动势外还有三次谐波电动势。3 个基波电动势因大小相等、相位差  $120^\circ$ ,串联后合成电动势为零。而 3 个三次谐波电动势串联后,总电动势是每个线圈中三次谐波电动势的 3 倍。三次谐波电动势经过桥式整流,其输出电压送到晶闸管的控制极,使晶闸管导通,于是,使接触器 KM 也得电吸合。这里晶闸管 VS 与常开按钮  $SB_1$  作为 KM 的并联自锁电路。

当任一相供电导线断开时,即断相运行时,由三相电流变成单相电流,其中一个磁环里的基波电动势和三次谐波电动势消失;另外两个未断线的磁环中流过大小相等、相位差为  $180^\circ$  的两个电流,这时在二次绕组中无论基波电动势或三次谐波电动势是否消失,桥式整流器均无输入。晶闸管控制极因没有触发电流而阻断,接触器线圈 KM 失电释放,其主触点断开,电动机脱离电源。

### 8. 用灵敏继电器保护小型异步电动机的控制电路

图 1.2.54 所示异步电动机的保护电路为用 24V 灵敏继电器 K 和自制探针组成的电动机保护电路,对 0.75 ~ 37kW 电动机浸水或定转子相擦时实现自动保护。

合上 QF,接通三相电源,按下按钮  $SB_2$ ,接触器 KM 得电吸合并自锁。如果安装在电动机定子底槽中的探针不接触定、转子铁心或在位于机壳中的进水水位以上,或没有进水,则变压器 T 的二次侧开路,继电器 K 不得电,其常闭触点保持闭合,电动机 M 正常运转。

当电动机壳体内浸水时,水位上升到探针头 G 点,探针接地,变压器二次侧形成闭合回路,灵敏继电器 K 得电吸合,其常闭触点断开,使 KM 失电释放,其主触点断开,M 停止运转。

当电动机定子相擦时,探针接触转子铁心,与电动机外壳形成接地,T的二次侧也构成闭合回路,使K得电吸合,保护回路动作,M停止运转。同理,电动机轴承由于严重磨损或轴承支架脱落时,造成定子相擦,保护回路动作,M也停止工作。

### 9. 由漏电继电器组成的多功能电动机保护电路

图 1.2.55 所示为由 JD6-E 型漏电继电器组成的多功能电动机保护电路,不仅适用于对既能点动又能长期工作的单台电动机进行保护,而且也适用于对多台电动机同时进行保护。主要保护功能有触电、漏电、断相、短路和过载。

控制回路的三相电源 U、V、W 均取自 FU<sub>1</sub> 的下端。其中 U 和 N 是漏电继电器的工作电源。SB<sub>2</sub> 为电动机长期工作的控制按钮。SB<sub>3</sub> 为点动工作的控制按钮。合上漏电继电器电源开关,受漏电继电器

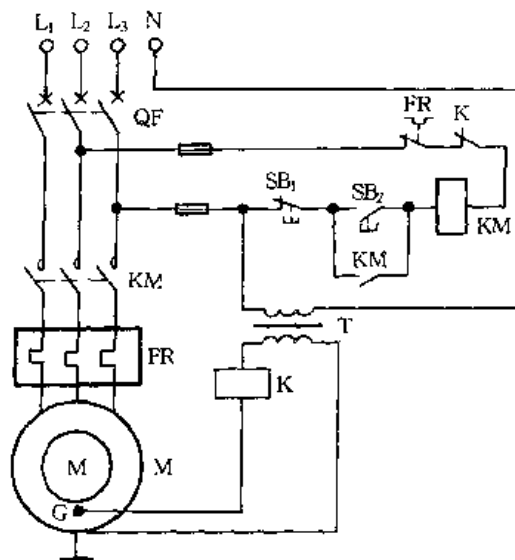


图 1.2.54 用灵敏继电器保护小型异步电动机的控制电路

控制的 V 相电源由其 3 端输入,经其内部的常闭触点(3-4),由其 4 端输出。按下控制按钮 SB<sub>2</sub>,则电路进入正常的工作状态。当电动机漏电或人身触及漏电设备时,漏电继电器的零序电流互感器 TA 检测到漏电、触电信号,且达到额定动作值时,漏电继电器即能迅速动作,切断电源并自锁。只有查明原因并修复后方能重新启动。保护人身安全,避免其它事故发生。

从图中可以看出 U 相是漏电继电器的工作电源,V 相由漏电继电器的 3 端输入,经其内部的常闭触点,由其 4 端输出,为 380V 接触器线圈控制电源的一端,W 相为 380V 接触器线圈控制电源的另一端。当三相电源任意一相断相时,该电路均停止工作,从而保护电动机不会因断相运行而烧毁。熔断器 FU<sub>1</sub> 和 FU<sub>2</sub> 用作电动机的短路保护。热继电器 FR 用作电动机的过载保护。按下控制按钮 SB<sub>3</sub>,电动机即能进入点动工作状态,解决了其它多功能电动机保护器不能适应点动工作的弊端。

采用 JD6-E 型漏电继电器与热继电器等电器的配合使用,组成可靠和理想的全方位保护模式,并且这种接法同样适用 Y- $\Delta$  降压启动及各种形式的降压启动电路。

JD6-E 型漏电继电器的技术参数:电源电压为  $220 \pm 20\%$ 、输出容量为 5A/380V、保护动作时间  $\leq 0.2s$ 、额定漏电动作值为 300mA、触电动作值为 50 mA、消耗功率为 5W。

## 七、三相绕线型异步电动机控制电路

### 1. 三相绕线型电动机转子绕组串电阻启动控制电路

电路如图 1.2.56 所示。KM<sub>1</sub> ~ KM<sub>3</sub> 为短接电阻接触器,R<sub>1</sub> ~ R<sub>3</sub> 为转子电阻,KA<sub>1</sub> ~ KA<sub>3</sub> 为电流继电器,KM<sub>4</sub> 为电源接触器,KA<sub>4</sub> 为中间继电器。

合上电源开关 QS,按下启动按钮 SB<sub>2</sub>,接触器 KM<sub>4</sub> 得电吸合并自锁,其主触点闭合,使电动机定子绕组接通三相电源,转子绕组串入全部电阻启动,同时 KM<sub>4</sub> 的常开辅助触点闭合,使 KA<sub>4</sub> 得电吸合,其常开触点闭合,为 KM<sub>1</sub> ~ KM<sub>3</sub> 得电作准备。由于刚启动时电流很大,KA<sub>1</sub> ~ KA<sub>3</sub> 吸合电流相同,因此同时得电吸合,其常闭触点都断开,使 KM<sub>1</sub> ~ KM<sub>3</sub> 处于失电状态,转子电阻全部串入,达到限流和提高转矩的目的。在启动过程中,随着电动机转速的升高,启动电流逐渐减小,而 KA<sub>1</sub> ~ KA<sub>3</sub> 释放电流调节得不同,其中 KA<sub>1</sub> 的释放电流最大,KA<sub>2</sub> 次之,KA<sub>3</sub> 为

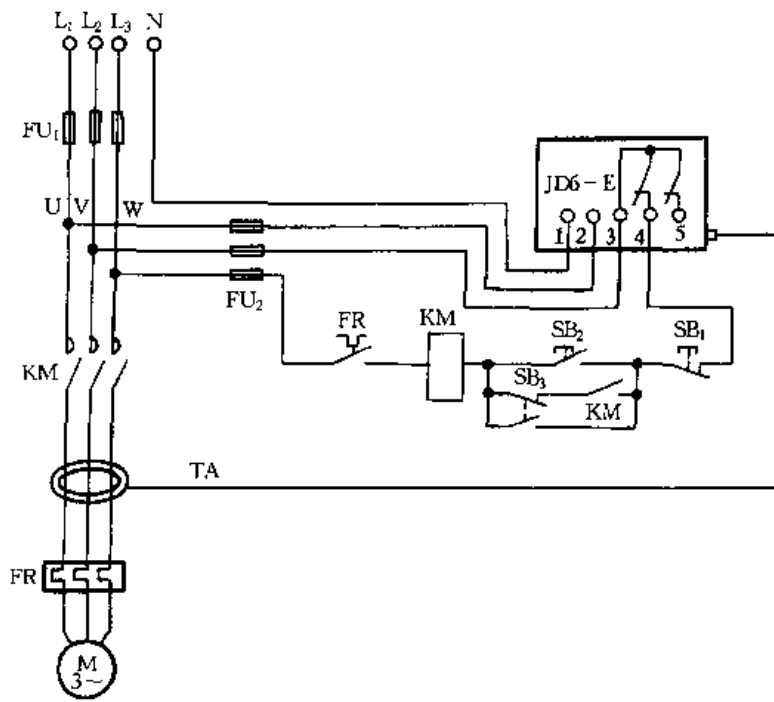


图 1.2.55 由漏电继电器组成的多功能电动机保护电路

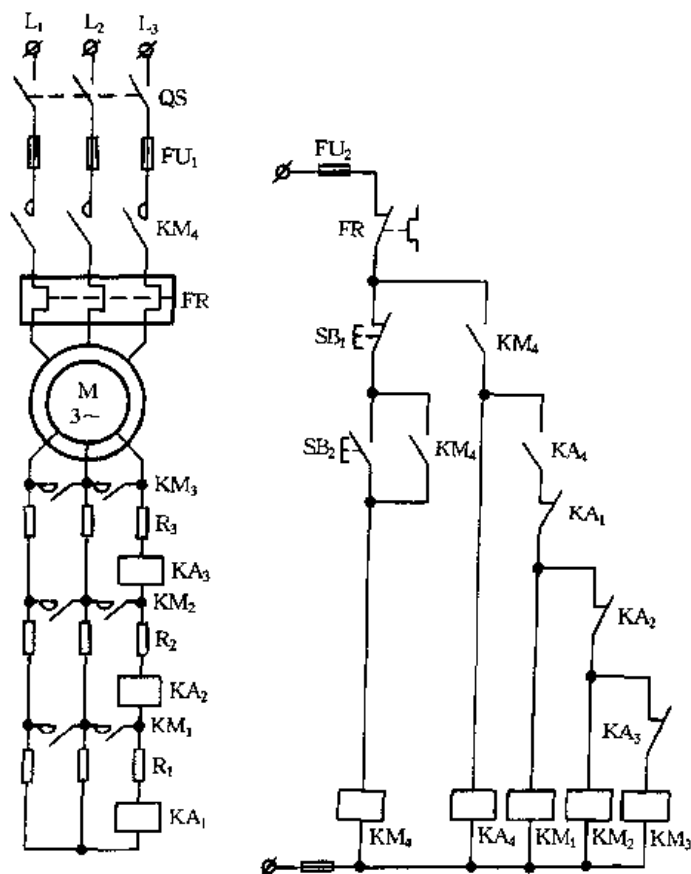


图 1.2.56 三相绕线型电动机转子绕组串电阻启动控制电路

最小,因此当启动电流减小到  $KA_1$  释放电流整定值时, $KA_1$  首先释放,其常闭触点恢复闭合, $KM_1$  得电吸合,短接一段转子电阻  $R_1$ ,由于电阻短接,转子绕组电流增加,启动转矩增大,使转

速又加快上升,这又使电流下降,当降低到  $KA_2$  释放电流时, $KA_2$  常闭触点恢复闭合,使  $KM_2$  得电吸合,切断第二段转子电阻  $R_2$ ,如此继续,直至转子电阻全部短接,电动机启动过程结束。

为保证电动机转子串入全部电阻启动,设置中间继电器  $KA_4$ 。若无  $KA_4$ ,当启动电流由零上升在尚未到达吸合值时, $KA_1 \sim KA_3$  未吸合,将使  $KM_1 \sim KM_3$  同时得电吸合,将转子电阻全部短接,电动机进行直接启动。而设置  $KA_4$  后,在  $KM_4$  得电吸合后才使  $KA_4$  得电吸合,再使  $KA_4$  常开触点闭合,在这之前启动电流已达到电流继电器吸合值并已动作,其常闭触点已将  $KM_1 \sim KM_3$  电路断开,确保转子电阻全部串入,避免了电动机的直接启动。

## 2. 三相绕线型异步电动机转子绕组串接频敏变阻器启动控制电路

### (1) 频敏变阻器简介

频敏变阻器是一种静止的、无触点的电磁元件,其电阻值随频率变化而改变。它是由几块  $30 \sim 50\text{mm}$  厚的铸铁板或钢板叠成的三柱式铁心,在铁心上分别装有线圈,三个线圈连接成 Y (星)形,并与电动机转子绕组相接。

电动机启动时,频敏电阻器通过转子电路获得交变电动势,绕组中的交变电流在铁心中产生交变磁通,呈现出电抗  $X$ 。由于变阻器铁心是用较厚钢板制成的,交变磁通在铁心中产生很大的涡流损耗和少量的磁滞损耗。涡流损耗在变阻器电路中相当于一个等值电阻  $R$ 。由于电抗  $X$  与电阻  $R$  都是由交变磁通产生的,其大小又都随转子电流频率的变化而变化。因此,在电动机启动过程中,随着转子频率的改变,涡流、集肤效应的强弱也在改变。转速低时频率高,涡流截面小,电阻就大。随着电动机转速升高频率降低,涡流截面自动增大,电阻减小。同时频率的变化又引起电抗的变化。理论分析与实践证明,频敏变阻器铁心等值电阻与电抗均近似与转差率的平方根成正比。因此,绕线型异步电动机转子串接频敏电阻器启动时,随着启动过程转于频率的降低,其阻抗值自动减小,实现了平滑无级的启动。图 1.2.57 为频敏变阻器等效电路及其与电动机的连接。

### (2) 转子串接频敏变阻器启动控制电路

电路如图 1.2.58 所示, $KM_1$  为电源接触器, $KM_2$  为短接频敏变阻器的接触器, $KT$  为启动时间继电器。合上电源开关  $QS$ ,按下启动按钮  $SB_2$ , $KT$ 、 $KM_1$  相继得电吸合并自锁,电动机定于绕组接通电源,转子接入频敏变阻器启动。随着电动机转速平稳上升,频敏变阻器阻抗逐渐自动下降,当转速上升到接近额定转速时,时间继电器  $KT$  延时整定时间到,其延时闭合的常开触点闭合,使  $KM_2$  得电吸合并自锁,将频敏变阻器短接,电动机进入正常运行; $KM_2$  的常闭触点断开,切断  $KT$  的自锁回路。同时  $KT$  的延时断开的常闭触点断开,使  $KT$  失电释放。

该电路操作时,按下  $SB_2$  时间稍长点,待  $KM_1$  常开辅助触点闭合后才可松开。 $KM_1$  为电源接通接触器, $KM_1$  线圈通电需在  $KT$ 、 $KM_2$  触点工作正常条件下进行,若发生  $KM_2$  触点粘连, $KT$  触点粘连, $KT$  线圈断线等故障时, $KM_1$  线圈都将无法得电,从而避免了电动机直接启动和转子长期串接频敏变阻器的不正常现象发生。

### (3) 频敏变阻器的调整

频敏变阻器每相绕组上备有 4 个接线端头,对应 100%、85%、71% 的匝数,且上下铁心间的气隙可调。在使用中如遇下列情况,可调整频敏变阻器的匝数和气隙。

① 启动电流过大,启动太快,应换接抽头,增加匝数。如改为 100% 匝数,使启动电流减少,启动力矩也减少。

② 启动时力矩过大,有机械冲击,但启动完毕后的稳定转速又过低,短接频敏变阻器时冲击电流又过大,这时可增加上下铁心间的气隙,使启动电流略有增加,而启动力矩略有减少,但

启动完毕后的力矩有所增加,于是稳定运行时的转速得以提高。

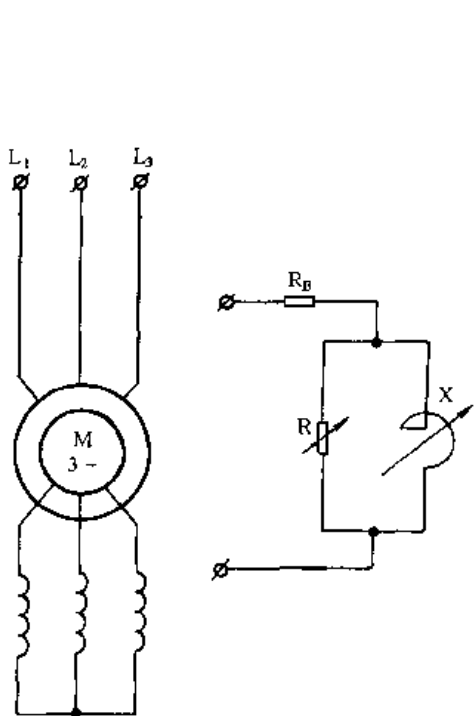


图 1.2.57 频敏变阻器等效电路及其与电动机的连接

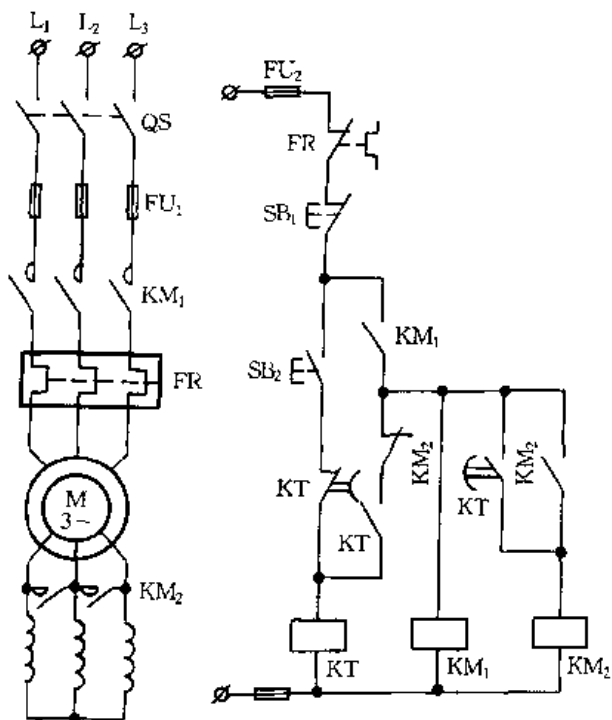


图 1.2.58 转子串接频敏变阻器启动控制电路

## 八、双电动机自动切换电路

### 1. 备用电动机自动投入控制电路

电路如图 1.2.59 所示,  $SA_1$ 、 $SA_2$  为 LW5-15E1131/4 型,  $SB_1 \sim SB_4$  为 LA18-22 型。假定选择电动机  $M_1$  工作, 电动机  $M_2$  备用, 将  $SA_1$  转到  $45^\circ$ 、 $SA_2$  转到  $90^\circ$ 。按下启动按钮  $SB_{20}$ ,  $KM_1$  得电吸合并自锁, 其主触点闭合,  $M_1$  启动, 指示灯  $HL_1$  亮。同时,  $KM_1$  的常开辅助触点闭合, 使  $K_1$  得电吸合并自锁,  $K_1$  的常开触点闭合为  $K_2$  投入监视作准备。当  $M_1$  因故障停车时,  $KM_1$  的常闭触点闭合, 使  $K_2$  得电吸合,  $K_2$  的常开触点闭合, 使  $KM_2$  得电吸合并自锁,  $M_2$  投入运行, 指示灯  $HL_2$  亮, 同时发出报警信号。

$M_2$  运行后, 可将  $SA_2$  从  $90^\circ$ “备用”位置转到  $45^\circ$ “集中操作”位置, 待  $M_1$  恢复正常后, 将  $SA_1$  转到  $90^\circ$ “备用”位置, 从而又形成了  $M_2$  工作、 $M_1$  备用的格局。

停车时, 按下停止按钮  $SB_1$ 、 $SB_2$  (或  $SB_3$ 、 $SB_4$ ), 其一组触点断开, 使接触器  $KM_1$  (或  $KM_2$ ) 失电释放; 同时其另一组触点断开, 使  $K_1$  (或  $K_3$ ) 失电释放, 致使故障检测环节退出运行。

该电路能够监视电动机过负荷、熔断器熔断、控制回路断线、接触器故障和电源断电等故障。

### 2. 简单可靠的双电动机自动切换电路

在炼油及化工生产中, 常有一些大机组的辅助油泵靠互为备用的两台电动机拖动, 以保证大机组润滑系统在一定的油压下正常运行, 从而保证大机组的平稳运行, 其控制电路如图 1.2.60 所示。

对 1# 电动机, 合上断路器  $QF_1$ , 按下启动按钮  $SB_1$ , 接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁, 电动机开始运转, 同时其辅助常开触点闭合, 使运行指示灯  $HL_1$  亮, 常闭触点断开, 使停止运行指示灯

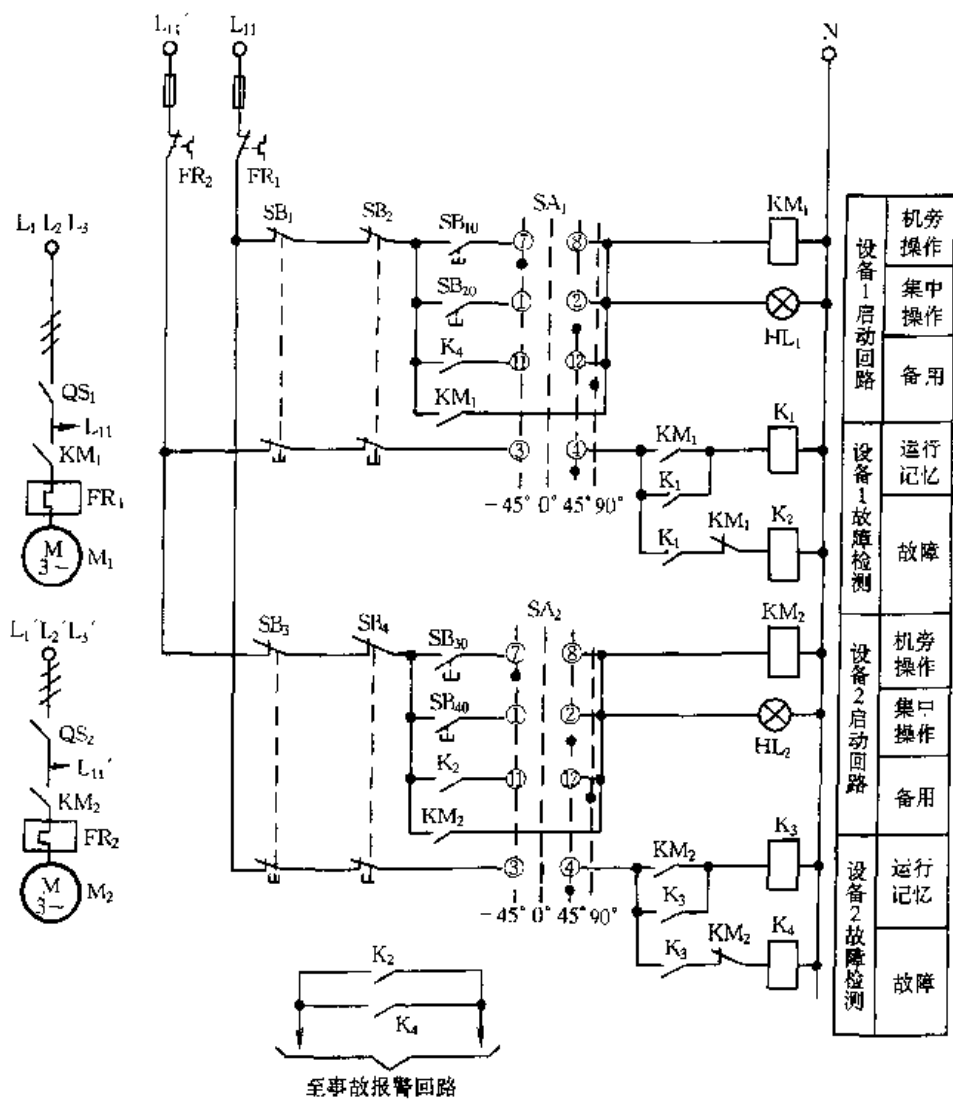


图 1.2.59 备用电动机自动投入控制电路

HL<sub>2</sub> 灭。同时 KM<sub>1</sub> 的辅助触点 KM<sub>1</sub>(1-2) 断开,使 KM<sub>2</sub> 不能得电,实现互锁,此时将转换开关 SA 由 0 位置于 1# 工作、2# 备用位置,见表 1.2.1,SA 的触点 SA(①-②) 断开,SA(③-④) 接通,为 2# 电动机自动启动做好准备。当 1# 电动机因故障停机(也可以是手动操作停机)时, KM<sub>1</sub> 的辅助触点断开运行指示灯,接通停止指示灯,同时 KM<sub>1</sub> 的另一对常闭辅助触点 KM<sub>1</sub>(1-2) 闭合,电流经 SA 的(③-④)(已闭合)→KM<sub>1</sub> 的常闭触点 KM<sub>1</sub>(1-2)→SB<sub>4</sub>→KM<sub>2</sub> 线圈→FR<sub>2</sub>→N 形成回路,使 KM<sub>2</sub> 得电吸合并自锁,2# 电动机得电自动启动,相应指示灯 HL<sub>4</sub> 熄灭、点亮 HL<sub>3</sub>。此时,应将转换开关 SA 置于 2# 工作、1# 备用位置,待查清 1# 电动机故障并将其排除后,SA 的(③-④)断开、(①-②)接通,为 1# 电动机自启动做好准备。

油压接点 P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> 的作用:(1)当运行的电动机因故障停机后,管路油压开始下降,若此时接触器 KM<sub>1</sub> 或 KM<sub>2</sub> 的常闭触点因接触不良等而不能使备用电动机自启动,则当油压下降到整定数值时,P<sub>1</sub> 或 P<sub>2</sub> 接通,使备用电动机自动启动,从而保证大机组润滑系统正常运行;(2)当一台电动机运行时,若由于某种原因管路油压降低到整定值时,P<sub>1</sub> 或 P<sub>2</sub> 闭合,使备用电动机自动启动,两台电动机同时运行,增加出力,待油压正常后,可手动停止其中一台电动机(但 SA 开关应置于 0 位),再将 SA 置于相应位置,以便投入备用电动机自启动联锁。

将接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  的常闭辅助触点分别串于  $KM_2$ 、 $KM_1$  启动回路,目的是当运行的电动机因故障停机后,备用电动机能快速启动,从而减少管路油压波动,提高自启动的可靠性,保证大机组运行不受影响。

表 1.2.1 转换控制开关 SA 节点表

开关位置 / 开关接点	1# 工作 2# 备用	解除 联锁	2# 工作 1# 备用
LW5-15DD0081/1	45°	0°	45°
①-②	断开		接通
③-④	接通		断开

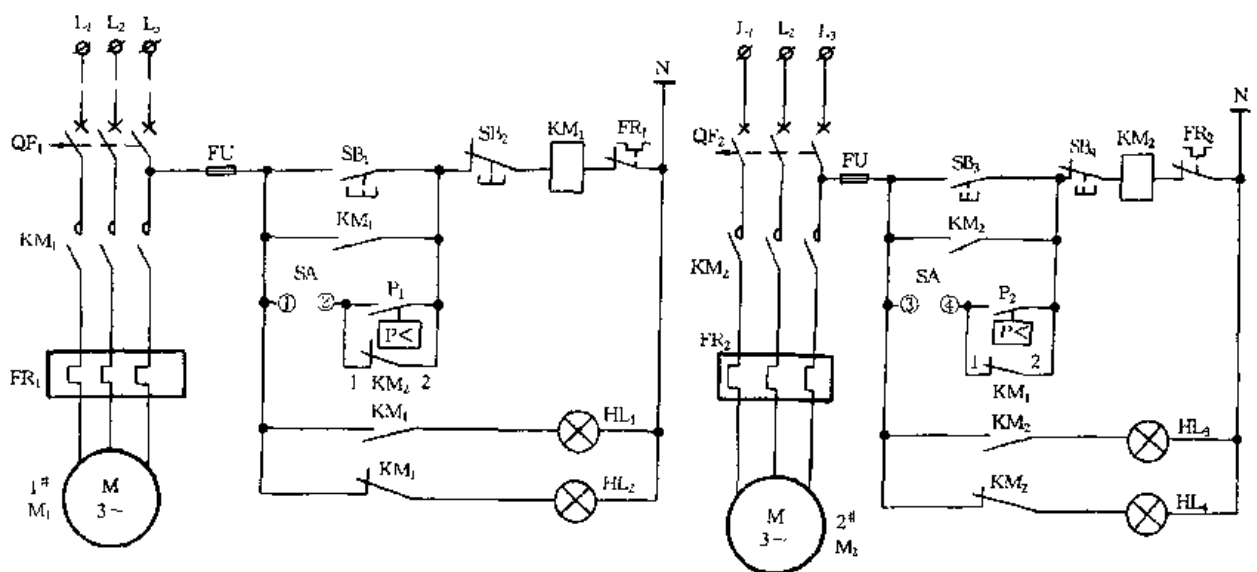


图 1.2.60 简单可靠的双电动机自动切换电路

## 九、单相交流电动机控制电路

### 1. 利用固态继电器(SSR)的单相交流电动机的正反转控制电路

单向交流电动机的正反转控制电路如图 1.2.61 所示。开关 S(可采用电子开关)分别置于“Ⅰ”、“Ⅱ”位置时,电动机分别为正转和反转。M 为单向交流电动机,R、C 串联组成外加吸收电路,RV 为氧化锌压敏电阻,起过电压保护作用。

### 2. 三相电动机的单相运行电路

在缺乏三相电源的地方,三相电动机使用受到限制,而较大功率的单相电动机在市场上又较难买到,因此把三相异步电动机改为单相运行是非常实用而必要的。

将三相异步电动机改为单相运行的接线方法较简单,主要是增加一组移相电容器并将原接线稍加改变。三相电动机的接法常用的有 Y 形接法和  $\Delta$  形接法。原为 Y 形接法的可按图 1.2.62 (a) 改接;原为  $\Delta$  形接法的可按图 1.2.62 (b) 改接。图中  $C_C$  为工作电容, $C_Q$  为启动电容。

移相电容(包括工作电容和启动电容)的耐压应大于或等于 400V,电容量根据接法不同应

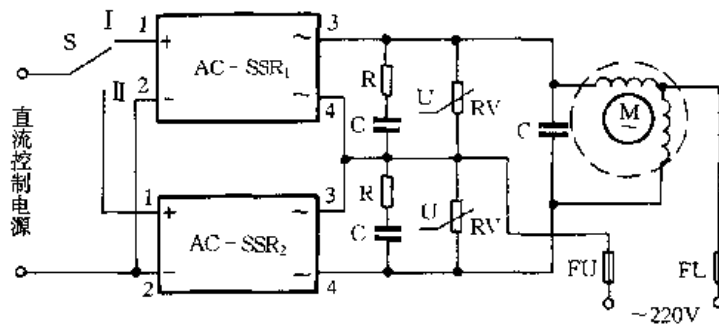


图 1.2.61 单相交流电动机正反转控制电路

分别计算。下面以原接线是 220V/380V、 $\Delta$ /Y 接法的三相异步电动机为例加以介绍。

### (1) Y 形接法

根据经验,工作电容  $C_C$  的电容量按每 100W(指原电动机功率,下同)选  $3.55\mu\text{F}$ ,电动机便能顺利启动并投入正常运行,转速能达到原转速,但此时输出功率要减小,约为原功率的 50%~58%。启动电容  $C_Q$  的电容量,可根据三相电动机启动负载大小而定,通常为工作电容  $C_C$  的 1~4 倍,即  $C_Q = (1 \sim 4) C_C$ 。

工作电容  $C_C$ 、启动电容  $C_Q$  的耐压选取,若无特殊要求,只要耐压大于单相电源电压的峰值即可,通常取单相电源电压(220V)的 1.5 倍。

例如一台 400W 三相异步电动机改为单相运行,原电动机为 380V 的 Y 形接法,现不改变接线,仍采用 Y 形接法,其电容量为  $C_C = 3.55\mu\text{F}/100\text{W} \times 400\text{W} = 14.2\mu\text{F}$ ,按此容量照图 1.2.62(a) 电路改接后能正常启动及运行,只是输出功率大大降低。

### (2) $\Delta$ 形接法

根据功率大小又分为两种情况。

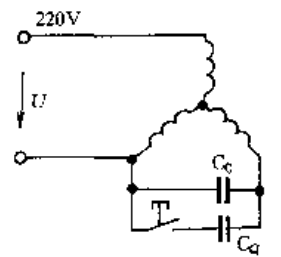
① 如果电动机功率小于 400W,为节约改制费用,可采用图 1.2.62(b) 的接法,但可不接启动电容  $C_Q$ 。根据经验,电容量按每 100W 选  $5 \sim 7\mu\text{F}$ ,电动机便能顺利启动并投入正常运行,达到额定转速。输出功率较大,约为原功率的 90% 以上。

例如有一台 250W 的三相电动机改接成单相运转,选用  $\Delta$ 形接法,所需移相电容量为  $C_C = (5 \sim 7)\mu\text{F}/100\text{W} \times 250\text{W} = 12.5 \sim 17.5\mu\text{F}$ 。

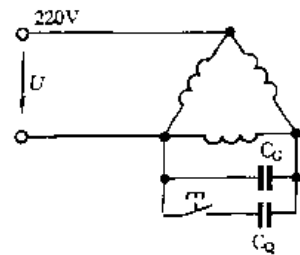
根据以上数据,将这台 250W 电动机装入洗衣机中,只需并入  $14.25\mu\text{F}$  的电容器(3 只  $4.75\mu\text{F}$  的日光灯电容器并联),洗衣机便能正常运行。

电容量的选择还应考虑是否带负载启动。如果空载启动,系数选小些,反之系数选大些。改接后,如果电动机启动很快而且有“嗡嗡”声,可适当减小电容量;如果启动很慢而且运转无力,可适当增加电容量。特别指出,这种改接法的移相电压高于 220V,流过绕组的电流也较大,电动机容易发热,因此只要电动机能正常启动和运转,电容量应尽量选小些,以免电动机过热,缩短使用寿命。

② 如果电动机功率大于 400W,一般要求电动机启动转矩较大,此时可采用图 1.2.62(b)



(a) Y 型改制接法



(b)  $\Delta$ 型改制接法

图 1.2.62 三相电动机改为单相运行的接线方法



所示的电路,其具体应用电路如图 1.2.63 所示。 $C_C$  为工作电容器, $C_Q$  为启动电容器。 $C_C = \frac{1950 I_N}{U_N \cos \phi} \mu F$ ,式中  $I_N$  为原电动机铭牌上额定电流(A)、 $U_N$  为单相额定电压(V)、 $\cos \phi$  为原电动机功率因数。

启动电容器  $C_Q$  取工作电容器  $C_C$  容量的 2.5~4 倍。此电路必须加一启动继电器 KA,以保证在启动瞬间将  $C_Q$  接通,供给电动机启动转矩。当电动机启动达到满速时,应将启动电容器  $C_Q$  与绕组断开,否则过大的电流会使电动机绕组烧坏。

KA 可选用电冰箱启动继电器,而且最好是选用电磁重力式(即重锤式)的,不宜选用 PTC 启动器。冰箱启动继电器控制的电动机功率一般在 100~150W 范围内,视冰箱压缩机功率而定。因此要想用于启动 400W 以上电动机,还需要对启动继电器加以改造,即在其线圈两端并联一只功率合适的分流电阻(图 1.2.64),电阻的阻值及功率视选用的启动继电器的种类以及电动机的功率而定。

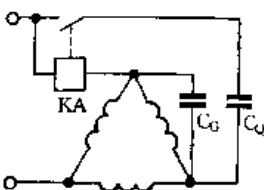


图 1.2.63  $\Delta$ 形接法三相电动机改为单相运行电路

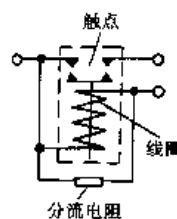


图 1.2.64 并联分流电阻的启动继电器

若将一台 750W 压面机用  $\Delta/Y$  三相异步电动机改成单相运行,其功率为 750W,电流为 3.48/2A,功率因数为 0.75,其工作电容器的容量  $C_C = \frac{1950 I_N}{U_N \cos \phi} = \frac{1950 \times 2}{220 \times 0.75} \approx 23.6 (\mu F)$ 。

选用 7 只  $3.3\mu F$ 、400V 涤纶电容器并联,电容量为  $23.1\mu F$ 。启动电容器容量选用工作电容器的 4 倍(不能小了,否则启动无力,电压低时尤为明显),即 28 只  $3.3\mu F$ 、400V 涤纶电容器并联,电容量为  $92.4\mu F$ 。

启动继电器选用非利浦冰箱启动继电器(压缩机功率 125W),线圈直流电阻约为  $1\Omega$ 。分流电阻用 1500W 电炉丝三圈(留足接头),用惠斯登电桥测量为  $0.5\Omega$ ,并接在启动继电器线圈两端(见图 1.2.64),这样启动继电器就改制成功了。

### (3) 电动机的转向

若电动机的转向与设计的转向相反,只需将电动机三个接线端子中的任意两端子接线(包括移相电容)调换,就可实现转向的改变。图 1.2.65(a)、(b)分别表示出 Y 形或  $\Delta$ 形接法时改变转向的部分接线图。若要实现正反向转换,只要按图 1.2.66 加装一只单刀双掷开关 S 即可。

### 3. 小功率三相异步电动机改接为单相正反转异步电动机

电路如图 1.2.67 所示, $C_1$  为运转电容, $C_2$  为启动电容,S 为正反转开关。 $C_1$  可按式  $C_1 = 3100(I_N/U_1) (\mu F)$  选择,式中  $I_N$ 、 $U_N$  分别为三相电动机的额定电流和电压。而  $C_2 = (2.5 \sim 3) C_1 (\mu F)$ 。 $C_2$  用电解电容, $C_1$  用蜡浸、油浸或金属膜纸介电容。

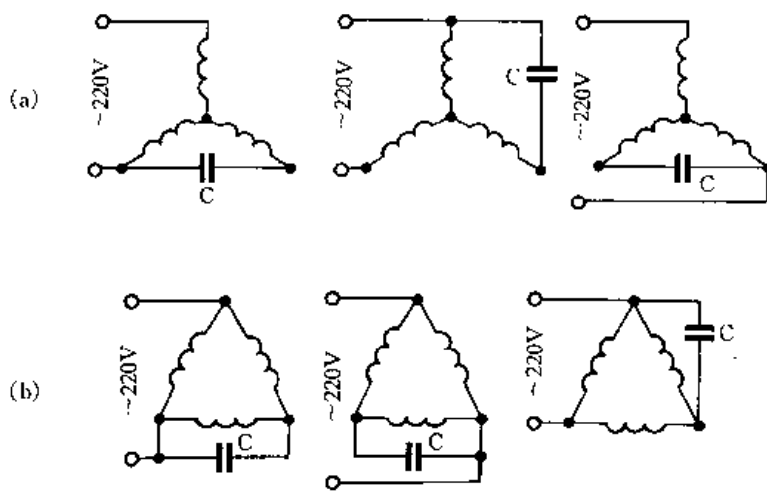


图 1.2.65 三相电动机改制单相电动机的转向控制

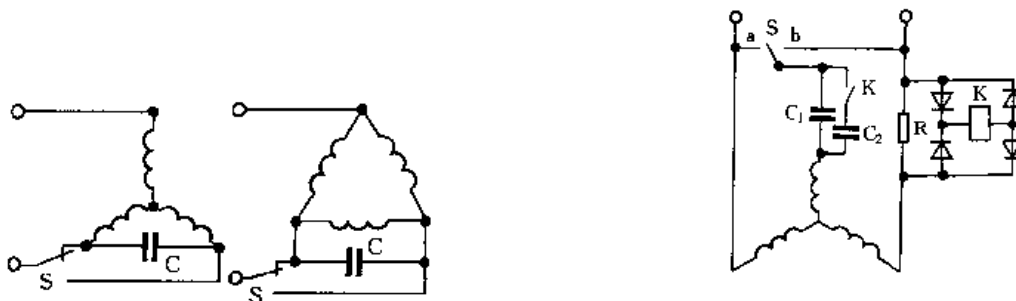


图 1.2.66 三相电动机改制成正反转运转的单相电动机接线

图 1.2.67 三相异步电动机  
改接为单相正反转异步电动机

灵敏继电器 K 从电阻 R 两端接出经二极管整流后供电。由于电动机启动时电流较大, R 两端的电压降即可使继电器吸合, 随转速的升高电流降低, R 两端电压下降, 继电器 K 失电释放, 其触点断开, 切断  $C_2$  电容, 完成启动过程。R 值的大小以继电器能可靠的吸合、释放为宜。S 也可以用电子定时器进行正反转控制。

## 十、直流电动机控制电路和调速电路

### 1. 交流电源驱动的直流电动机控制电路

电路如图 1.2.68 所示。24V 交流电源经二极管组成的桥式整流电路变为直流电后, 加到直流电动机上。但这种直流电压脉动比较大, 使转矩波动大, 影响转动特性。对于高速旋转型电动机, 这些影响都非常小, 因此应用范围也很广。

### 2. 交流电源驱动的直流电动机正、反转控制电路

电路如图 1.2.69 所示。当开关 S 置于“A”位置时, 电流通过二极管  $VD_1$  流经电动机, 电流方向如图中实线所示, 则电动机正转。当开关 S 置于“B”位置时, 电流通过二极管  $VD_2$  流经电动机, 电流方向如图中虚线所示, 则电动机反转。

### 3. 交直流两用小型电动机的简单调速电路

电路如图 1.2.70 所示。主功率器件采用双向晶闸管 VS, 触发器件采用双向二极管  $VD_3$ 。

合上开关 S, 220V 交流市电的正半周, 通过电动机 M、RP 和  $R_2$  向电容  $C_4$  充电。当电容  $C_4$  两端的充电电压的峰值达到双向二极管  $VD_3$  的阻断电压后,  $VD_3$  导通, 从而使晶闸管 VS 被触

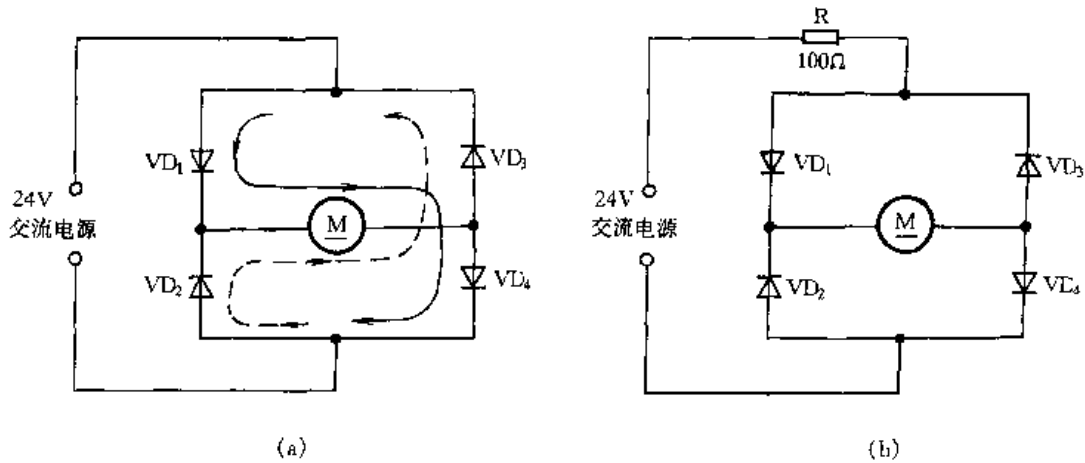


图 1.2.68 交流电源驱动的直流电动机控制电路

发导通。VS 的触发角的大小是通过改变  $C_4$  充电时间常数  $(R_2 + RP) \cdot C_4$  来控制的。通过改变 RP 的阻值可以在某相位范围内对 VS 进行触发控制。从而实现利用双向晶闸管进行小容量单相电动机的调速。

#### 4. 电压控制方式的感应电动机控制电路

电路如图 1.2.71 所示。220V 交流电压经二极管组成的桥式整流电路转换成直流电压,作为功放管  $VT_1$ 、 $VT_2$  的工作电源。当控制信号加到  $VT_1$  的基极,使  $VT_1$ 、 $VT_2$  饱和导通,就可以使电动机 M 得电运转。

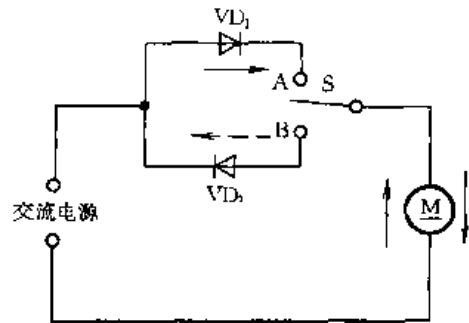


图 1.2.69 交流电源驱动的直流电动机正、反转控制电路

#### 5. 封合机直流电动机晶闸管调速电路

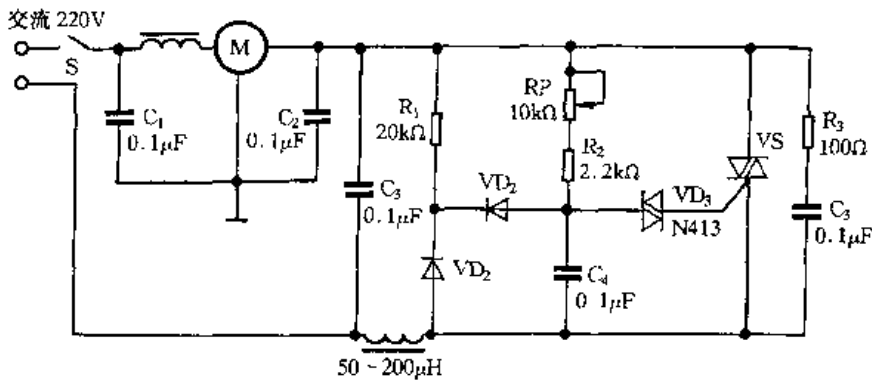


图 1.2.70 交直流两用小型电动机的简单调速电路

SF250 热收缩商标封合机的卷膜主电动机,采用并励式直流电动机(Z2-11型,0.4kW,220V)。励磁绕组  $L_D$  由 220V 交流电经整流后供电;电枢由交流调压器调压再经整流后供电,通过改变交流调压器输出电压的大小,来改变电枢两端直流供电电压实现电动机转速调节。由于调压器容量稍小,调压器经常过载,甚至烧坏。为此,将该电路改为晶闸管调速,利用晶闸管导通角的变化,控制其电枢电压,从而达到调速的目的,其电路如图 1.2.72 所示。二极管  $VD_1 \sim VD_4$  构成桥式整流电路,直流电动机励磁绕组  $L_D$  并接在整流器输出端。桥式整流输出电压经电枢绕组、 $VD_6$ 、 $RP_1$  向电容  $C_1$  充电。当  $C_1$  两端充电电压足够高时,双向触发二极管

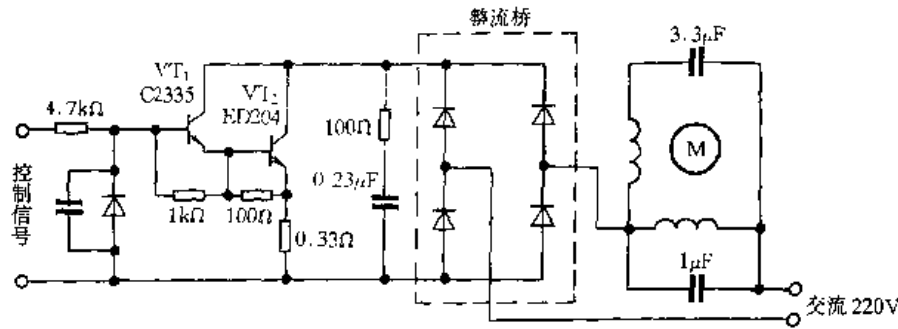


图 1.2.71 电压控制方式的感应电动机控制电路

VD<sub>7</sub> 导通,晶闸管 VS 因控制极有触发电流流过而导通。调整电位器 RP<sub>1</sub>,即可改变晶闸管导通角,使电枢工作电压得到改变,电动机转速也随之改变,达到调速的目的。

控制回路是依靠电枢的反电动势与整流后的全波电压间的差值进行工作的。电容 C<sub>1</sub> 的充电电压来自晶闸管两端的电压,假设整流后的全波电压稳定不变,则电枢的反电动势直接影响 C<sub>1</sub> 的充电电流大小,充电电流随反电动势而变,即随电动机的转速而定。若电动机的转速较低,其反电动势较小,则供给 C<sub>1</sub> 的充电电压就高,于是缩小了触发 VS 所需的时间,即 VS 的导通角增加,从而供给电枢较大的功率,起到了负反馈作用。反之,亦然。并联在电枢两端的二极管 VD<sub>8</sub> 有两个作用:一是在电源脉动电压过零点时,释放掉储存在电枢绕组电感中的能量,起续流作用;二是在过零点时,电枢不产生反电动势,此瞬间 VS 的端电压将等于全波整流输出电压,这一瞬间的长短与二极管 VD<sub>6</sub> 中的电流消失时间相等,直到电枢绕组电感产生反电动势为止。在电动机负载较重的低速运转中,因电枢电流较大,电枢电感中

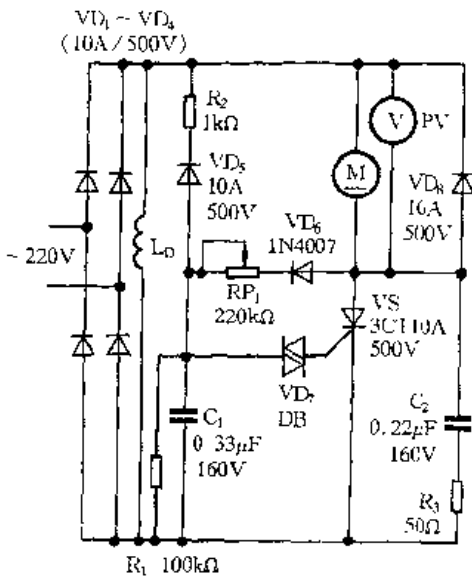


图 1.2.72 封合机直流电动机晶闸管调速电路

释放能量时间就长,因而电感产生的反电动势时间就长,C<sub>1</sub> 的充电电路供给电压很高,使 C<sub>1</sub> 很快充电,因此对转速的补偿作用较为灵敏。经实际测量,负载加重可使电枢电压有不同程度的增高,在低速运行中尤为明显。

与电枢并联的电压表 PV 作为转速表使用,采用 85C1(0~250V)直流电压表,刻度为 0~1500r/min。

该电路由于其反馈信号来自电枢电流与转速,因此其速度控制相当稳定,完全能够满足封合机的工作要求,在使用中收到了较好的效果。

### 6. 直流调速系统失磁保护电路

直流电动机失磁保护电路的作用是防止电动机工作中因失磁而发生“飞车”事故。所谓“飞车”是指励磁线圈无励磁电流、电枢绕组有电压时,直流电动机利用剩磁而高速运转。这种情况一旦发生,可引起设备及人身事故,因而必须加以防止。

对于小容量的调速系统,如 KZD-2、TZS 等晶闸管调整装置,由于容量小,所控制的直流电动机不超过 5.5kW,励磁电流最大不到 2A,一般均在励磁绕组中串入一个大功率、低阻值的

电阻,配合欠压继电器使用。用此继电器的触点控制主电路,以防止发生“飞车”,其电路如图 1.2.73 所示(以 KZD-2 型直流调速系统为例)。二极管  $VD_1 \sim VD_4$  对交流电源进行桥式整流,以提供励磁电源。电动机励磁绕组中串有电阻  $R$ , $R$  的两端并联一直流欠压继电器  $K_1$ ,当系统无励磁电流时, $K_1$  的常开触点断开,这时即使主回路中的  $S$  闭合, $KM_1$  也不能得电,其主触点不能闭合,主电路不通,系统不工作。这也就是说,当无励磁电流时,直流调速系统是开不起来的,必须先有励磁电流,方可启动系统,因而防止了“飞车”事故的发生。从图中可知,防“飞车”的主要元器件是  $R$  和  $K_1$ 。当配用不同容量的电动机时需调节  $R$ ,以使  $K_1$  正常工作,起到失磁保护的作用。

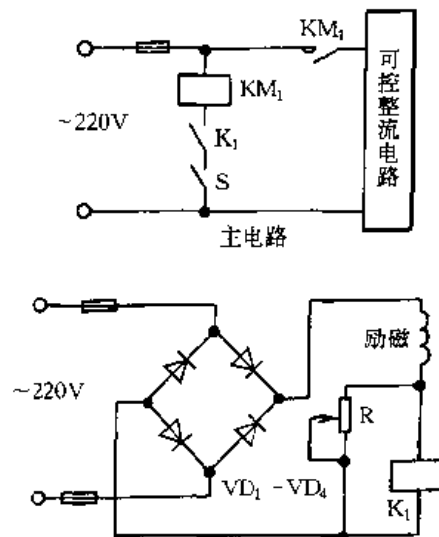


图 1.2.73 直流调速系统失磁保护电路

对于较大容量的调速系统,由于电动机的容量较大,励磁电流也大,这种直流调速系统失磁保护的方法是在励磁绕组回路中串入一个欠电流继电器,其额定电流有 1、1.5、2.5、5、10、15、25、40、60……1500A 等多种,容量再大的直流电动机也可满足要求。这种保护电路,要根据不同的电动机选择不同型号的欠电流继电器,且使用时需对电流继电器进行调整,调整过程较为复杂、麻烦。

### 7. 新的直流调速系统失磁保护电路

图 1.2.74 所示失磁保护电路,在直流电动机励磁绕组回路中,串入一个硅整流二极管  $VD_5$  (此二极管的整流值只要大于直流电动机的励磁电流值即可),在其两端并入一个额定值为 0.7V 的电压继电器  $K_2$  (JTX-0.7V),用  $K_2$  的常开触点取代图 1.2.73 中  $K_1$  的常开触点来控制主电路的接触器,达到防止“飞车”的目的。当励磁绕组有电流时,二极管两端就有 0.7V 的电压,使  $K_2$  得电吸合,其常开触点闭合。这时,如合上  $S$ , $KM_1$  就得电吸合,主电路得电,系统开始工作。当励磁绕组无电流时,二极管两端无电压, $K_2$  就不得电,其常开触点仍处于断开状态。这时,即使合上  $S$ , $KM_1$  也不能得电,主电路不得电,系统不工作。也就是说,若系统不先提供励磁电流,就无法工作。

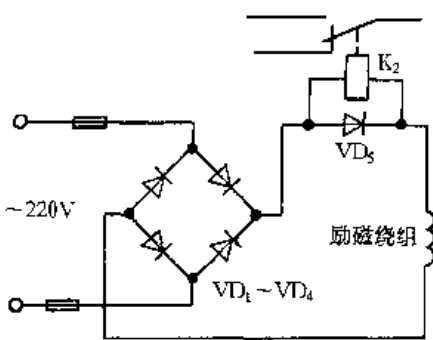


图 1.2.74 新的直流调速系统失磁保护电路

### 8. 直流电动机励磁回路的保护电路

在使用直流电动机作为传动源的时候,为了确保励磁系统的可靠性,在断开励磁回路时需对其加保护电路。

(1)在励磁绕组  $L$  两端并联一个释放电阻  $R$  (见图 1.2.75(a),控制回路未画出),以防止自感电势击穿桥式整流二极管。在标准励磁电压(180V)时, $R$  值约为励磁绕组电阻(冷态)的 7 倍;励磁电压高于(低于)标准电压时, $R$  的阻值可小于(大于)励磁绕线电阻(冷态)的 7 倍。电阻功率取 50~100W。

(2)在励磁绕组  $L$  两端并联一压敏电阻  $RV$  (见图 1.2.75(b)), $RV$  的工作电压为励磁电压的 1.5~2.2 倍。

## 十一、60Hz 的电动机在 50Hz 电源上的使用

### 1. 60Hz 的电动机在降压的 50Hz 电源上的应用

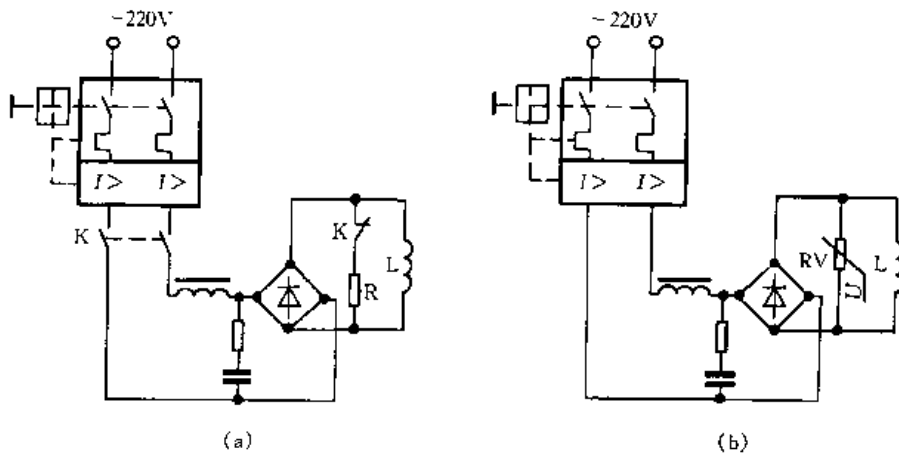


图 1.2.75 直流电动机励磁回路的保护电路

当电源电压一定,如果电源频率降低,根据电动势平衡公式  $E_1 = 4.44f_1 N_1 \phi$  可知,对于定型生产的电动机,绕组匝数  $N$  一定,频率  $f_1$  的下降会引起电动机每极磁通  $\phi$  的相应增加。磁通  $\phi$  的增加又会使产生磁通的激磁电流随着增加。由于激磁电流是无功电流,必然引起电动机的功率因数下降,温升增高。另一方面,根据旋转磁场的转速  $n_1 = 60f/P$ ,频率下降,旋转磁场的转速  $n_1$  将随着频率成正比例地下降。由于电动机的转速降低,会使风量减少,散热困难,导致温升增加。理论和实践证明,频率降低,将使电动机的定子总电流增加,功率因数下降,效率降低。

(1) 60Hz 的电动机用在 50Hz 电源上严重发热的原因及解决方法

① 假定电动机原设计的电压、频率、线圈匝数、磁通量分别为  $U_1、f_1、N_1、\phi_1$ ,接上 50Hz 电源后的电压、频率、线圈匝数、磁通量分别为  $U_2、f_2、N_1、\phi_2$ ,则由交流电磁公式  $U = 4.44fN\phi$  可知,接上 50Hz 电源后,由于  $U_1 = U_2、N_1 = N_2$ ,因此  $\phi_2 = (f_1/f_2)\phi_1 = 1.2\phi_1$ 。

② 由于电动机铁心的磁化曲线不是一条直线,设计时磁通余量很小,由于  $\phi_2 = 1.2\phi_1$ ,因此电动机内铁心磁通将饱和,造成电动机过电流而发热烧毁。

③ 为使电动机不过电流,就得维持电动机的磁通不变( $\phi_1 = \phi_2$ )。由交流电磁公式可见,唯一可变的只有电源电压  $U$ 。因此在 50Hz 的电源中维持  $\phi$  不变的电压  $U'_2 = (f_2/f_1)U_1 = (50/60) \cdot 380 \approx 317(V)$ 。也就是说,只有把电源电压降为 317V,才能使原 380V、60Hz 的电动机在 50Hz 电源上使用,才不会发热。

(2) 降压使用后,电动机同步转速、功率变化情况

① 转速:由异步电动机同步转速公式  $n = (60f)/P$  ( $P$  为极对数)可知,60Hz 的电动机同步转速  $n_2$  与在 50Hz 电源中的转速  $n'_2$  的关系为  $n'_2 = (f_2/f_1)n_2 \approx 0.83 n_2$ 。

② 功率:由于前面已设定在  $\phi$  不变的前提下,降压使用,因此可认为降压使用时电流  $I$  不变。根据电动机功率公式  $P = \sqrt{3}UI\cos\alpha$ ,其中  $U = U'_2 = 0.83U_2$ ,因此降压使用的功率等于铭牌功率的 83%。

若使  $\Delta$  形接法改为 Y 形接法,则其相电压降为原来的  $1/\sqrt{3}$ ,即  $U'_2 = 220V$ 。此时,磁通  $\phi_2'$  也随着下降,若假定电流与磁通成正比下降,则电流  $I'_2$  变为原来的  $220/317 \approx 0.694$  倍,因此输出功率为  $P'_2 = \sqrt{3} \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \frac{220}{317} I \cdot \cos\alpha \approx 0.40P$ 。

由以上分析可知,用降低 17% 电源电压的方法或电动机由  $\Delta$  形接法改为 Y 形接法,均可

使按 60Hz 设计的电动机用在 50Hz 电网上。这两种方法均使电动机转速约下降为原来的 83%。但降低 17% 电源电压的方法,电动机输出功率下降为额定功率的 83%; $\Delta$ 形接法改为 Y 形接法,电动机输出功率下降为额定功率的 40%。显然, $\Delta$ 形接法改为 Y 形接法功率下降太多,大多数设备不能正常运行。

理论和实践证明,用降低 17% 的电源电压方法可使 60Hz 的电动机用在 50Hz 电网上。

## 2. 台湾产 60Hz 电动机在 50Hz 电源上的应用

### (1) 电动机供电电压

台湾地区制造的交流异步电动机铭牌电压一般是三相 220V(线电压),与大陆现行的供电制不同。大陆的各种容量的油浸式或干式三相电力变压器的额定电压已经规格化了,如 10kV/0.4kV。如果为此制造非标准变压器显然是不经济的,因此对原电动机接线进行改接。这里有以下几种情况值得注意。

① 对小容量、只有三个出线端的台湾电动机,一般把 $\Delta$ 形接线改为 Y 形接线。有六个出线端的台湾电动机只需在现场接线时注意按 Y 形接法即可。带有 Y- $\Delta$ 起动器的有六个出线端的较大容量(一般在 45kW 以上)的台湾电动机,用大陆同规格电动机替换为宜。

② 对于某些专用的且与机械设备连体的电动机无法改接线时,若容量小于 5kW,可选用 SG 型 380V/220V 三相干式变压器供一台或几台电动机用电。

③ 如果由台湾拆迁来的电动机是陈旧的,建议改换大陆的相应容量、极数的电动机。

### (2) 电动机供电频率

台湾制造的电动机铭牌频率多为 60Hz,这与大陆电网频率 50Hz 也不一致。频率为 60Hz 的电动机用在 50Hz 电网中运行会引起定子电流增加而致使电动机铁心容易发热,温升提高,同时主回路导线的载流量增加。针对这些问题可采取下列措施。

① 在选择主回路导线截面积时应适当增大,至少要比选择大陆电动机所用导线的截面积加大一级,如对应 3kW 电动机选用 BV-1.5mm<sup>2</sup> 导线,对台湾电动机用的导线选用 BV-2.5mm<sup>2</sup> 较合适,不致因导线过热使绝缘破损造成接地短路等故障。

② 采取强迫通风等措施,加强室内空气流通,降低电动机环境温度,在夏季对这个问题尤其要注意。

### (3) 电动机的转速

60Hz 的电动机用在 50Hz 电网中运行还存在一个问题,即转速将下降 16% 左右。对于这个问题的对策要酌情而定。

① 若生产机械是用皮带轮或链条轮变速的(台湾厂家使用此类变速的甚多),可根据实际需要的转速更换电动机端或机械端相应直径的传动轮。

② 若对转速有苛求的,可更换同功率同转速的大陆电动机或改换合适的台湾造可调速电动机(如电磁调速电动机或多速电动机)。

③ 对恒转矩负载(如各种输送机)和转矩递减负载(如风机、泵)来说,由于其转速降低时转矩都不会大于额定转矩,因此在使用上不会有太大影响,不必采取其它措施。

### 第三节 机床和起重机械电气控制电路

#### 一、机床电气控制电路

##### 1. CA6140 型车床节电控制电路

CA6140 型车床在运转作业时,在启动主电动机后,通常由操纵手柄控制机械传动机构实现主轴正、反转和停车动作。操作工人在作业过程中需要主轴停止运转时,只习惯将操纵手柄置于停车位置,然后离开车床去做其它工作,而忽视了按下停止按钮,致使电动机长时间空载运行浪费电能。

为此,在主电动机控制电路中增加一个时间继电器,可以在手柄控制停车后延时而自动使主电动机停止运转,避免了其长时间的空载运行。该电路适合于所有离合器控制起停的车床。以 CA6140 型车床为例,介绍一下该电路的原理和机床改造方法。

CA6140 型普通车床的主电动机控制电路如图 1.3.1(a)所示,改进后的电路如图 1.3.1(b)所示。对于图 1.3.1(b)所示电路,按下启动按钮  $SB_2$ ,使接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机启动。当手柄置于向上方或向下方位置时,车床为正转或反转,此时行程开关 SQ 处于图示的断开状态。当手柄置于中间停车位置时,行程开关 SQ 受压闭合,使时间继电器 KT 得电吸合并开始延时,若延时时间到,则其延时断开的常闭触点断开,使 KM 失电释放,电动机停止运转;同时时间继电器也随之失电释放,其已断开的延时断开的常闭触点立即复位闭合,为电动机的再次启动做好准备。时间继电器的整定时间可以根据加工中的测量时间和更换零件的时间确定,一般 5min 已足够。当电动机需要急停时,按下按钮  $SB_1$  即可。若延时的整定时间到,扳动手柄即可重新开车,时间继电器因行程开关 SQ 断开而立即失电,在此期间电动机一直保持运转。

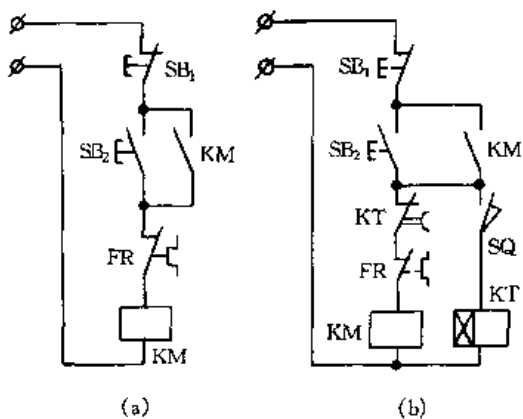


图 1.3.1 CA6140 型车床节电控制电路

该电路与图 1.3.1(a)相比较,仅增加了一个时间继电器 KT 和一个行程开关 SQ。因手柄控制离合器是通过装在竖轴上的齿扇完成的,而竖轴又恰好穿过床头箱背面的电气箱,因此,只需在竖轴上加装一挡块,使其手柄置于中间位置时,压下行程开关 SQ,而当手柄位于上下的正、反转位置时,挡块松开 SQ。因此,该电路的改进部分全部可以在电气箱内完成。

该电路采用通电延时型时间继电器控制电动机延时停止。每次停车,时间继电器的得电时间最长等于整定时间,机床运行时,时间继电器并不得电,因此得电时间非常短。这样,就提高了时间继电器的使用寿命,相应也提高了整个电路的可靠性,另一方面也节约了电能。

##### 2. 车床空载自动停机节电电路

对 CA6140、CA6240、CA6150、CA6250 型和 C620-1、C620-1M、C620A 型普通车床作业,操纵手柄上、下运动,主轴就正、反转,配电箱内的立轴也随着向左、右摆动;停车时立轴也随着停止摆动。根据操作手柄与立轴的同步动作情况,在立轴上安装图 1.3.2 所示的凸轮,制成“车



床空载自动停机节电装置”，实现了电动机空载自动停机。图 1.3.3 为机床电气控制电路图，图 1.3.4 为装置安装示意图。

机床开始工作前，操纵手柄置于停止位置，行程开关 SQ 的常闭触点因受立轴上的凸轮碰压处于断开状态。接通总电源，按下启动按钮 SB<sub>2</sub>，其一组常开触点闭合，使接触器 KM 得电吸合，其辅助触点闭合；同时由于 SB<sub>2</sub> 的另一组常开触点闭合，使断电延时时间继电器 KT 得电吸合，其延时断开的常开触点瞬时闭合，并使 KM 自锁。KM 的主触点闭合，电动机 M 得电运行。当操作手柄在时间继电器的整定延时范围内动作，无论主轴正转或反转，由于 SQ 不受凸轮碰压而闭合，保证 KM 得电吸合，因此，M 可连续工作。当操作手柄置于停车位置，触点 SQ 断开，使 KT 失电释放，超过 KT 的延时整定值后，其已闭合的延时断开的常开触点断开，使 KM 失电释放，其主触点断开，M 停止运转。在结束工作或紧急情况下，按下总停按钮 SB<sub>1</sub>，使 KM 失电释放，其自锁触点断开，主触点断开，M 停止运转。

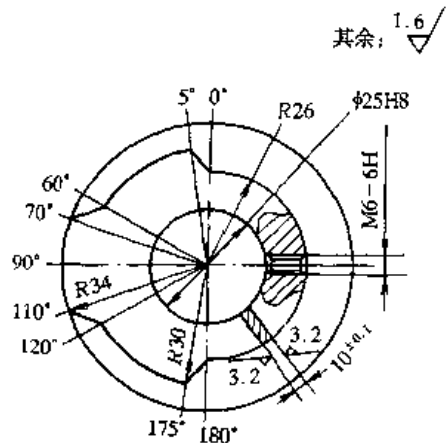


图 1.3.2 主轴上安装的凸轮

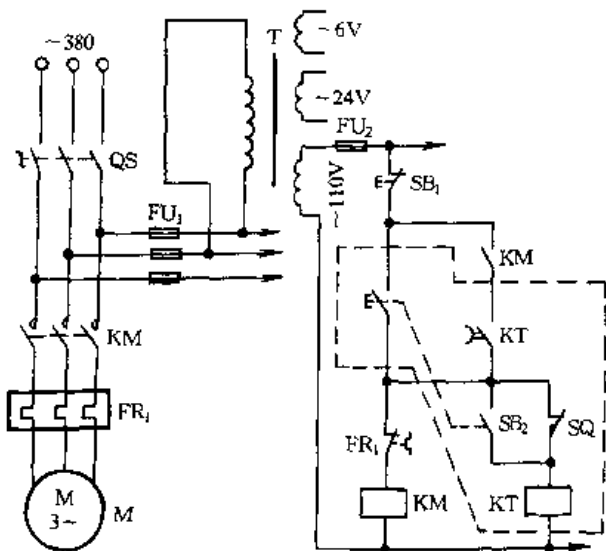


图 1.3.3 车床空载自动停机节电电路

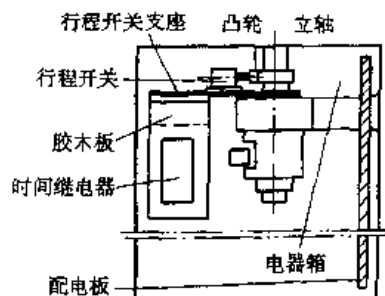


图 1.3.4 装置示意图

### 3. 机床的自动循环间歇润滑电气控制电路

图 1.3.5 所示的机床自动循环间歇润滑控制电路，可控制润滑时间，使机床始终处于良好的润滑状态下运行。合上电源开关 QF，通过继电器 K 的常闭触点使交流接触器 KM 得电吸合，其主触点闭合，电动机 M 启动，润滑开始。同时时间继电器 KT<sub>1</sub> 得电吸合，电动式时间继电器 KT<sub>2</sub> 的同步电动机 MS 也得电空载运转。当 KT<sub>1</sub> 的延时整定值到，其延时闭合的常开触点闭合，使 K 得电吸合并自锁，其常闭触点打开，使 KM 失电释放，M 停转，首次润滑停止。

在 K 得电的同时，KT<sub>2</sub> 的电磁离合器也得电吸合，润滑停歇延时开始。当 KT<sub>2</sub> 的延时整定值到，其延时断开的常闭触点打开，第一个自动循环从润滑到停歇的工作过程结束，由于 KT<sub>2</sub> 的电磁离合器、K 的线圈同时失电，K 的常闭触点恢复闭合，第二个自动循环润滑开始，重复上

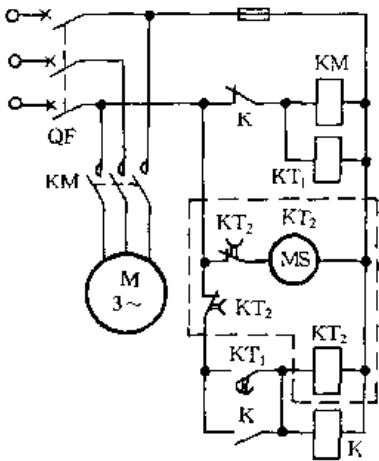


图 1.3.5 机床的自动循环间歇  
润滑电路

述工作过程,实现自动循环间歇润滑。

KT<sub>1</sub> 选用 JS7-1A 型空气式时间继电器,延时调节范围 0.4~180s。KT<sub>2</sub> 选用 JS11-51 型电动式时间继电器,延时调节范围 0~120min。润滑时间的长短可调整 KT<sub>1</sub>,以获得 0.4~180s 的任意一个时间;润滑停歇时间的长短可调整 KT<sub>2</sub>,用螺丝刀改变指针定位在刻度盘上的位置即可,但必须在断开电磁离合器电源时才能进行。如 KT<sub>1</sub> 的最大延时值不能满足润滑时间的需要,可将 KT<sub>2</sub> 的停顿时间调短,增加润滑循环次数。

#### 4. 机械传动牛头刨床控制电路

电路如图 1.3.6(a)所示。用该种刨床切削加工零部件时,由于操作工艺的需要,操作人员需频繁地点车进行对刀,也就是对电动机进行点动控制,带动刨床的滑枕进行瞬间动作。操作工人用右手食指和中指分别操作 SB<sub>2</sub> 和 SB<sub>1</sub>。先用中指按下 SB<sub>1</sub> 使接触器回路无法得电工作,再用食指按下 SB<sub>2</sub>,为 KM 得电创造条件。这时迅速地动作,使中指接通或断开 SB<sub>1</sub> 就可达到点车的目的。

这种操作方法,实际点车操作时的到位率并不高,其原因是两个手指操作时的灵活性差。为此对电路进行改进,如图 1.3.6(b)所示。当需要点车进行对刀、退刀时,只需用一个手指快速上、下按动按钮 SB<sub>2</sub>,即可使刨床的滑枕停在合适的位置。按下复合按钮 SB<sub>2</sub>,其常闭触点先断开、常开触点后闭合。SB<sub>2</sub> 的常闭触点断开 KM 的自锁回路,然后 SB<sub>2</sub> 的常开触点接通点车回路。电流流经 SB<sub>1</sub>、SB<sub>2</sub>(已闭合的常开触点)、KM 线圈、FR,使 KM 得电吸合,KM 的主触点闭合,电动机转动。同时 KM 自锁点虽然闭合,但 SB<sub>2</sub> 常闭触点已先断开,因此自锁回路不起作用。当松开 SB<sub>2</sub> 时,其常开触点先断开、常闭触点后闭合。SB<sub>2</sub> 常开触点断开点车回路,KM 失电释放,其主触点和自锁触点同时断开,电动机停止转动。SB<sub>2</sub> 的常闭触点在常开触点断开后才恢复闭合状态,而此时 KM 自锁触点早已断开,因此 KM 不会得电吸合。此后只要上、下按动按钮 SB<sub>2</sub>,即可达到点车要求。

#### 5. 防止 B220 龙门刨床停电飞车电路

B220 型龙门刨床,在遇到突然停电时,常会造成飞车故障,使工作台齿条与传动齿轮脱开,直到撞击机械限位装置才停下来。造成飞车的主要原因是,当电源突然停电时,拖动工作台的两台直流电动机失去励磁电源,气隙磁通微弱,电动机转速升高且和工作台一起以较大的惯性继续运动所造成,特别是当工作台运行在高速状态时停电,情况更为严重。显然,为防止刨床飞车,就要在停电时立刻向电动机励磁绕组供给足够大的励磁电流,使仍在旋转的电枢切割磁力线产生制动转矩而迫使电动机迅速停止转动。

图 1.3.7 中虚线框内部分为新增的采用电枢反电动势供磁电路,实践证明,此法比采用电容储能供磁更简单、经济、实用。

刨床正常工作时,继电器 K 得电吸合,其两对常闭触点断开供磁电路,不影响原系统工作。当发生突然停电或断路器 QF 因故障跳闸时,251 #、252 # 线两端电压消失,励磁绕组即产生

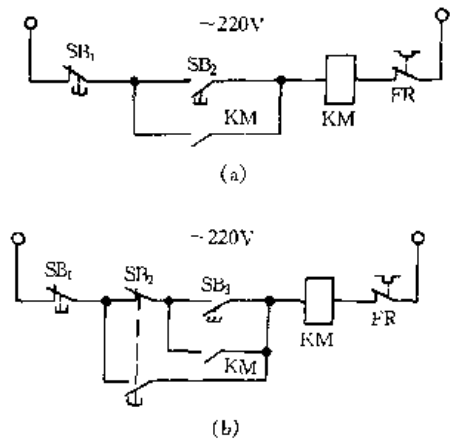


图 1.3.6 机械传动牛头刨床控制电路

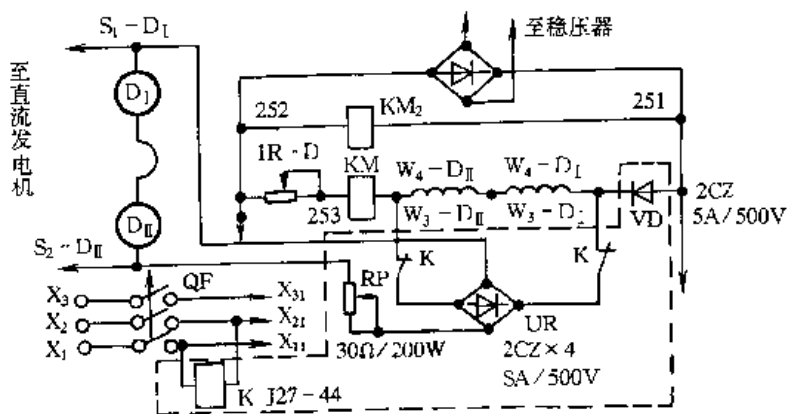


图 1.3.7 防止 B220 龙门刨床停电飞车电路

维持原励磁电流方向的自感电动势；与此同时，K 失电释放，其两对常闭触点接通，电枢电动势经整流桥 UR 向励磁绕组供给相同方向的励磁电流。这样，就保证了磁场不会中断且有足够的量值，电枢获得较大的发电制动转矩而使电动机很快停止转动。

根据刨床电气数据，两半励磁组串联后的额定电压为 220V，电流为 4A，一般能耗制动系数可取 1.5~2.0，而双电枢的反电动势在最高速度时也小于 440V，在允许范围内，且制动时间极短，不致引起绕组过热，因此取双电枢反电动势作为供磁电压。为了获得最佳制动效果，在电路中串接了限流电位器 RP，其值在试机时调定。二极管 VD 的作用是切断向稳压电源及其它回路的供磁，防止励磁分流而削弱制动效果，但又不影响刨床工作时的正常供电。

### 6. CM6132 型车床电气控制电路

为了表示电器元件在图上的位置，将整个图样的幅面进行分区，图幅分区后，相当于在图样上建立了一个坐标。

机床电气控制电路图的图幅分区一般只有按列序数纵向分区，区号用数字表示。机床电气控制元件中除电动机外，接触器和继电器用得较多，但其线圈所驱动的触点只有常开、常闭两种。根据这一特点，机床电气控制电路图中图形符号的位置表示可采用简化表格的办法。简表无表题，且只列出竖列，每个竖列所代表的触点形式是统一规定的，如表 1.3.1 所示。每个竖列内共有几个数字（一位或两位数）和“×”号。每个竖列内有几个数字就表示这一类触点共有几个，数字代表相关元件的符号在图中的位置，“×”表示备而未用的触点。

表 1.3.1 机床电路图中的分区位置代号标记方法

分类	标记示例			标记含义	示例说明
接触器	2	7	4	左列为主触点所处图中的区号	有 3 个主触点位于 2 区内
	2	×	6	中列为辅助动合(常开)触点所处图中的区号	有 2 个常开触点，一个在 7 区内，另一个未用
	2			右列为辅助动断(常闭)触点所处图中的区号	有 2 个常闭触点，分别在 4 区和 6 区内
继电器	3	×		左列为动合触点所处图中的区号	有 3 个动合触点，3 区和 8 区各一个，另一个未用
	8			右列为动断触点所处图中的区号	有一个动断触点，未用
	×				

图 1.3.8 为 CM6132 型车床电气控制电路。

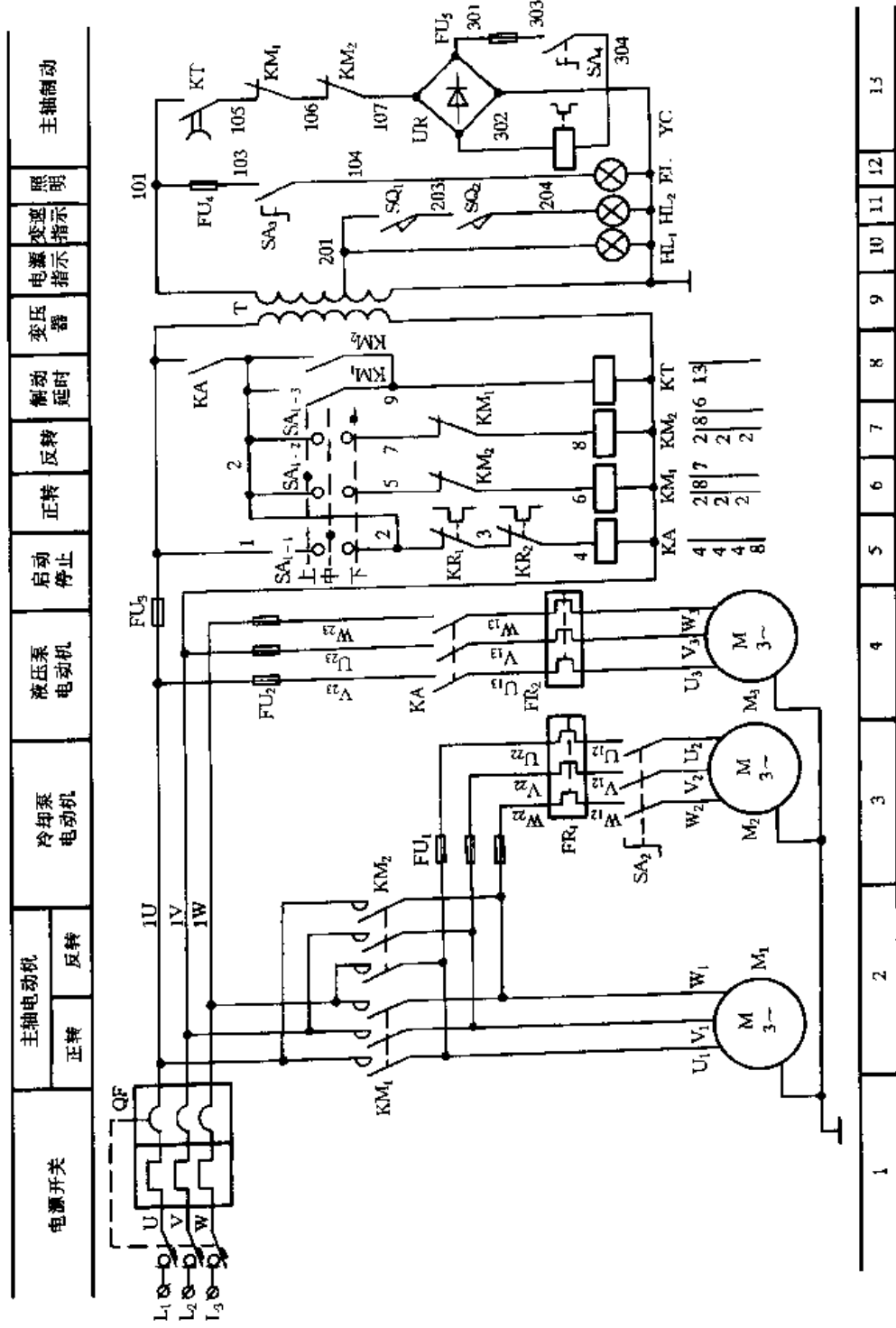


图 1.3.8 CM6132 型车床电气控制电路

### (1) 主轴电动机控制

合上断路器 QF, 电源引入机床。

主轴电动机正、反向旋转控制:  $M_1$  为主轴电动机, 功率为 3kW, 它拖动车床的主运动和进给运动, 通过操作转换开关  $SA_1$  置于向上或向下位置, 使接触器  $KM_1$  或  $KM_2$  得电吸合, 主触点分别接通电动机定子绕组的正或反电源相序, 实现对电动机正或反向运转的控制。转换开关  $SA_1$  触点动作见表 1.3.2。

表 1.3.2 转换开关  $SA_1$  触点动作

触 点	操 作 手 柄 位 置		
	向 上	中 间	向 下
$SA_{1-1}(1-2)$	-	+	-
$SA_{1-2}(2-5)$	+	-	-
$SA_{1-3}(2-7)$	-	-	+

主轴电动机的停机制动控制: 主轴制动控制采用电磁离合器机械制动方法。主轴停机时, 将  $SA_1$  开关置于中间位置,  $SA_{1-1}$  接通、 $SA_{1-2}$ 、 $SA_{1-3}$  断开, 同时  $SA_4$  接通为 YC 得电为实现制动作准备, 当接触器  $KM_1$  或  $KM_2$  失电释放时, 它们的常开触点断开, 主轴电动机  $M_1$  停转, 同时它们的常闭触点复位, 使制动电磁离合器线圈得电, 此时时间继电器 KT 线圈虽然已失电, 但其断电延时断开的常开触点尚未断开, 从而整流桥 UR 整流电路接通, 对电磁离合器 YC 提供直流电实现制动, 在 KT 延时断开触点断开时, 切断整流桥电路, 则 YC 线圈失电, 制动结束。

主轴的变速控制: 主轴的变速是利用液压机构操纵两组拨叉进行改变速度的。变速时只需转动变速手柄, 这时液压变速阀即转到相应的位置, 使得两组拨叉都移到相应的位置进行位置定位, 并压动微动开关  $SQ_1$  和  $SQ_2$ ,  $HL_2$  灯亮, 表示变速完成。若滑移齿尚未啮合好, 则  $HL_2$  灯不亮, 此时应操作  $SA_1$  置于向上或向下位置,  $KM_1$  或  $KM_2$  得电吸合, 使主轴稍为转动一点, 让齿轮正常啮合,  $HL_2$  灯亮, 说明变速结束, 可进行正常工作启动。

### (2) 冷却泵电动机控制

$M_2$  是冷却泵电动机, 功率为 0.125kW, 单向运转, 由转换开关  $SA_2$  手控操作控制。  $M_2$  电动机的电源接在  $KM_1$ 、 $KM_2$  主触点之后, 实现了冷却泵电动机应在主轴电动机启动之后的联锁要求。

### (3) 液压泵电动机控制

$M_3$  是拖动液压泵的电动机, 功率为 0.12kW, 单向运转, 提供主轴变速装置和润滑的用油。因为电动机容量小, 采用转换开关  $SA_{1-1}$  控制中间继电器 KA 实现控制。液压泵电动机的启动、停止通过断路器控制。

### (4) 联锁、保护环节、信号与照明电路

互锁环节: 接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  常闭触点实现正、反向电气互锁, 同时实现启动工作与停机制动互锁。利用转换开关  $SA_1$  机械定位, 实现正、反转及工作与停机的机械联锁。

保护环节: 通过断路器 QF, 实现主轴电动机的短路、过载保护。熔断器  $FU_1$  实现对电动机  $M_2$  的短路保护, 熔断器  $FU_2$  实现对电动机  $M_3$  的短路保护, 熔断器  $FU_3$  实现对控制电路及变压器的短路保护, 熔断器  $FU_4$  实现照明电路的短路保护, 熔断器  $FU_5$  实现直流电路的短路保护。

热继电器  $FR_1$  实现对电动机  $M_2$  的过载保护,热继电器  $FR_2$  实现对电动机  $M_3$  的过载保护。转换开关  $SA_1$  与继电器  $KA$  实现零位、零压保护。

信号显示电路:信号灯  $HL_1$  为电源显示。 $HL_2$  为主轴变速显示,变速完成  $SQ_1$ 、 $SQ_2$  压合, $HL_2$  灯亮。

照明电路:通过转换开关  $SA_3$  控制照明灯  $EL$  电路。

## 二、起重机械电气控制电路

### 1. 餐厅提升机电路

某饭店底层为厨房,二、三层为餐厅,为了送饭菜,需要一套提升系统。提升机电动机为 3kW 鼠笼型异步电动机。提斗分两层,由钢丝绳牵引,沿提斗通道滑行,通道在土建时每层留有取物口。操作系统设在一楼厨房里,外人不能进入操作,二、三层只有信号显示部分,避免外人就餐时乱操作,造成人身事故,二、三层取物口从地面起封闭 1.3m,防止小孩误入。提升电路如图 1.3.9 所示。

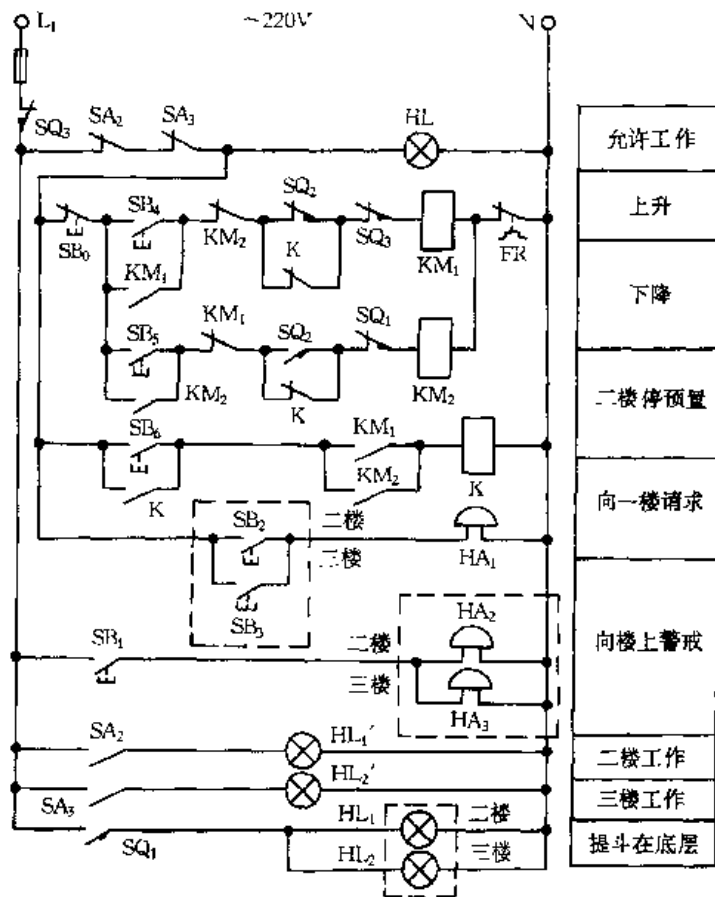


图 1.3.9 简单的餐厅提升机电路

#### (1) 升降电路

二楼或三楼服务员按下按钮  $SB_2$  或  $SB_3$ ,一楼电铃  $HA_1$  响(二、三楼铃声规矩自行约定),一楼知道哪层要饭菜,比如要送三楼,一楼服务员按下  $SB_1$ ,则二、三层铃响(二、三楼的回应铃声规矩自行约定),然后按下  $SB_4$ , $KM_1$  得电吸合并自锁,电动机启动,当提斗上升到二楼时,压下行程开关  $SQ_2$ ,但由于有并联的继电器  $K$  的常闭触点,因此电动机不断电,行至三楼,压下行程开关  $SQ_3$ ,使  $KM_1$  失电释放,电磁抱闸释放而制动,提升到位。三楼服务员将本楼层信号盘上

的选择开关  $SA_3$  旋向左, 一楼看见信号灯  $HL'_2$  亮, 知道了提斗在三楼。此时三楼放心地取物、放物, 一楼启动不了电动机。三楼操作完毕后, 将  $SA_3$  旋回(向右)并按铃, 由一楼操作下降, 提斗到底层后, 压下行程开关  $SQ_1$ , 电动机失电, 二、三楼信号灯  $HL_1$ 、 $HL_2$  亮, 其服务员知道提斗停放在一楼。

### (2) 选层电路

当二楼请求提升时, 一楼按下  $SB_4$ ,  $KM_1$  得电吸合并自锁, 其辅助常开触点闭合, 为 K 得电作准备, 其主触点闭合, 启动电动机运转。在提斗未到二楼的一段时间内, 再按下  $SB_6$ , 使继电器 K 得电吸合, 其常闭触点打开, 提斗到位后, 压下二楼行程开关  $SQ_2$ ,  $KM_1$  失电释放, 电动机停转,  $KM_1$  的常开触点断开, 使 K 失电释放, 其常闭触点返回, 此时, 二楼取、放物的过程与三楼相同。如欲继续上升, 二楼将其旋向左的选择开关向右旋回, 允许工作信号灯 HL 亮, 一楼按下  $SB_4$ , 提斗上升, 如果从三楼下降时需在二楼停下, 则一楼按下  $SB_5$  后, 再按下  $SB_6$ , K 的常闭触点打开, 但由于  $SQ_2$  是不复位型开关, 上升过程中已将其常开触点关闭, 因此电动机不失电。下降到二楼时, 压下行程开关  $SQ_2$ , K 失电释放, 提斗停运。

### (3) 保护电路

紧急状态时, 按下  $SB_0$  或二、三层的控制开关  $SA_2$ 、 $SA_3$ 。若超高则撞动  $SQ_3$ 。电源装设断相保护(图内未标出), 失电则采用电磁抱闸释放而制动。

这套提升设备也可用于三层楼的商店作为提升货物之用。

## 2. 餐梯平层自动响铃电路

餐梯是供酒店多楼层间运输饭菜的一种小型的非调速的简易电梯。为了通知服务员饭菜已到, 要求增设平层自动响铃装置, 当到达预置停靠楼层时, 即响铃; 当服务员打开电梯门后, 即停止响铃; 即使重新关好门的电梯再次启动到别层以前, 电铃均不会再响。

图 1.3.10 所示为一种简单的餐梯平层自动响铃电路。电梯门锁继电器 KL、电梯上行继电器 KU、电梯下行继电器 KD 在电梯原电路中已设置了, 现只需增加一个电铃控制继电器 KC 和一个电铃 HA。电铃安装于电梯顶, 随电梯运行到达不同楼层。KC 的线圈电压可选择与 HA 相同的电压。

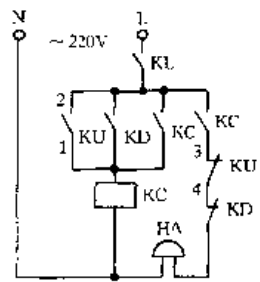


图 1.3.10 餐梯平层自动响铃电路

设电梯停在一楼, 欲将饭菜运到二楼, 只要手按二楼按钮, 接通 KU, 控制电梯启动向二楼运行。同时 KU 的常开触点(1-2)闭合, 使 KC 得电吸合并自锁, 但由于 KU 的常闭触点 KU(3-4)断开, 电铃回路仍然断开。当电梯到达二楼后, 安装于井道上的二楼平层感应器动作, 使 KU 复位, 电梯停靠在二楼; 同时, 电铃回路接通, 开始响铃, 直至服务员打开梯门时, KL 断开, KC 复位, HA 才停响。以后即使重新关好梯门, 电铃回路仍然断开。

## 3. 仓库楼吊笼电气控制回路

对 CD12-12D 型电动葫芦电气控制电路加以改进, 设计出符合要求的仓库楼吊笼电气控制电路。

CD12-12D 型电动葫芦起重量为 2t, 提升高度为 12m, 起升速度为 8m/min, 起升电动机容量为 3kW, 工作电压为 380V, 各项技术指示均符合要求。

仓库楼共三层, 高 11m, 其电路如图 1.3.11 所示。为方便操作起见, 每层楼均设升降按钮, 共同控制电动葫芦, 这样可在图中的 1#、3#、7# 接点上再并联两组按钮  $SB_{21}$ 、 $SB_{22}$  和  $SB_{31}$ 、 $SB_{32}$ 。

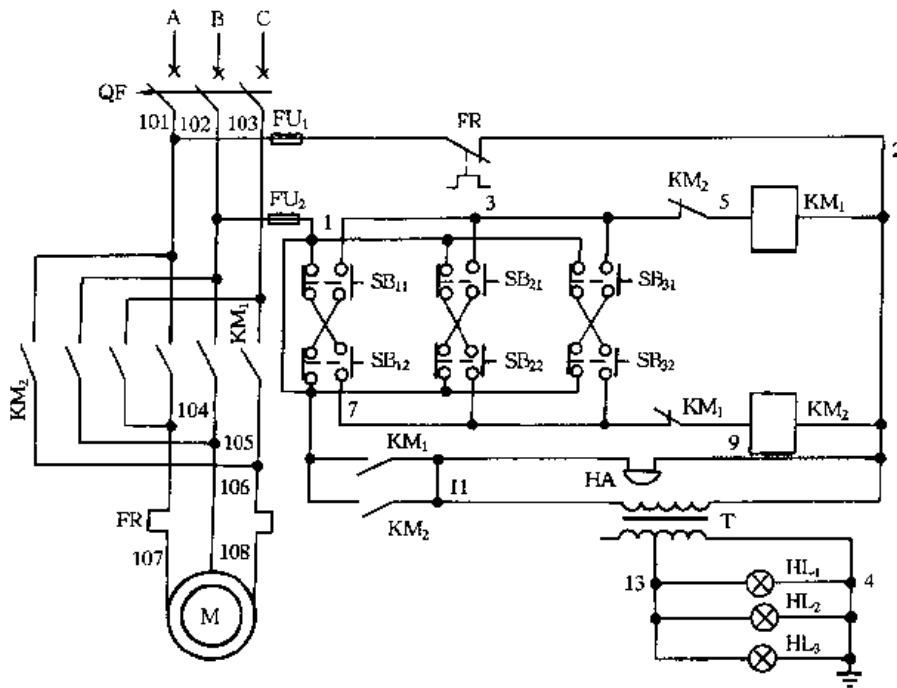


图 1.3.11 仓库楼吊笼电控回路

为保证电动机 M 正常稳定地工作,在电动机控制回路中增加两组保护,一组为速断保护,即在主回路中设置 1 只断路器 QF(DZ10-10/3)保护电动机,在控制回路中配置两个熔断器  $FU_1$ 、 $FU_2$ (RL<sub>1</sub>-15/5 型)保护控制回路;另一组为过负荷保护,即在主回路上设置一个热继电器 FR(JR10-10 型),当电动机过载时,热继电器 FR 动作,切断电源。

为保证电动机运行时,每楼层之间能够相互联络,在每一楼层上各设置一组指示信号灯 HL<sub>1</sub>、HL<sub>2</sub>、HL<sub>3</sub>,其工作电压为 36V(配置一台 BK-200 380V/36V 型照明变压器 T),同时,在一楼升降通道内增设一只电铃 HA,它与照明变压器并联。

当在任一楼层按动该楼层上升按钮 SB<sub>11</sub>(或 SB<sub>21</sub>、SB<sub>31</sub>)时,电源经熔断器  $FU_2$ →按钮 SB<sub>12</sub>(或 SB<sub>22</sub>、SB<sub>32</sub>)常闭触点→SB<sub>11</sub>(或 SB<sub>21</sub>、SB<sub>31</sub>)常开触点→接触器 KM<sub>2</sub>(CJ10-10)常闭辅助触点→接触器 KM<sub>1</sub>(CJ10-10)线圈→热继电器的 FR 触点→熔断器  $FU_1$  接通,使接触器 KM<sub>1</sub> 得电吸合,其主触点闭合,电动机 M 正向运转,牵动吊笼上升。此时,接触器 KM<sub>1</sub> 常开辅助触点闭合,照明变压器 T 工作,电铃 HA 发声,指示灯 HL<sub>1</sub>、HL<sub>2</sub>、HL<sub>3</sub> 同时发光,向各楼层发出工作信号。

当在任一楼层上按下该楼层的下降按钮 SB<sub>12</sub>(或 SB<sub>22</sub>、SB<sub>32</sub>)时,电源经熔断器  $FU_2$ →按钮 SB<sub>11</sub>(或 SB<sub>21</sub>、SB<sub>31</sub>)常闭触点→SB<sub>12</sub>(或 SB<sub>22</sub>、SB<sub>32</sub>)常开触点→接触器 KM<sub>1</sub> 常闭辅助触点→接触器 KM<sub>2</sub> 线圈→热继电器 FR 的触点→熔断器  $FU_1$  接通,使接触器 KM<sub>2</sub> 得电吸合,其主触点闭合,电动机反向运转,带动吊笼下降。此时,接触器 KM<sub>2</sub> 常开辅助触点闭合,照明变压器 T 工作,电铃 HA 发声,指示灯 HL<sub>1</sub>、HL<sub>2</sub>、HL<sub>3</sub> 同时发光,向各楼层发出工作信号。

该控制回路是由三组按钮共同控制电动机 M 的正、反转,在启动一组按钮时,严禁启动另外两组按钮。因为当按下 SB<sub>11</sub> 按钮,电动机牵动吊笼上升时,如果有人按下 SB<sub>31</sub>(或 SB<sub>31</sub>)按钮,就无法控制电动机将货物送至指定楼层。

针对上述情况,在升降通道进出口的铁门上作了如下改进,见图 1.3.12。在铁门靠近按钮箱一侧且与按钮箱同一标高处焊接一块  $\delta = 10\text{mm}$  厚的钢板,其尺寸略大于按钮箱的尺寸,这样,当该门关闭锁上时,所焊接的钢板正好将按钮箱全部挡住,也就是说,如果不从该楼层运货



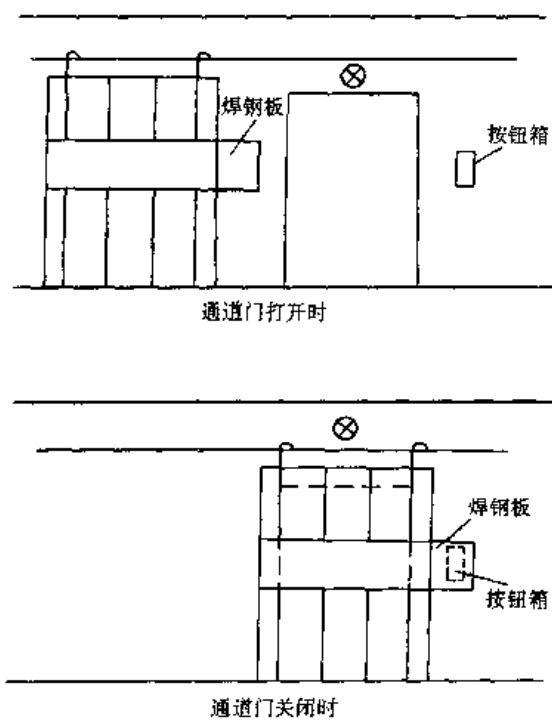


图 1.3.12 升降通道进出口铁门的改进

的话,是无法启动该楼层按钮的。

#### 4. 单轨电动葫芦遥控电路

CD<sub>1</sub>型 1t 单轨电动葫芦有提升和运行两台电动机,分别作上下、左右运动,电动机功率分别为 1.5kW 和 2.2kW,经 10A 交流接触器控制其运行,只要选用的遥控器有四位开关即可实现遥控。采用广东省达华电子厂的四位遥控开关可满足使用要求。

该四位遥控开关包括 1 只四键遥控器、1 台接收控制器和 1 组八线输出接插头,使用 220V 供电。该机采用超高频无线电收发技术和现代数字编解码技术,具有良好的抗干扰能力,功耗极低(约 5W),适合各种手动电器增设远距离遥控操纵功能。其输出端使用 4 只具有常开/常闭转换触点的小型继电器,出厂时均设在常开状态,继电器触点电流为 5A。该机输出线以色线标志,黄-黄、橙-橙、红-红、棕-棕分别对应遥控器 A、B、C、D 四位按钮。在操作时,如按下遥控器的 C 键,

则对应的红-红输出线接通,同时面板上第三位 VL 指示灯点亮。

该遥控开关按其使用距离和开关状态有多种型号,选用 9304A 型,遥控距离为 40m,使用其非锁存功能,即按下遥控键为通,松开遥控键为断。

用该遥控器改造的电气接线如图 1.3.13 所示,只需将遥控接收器固定在原开关控制箱外部,电源由控制箱内引出,将输出色线接入对应端子,并增设遥控(Y)、手控(S)转换开关,以备遥控器维修时,使用原手动功能。YK<sub>1</sub>~YK<sub>4</sub> 对应遥控接收器的四个常开触点,SK<sub>1</sub>~SK<sub>4</sub> 对应手持按钮的四个常开触点。

该单轨电动葫芦经遥控改造后,使用一年多来,运行稳定可靠。使用时应注意:

(1) 接收控制器所带软天线,应注意拉直并悬空使用,勿任意增加或减少其长度。

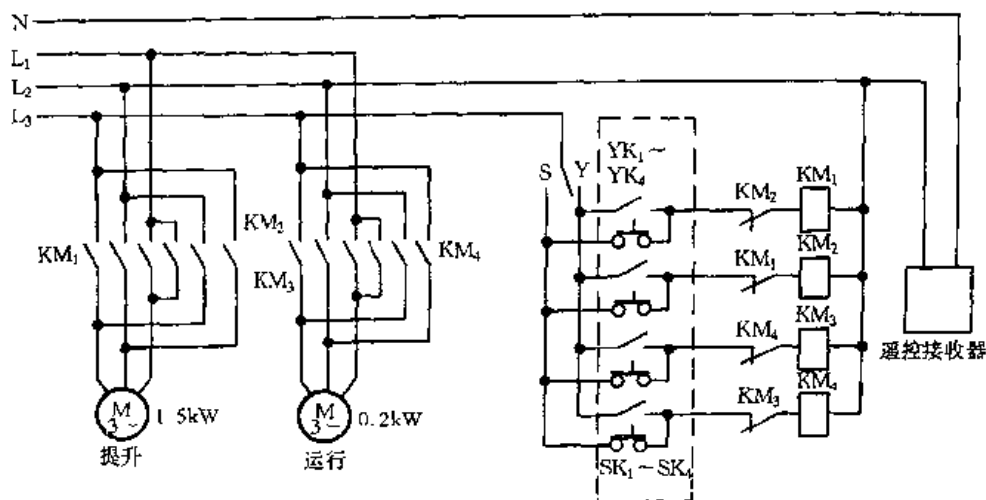


图 1.3.13 电动葫芦遥控电气接线

- (2) 严禁将遥控器重摔和浸水,指示灯暗时应换电池。
- (3) 电气控制电路由于有电感负载,应经常试验外接消火花吸收电路。
- (4) 操作完毕应切断总电源,以免离开现场误按遥控器而造成事故。

### 5. 新颖的起重机铜滑触线保护电路

起重机铜滑触线短路保护一般采用如图 1.3.14(a)所示的保护电路,任意相对地短路都能迅速使接触器 KM 失电释放,切断滑触线电源。但是,滑触线发生相间短路时无保护作用。而采用图 1.3.14(b)所示保护电路,不管发生何种短路,继电器  $K_1 \sim K_6$  总有一个会失电释放,从而迅速使  $KM_1$  失电释放,切断滑触线电源,都能起保护作用。

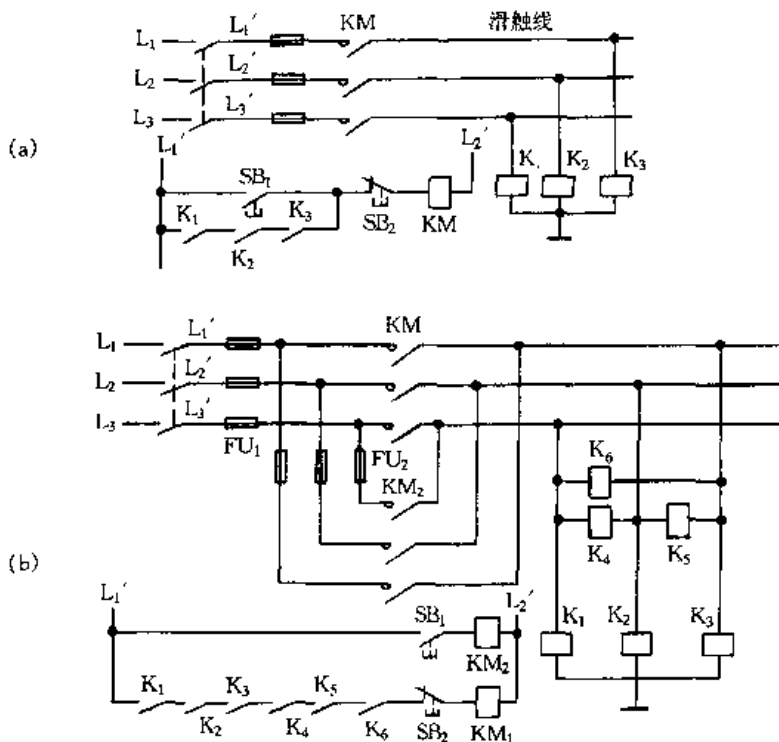


图 1.3.14 新颖的起重机铜滑触线保护电路

为了防止在对地短路时使  $KM_1$  失电释放的情况下,由于操作人员不知道详情,未排除短路点就按下  $SB_1$  给滑触线送电,这时还可能发生短路。因此又加了小熔断器  $FU_2$  回路。在对滑触线进行送电之前,先通过  $FU_2$  对滑触线进行试探性送电,如有故障存在, $FU_2$  迅速熔断,滑触线送不上电。如无故障,紧跟着就可正式送电。

$KM_1$  为滑触线送电接触器; $KM_2$  为试探性送电接触器; $FU_2$  为试探性熔断器,一般为 15A 即可。如果要给滑触线送电,先按下  $SB_1$  使  $KM_2$  得电吸合,电源通过  $FU_2$ 、 $KM_2$  主触点给滑触线送电,接在滑触线上的继电器  $K_1 \sim K_6$  都能得电吸合,使  $KM_1$  得电吸合,正式送电,松开  $SB_1$ ,  $KM_1$  仍保持得电吸合。如要断电,按  $SB_2$  即可。假设在按  $SB_1$  前滑触线上已存在短路现象,那么按下  $SB_1$  时, $FU_2$  熔体总会有一个立即烧断,滑触线上就会断相。 $K_1 \sim K_6$  总会有一个不能得电吸合,那么  $KM_1$  就不能得电吸合。这样就有效地保护了滑触线。如果故障不排除,滑触线就送不上电。

该装置在安装中应注意, $K_1 \sim K_6$  线圈电源要取自起重机工作区间以外,即非电源引入端,否则因线路电阻及短路点接触电阻的作用造成保护失灵,形成某段滑触线不受保护。如果电源是从滑触线中部引入,则另一段就未受到保护。要保护则需再增加一套保护装置。

## 6. 电梯曳引机模拟试验用自动间歇正反转控制电路

在电梯安装完毕进入整机运行前,必须对曳引机的性能进行模拟运行试验,综合检测曳引机的振动、噪声、发热及制动灵敏等参数。图 1.3.15 所示为一种曳引机模拟试验用的自动间歇正反转控制电路。在实际运行中的电梯曳引机上是不能装用这种延时电路的。

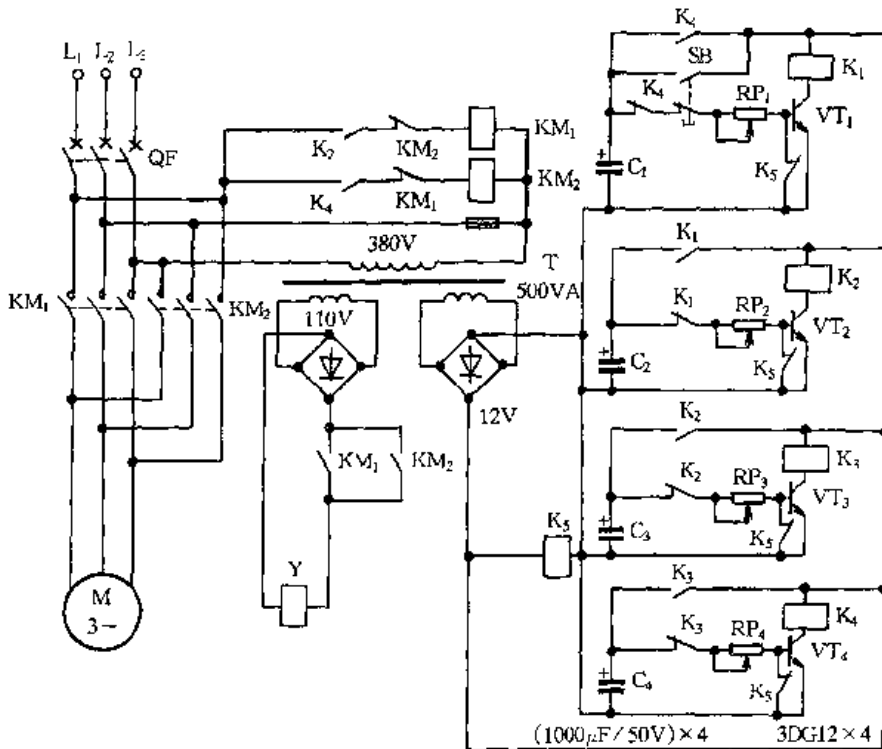


图 1.3.15 电梯曳引机模拟试验用自动间歇正反转控制电路

合上低压断路器 QF,继电器  $K_5$  得电吸合,其常闭触点均断开。按下按钮 SB,+12V 电源就对电容  $C_1$  充电。松开 SB, $C_1$  经电位器  $RP_1$  及三极管  $VT_1$  的 B、E 极间电阻放电,使  $VT_1$  导通,继电器  $K_1$  得电吸合,此时曳引机的电动机 M 停机延时,同时由于  $K_1$  的常开触点闭合、常闭触点断开,+12V 电源对  $C_2$  充电。

$C_1$  放电结束, $VT_1$  就截止, $K_1$  也失电释放,使  $C_2$  经  $RP_2$  及  $VT_2$  的 B、E 极间电阻放电, $VT_2$  导通, $K_2$  得电吸合,其常开触点闭合,使接触器  $KM_1$  得电吸合,其主触点闭合,电动机 M 得电,同时  $KM_1$  的常开辅助触点闭合,使制动器 Y 得电松闸,M 正转运行;同时  $K_2$  的另一常开触点闭合、常闭触点断开,电容  $C_3$  充电。

$C_2$  放电结束, $VT_2$  截止, $K_2$ 、 $KM_1$  失电释放,M 制动停机,第二次间歇停机延时。此时  $C_3$  经  $RP_3$  及  $VT_3$  的 B、E 极间电阻放电,使  $VT_3$  导通, $K_3$  吸合,电容  $C_4$  充电。

由上述可知,当  $C_3$  放电结束后, $C_4$  又开始放电,随之  $KM_2$  的常闭触点闭合,M 反转运行,同时  $C_1$  开始充电;当  $C_4$  放电结束,M 制动停机。如此周而复始,重复上述操作。

如各状态下的时间需加长或缩短,可调节相应的电位器,也可更换电容器,增减电容量。

$K_5$  用于电容器放电。当试验结束,QF 断开,使  $K_5$  失电释放,其常闭触点短接三极管的 B-E 结,使电容器直接经电位器放电,避免三极管被击穿。

## 第四节 一般生产机械装置电气控制电路

### 一、电焊机电路

#### 1. 交流电焊机自动开停控制电路

电路如图 1.4.1 所示,在空载时电焊机自动断电,焊接时只要焊枪与焊接工件一接触,就自动给电焊机供电。合上开关 QS,接触器 KM 得电吸合,其常开触点闭合、常闭触点断开,使焊接变压器  $T_1$  接通电源,并使焊枪与工件间加有变压器  $T_1$  的次级电压(即空载电压),该电压并加于通电延时时间继电器 KT 两端,使 KT 得电吸合,经一定的延时时间,KT 延时断开的常闭触点断开,使 KM 失电释放,其已闭合的常开触点断开,使变压器  $T_1$  失电;其已断开的常闭触点闭合,经变压器  $T_2$  给 KT 供电,使 KT 仍保持得电吸合。

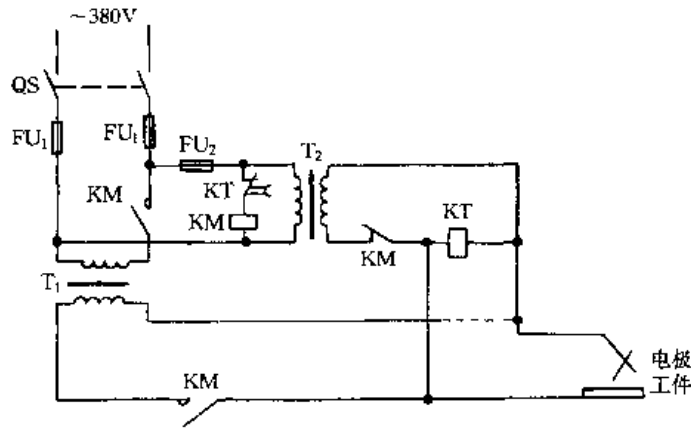


图 1.4.1 交流电焊机自动开停控制电路

引弧时,时间继电器 KT 被电极及工件短接而失电释放,其常闭触点接通,使接触器 KM 得电吸合,焊接变压器  $T_1$  得电,可以进行焊接。焊接停止时,控制变压器  $T_2$  的空载电压加到时间继电器 KT 线圈上,经过预定时间的延时,其常闭触点断开,使接触器 KM 失电释放,KM 的常开触点断开,切断焊接变压器的电源;KM 的常闭触点闭合,使 KT 得电,为下次引弧焊接作准备。

#### 2. 交流电焊机的自动开关节能控制电路

电路如图 1.4.2 所示,它能使变压器在焊枪不接触工件时的原边空载电流自动降到毫安级,而当焊枪与工件接触时又很快恢复正常工作状态。电焊机电抗器的引线由 A、B 两端引出。

合上电源开关 S,接触器 KM 得电,其常开触点闭合,将电容  $C_3$  短路,电焊变压器 T 得电,进入等待状态,同时 KM 的常闭触点断开。若此时不进行焊接,则  $U_{AB}$ (约 70V)经二极管 VD 整流、电容器  $C_1$  滤波和电阻 R 限流后,使稳压二极管  $VZ_1 \sim VZ_3$  都击穿而输出约 60V 的直流电压。该电压经电位器 RP 给电容器  $C_2$  充电,当  $C_2$  的充电电压达到单结晶体管 VT 的峰值电压时,VT 导通,其输入电阻  $R_{EB}$  迅速减小(约 26 $\Omega$ ),这时  $C_2$  就通过 VT 向继电器 K 放电,使 K 得电吸合,其常开触点闭合自锁,常闭触点打开,使 KM 失电释放。KM 的常开触点断开,于是

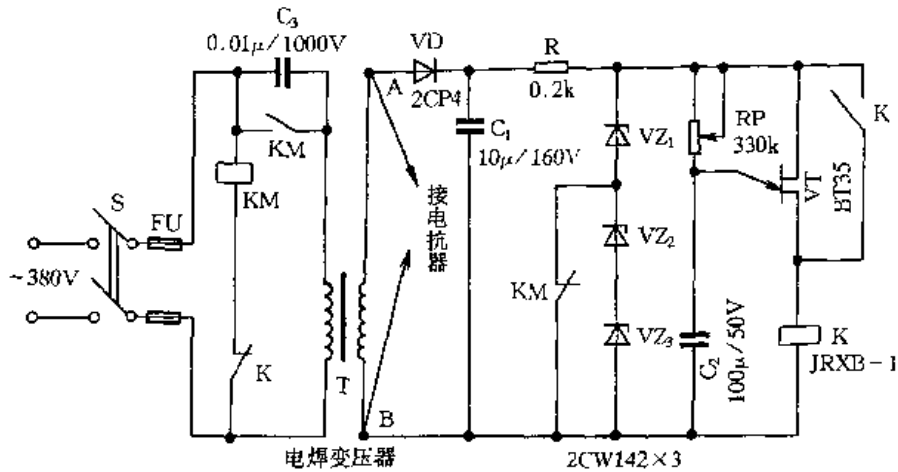


图 1.4.2 交流电焊机的自动开关节能控制电路

380V 的交流电源改为通过小电容  $C_3$  与电焊机接通。由于  $C_3$  的容抗比变压器原边感抗大得多,所以使空载电流从原来的 5A 左右下降到 300mA 以下。而变压器次级电压只有 30V。由于此时 KM 的常闭触点恢复闭合,将  $VZ_2$  和  $VZ_3$  短路,因此,30V 交流电压经整流、滤波、限流后仍可将  $VZ_1$  击穿,使其两端保持直流 20V,直流继电器 K 保持得电吸合。

如果需要焊接,只要将焊枪与工件接触,A、B 两端便短路,稳压管上失去电压而使 K 失电释放,其已断开的常闭触点恢复闭合,KM 得电吸合,其常开触点闭合,将电容  $C_3$  短路,恢复工作状态;其常闭触点断开,这样,即使是在额定工作状态(电弧拉长使副边电压  $U_{AB} \approx 40 \sim 50V$ ), $U_{AB}$  还是低于稳压管  $VZ_1 \sim VZ_3$  的击穿电压,使单晶体管无输出,直流继电器 K 保持释放。

焊接停止后, $U_{AB}$  上升为 70V,稳压管击穿,电容  $C_2$  充电,K 得电吸合,KM 失电释放,电焊机又进入空载状态。

电焊机工作时,次级电压与焊接电弧的长度有关,一般为 20V,电弧拉长时还会增加,但一般也不会超过 50V。为了使电焊机不致在拉弧时断电,此电路用了 3 只 2CW142 型稳压管串联,总的击穿电压为 60V,这样电焊机就只能在空载(变压器副边电压约 70V)时才会自动掉闸。

### 3. 电焊机空载自停节电控制电路

图 1.4.3 所示为易起弧且与电焊机组成一体的便于携带的电焊机空载自停节电电路,由电源电路、整流电路、开关电路、延时电路、控制及执行电路等组成。

电源电路由二极管  $VD_1 \sim VD_4$  和电容器  $C_1$  组成,它为开关电路和控制电路提供直流 12V 电源。整流电路由  $R_1$ 、 $VD_6$ 、 $R_2$  组成,将电流互感器 TA 感应出来的交流电流整流为直流电流去控制开关电路。电路中的  $VD_7$ 、 $VD_8$  起错位作用。

当电焊机处于空载状态时,电焊变压器二次侧无电流,因而电流互感器 TA 中无感应电流产生,晶体管  $VT_1$ 、 $VT_2$  无基极电流而处于截止状态。时基电路 N(NE555)的②脚接在  $VT_1$  的集电极上,而处于高电位。电容器  $C_2$  通过  $R_6$  开始充电,约经过 10s 延时后,N 的⑥脚也变为高电位,使输出端③脚为低电位,继电器 K 失电,接触器 KM 的控制回路不通,其主触点断开,电容器  $C_0$  串入电焊机变压器的一次侧回路,实现降压运行,其空载电流仅为 200~300mA,不到原空载电流的 1/10,而且呈容性电流,对电网既有无功补偿作用,又能提高用电的功率因数;同时, $C_0$  的串入还可为电焊机再焊接时提供一个启动电流。

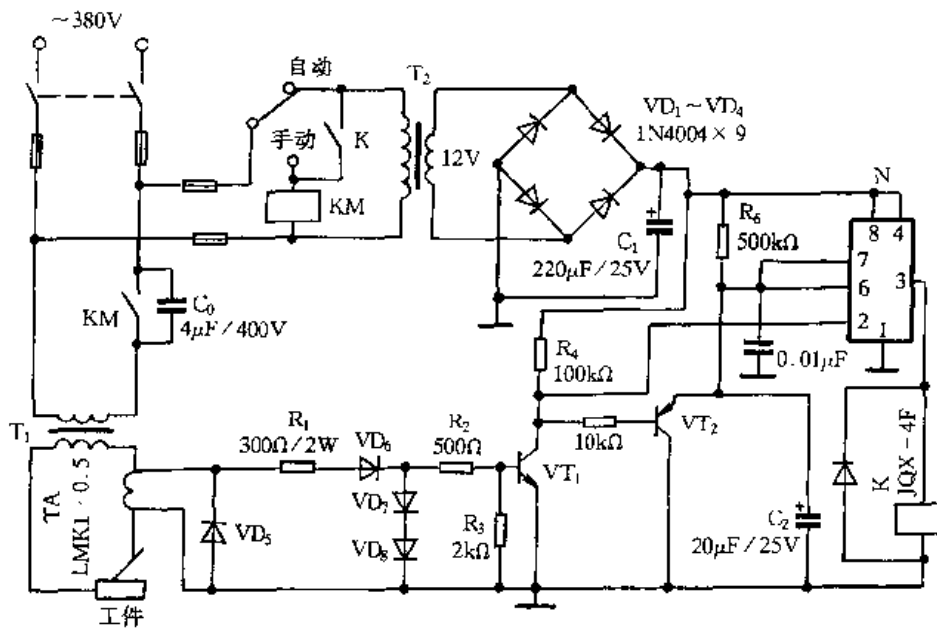


图 1.4.3 电焊机空载自停节电控制电路

正常焊接时,焊枪与工件的瞬间接触,在 TA 中将产生感应电流,经二极管  $VD_5$  整流,使  $VT_1$  和  $VT_2$  同时导通,当  $VT_1$  导通后使 N 的②脚变为低电位,N 翻转,其③脚的输出电压变为高电平,继电器 K 和接触器 KM 先后得电吸合,电焊机进入正常焊接状态。这个过程瞬间完成,对于焊接没有任何影响。

当停止焊接时,由于 TA 中无感应电流而使  $VT_1$  和  $VT_2$  截止,这时 N 的②脚恢复高电位,⑥脚由于  $C_2$  已放完电仍为低电位(小于  $2/3$  的控制电源电压),其输出端③脚处于保持状态。由于  $VT_2$  的截止, $C_2$  的放电回路被切断,只能通过  $R_6$  再充电,随着时间的增长,当  $C_2$  上的电压充至控制电源电压的  $2/3$  以上时,N 复位,其③脚为低电位,KM、K 先后失电释放,又将  $C_0$  串入电焊变压器的一次侧回路,电焊机又恢复到空载运行状态。这段延时时间的长短取决于  $C_2$  的电容量,一般可在  $10 \sim 20s$  左右。

电容器  $C_0$  根据不同的规格、型号的电焊机适当调整其电容量,使电焊机变压器一次侧空载电流在  $200 \sim 300mA$ 。延时时间可根据需要调整  $C_2$  的电容量。

#### 4. 电焊机空载节电器电路

图 1.4.4 所示的电焊机空载节电器电路,能使电焊机空载时焊钳电压从  $60 \sim 70V$  降低到  $36V$  以下。

将转换开关 SA 置于“II”挡,合上开关 QS,接通电源,控制电路进入等待工作状态。此时电焊变压器  $T_1$  的初、次级均失电。当焊钳上的焊条与工件接触时,时间继电器 KT 得电吸合,随后接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  相继得电吸合,使电焊变压器  $T_1$  得电,即可进行焊接工作。焊接完毕时,焊钳端便呈现  $60 \sim 70V$  的空载电压,当这个电压达到继电器 K 的整定值时,继电器 K 得电吸合并切断时间继电器回路,KT 触点延时断开主回路交流接触器,达到空载自停。

该电路具有应急功能,根据工厂连续性作业的要求,节电器中设 1 个转换开关 SA,置“I”挡时,焊机工作于非节电状态,作为备用。

该电路具有定时功能,节电器中设有定时装置,可根据需要,由用户自行设定定时时间。

#### 5. 电焊机延时断电保护电路

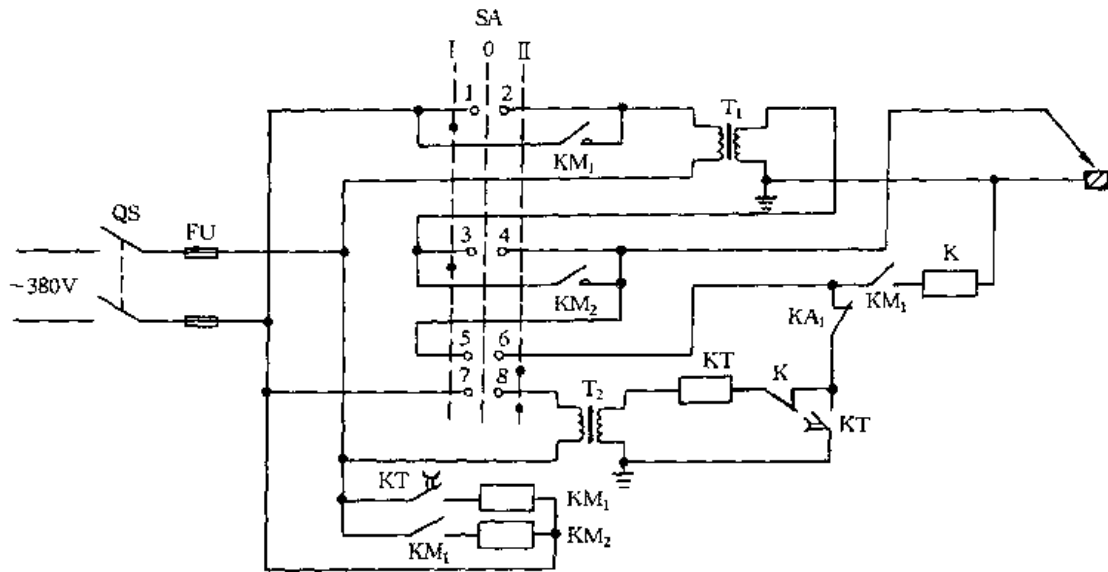


图 1.4.4 电焊机空载节电控制电路

图 1.4.5 所示的电焊机延时断电保护电路,能有效地防止电焊机长时间空载运行。EW 为交流电焊机,在焊枪未与焊接工件接触前, $K_2$ 、KT 均无电,由于焊枪端开路而未与 T 的二次电压形成回路,因此  $K_1$  不吸合。这样 EW 一次侧、二次侧均不带电。

在焊枪与焊接工件接触后,通过变压器 T 的次级电压使  $K_1$  得电吸合并自锁,其通电路径为变压器 T 的次级绕组→ $K_2$  的常闭触点→焊枪→焊接工件→ $K_2$  的常闭触点→ $K_1$  的线圈。 $K_1$  得电吸合,使  $K_2$ 、KT 同时得电吸合,EW 接通工作电压,二次侧一端通过  $K_2$  的已闭合的常开触点与焊枪连接,KT 进入延时工作状态,这时电焊机进入正常得电工作状态。

在 KT 延时时间到后,其延时断开的常闭触点断开,使  $K_1$  失电释放, $K_2$ 、KT 也随之失电释放,EW 一次侧失电,二次侧与焊枪脱离。

只要焊枪与焊接工件接触,EW 就能得电,经过 KT 延时后断电。焊枪不与焊接工件接触,电焊机与电源脱离,这就起到了自动断电防止空载的作用。

KT 整定值可视情况而定,如电焊机暂载率较高,可略整定大些,一般可整定在 15 ~ 30min。在焊接过程中,可能会因 KT 时间到而断电,但只要焊枪不离焊接工件或点焊一下,电焊机又会恢复送电,不影响焊接质量。

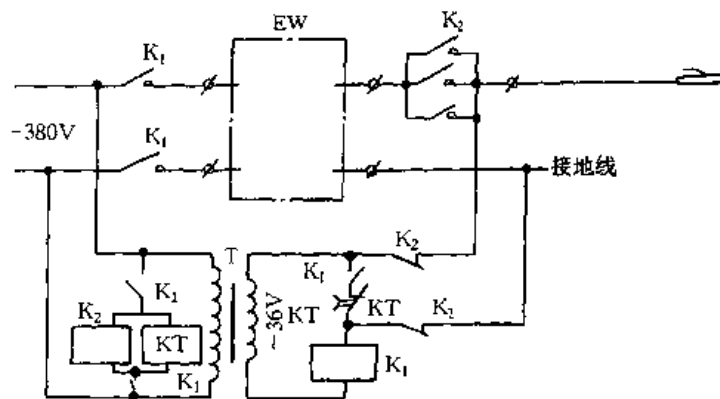


图 1.4.5 电焊机延时断电保护电路

### 6. 应用集成电路 CD4541 改造脚踏式点焊机控制电路

利用行程开关直接控制主接触器的脚踏式点焊机,由于焊接工件厚度及电极长度经常变化,使开关调整困难,通电时间不能预定,因此焊接质量不能保证,尤其焊薄钢板时易被焊穿。图 1.4.6 所示电路在焊接 0.75 mm + 0.75mm 薄钢板时,能保证焊接质量。

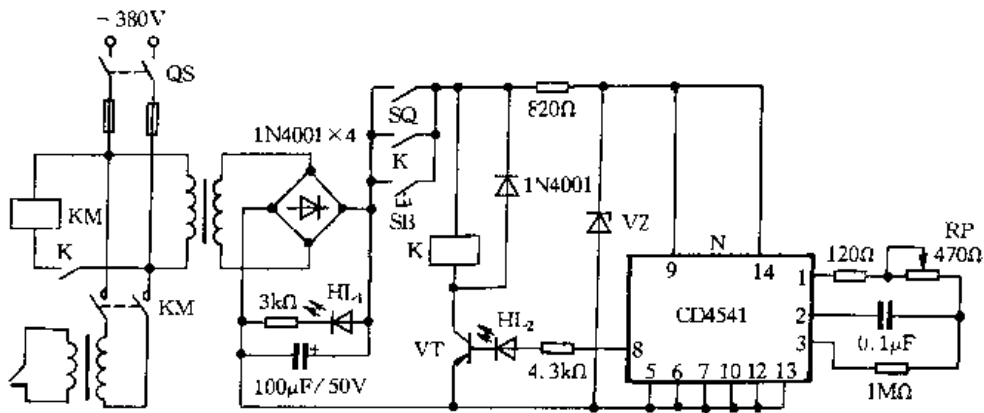


图 1.4.6 应用集成电路 CD4541 的点焊机控制电路

合上开关 QS, HL<sub>1</sub>(绿)灯亮,先进行调试,暂不要踩脚踏开关,按下调试按钮 SB,集成电路 N(CD4541)的⑧脚呈高电平,使 HL<sub>2</sub>(红)灯亮,VT 导通,继电器 K 得电吸合并自锁,使主电路接触器 KM 得电吸合,其主触点闭合,经过一定时间的延时,N 的⑧脚呈低电平,HL<sub>2</sub> 灭,VT 截止,K 失电释放,主电路的 KM 也失电释放。HL<sub>2</sub> 的发光时间代表通电时间之长短,其值可由电位器 RP 来调节。调整好时间,然后进行正式焊接,放好工件,脚踩脚踏开关使工件受压,当压力达到预定值后行程开关 SQ 接通,重复上述动作,电焊机就正常工作。

### 7. 应用 NE 555 时基电路改造脚踏式点焊机控制电路

当工件一定、压力一定时,控制通电时间的长短就能方便地控制焊接温度,使焊接质量得到保证。由于脚踏式点焊机可以调节电压和压力,则只需控制电极间的通电时间,增加定时加热功能即可。

改进后电路如图 1.4.7 所示。时基电路 NE555 组成单稳电路,稳态时②脚为“1”(“1”代表高电平),③脚为“0”(“0”代表低电平),继电器 K 不吸合,点焊机不工作。当踏下电极板后,压力达到一定值,SQ 接通,由于 C<sub>1</sub> 两端的电压不能突变,②脚为“0”,③脚为“1”,电路进入暂态,K 得电吸合,使 KM 得电吸合,点焊机加热输出热能。通过一段时间后,K、KM 失电释放,电路又进入稳态。调节 RP 便能调节通电时间。由于行程开关接通时间有长有短,为了确保每踏一次只产生一次加热过程,因此由 C<sub>1</sub> 和 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 组成微分触发电路,其时间常数远小于单稳时

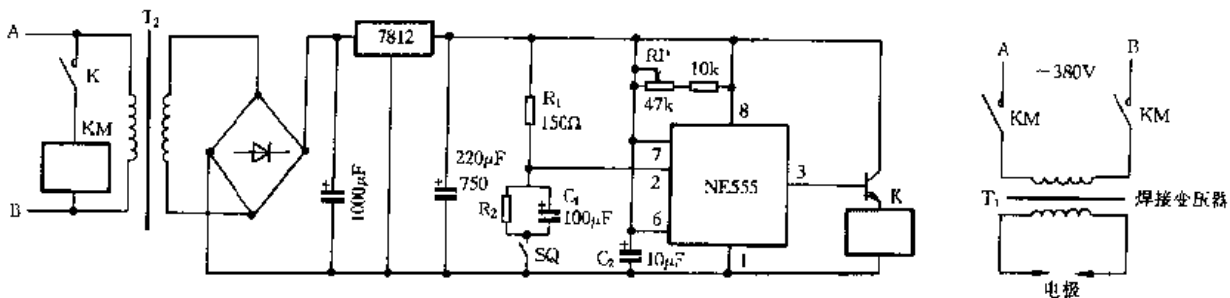


图 1.4.7 应用 555 电路改造脚踏式点焊机控制电路



间常数。 $R_2$  为  $C_1$  的放电电阻。

### 8. 利用晶闸管开关的快速点焊机电路

电路如图 1.4.8 所示。两只晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  正反方向并联,分别在正半周、负半周触发导通,成为一只晶闸管交流开关,接通、断开焊接变压器电源。变压器  $TC_1$  的二次侧输出 15V,经整流桥整流、三端稳压器 7812 稳压输出 12V 直流电压,给继电器供电,发光二极管  $VL_3$  发光作电源指示。晶闸管的触发信号由两只 220V、15VA 的变压器  $TC_2$ 、 $TC_3$  的二次侧输出 7.5V 交流电压,经整流桥整流、三端稳压器 7805 稳压输出 5V 直流电压,经继电器  $K$  的已闭合的常开触点,输出直流信号分别加在晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  的控制极 - 阴极之间,触发晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  导通,完成一个点焊;  $K$  失电时,晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  在交流电过零时自行关断。电容  $C_1$ 、电阻  $R_1$  组成的阻容吸收回路和晶闸管并联,作为晶闸管的过电压保护。快速熔断器  $FU_1$  作为晶闸管的过电流保护。

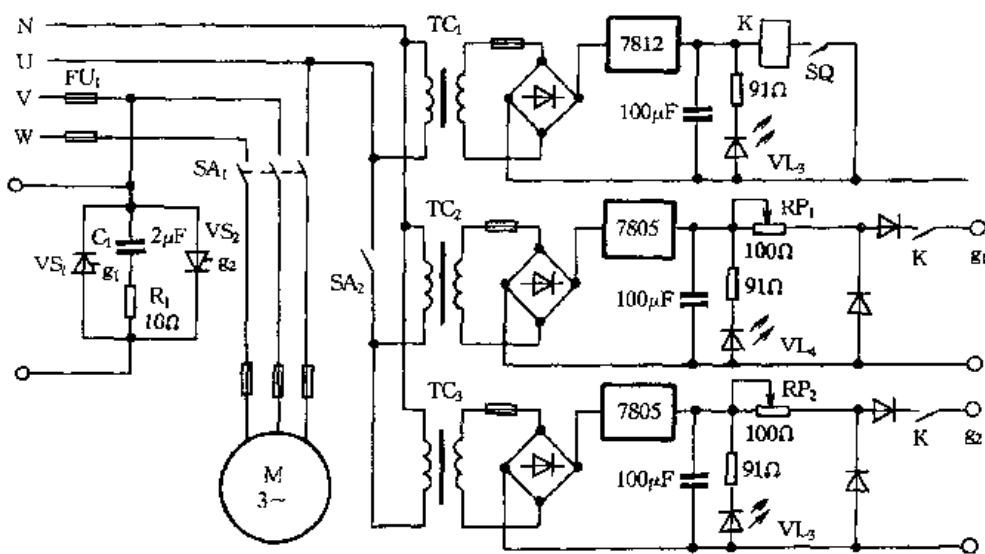


图 1.4.8 利用晶闸管开关的快速点焊机电路

点焊机焊接时,合上开关  $SA_1$ ,电动机启动。在调整时开关  $SA_2$  断开,变压器  $TC_2$ 、 $TC_3$  断电,晶闸管控制极没有触发信号不导通,发光二极管  $VL_4$ 、 $VL_5$  不亮。 $SA_2$  接通时,变压器  $TC_2$ 、 $TC_3$  有电,发光二极管  $VL_4$ 、 $VL_5$  发光。限位开关  $SQ$  在上焊臂向下运动时加压一次,使继电器  $K$  得电吸合一次,晶闸管被触发导通一次。

在制作时,两只晶闸管的参数应尽量选用一致,最好用同一个厂家的产品。否则,调试时得用示波器测量焊接变压器  $TC_2$ 、 $TC_3$  的二次侧输出电压波形,调电位器  $RP_1$ 、 $RP_2$ ,使两只晶闸管输出的正、负半周波形对称。

### 9. 半自动火焰切割机电气控制电路

电路如图 1.4.9 所示。其工作原理与图 1.2.70 相同,不再赘述。

为了防止电枢电路对晶闸管触发电压的影响,产生控制失灵的现象,在电枢两端引入了电阻  $R_2$ 、电容  $C_2$  串联的滤波环节。

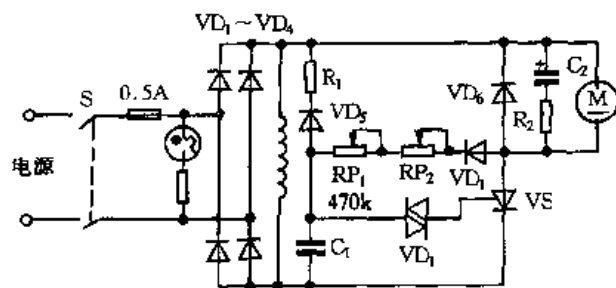


图 1.4.9 半自动火焰切割机电气控制电路

## 二、纺织机械电气控制电路

### 1. 纺织机停车关机的晶闸管节能开关电路

电路如图 1.4.10 所示。

对  $L_1$  相来讲(其它两相相同),  $VS_1$  为双向晶闸管,  $R_1$ 、 $C_1$  为吸收回路,  $R_2$  为触发电阻,  $KD_1$  为启动干簧管,  $KD_2$  为自停干簧管,  $YA_1$  为启动电磁铁,  $YA_2$  为停机电磁铁。

三相电源  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  经过双向晶闸管  $VS_1 \sim VS_3$  加至织机电动机  $M$  上, 使  $M$  运转。双向晶闸管起电子开关作用,  $VS_1 \sim VS_3$  导通时,  $M$  得电工作;  $VS_1 \sim VS_3$  截止时,  $M$  失电停机。

晶闸管  $VS_1$  的通断由干簧管  $KD_1$ 、 $KD_2$  与触发电阻  $R_2$  构成的触发回路控制。当开车时, 推动离合器手柄, 启动电磁铁  $YA_1$  移至开机位置,  $KD_1$  的触点闭合, 使触发回路工作,  $VS_1$  导通, 同样  $VS_2$ 、 $VS_3$  也导通,  $M$  得电运转。

当纺织机因故停车时, 装在离合器手柄上的自停电磁铁  $YA_2$  使干簧管  $KD_2$  的常闭触点断开, 使触发回路断开,  $VS_1 \sim VS_3$  截止,  $M$  失电停机, 实现停车自动关机。

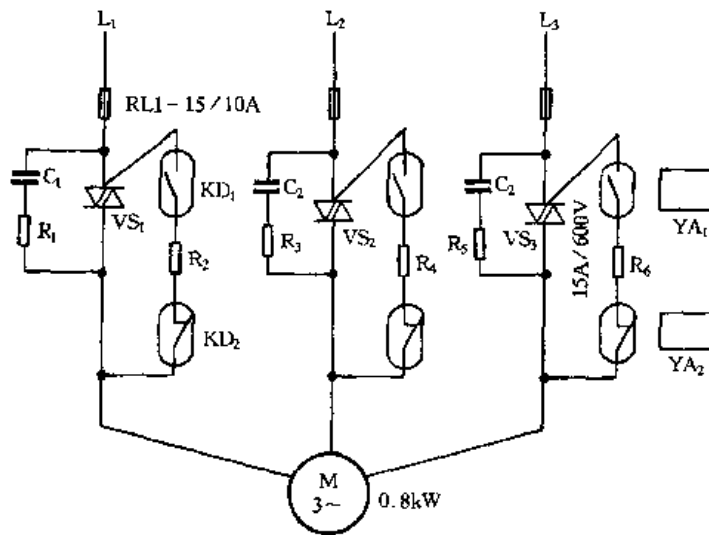


图 1.4.10 纺织机停车关机的晶闸管节能开关电路

### 2. 经编机调速电路

电路如图 1.4.11 所示, 用直流电动机拖动, 以单相调压器调压来控制电动机的转速。调速平稳, 调速范围广阔, 运行可靠, 操作简单。

为防止交流分量流入电动机, 设有 RC 滤波电路。励磁绕组的直流电源, 由另设的整流电源供给。当无励磁电源时, 继电器  $K$  不得电, 操作电源就被切断, 电动机  $M$  也就无法启动, 这样提高了运行的可靠性。  $KM_1$  为运行接触器、 $KM_2$  为点动接触器, 因此  $KM_1$  设有自锁触点, 而  $KM_2$  不设自锁触点。在经编机中, 为了避免张力过大而造成崩丝故障, 设立了多处张力开关, 当达到一定张力时, 张力开关动作, 织机自动停止运行。设置定长开关是保证织布到一定长度后, 自动停车。

为了安全起见, 操作电源采用经降压变压器降低的低压电源, 因此  $KM_1$ 、 $KM_2$  采用 36V 交流接触器。

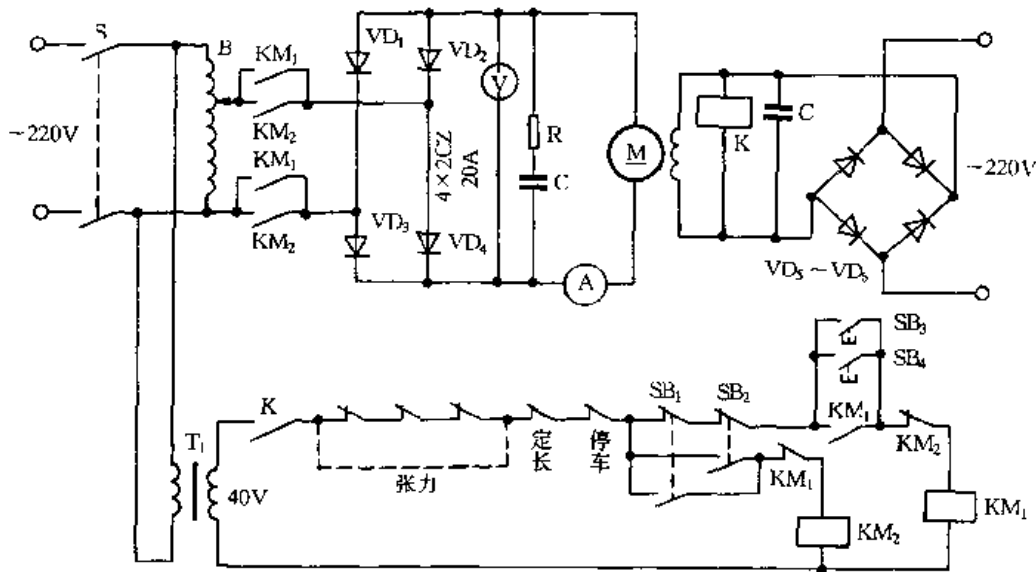


图 1.4.11 经编机调速电路

### 三、水泵电气控制电路

#### 1. 深井水泵电动机保护电路

图 1.4.12 所示水泵电动机保护电路,可用于 0.5kW ~ 100kW 三相电动机的断相保护,并且有一个可选条件控制端。该保护电路由传感器、逻辑控制、水位控制、复位及电源等电路组成。

##### (1) 逻辑控制电路

逻辑控制电路由集成电路 74LS151、晶体管  $VT_1 \sim VT_4$ 、继电器  $K_1$  组成。74LS151 的 A、B、C 端分别接传感器电路,0、1、2、3、4、5、6、7 端为传感器的状态数据端, $\overline{CE}$  端接水位限制电路, Y 端为逻辑输出,控制  $VT_4$  的导通和截止,同时也控制了继电器  $K_1$ 。在电路中 74LS151 的状态数据端 0 和 7 接低电平“0”,其余 6 个数据端接高电平“1”。

当  $\overline{CE} = 0$  时,即水位限制电路采样满足水泵正常运行条件时,保护电路正常工作。在水泵电动机正常启停时,  $A = B = C = 1$  或  $A = B = C = 0$ ,输出端 Y 等于状态数据端 7 或 0 的值,由于数据端 7、0 接地,因此使 Y 等于“0”,即处于低电平,  $VT_4$  截止,  $K_1$  不吸合。当任一相断相时,输出 Y 等于“1”,处于高电平,使  $VT_4$  饱和导通,  $K_1$  得电吸合,保护电路执行保护功能。

当  $\overline{CE} = 1$  时,即水位限制电路采样不满足水泵正常运行条件时,输出 Y 被封锁,处于高阻状态,此时  $VT_4$  的基极经  $2k\Omega$  电阻处于高电平,使  $VT_4$  饱和导通,  $K_1$  得电吸合,使保护电路执行保护功能。

##### (2) 传感器电路

电流互感器  $TA_1 \sim TA_3$  把水泵电动机运行时的电源的每一相供电状态(是否断相)信号经整流桥  $UR_1$ 、 $UR_2$ 、 $UR_3$  整流后分别加到 74LS151 的 A、B、C 端(本电路中的电流互感器是利用 14 英寸黑白电视机的行输出变压器铁心,用  $\Phi 0.35mm$  漆包线绕 750 匝制成)。

##### (3) 复位电路

图 1.4.13 为复位电路,在启动水泵电动机之前须按一下复位按钮 SB,继电器  $K_2$ 、 $K_3$  得电吸合 ( $K_2$  的触点用于复位自锁,  $K_3$  的触点用于保护功能的执行),水泵电动机控制电路可

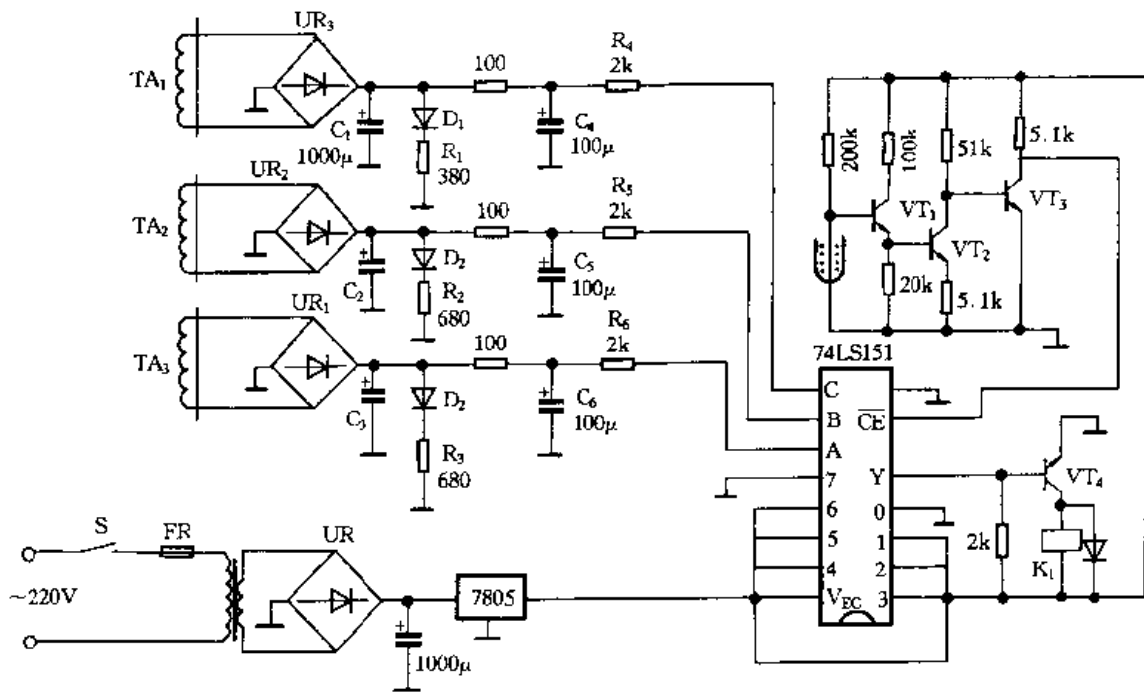


图 1.4.12 深井水泵电动机保护电路

以正常启停水泵。当水泵供电电路出现断相、断电或水泵脱离水面时， $K_1$  的常闭触点断开 → 使  $K_2$ 、 $K_3$  失电释放 →  $K_3$  的常开触点断开 →  $KM$  失电释放，使水泵电动机断电，达到保护水泵电动机的目的。在没有再一次按复位按钮  $SB$  之前， $K_3$  始终处于断开状态，水泵不能再次被启动。

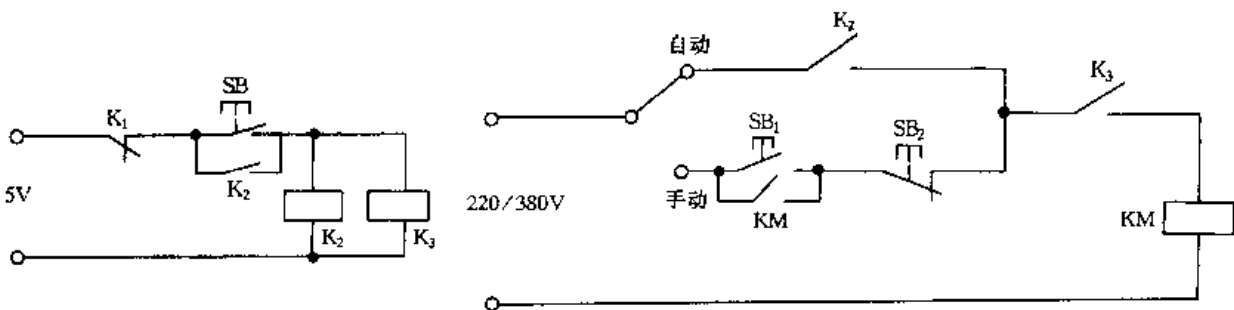


图 1.4.13 复位电路

## 2. 深井泵电动机控制电路

图 1.4.14 所示为一种可靠保护深井泵电动机及线缆的控制电路。

### (1) 电源相序保护电路

为了确保深井泵电动机运转方向正确，设有由电位器  $RP_1 \sim RP_4$ 、电容  $C$  和中间继电器  $K_1$ 、 $K_2$  组成的电源相序保护电路。按下启动按钮  $SB_2$ ，中间继电器  $K_1$  得电吸合并自锁，其常开触点闭合接通相序保护电路，在外部电源线路检修时一旦发生错相， $K_2$  拒动，接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  不能得电，深井泵电动机不能启动，使水泵免于损坏。

### (2) 电动机降压启动和白耦变压器保护电路

该电路具有降压启动和全压运行的各元件间的电气联锁，无论自动控制还是手动控制，若误按按钮或由于线圈断线，电动机均不会直接启动。在正常全压运行中错按按钮，也不会使减

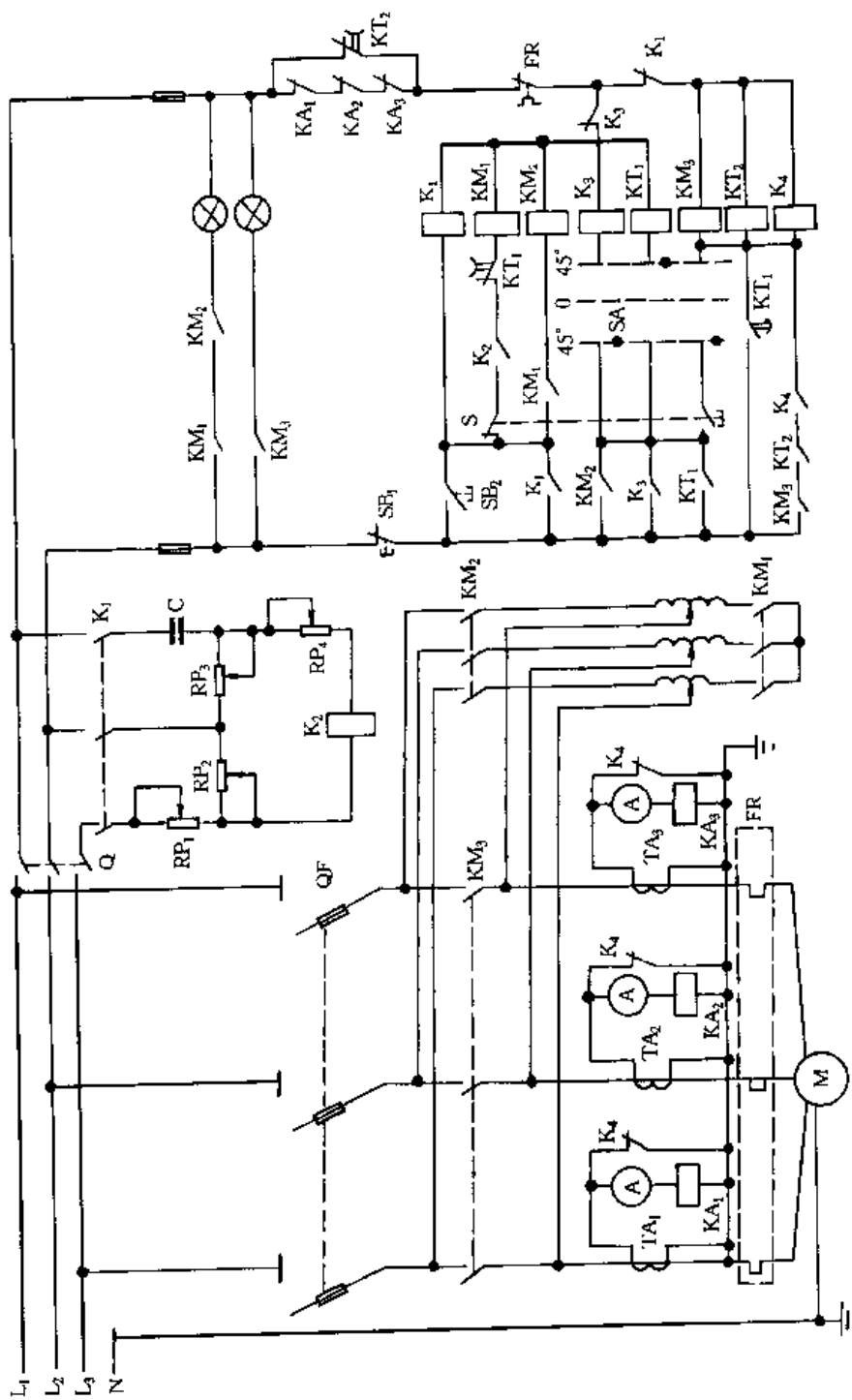


图 1.4.14 深井泵电动机控制电路

压部分的接触器再投入运行,避免造成自耦变压器一部分线圈短路,一部分线圈过压运行而导致的严重事故。

### (3) 断相、过载、短路保护电路

采用 JR20-160/5W 双金属片热继电器作过载和断相保护,按电动机额定电流的 1.15 倍左右整定。将电流调节凸轮旋至 100A 处,同时,依靠电流继电器来提高保护的灵敏度,增加保护的可靠性。采用电流互感器和电流继电器组成 Y 形接线,与中间继电器和时间继电器相配合,能对运行中的电动机和电缆线路进行过流、断相、短路保护。

### 3. 拖动水泵的备用电动机自动投切电路

电路如图 1.4.15 所示。每组 2 台电动机,一台运行,一台备用,使冷却系统在故障情况下不断水。

开机时,先合上断路器 QS,再合上组合开关 SA,接通控制电路电源,信号灯 HL<sub>1</sub>、HL<sub>2</sub> 亮。然后可任意按启动按钮 SB<sub>2</sub> 或 SB<sub>3</sub>。如按 SB<sub>2</sub>,则 KM<sub>1</sub> 得电吸合并自锁,其主触点闭合,使电动机 M<sub>1</sub> 工作。KM<sub>1</sub> 的常闭触点 KM<sub>1</sub>(3-4)、KM<sub>1</sub>(5-6)断开,使 K<sub>1</sub> 和 KM<sub>2</sub> 不能得电,只有在 KM<sub>1</sub> 失电释放后才有条件得电吸合。同时 KM<sub>1</sub> 的常开触点 KM<sub>1</sub>(7-8)闭合,通过 KM<sub>2</sub> 的常闭触点 KM<sub>2</sub>(3-4),使 K<sub>2</sub> 得电吸合并自锁,K<sub>2</sub> 的常开触点 K<sub>2</sub>(3-4)闭合,为 KM<sub>2</sub> 的自动投入做好准备。并且只有 KM<sub>1</sub> 失电释放后其触点 KM<sub>1</sub>(5-6)闭合时,KM<sub>2</sub> 方能投入工作。与此同时,K<sub>2</sub> 的常闭触点 K<sub>2</sub>(1-2)断开,使信号灯 HL<sub>2</sub> 灭,告诉操作者电动机 M<sub>2</sub> 进入准备状态。停机时按停止按钮 SB<sub>1</sub>,所有控制电器失电释放。将 SA 断开,切断控制电源。若先按启动按钮 SB<sub>3</sub>,动作原理与上述相同。

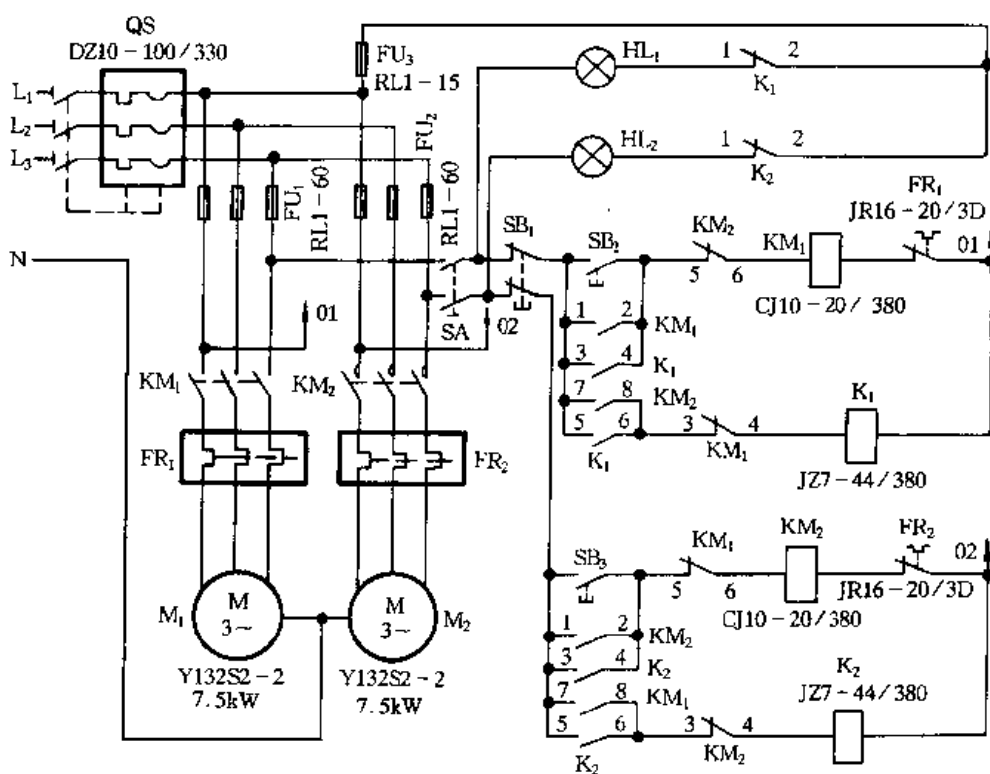


图 1.4.15 拖动水泵的备用电动机自动投切电路

当电动机 M<sub>1</sub> 过热或单相运行时,热继电器 FR<sub>1</sub> 脱扣,使 KM<sub>1</sub> 失电释放,M<sub>1</sub> 停止运行。KM<sub>1</sub> 的常闭触点 KM<sub>1</sub>(3-4)、(5-6)复位。KM<sub>2</sub> 立即通过 K<sub>2</sub> 常开触点 K<sub>2</sub>(3-4)(仍闭合)和

$KM_1$  常闭触点  $KM_1(5-6)$  形成回路而得电吸合并自锁,使电动机  $M_2$  投入运行。 $KM_2$  的常闭触点(3-4)、(5-6)断开,使  $KM_1$  和  $K_2$  不能得电,使其只有在  $KM_2$  失电释放后才有条件得电吸合。 $KM_2$  的常开触点  $KM_2(7-8)$  闭合,如果维修人员及时排除故障后, $K_1$  会得电吸合并自锁,其常闭触点  $K_1(1-2)$  断开,信号灯  $HL_1$  灭, $K_1$  的常开触点(3-4)接通,又为  $KM_1$  投入运行做好准备。若电动机主回路出现短路故障造成熔断器  $FU_1$  或  $FU_2$  熔断,控制回路同样能起到自动投切的作用。

由于电动机过载保护采用带差动式断相保护装置的热继电器,在电动机运行时出现过载、短路及单相运行时均能达到自动投切的目的。而且在发生故障造成停机时,备用电动机投入运行后,维修人员可以在不断水、不停机的情况下,及时排除故障,使其恢复正常备投状态。如果将热继电器电流整定值调至适当值,还可以将电动机运行温度控制在一定的范围以内,可实现轮流工作,对降低电能损耗有一定的好处。

#### 4. 水泵自动控制电路

电路如图 1.4.16 所示,高、低水位检测电路由时基电路 N(NE555)组成。当水位达高位探头 A 时,触发电压由探头 A、B、C 通过水阻(一般  $10 \sim 30k\Omega$ )接入 N 的②、⑥脚,使②、⑥脚全部呈高电平,内部放电管导通,继电器  $K_1$  经 N 的⑦脚接地而得电吸合,其常开触点闭合,使继电器  $K_2$ 、接触器  $KM$  也相继得电吸合,水泵开始抽水。在高、低水位之间,N 的⑥脚呈低电平、②脚呈高电平,使 N 状态保持,水泵继续抽水。当水降至低位控探头 C 时,N 的②、⑥脚经  $R_3$ 、 $R_4$  接地,全部呈低电平,N 的内部放电管截止, $K_1$ 、 $K_2$ 、 $KM$  相继失电释放,水泵停止抽水。

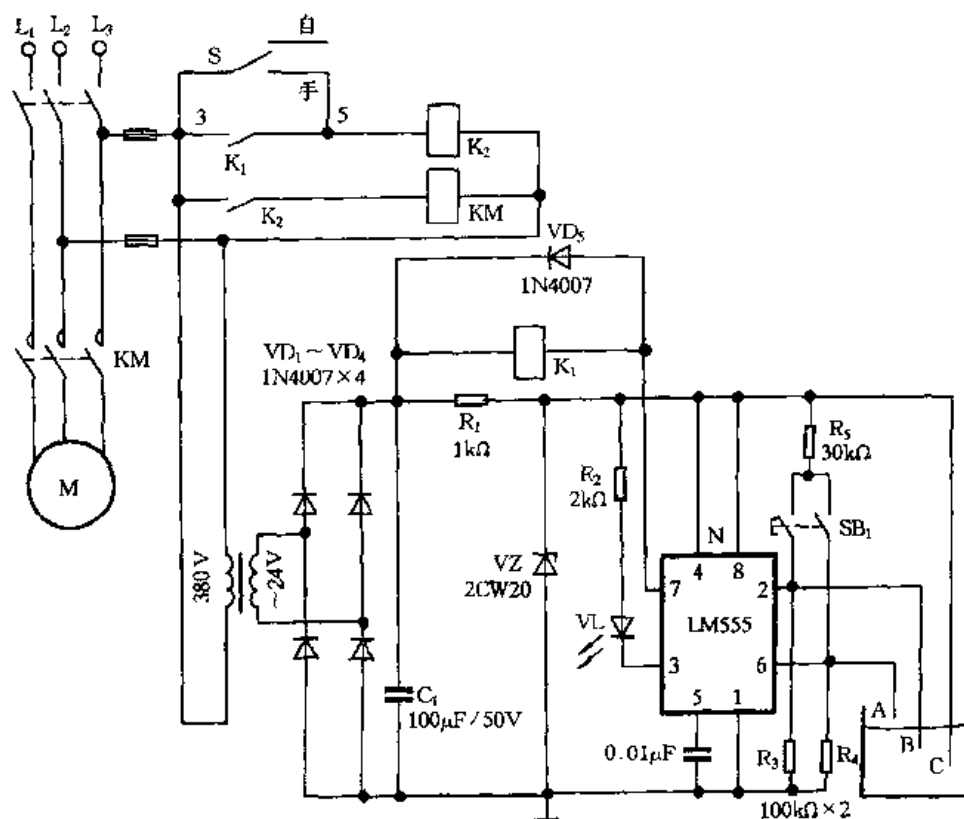


图 1.4.16 水泵自动控制电路

电路中  $SB_1$  用来试验 N 的工作是否正常。按下  $SB_1$ ,可点动控制水泵,VL 亮。N 工作正常时,装置可自控;如异常,可将 S 置于手动位置,暂时手控水泵。

### 5. 继电器触点控制方式的恒水压自动控制电路

电路如图 1.4.17(a)所示。电接点压力表 PP 的低限压触点 2 和高限压触点 3, 分别接中间继电器  $K_1$  和  $K_2$  的线圈电路。当系统水压下降到下限时, PP 表的触点 1 和触点 2 接触, 使  $K_1$  得电吸合, 其常开触点闭合, 使接触器 KM 得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 使水泵得电工作, 向系统补水。当水泵在系统水压升高后, 电接点压力表的触点 1 与低限压触点 2 不接触时, 水泵仍继续得电工作。当系统水压上升到高限压时, 电接点压力表的触点 1 与触点 3 接触, 使中间继电器  $K_2$  得电吸合, 其常闭触点断开, 使接触器 KM 失电释放, 其主触点断开, 切断水泵电源, 水泵停止工作, 系统水压不再升高。

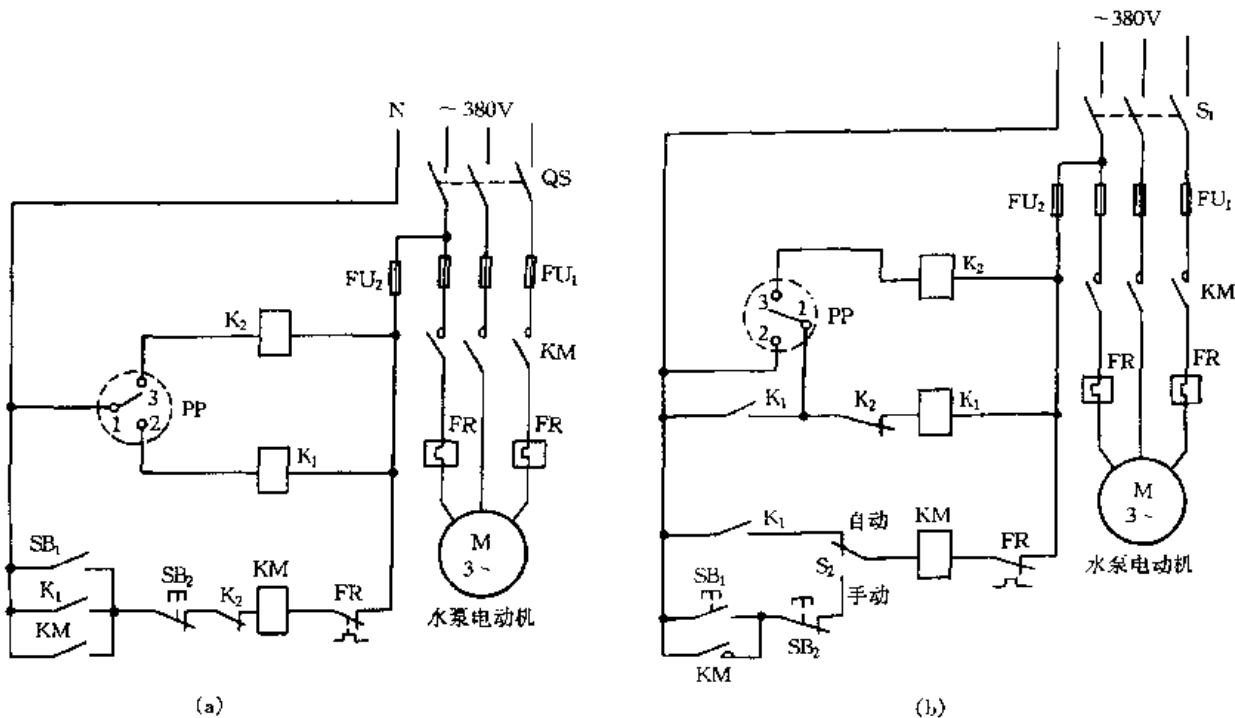


图 1.4.17 继电器触点控制方式的恒水压自动控制电路

上述电路中, 由于电接点压力表触点容量很小(10VA), 因此只能带动线圈功耗小的 JTX 型、JQX 型中间继电器, 而不能用电接点压力表触点直接带容量很大的交流接触器线圈, 否则会使触点烧坏或粘连。图 1.4.17(a)所示电路工作原理简单, 但要用两只中间继电器扩容, 并且在电接点压力表的触点 1 接近触点 2、3 而形成虚接时, 中间继电器会出现跳颤, 引起触点闪弧甚至烧糊, 还影响接触器工作的稳定性。

图 1.4.17(b)所示电路, 利用中间继电器触点自锁和自断路, 防止了继电器的跳颤。当电接点压力表 PP 的触点 1 接触低限压触点 2 的瞬间, 中间继电器  $K_1$  得电吸合并自锁, 因此继电器  $K_1$  不会再跳颤; 当电接点压力表 PP 的触点 1 接触高限压触点 3 后, 中间继电器  $K_2$  的线圈经  $K_1$  自锁触点得电吸合,  $K_2$  的常闭触点断开, 使  $K_1$  失电释放, 其自锁触点断开。接着, 由于  $K_1$  的自锁触点断开, 即断开继电器  $K_2$  经电接点压力表的触点 1 和触点 3 构成的线圈电路,  $K_2$  又失电释放, 这时, 中间继电器  $K_2$  也不会发生跳颤。而且  $K_2$  本身的常闭触点没有直接接进线圈电路里, 它只切断  $K_1$  的线圈电路, 待  $K_1$  释放后才会切断  $K_2$  的线圈电路使其释放, 因此中间继电器  $K_2$  也不会发生自激振吸。中间继电器  $K_1$  的另一常开触点, 控制接触器 KM, 进而控制水泵电动机的电源, 控制水泵工作和停止, 完成恒水压的自动控制。转换开关  $S_2$  为自动、手动



控制方式转换用,当  $S_2$  置于手动控制位置,由人工用按钮操作。

#### 6. 集成电路控制方式的恒水压自动控制电路

电路如图 1.4.18 所示。该电路用时基电路 N(NE555)组成的双稳态触发器,带动 3 个固态继电器 SSR 直接通断水泵电动机的三相电源。双稳态触发器有两个输入端,TH 输入端为⑥脚,阈值电平为  $2/3 U_{CC}$  ( $U_{CC}$  为电源⑧脚电压),TR 输入端为②脚,触发电压为  $1/3 U_{CC}$ ,Q 输出端为③脚,有高电平和低电平两种输出状态。输入端②脚经电阻  $R_1$  和  $R_2$  分压得高电平  $11/13 U_{CC}$  (大于  $1/3 U_{CC}$ );⑥脚经电阻  $R_3$  接地为低电平。当电接点压力表 PP 的触点 1 与低限压触点 2 接触时,输入端②脚为低电平接地,这时输出端③脚为高电平。当 PP 的触点 1 与高限压触点 3 接触时,输入端②、⑥两脚并联同接电阻  $R_1$  和  $R_2$ 、 $R_3$  并联的分压器,⑥、②脚同为高电平  $11/15 U_{CC}$  (大于  $2/3 U_{CC}$ ),这时输出端③脚变成低电平。PP 表的触点 1 在触点 2、触点 3 之间时,按双稳态触发器的性质,输出端③脚保持原来的状态。

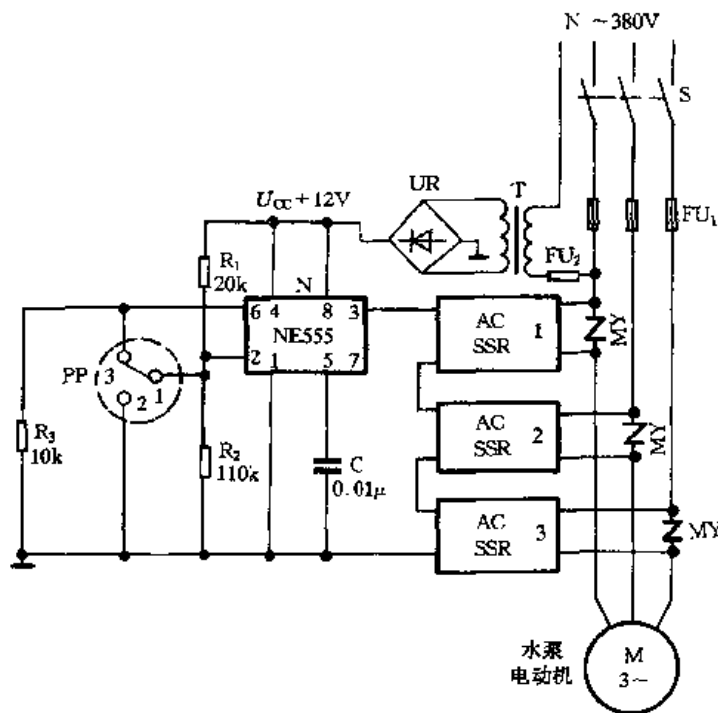


图 1.4.18 集成电路控制方式的恒水压自动控制电路

双稳态触发器③脚输出端接三个串联的固态继电器的输入端,固态继电器输出端连接水泵电动机三相电源电路。因此,电接点压力表的触点在低限压时,固态继电器输出端接通,水泵电动机启动,压力上升。电接点压力表的触点到高限压时,固态继电器输出端断路,水泵停止运转。

#### 7. 冷冻机与冷却泵联锁控制电路

对于冷冻泵、冷却泵联锁控制电路,要求启动时先开冷冻泵、冷却泵,后开冷冻机,停止时与开机顺序相反。冷冻机与冷却泵联锁控制电路如图 1.4.19 所示。

将  $S_2$  置于自动位置,合上  $S_1$ ,指示灯  $HL_1$  亮。当冷冻回水管中的温度达到  $13^{\circ}\text{C}$  时,温度开关 ST 的金属指针与上限触点闭合,使  $K_1$  得电吸合,其常开触点  $K_1(1-2)$  闭合,使  $K_3$  得电吸合并自锁, $K_3$  的常开触点  $(3-4)$  闭合,使  $KM_1$  通过触点  $K_3(3-4)$ 、 $S_2(①-②)$  得电吸合;使  $KM_2$  通过触点  $K_3(3-4)$ 、 $S_2(⑤、⑥)$  得电吸合,冷冻泵、冷却泵工作。此时,冷冻机控制电路中的

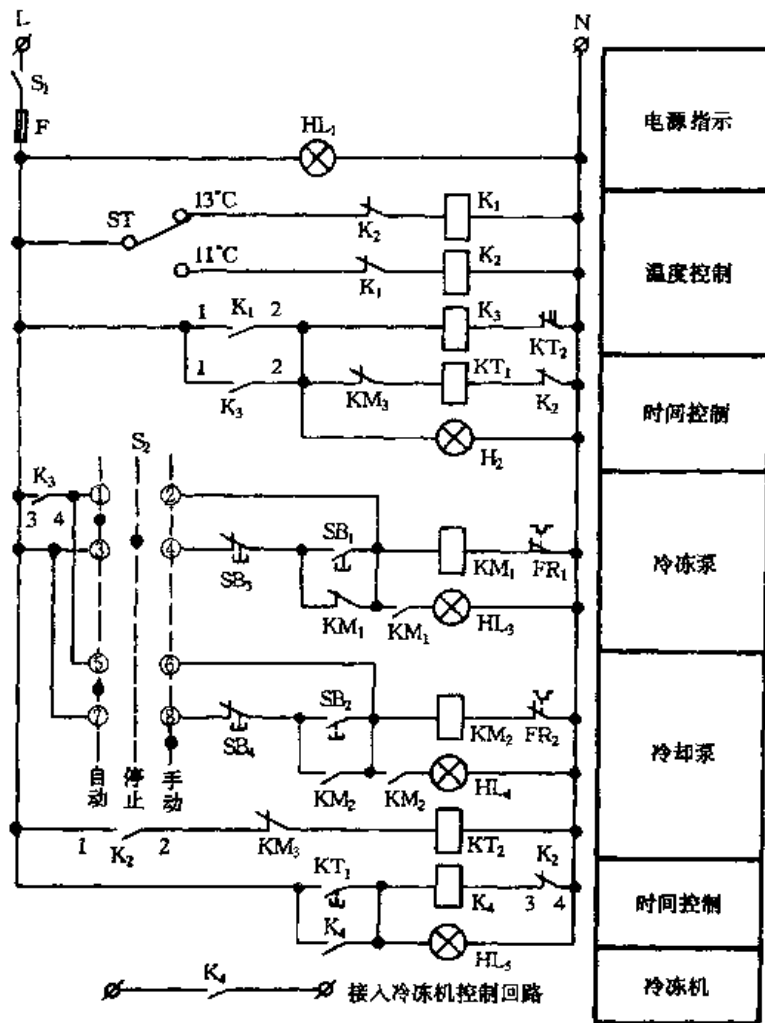


图 1.4.19 冷冻机与冷却泵联锁控制电路

$KM_3$  常闭触点处于闭合状态(冷冻机控制电路可见厂家样本),使  $KT_1$  得电吸合,经延时 180s,  $KT_1$  延时闭合常开触点闭合,使  $K_4$  得电吸合,接入冷冻机控制电路中的  $K_4$  的常开触点闭合,使冷冻机控制电路接通,冷冻机启动。当冷冻回水管中的温度下降到  $11^\circ\text{C}$  时,  $ST$  的指针与下限触点闭合,使  $K_2$  得电吸合,其常闭触点  $K_2(3-4)$  断开,使  $K_4$  失电释放,  $K_4$  常开触点断开,使冷冻机控制电路断路,冷冻机先停止工作,  $KM_3$  常闭触点闭合。同时,  $K_2$  的常开触点  $K_2(1-2)$  闭合,使  $KT_2$  得电吸合,经延时 120s,  $KT_2$  延时断开的常闭触点断开,使  $K_3$  失电释放,  $K_3$  的常开触点  $K_3(3-4)$  断开,使  $KM_1$ 、 $KM_2$  均失电释放,冷冻泵、冷却泵均停止工作。这样,随着温度的变化不断地重复上述过程。如果要进行手动控制,把  $S_2$  置于手动位置。

温度开关  $ST$  为 WSSX-411 电接点双金属温度计,安装在冷冻水回水管上。

#### 8. 备用水泵自动投入电路

电路如图 1.4.20 所示。将  $SA$  置于自动位置,其触点  $SA(7-8)$ 、 $SA(3-4)$  闭合。当水池处于低水位时,下限信号使继电器  $K_2$  得电吸合,其常开触点闭合,使继电器  $K_3$  得电吸合并自锁,接着 1 号泵接触器  $KM_1$  通过中间继电器  $K_4$  的常闭触点(7-8)、 $SA(7-8)$ 、 $K_3$  的常开触点  $K_3(3-4)$  (已闭合)得电吸合并自锁,1 号泵运行。 $KM_1$  得电后,其常闭触点  $KM_1(3-4)$  断开,使  $KM_2$  不能得电,实现互锁;其常开触点  $KM_1(1-2)$  闭合,控制备用泵自动投入的继电器  $K_4$  得电吸合并自锁,  $K_4$  常闭触点(7-8)断开,由于 1 号泵启动后已自锁,不会停泵,  $K_4$  的常开触点(3-4)闭合,为  $KM_2$  得电

作准备( $KM_1(3-4)$ 已断开),使2号泵备用。当水池处于高水位时,上限信号使 $K_1$ 得电吸合,使 $K_3$ 、 $KM_1$ 失电释放,1号泵停止工作,系统完成第一次切换。当水池再次处于低水位时, $K_2$ 、 $K_3$ 得电吸合,常开触点 $K_3(1-2)$ 闭合,由于 $K_4$ 常开触点(3-4)已闭合,因此2号泵运行, $KM_2$ 的常闭触点(1-2)断开,使 $K_4$ 失电释放,其常闭触点(7-8)闭合,1号泵又处于备用状态。如此循环往复,达到自动交替的效果。

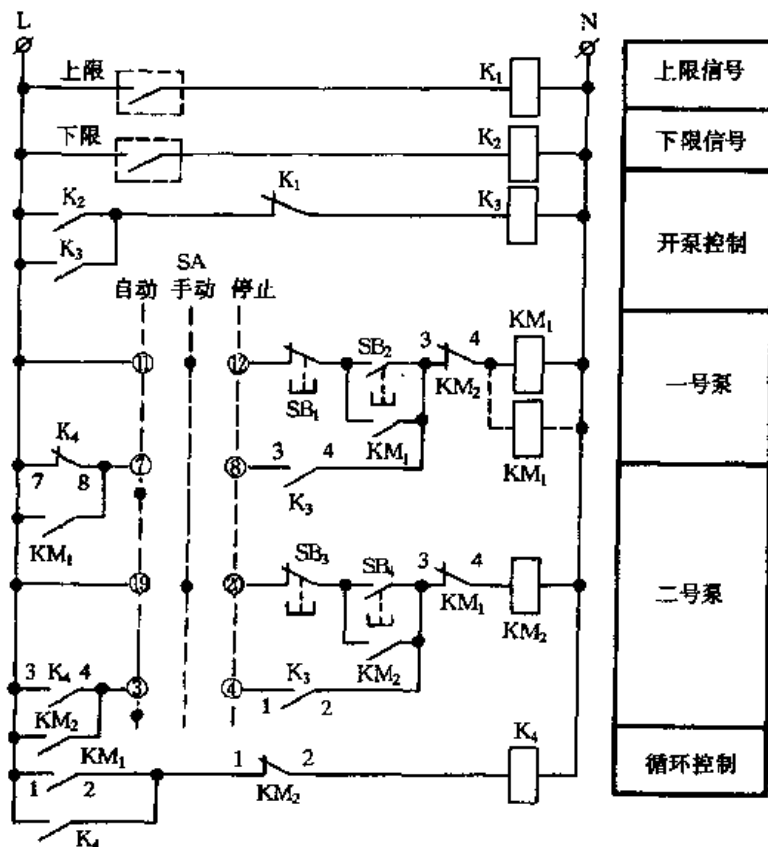


图 1.4.20 备用水泵自动投入电路

#### 四、水位、液位电气控制电路

水位控制电路的形式有多种:浮子开关,行程开关,电接点式压力表,电子式,微机式等。由单级晶体管电路或单片集成触发器组成的水位控制器,具有结构简单、灵敏度高、动作可靠等优点,得到越来越广泛的应用。

液位自动控制的液位检测大多数都是采用三根铜条作电极,安装在水塔上面以检测水塔中水位的高低,由此来控制水泵的运转,达到自动控制水位的目的。由于铜电极长期浸没于水中,时间一长就会被腐蚀氧化,在其上附着一层铜绿,导致导电不良,使晶体管液位自动控制电路失灵。

电接点压力表作为一种液位传感器,与干簧管浮球液位传感器、电阻式液位传感器及电容式液位传感器相比,其安装、调试和维护都比较方便,使用可靠,控压范围大而且可以远离测量现场,便于工作人员通过观察其指示值直观了解液位的情况以进行集中控制。更适用于腐蚀性强或对液体纯度要求很高的场合。

##### 1. 小水电的前池水位监测信号电路

电路如图 1.4.21 所示。合上开关 $S_1$ 和 $S_2$ ,电路投入工作。水位正常时,电源经中间继电

器 K 的线圈和插入前池水中的地线构成通路,使 K 得电吸合,其常开触点 K(1-2)闭合、常闭触点 K(3-4)断开。使信号灯 HL 点亮,指示水位正常。

当水位下降时,插入水中的地线与水断开,使 K 失电释放,其触点 K(1-2)断开、K(3-4)闭合,使 HL 熄灭、警铃 HA 发出音响信号。打开 S<sub>2</sub>,可解除警铃,等水位恢复正常,指示灯亮后,再合上 S<sub>2</sub>。二极管 VD 起到延长信号灯寿命的作用。

当水位下降后,插在前池水中的地线与水面分离后地线将带有 220V 的电压,此时,必须防止触电。

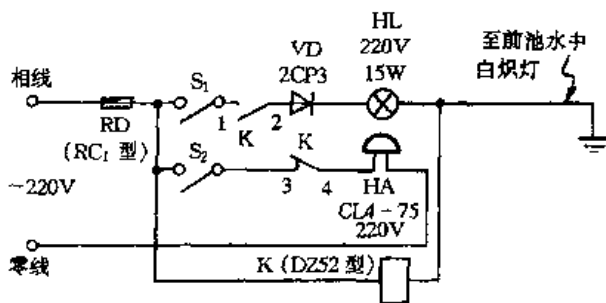


图 1.4.21 水电的前池水位监测信号电路

## 2. 简易晶体管水位自动控制电路

水箱水位控制电路如图 1.4.22 所示。将开关 S 置于自动控制位置,只要水箱中的水未达到 A 位置,合上开关 QS,接触器 KM 得电吸合;电动机 M 拖动水泵泵水。当水位达到 A 点后,晶体管 VT 通过“基极→R<sub>B</sub>→电极 B→水→电极 A→电源(-)”回路获得基极电流而导通,继电器 K 得电吸合,其常闭触点断开,使 KM 失电释放,M 停止泵水。要等到水箱中的水消耗到低于 B 水位之后,水泵重新泵水。设置在水位 A、C 之间的 KM 常闭触点,防止了电动机 M 的频繁启动。

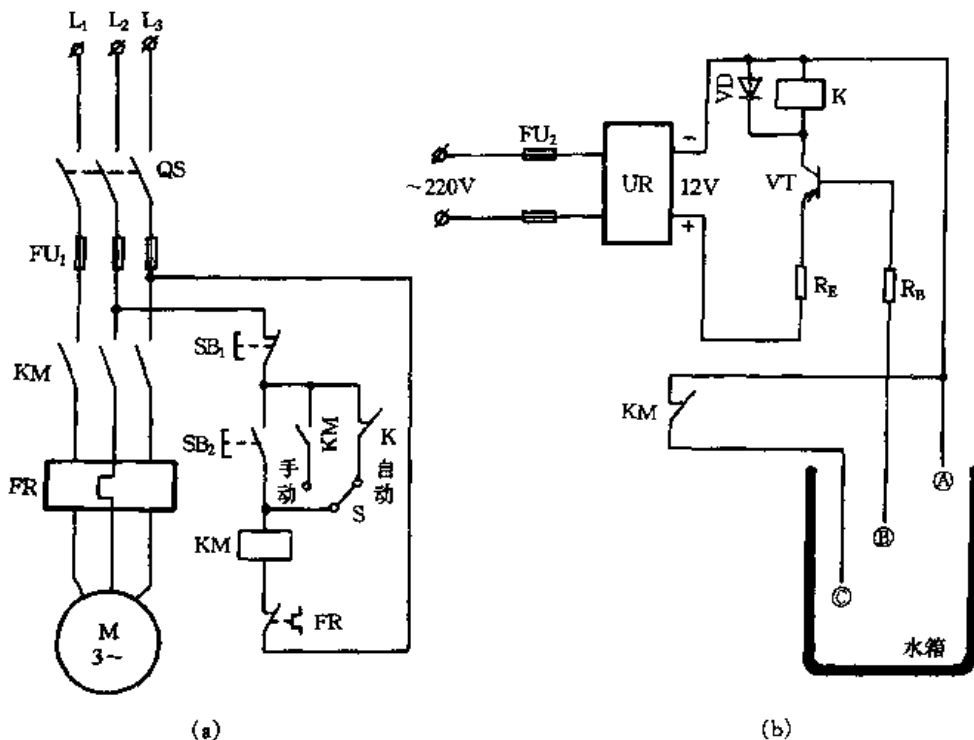


图 1.4.22 简易晶体管水位自动控制电路

## 3. 晶体管水位自动控制电路

电路如图 1.4.23 所示。水池内安装三个用不锈钢制成的电极 A、B、C,在供水管道上安装一只电磁阀 YV。HL<sub>1</sub> 为电源指示灯、HL<sub>2</sub> 为低水位指示灯、HL<sub>3</sub> 为高水位指示灯。

接通开关 Q,当软水池的水位为低水位时,即水位在 B 点以下时,晶体管 VT<sub>1</sub> 和 VT<sub>2</sub> 均为

截止状态,继电器 K 不得电,中间继电器 KA 也不得电,其常闭触点闭合,使接触器 KM 得电吸合,其主触点闭合,使水泵泵水(图中未画出),同时其常开辅助触点闭合,使电磁阀线圈 YV 通电,电磁阀开通,软水进入水池。

当水池水位上升到高水位 A 点时,VT<sub>1</sub> 的基极电阻 R<sub>B</sub> 通过水电阻(约为 200kΩ)与电源接通,VT<sub>1</sub> 获得基极电流而导通,U<sub>E</sub> 电位上升,VT<sub>2</sub> 导通,继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合,使中间继电器 KA 得电吸合,其常闭触点断开,使 KM 失电释放,其主触点断开,水泵停止泵水,同时其常开触点断开,使电磁阀 YV 失电而关闭,软水停止流入水池。当水池水位再次下降至 B 点以下时,电磁阀又重新开通。如此周而复始的工作,从而实现水位的自动控制。

#### 4. 晶闸管水位控制电路

电路如图 1.4.24 所示。首先将选择开关 S<sub>2</sub> 置于自动位置,使控制电路处于自动工作状态。

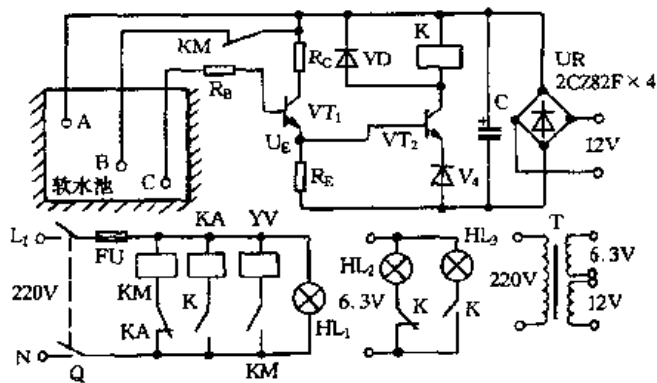


图 1.4.23 晶体管水位自动控制电路

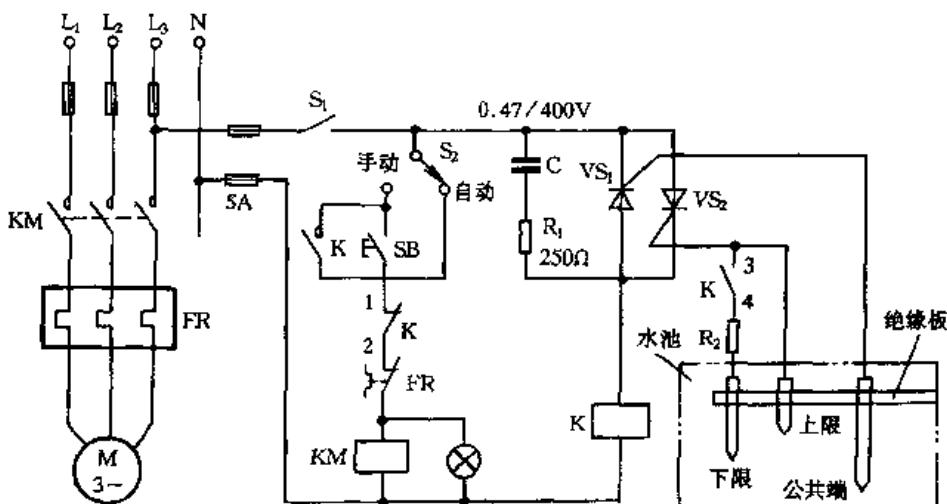


图 1.4.24 晶闸管水位控制电路

合上开关 S<sub>1</sub>,接触器 KM 得电吸合,其主触点闭合,接通水泵电动机 M 电源,使水泵抽水。当水塔中的水位到达上限水位时,上限电极与公共端电极接通,触发由晶闸管 VS<sub>1</sub>、VS<sub>2</sub> 组成的无触点开关使其导通,使中间继电器 K 得电吸合,其常闭触点 K(1-2) 断开,使 KM 失电释放, M 停止工作。K 的常开触点(3-4)的作用是,在水塔水位下降的过程中,即使上限电极脱离水而时,仍能由下限电极与公共端电极组成 VS<sub>1</sub>、VS<sub>2</sub> 的控制极回路,使 VS<sub>1</sub>、VS<sub>2</sub> 组成的无触点开关仍处于导通状态,保持 K 得电吸合,KM 失电释放, M 仍停止工作。

当水塔中水位下降到下限水位时,由于下限电极脱离水而,使得 VS<sub>1</sub>、VS<sub>2</sub> 组成的无触点开关断开,则 K 失电释放,其常闭触点 K(1-2) 再次闭合,KM 得电吸合,电动机 M 重新启动,又开始下一次的自动工作过程。

#### 5. 功率开关集成电路水位控制电路

图 1.4.25 所示为利用功率开关集成电路 N(TWH8751)组成的自动抽水控制电路,A、B、C 为水位检测电极。

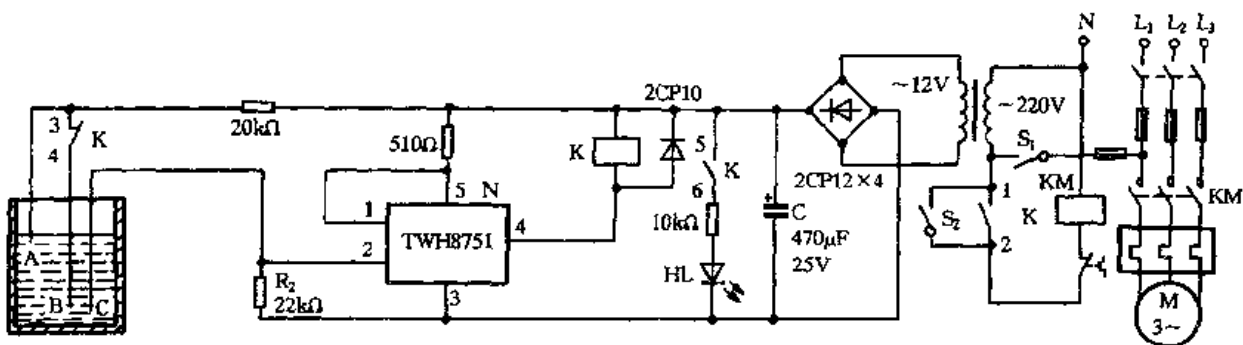


图 1.4.25 功率开关集成电路水位控制电路

当水位处于检测电极 B、C 以下时,功率集成电路 N 的②脚为低电平(0V),N 导通,其④脚呈低电平,使继电器 K 得电吸合,其常开触点 K(5-6)闭合,二极管 HL 得电发光;其常闭触点 K(3-4)断开、常开触点(1-2)闭合,接触器 KM 得电吸合,使电动机运行进入供水状态。

当水位上升到电极 A 时,N 的②脚由低电平变为高电平(>1.5V),N 截止,K 失电释放,其触点 K(5-6)断开,HL 熄灭;触点 K(1-2)断开,使 KM 失电释放,停止加水。

当水位又开始下降(与 A 分开),由于通过 K 的常闭触点(3-4),使 N 的②脚仍为高电平,N 保持截止状态。只有当水位低于 B、C 时,抽水设备又工作,从而达到自运控制的目的。S<sub>1</sub> 为电源开关,S<sub>2</sub> 为手动开关,闭合 S<sub>2</sub> 可直接启动抽水设备。

#### 6. 电接点压力表水塔水位自动控制电路

电路如图 1.4.26 所示。当开关 SA 置于自动位置时,若水塔中水位低于设定的低水位,电接点压力表 PP 的触点 2 闭合,使继电器 KA<sub>2</sub> 得电吸合,其常开触点 KA<sub>2</sub>(1-2)闭合,使继电器 KA<sub>3</sub> 得电吸合并自锁,其常开触点 KA<sub>3</sub>(1-2)、KA<sub>3</sub>(3-4)闭合,使接触器 KM<sub>2</sub>、KM<sub>3</sub>、KT 得电吸合,电动机 M 接自耦变压器 T 减压启动。同时 KM<sub>3</sub> 的常闭辅助触点 KM<sub>3</sub>(1-2)断开,使 KM<sub>1</sub>

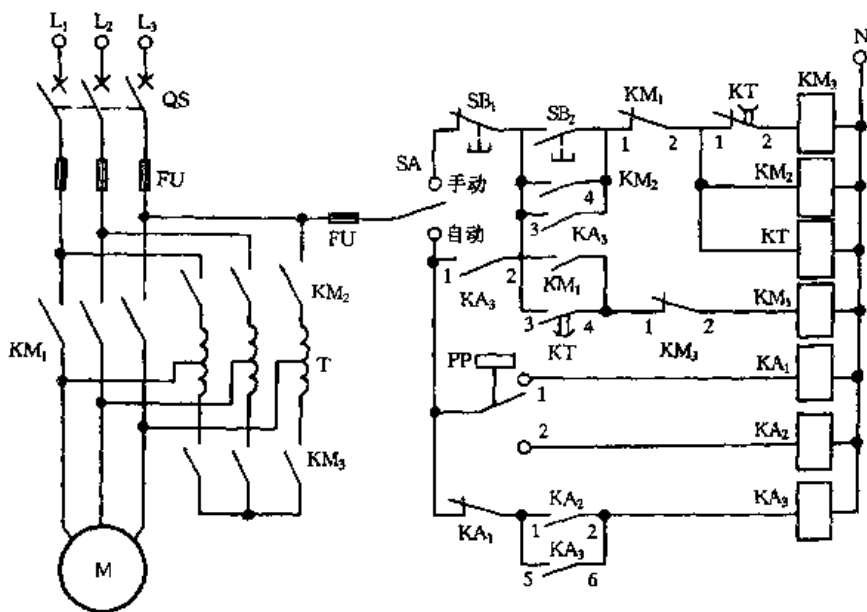


图 1.4.26 电接点压力表水塔水位自动控制电路

不能得电,实现互锁。当KT延时时间到,其延时断开的常闭触点KT(1-2)断开,使KM<sub>3</sub>失电释放,其主触点断开,使自耦变压器变为电抗器接入电动机电路;同时KT的延时闭合的常开触点KT(3-4)闭合,使接触器KM<sub>1</sub>得电吸合,其主触点闭合,短接电抗器,使电动机M全压运行,KM<sub>1</sub>的常闭辅助触点KM<sub>1</sub>(1-2)断开,使接触器KM<sub>2</sub>失电释放,自耦变压器退出。水泵工作后,电接点压力表指针随水压增高而偏转。当水位上升到设定的高水位时,电接点压力表的触点1闭合,使继电器KA<sub>1</sub>得电吸合,其常闭触点断开,使KA<sub>3</sub>、KM<sub>1</sub>相继失电释放,水泵停转。水位回落时,压力减小,电接点压力表指针往回偏转。待水位下降到设定的低水位时,继电器KA<sub>2</sub>得电吸合,水泵再次启动。这样周而复始运作,达到自动控制水位的目的。

### 7. 电接点压力表水位自动控制电路

电路如图1.4.27所示。合上开关S<sub>1</sub>,将手动/自动选择转换开关S<sub>2</sub>置于自动位置,水泵电动机受中间继电器K<sub>1</sub>控制。将电接点压力表的上限和下限根据实际需要事先选定。

当水位下降时,电接点压力表PP的指针向下限方向移动,水压开始低于下限值时,其触点PP(1-3)闭合,继电器K<sub>1</sub>得电吸合并自锁,其常开触点K<sub>1</sub>(3-4)闭合,使接触器KM得电吸合,电动机得电运转,水泵开始抽水,水压开始升高,这时PP的触点(1-3)断开,但K<sub>1</sub>的触点(1-2)是闭合的,因此水泵继续抽水。当水箱上满水,水压达到所要求的上限值时,PP的触点PP(2-3)闭合,使K<sub>2</sub>得电吸合,其触点K<sub>2</sub>(1-2)断开,使K<sub>1</sub>失电释放,其触点K<sub>1</sub>(3-4)断开,使KM失电释放,水泵停止抽水。

当水位下降时,水压减小,PP触点PP(2-3)断开,但未与触点1接触,K<sub>1</sub>仍保持释放状态,水泵仍不抽水。当水位下降到低于下限值时,PP触点PP(1-3)闭合,水泵再次抽水。

如果自动部分失灵或需要检修时,可将手动/自动选择转换开关S<sub>2</sub>置于手动位置,按下启动按钮SB<sub>2</sub>,KM得电吸合并自锁,水泵抽水。当水箱水满后,按下停止按钮SB<sub>1</sub>,KM失电释放,水泵停止抽水。

安装时将电接点压力表安装在靠近水箱底部的水管上,压力表的具体装接位置见图1.4.28,不要装在地面。这样,可选用的压力表量程比较小。

### 8. 用电接点压力表作液压、气压自动控制电路

用电接点压力表实现液位控制,在自动启动或自动停机的临界时间里,由于压力尚未达到完全使压力表触点接触或未完全使压力表的触点分开时,中间继电器将会产生欲吸吸不住或欲分分不开的情况,压力表触点和中间继电器触点总会产生较大的火花或颤抖,会影响压力表和中间继电器的寿命。

图1.4.29所示为利用电接点压力表的液压、气压自动控制电路,多用两只时间继电器KT<sub>1</sub>、KT<sub>2</sub>,工作可靠性高。时间继电器选用JS20型,按实际需要调整时间,用于水位或气压延时,一般调整为2~3s即可。

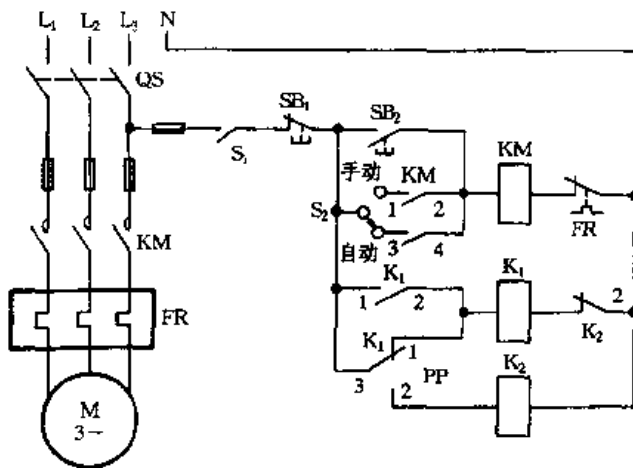


图 1.4.27 电接点压力表水位自动控制电路

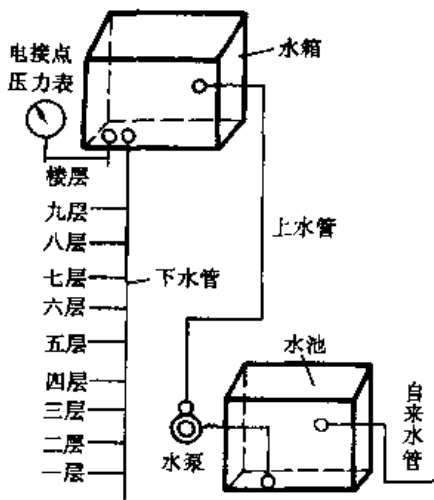


图 1.4.28 自控装置安装示意图

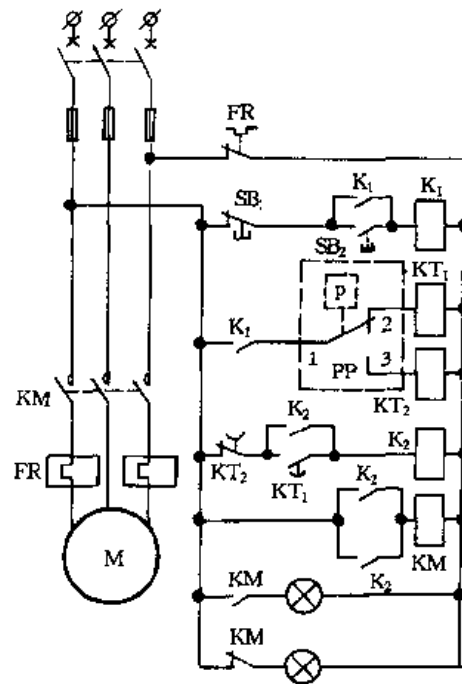


图 1.4.29 用电接点压力表的液压、气压  
自动控制电路

### 9. 电接点压力表触点控制晶闸管的液位控制电路

电接点压力表 YX-150 型在工厂广泛使用,但其触点容量很小,负载功率不允许超过 10VA,而一般交流 220V 的中间继电器,其线圈消耗功率都在 10VA 以上。为此,改用电接点压力表的触点去控制双向晶闸管,再由双向晶闸管去直接控制普通继电器或接触器,电接点压力表触点接通时,就见不到电火花,实现安全可靠运行。

控制电路如图 1.4.30 所示。电接点压力表 PP 的触点去控制双向晶闸管 VS 的控制极 G。当压力表 PP 的触点接通时,VS 触发导通,继电器 K 得电吸合;当 PP 的触点断开时,VS 关断,K 失电释放。VS 控制极电流属微安级,比继电器线圈的工作电流(一般在 10mA 以上)小得多,这样可大大减小压力表触点的

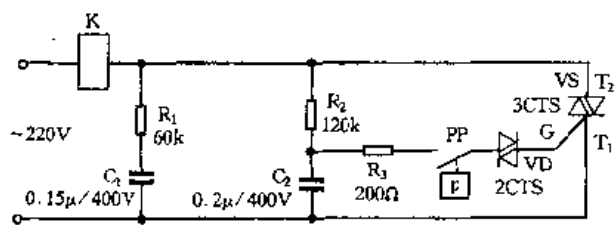


图 1.4.30 电接点压力表控制晶闸管的液位控制电路

烧蚀,延长其工作寿命。双向晶闸管正、负半波均可触发导通。当  $T_2$  为正、G 为正时,可触发 VS;反之,当  $T_2$  为负、G 为负时也可触发 VS,但两种触发方式下双向晶闸管的导通角是不同的。若正、负半波不对称,将使 K 抖动。增加触发二极管 VD 可使正、负半波导通角相等,又可增大触发电流的陡度,改善触发性能。当 VD 两端电压达到其转折电压(约 20~40V)时,二极管导通。设某瞬间 VS 的  $T_2$  为正半波,正弦波电压经  $R_2$  向  $C_2$  充电, $C_2$  上电压  $U_{C2}$  逐渐上升,若此时 PP 触点是闭合的,当  $U_{C2}$  上升到 VD 的转折电压时,VD 导通,VS 有触发电流而导通。当 PP 断开时,VS 没有触发电流,在其两端电压过零时阻断,使其处于关断状态。 $R_3$  为控制极限流电阻, $R_1$ 、 $C_1$  是过电压吸收元件,作为 VS 的瞬变过压保护。

### 10. 利用汽车火花塞的水位控制电路

利用汽车用的火花塞获取水位信号,直接送入三极管,经三极管放大去控制水泵运行,其



控制电路如图 1.4.31 所示。合上开关  $S_1$ , 转换开关  $S_2$  置于“自动”位置, 电路进入自动控制状态。220V 交流电压经 R、C 阻容降压后, 由二极管 VD 整流、电容器  $C_1$  滤波, 稳压管 VZ 稳压, 便可得到 13V 稳定的直流电压。

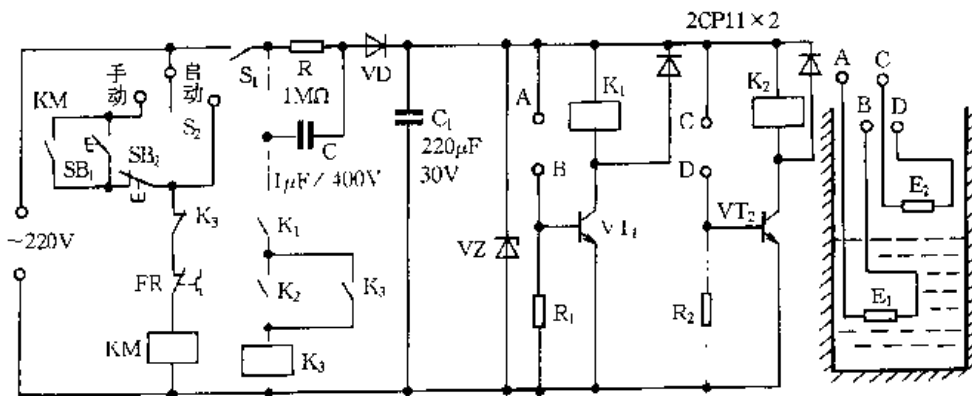


图 1.4.31 利用汽车火花塞的水位控制电路

当水池水位为低水位时, 低水位火花塞  $E_1$  和高水位火花塞  $E_2$  呈高阻值, AB 和 CD 为开路, B 和 D 点为低电位, 三极管  $VT_1$  和  $VT_2$  截止, 从而使继电器  $K_1$  和  $K_2$  失电释放, 中间继电器  $K_3$  同时失电释放。控制水泵电动机的接触器 KM 得电吸合, 使水泵 (图中未画出) 投入运行。随着水泵的运行, 水池水位升高, 浸没低水位火花塞  $E_1$ , 使其呈低阻值, A、B 接通, B 点变为高电位, 使  $VT_1$  饱和导通,  $K_1$  得电吸合, 但 D 点仍为低电位, 因此  $VT_2$  截止, 水泵继续工作。

当水位浸没高水位火花塞  $E_2$  时,  $E_2$  呈低阻值, C、D 接通, 使  $VT_2$  饱和导通,  $K_2$  得电吸合, 于是  $K_3$  得电吸合, 其常闭触点断开, 使 KM 失电释放, 水泵停止工作。

随着水池水位下降, C 和 D 断开,  $K_2$  失电释放,  $K_3$  通过本身触点仍然吸合, 水泵还是不工作。只有当水位下降到低水位, 使 A 和 B 断开时, 水泵才又重新投入运行。这样, 便达到了低水位时水泵投入运行、高水位时停止工作的目的。图中  $SB_1$  为手动开关按钮,  $SB_2$  为手动停止按钮。

### 11. 霍耳开关液位自动控制电路

采用霍耳接近开关组成液位检测电路, 适用于供水水塔、蓄水池自动上水。其电路如图 1.4.32 所示。合上总电源开关 QS, 转换开关  $S_1$  置于“自动”位置, 电路进入自动控制状态。若水塔水位低于下限时, 随液位变化的磁钢接近下限位霍耳接近开关  $SQ_1$ , 则  $SQ_1$  闭合, 继电器  $K_1$  得电吸合, 其常开触点  $K_1(1-2)$  闭合, 使继电器  $K_3$  得电吸合并自锁, 其常开触点  $K_3(3-4)$  闭合, 使接触器 KM 得电吸合, 水泵电动机 M 运转拖动水泵上水。当水塔水位上升后, 离开最低水位线时,  $SQ_1$  不受磁钢影响, 恢复常开状态,  $K_1$  失电释放, 其常开触点断开。由于  $K_3$  的触点 (1-2) 自锁, M 继续运转上水直到最高限位时, 磁钢使上限霍耳接近开关  $SQ_2$  闭合, 继电器  $K_2$  得电吸合, 其常闭触点断开, 切断  $K_3$  电源, 其触点  $K_3(1-2)$ 、 $K_3(3-4)$  断开, 使 KM 失电释放, 水泵电动机停止运行。

当水位低于最高限位时, 磁钢离开  $SQ_2$ ,  $SQ_2$  恢复常开状态,  $K_2$  失电释放, 其常闭触点闭合, 为下次水泵启动作好准备。

自动控制电路出现故障检修时, 为不影响开泵, 设置了  $S_2$  手动启动开关。

### 12. 水罐增压供水自动控制电路

当前, 城市高层建筑大量增多, 高层住户常在用水高峰时被“停水”。原因是自来水在用水

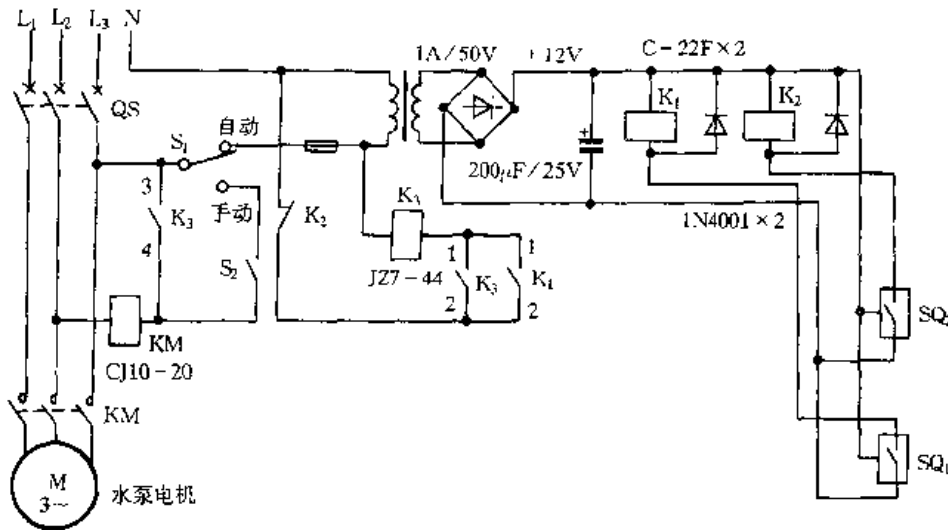


图 1.4.32 震耳开关液位自动控制电路

高峰时流量不足、压力不够。解决办法大多采用在楼下安装增压水罐并由电接点压力表、中间继电器、交流接触器组成的自动控制电路来保证供水。

图 1.4.33(a)所示为用电接点压力表直接启动的控制电路,用于接触器电磁线圈电流较小的电路。转换开关 S 置于自动位置,接通压力表 PP 电路,其触点(1-2)接通,按下按钮 SB<sub>1</sub>,使接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机持续运行,其常开触点 KM(3-4)闭合,为 K 得电作准备。当压力上升到停机限度时,压力表 PP 的触点(1-3)闭合,使 K 得电吸合,其常闭触点断开,使 KM 失电释放,电动机停止运行,同时使 KM 的已闭合的常开(3-4)断开,防止水罐内压力波动而使压力表触点 PP(1-3)断续闭合而造成 K 误动作。

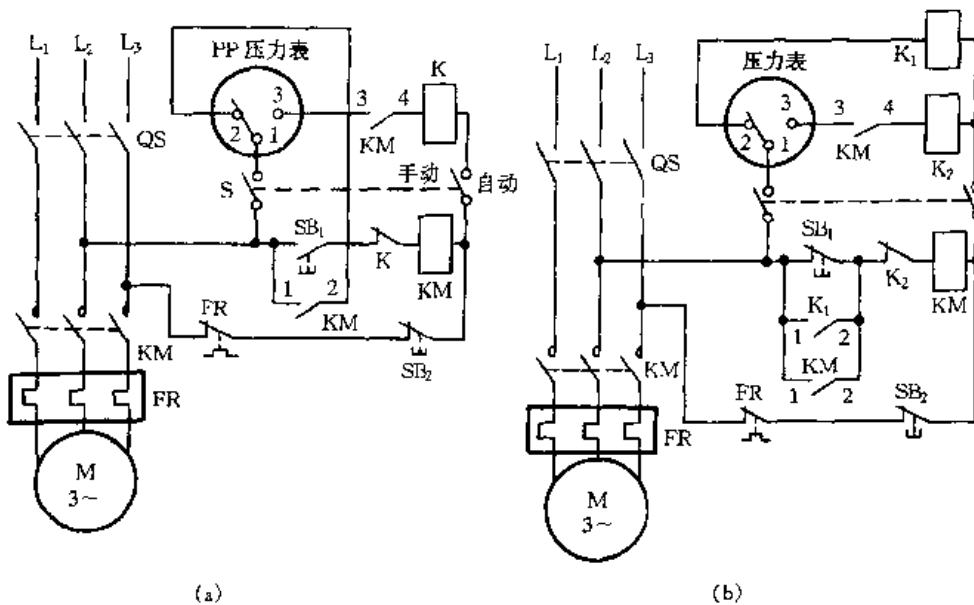


图 1.4.33 水罐增压供水自动控制电路

图 1.4.33(b)所示为接入中间继电器的启动电路,用于交流接触器电磁线圈电流较大的控制电路。除了多一个中间继电器 K<sub>1</sub> 外,电路的其它部分与图 1.4.33(a) 一样。当压力表 PP 的触点接点(1-2)闭合时,K<sub>1</sub> 得电吸合,其常开触点 K<sub>1</sub>(1-2)闭合,使电动机进入运行状态,其

余部分工作原理与图 1.4.33(a) 电路相同。

### 13. 晶闸管控制的水罐增压供水自动控制电路

图 1.4.34 所示为晶闸管控制的水罐增压供水自动控制电路。

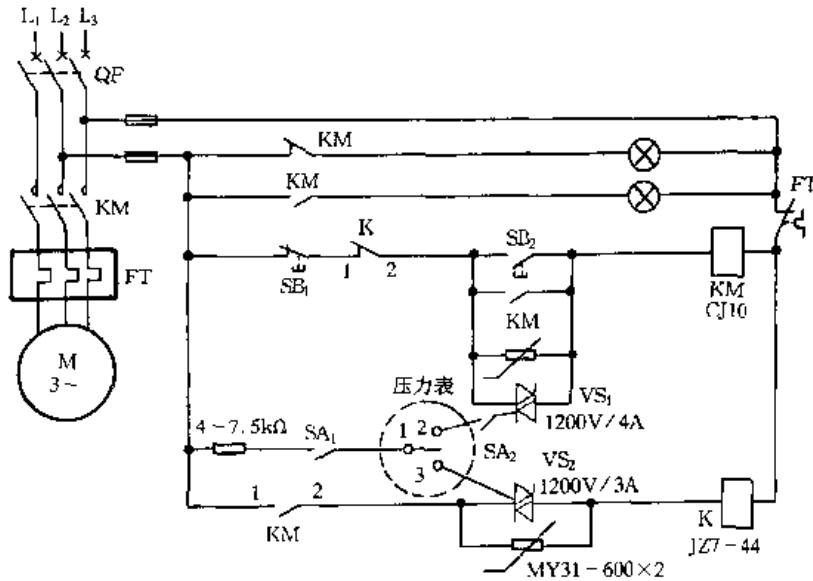


图 1.4.34 晶闸管控制的水罐增压供水自动控制电路

#### (1) 自动工作

合上断路器 QF, 再合上转换开关 SA<sub>1</sub>、SA<sub>2</sub>, 电接点压力表 PP 的触点 (1-2) 闭合, 使双向晶闸管 VS<sub>1</sub> 导通, 接触器 KM 得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 水泵开始供水。当压力上升到高限值时, 压力表接点 (1-3) 接通, 使双向晶闸管 VS<sub>2</sub> 控制极接通, 中间继电器 K 得电吸合, 其常闭触点 K(1-2) 打开, 使 KM 失电释放, 水泵停止供水。当水位降至低限值时, 压力表接点 (1-2) 接通, 水泵再次启动, 继续供水。

#### (2) 手动工作

当自动部分发生问题后, 将转换开关 SA<sub>1</sub> 打开, 按下启动按钮 SB<sub>2</sub>, 接触器 KM 得电吸合并自锁, 电动机启动后连续供水。当按动停止按钮 SB<sub>1</sub> 时, 电动机停止工作。

#### (3) 半自动工作

当 SA<sub>1</sub> 闭合、SA<sub>2</sub> 断开, 启动时按动 SB<sub>2</sub>, 电动机启动, 水泵供水。当压力增高至上限整定值时, 水泵自动停止工作。

### 14. 供水系统的自动控制电路

某饭店蓄水系统如图 1.4.35 所示, 由人工控制电动机抽水。下蓄水池置于地下, 由浮球控制水位; 上蓄水池在楼顶, 保证旅客用水。上蓄水池容积为下蓄水池 10 倍多。由于夜间无人值守, 每夜只能由下蓄水池蓄水。至清晨, 合闸开机, 送水上楼, 但下蓄水池水少, 一抽即完, 因此影响饭店正常供水。采用图 1.4.36 所示抽水自动控制电路, 供水效果很好。

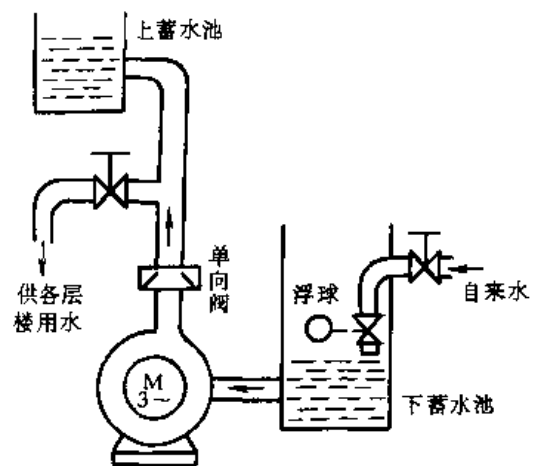


图 1.4.35 某饭店蓄水系统

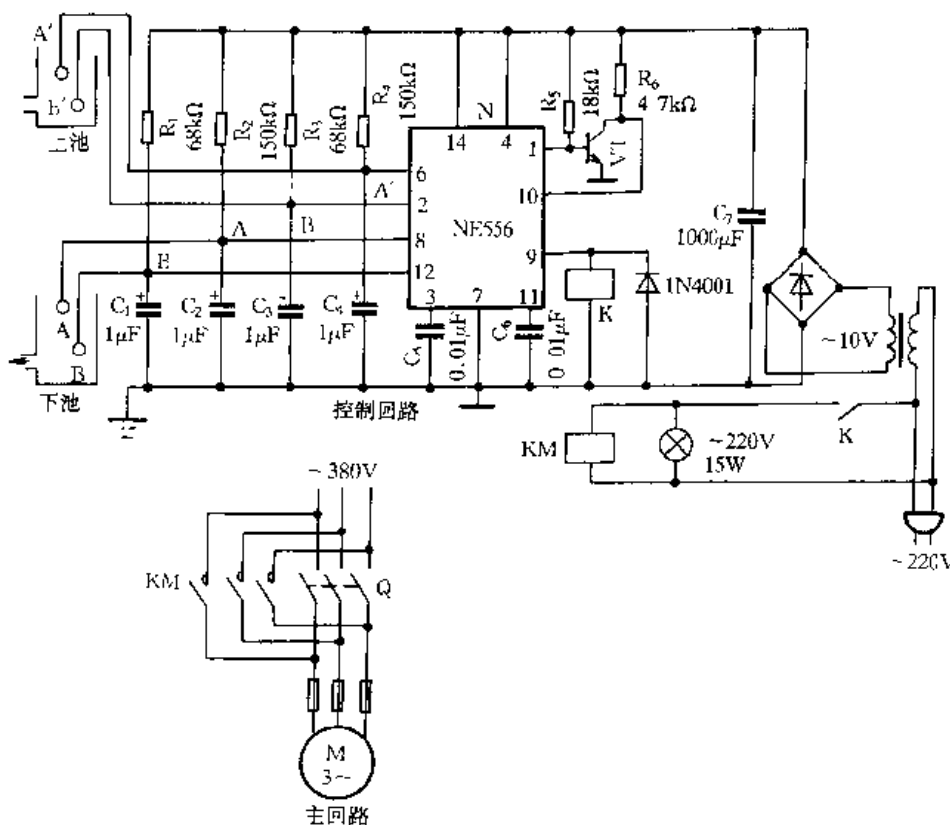


图 1.4.36 供水系统的自动控制电路

### (1) 上蓄水池水位对电动机的控制

上蓄水池水位达到 A' 点时, N (NE555) 的 ②、⑥ 脚均为低电平, ① 脚对外呈开路状态, 三极管 VT 饱和导通, 使 ⑩ 脚为低电位。此时, 不管下蓄水池水位状态如何, N 的 ⑨ 脚均输出低电平, 继电器 K 失电释放, 使接触器 KM 不得电, 电动机 M 停止工作。

随着水的不断使用, 上蓄水池水位下降, 水位低于 A' 点而高于 B' 点时, N 的 ⑥ 脚变为高电平, 这时 ① 脚的状态不变, ⑩ 脚仍为低电位。只有当水位低于 B' 点时, A' 和 B' 两点均变为高电平, 这时 ① 脚内部的放电管由截止变为导通, VT 由导通变为截止, ⑩ 脚为高电位, 相当于自动抽水开关接通。此时, 下蓄水池的水位可以对电动机水泵的工作状态实施控制。

随着上蓄水池水位的上升, B' 点先变为低电平。此时 N 的 ① 脚和 ⑩ 脚的工作状态不发生变化, 直到水位再次达到 A' 点, ②、⑥ 脚均变为低电平, ① 脚、⑩ 脚状态才发生变化, 控制电动机停转, 如此循环。

### (2) 下蓄水池水位对电动机的控制

只有 N 的 ⑩ 脚为高电平 (相当于自动抽水开关接通) 时, 下蓄水池水位才能对电动机进行控制。当 ⑩ 脚为低电平时, 自动抽水开关关断, 电动机不工作, 此时下蓄水池水位不断升高, 以至超过 A 点, 直到顶起浮球, 将进水关断。

若水位不高于 A 点, 则 N 的 ⑧、⑫ 脚为低电平, ⑨ 脚为高电平, 继电器 K 得电吸合, 使接触器 KM 得电吸合, 电动机 M 投入工作。

随着水泵的不断抽水, 下蓄水池水位降低, 只要水位未降到 B 点以下, N 的 ⑫ 脚仍为低电平, ⑨ 脚的电平不变。

水位降到 B 点以下时, N 的 ⑧、⑫ 脚均变为高电平, ⑨ 脚变为低电平, K、KM 相继失电释

放, M 停止工作。

水位再次高于 B 点, 但低于 A 点时, N 的⑨脚的电平状态不变, 直到水位再次达到 A 点, ⑨脚才变为高电平, 电动机 M 再次投入工作。如此往复循环, 将下蓄水池水陆续送至上蓄水池。

如需应急抽水, 合上闸刀开关 Q 即可。

管路中应设置单向阀, 防止停机时水倒流。如将抽水管道按图 1.4.37 设置, 则可不用单向阀。

### 15. 高频感应炉循环冷却水自动控制电路

电路如图 1.4.38 所示。L 为低位水池, 即存储从高频炉中流出来的水。H 为高位水池, 即存储水泵从 L 水池中抽上来的水。当 L 水池中的水位上升到 A 的位置时, a、b、c 三根电极线互相接通, 其接通电阻由于水质的不同, 一般在  $3 \sim 30k\Omega$  左右, 此时 +24V 电源通过 c 与 a 之间的水电阻和  $R_2$  向三极管  $VT_1$  提供足够大的基极电流, 三极管  $VT_1$ 、 $VT_2$  饱和导通, 继电器  $K_1$  得电吸合, 水泵启动, 开始由 L 水池向 H 水池抽水。当 L 水池的水位下降到 A 与 B 之间的位置时, 虽然电极线 a 与 c 脱离, 但由于  $K_1$  的常开触点已把  $R_1$  与  $VT_1$  的基极接通, 使  $VT_2$  仍处于饱和导通状态,  $K_1$  仍得电吸合, 水泵继续抽水。当 L 水池的水位下降到 B 以下时, b 与 c 脱离,  $VT_1$  和  $VT_2$  均截止,  $K_1$  失电释放, 水泵停止抽水。L 水池的水位由于水泵停止抽水而上升到 B 时, 虽然 b 与 c 接通, 但由于  $K_1$  的常开触点不通, 因此  $VT_1$ 、 $VT_2$  仍处于截止状态, 水泵不抽水。当水位上升到 A 的位置时, a 与 c 接通,  $VT_1$ 、 $VT_2$  导通,  $K_1$  得电吸合, 水泵再次启动抽水。H 水池中的电极线 d 与 e 之间通常是接通的, 但由于某种原因, 例如系统出现故障或者由于循环水的自然损耗, H 水池的水位下降到 P 的位置时, 则 d 与 e 断开, 三极管  $VT_3$ 、 $VT_4$  导通, 继电器  $K_2$  得电吸合, 去打开自来水的电磁阀门向 H 水池充自来水, 同时  $K_2$  的常开触点接通。当 H 水池的水位上升到 P 时, 虽然 d、e 重新接通, 但由于 +24V 电源通过  $R_3$  和  $K_2$  的触点向  $VT_4$  提供足够大的基极电流, 因此  $VT_3$  仍处于饱和导通状态,  $K_2$  仍得电吸合, 继续给 H 水池充水。当 H 水池的水位上升到 Q 的位置时, 电极线 f 和 e 接通,  $VT_4$ 、 $VT_3$  均截止,  $K_2$  失电释放, 电磁阀门关闭, 充水过程结束。

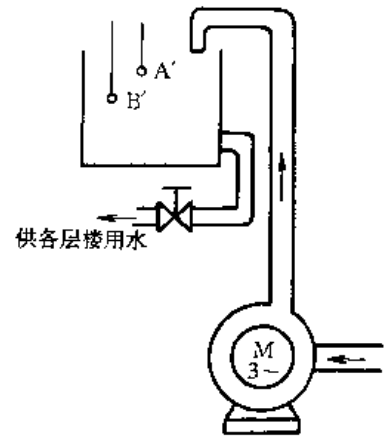


图 1.4.37 抽水管道的设置

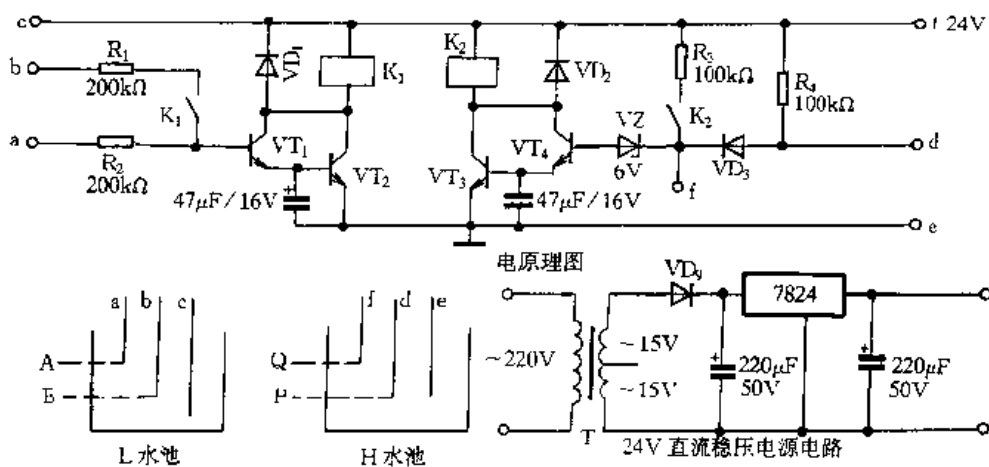


图 1.4.38 循环冷却水自动控制电路

### 16. 电接点压力表触点控制晶体管的水位自动控制电路

电路如图 1.4.39 所示。合上开关 QS, 接通电源, 将主令开关 S 置于“自动”位置, 如此时压力低于下限值, 电接点压力表 PP 的触点(1-2)接通, 经  $R_1$  与  $R_2$  分压, 使三极管 VT 的基极加上正偏压而导通, 继电器 K 得电吸合, 其常开触点 K(3-4)闭合, 使接触器 KM 得电吸合, 其主触点闭合, 电动机 M 转动, 继电器 K 的常开触点(1-2)闭合, 短接 PP 触点(1-2), 使 K 实现自锁。当压力大于下限值而小于上限值时, PP 的触点 1、2、3 互不接通, 由于 K 的触点(1-2)仍闭合, 因此 K 不会失电释放, M 继续运行。当压力达到上限值时, PP 的触点(1-3)闭合, 使 VT 截止, K 失电释放, 其触点 K(3-4)断开, 使 KM 失电释放, M 停止运转。

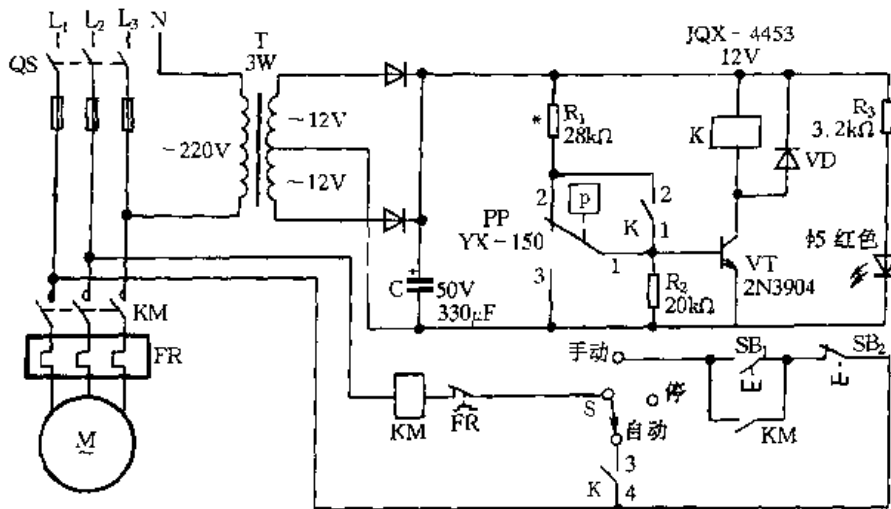


图 1.4.39 电接点压力表触点控制晶体管的水位自动控制电路

### 17. 干簧管式液位控制电路

图 1.4.40 所示的干簧管式液位控制电路, 将干簧管的常闭触点改成常开触点。当选择开关 SA 置于自动位置时, 即为自动抽水方式。若水位在下限位置及其以下时, 干簧管  $B_1$  接通, 接触器 KM 得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 水泵抽水。当水位超过下限位置时,  $B_1$  触点断开, 由于 KM 已自锁, 水泵继续抽水。当水位到达上限位置时, 干簧管  $B_2$  接通, 继电器 K 得电吸合, 其常闭触点 K(1-2)断开, 使 KM 失电释放, 其主触点断开, 切断主电路, 水泵停止抽水。由于  $B_1$  触点已断开, KM 不再得电, 于是将等待水位下降, 进行第二个循环。该电路传感器中的干簧管采用常开触点, 提高了干簧管的寿命。

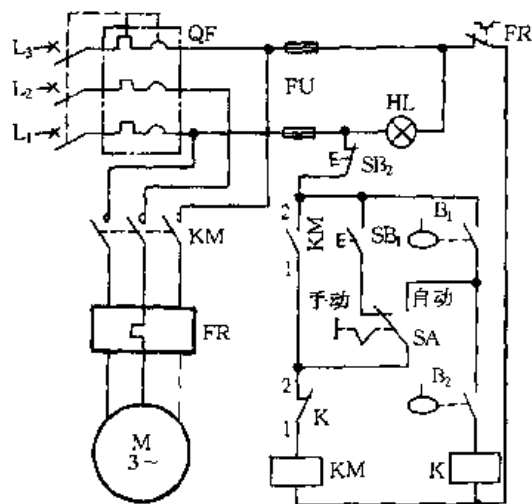


图 1.4.40 干簧管式液位控制电路

## 五、供水、断水控制电路

### 1. 缺水报警电路

在工业生产中, 采用水冷却机器并需要监测某些水管中水流情况(有水或缺水)。图 1.4.41 所示的缺水报警电路, 当水管中有水流时报警器不报警, 缺水时立即报警。

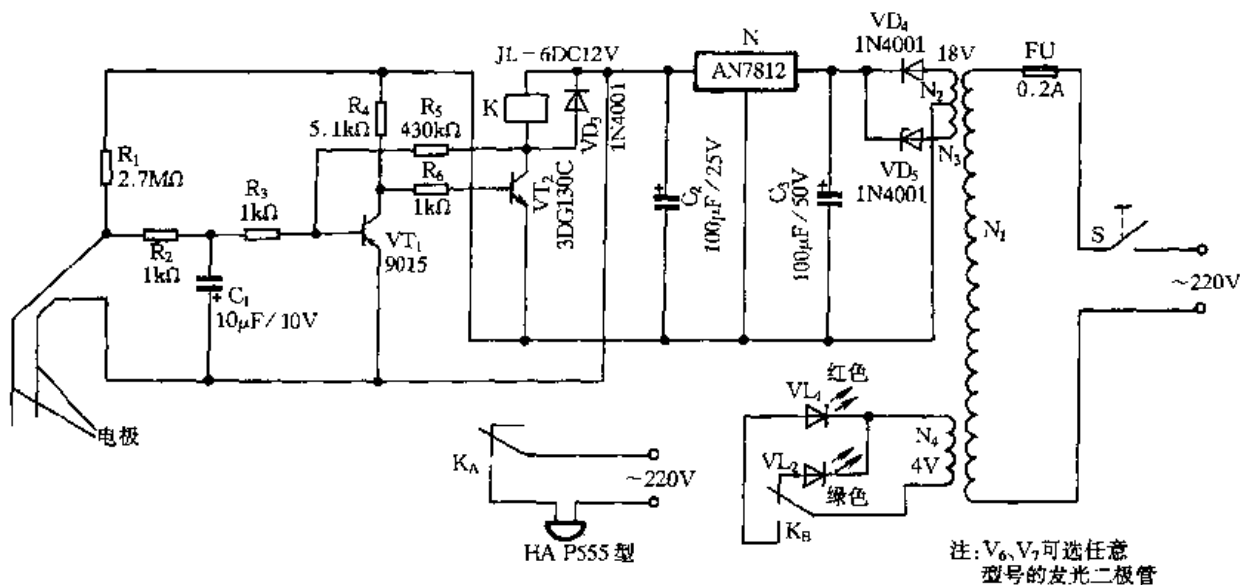


图 1.4.41 缺水报警电路

由 PNP 型三极管  $VT_1$  和 NPN 型三极管  $VT_2$  分别组成两组开关电路。电极浸在需监测管道的水中，当管道中有水时，两电极与水导通，使  $VT_1$ 、 $VT_2$  的基极与发射极都处于反向偏置状态， $VT_1$  和  $VT_2$  均截止。小型继电器 K 失电，绿色指示灯亮，电铃 HA 失电不工作。当管道中缺水时，两电极不再与水接触，呈开路状态，使  $VT_1$  和  $VT_2$  的基极与发射极都处于正向偏置状态， $VT_1$  和  $VT_2$  导通，K 得电吸合，绿色指示灯熄灭，红色指示灯变亮，HA 得电进入报警工作状态。

## 2. 电热蒸馏水器加装断水保护电路

电热蒸馏水器，若没有断水保护装置，每当断水，就会烧坏电热元件。图 1.4.42 所示的电热蒸馏水器加装断水保护电路，当电热蒸馏水器达到规定水位时，A、B 两电极接通，VT 导通，继电器 K 得电吸合，其常开触点闭合，指示灯 HL 亮，表示可以启动电热蒸馏水器；然后按下启动按钮  $SB_1$ ，接触器 KM 得电吸合并自锁，电热元件工作，开始制蒸馏水。电热蒸馏水器进水管断水时，水位下降，当低于 A、B 两电极时，VT 截止，使 K、KM 相继失电释放，电热元件停止加热，从而保护了电热元件。为了消除水位波动造成 K 频繁跳动而烧坏触点，接入  $C_2$  使其成为一个延时释放开关电路。延时长短可调节  $C_2$  的容量，一般调至 2~3s 即可。

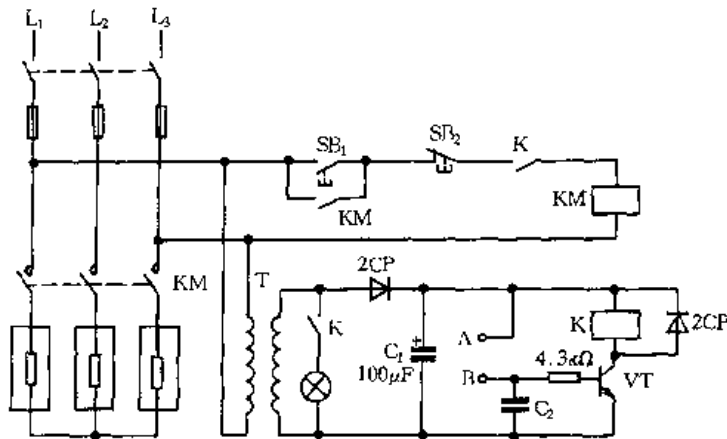


图 1.4.42 电热蒸馏水器加装断水保护电路

电极安装如图 1.4.43 所示。把 A、B 两根电极固定在电热蒸馏水器的进水管上,打开进水阀,让水位上升到视孔处,调整两电极插入深度,使两电极接触水面,此时指示灯应亮,按下启动按钮  $SB_1$ ,电路应工作。关掉进水阀,水位下降,当水位下降到视孔以下时,电极离开水面,电路应跳闸,停止工作。这样反复调整几次,电路即可投放运行。

## 六、压力和压缩机电气控制电路

### 1. 多台小空压机并联代替大空压机的节电控制电路

小型空压机采用图 1.4.44 所示的控制电路,通过电动机停转来调节储气罐储气压力,当储气罐压力达到规定的压力时,压力继电器 P 动作,切断空压机的电动机电源,使空压机停下来;当储气罐压力降到预先调好的数值时,压力继电器 P 闭合,使空压机电动机的电源接通,空压机即恢复工作。这种调节方式经济性较好。但在使用压缩空气量较大的场合,易使空压机的电动机频繁启动,电动机过热甚至损坏。

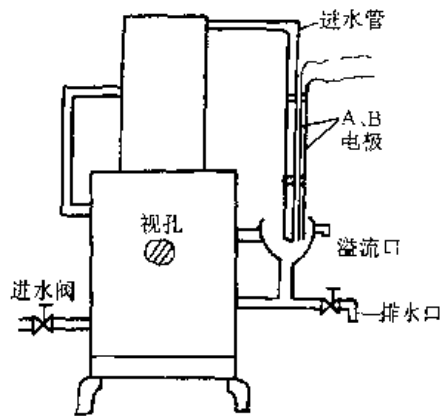


图 1.4.43 安装示意图

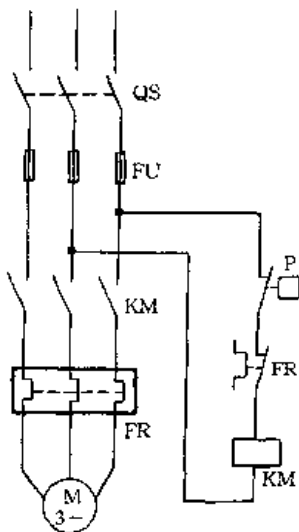


图 1.4.44 小型压缩机的  
电气控制电路

图 1.4.45 是一种用 3 台小型空压机并联向大储气罐自动循环供气,代替大型空压机的控制电路。交流接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$ 、 $KM_3$  各控制 1 台小空压机的电动机  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ (主电路图略)。合上空压机电源开关,其控制电路有电,中间继电器  $KA_1$  得电吸合。若储气罐压力未超过规定值,即 P 闭合,则交流接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,使空压机的电动机  $M_1$  启动。 $KM_1$  的触点(3-4)闭合,使中间继电器  $KA_2$  得电吸合并自锁,为下一次启动空压机  $M_2$  作准备;其触点  $KM_1$ (5-6)断开,使  $KM_2$  不能得电,实现互锁。同时,  $KA_2$  吸合使  $KA_1$  失电释放。当储气罐储气压力超过规定值时,压力继电器 P 断开,使  $KM_1$  失电释放,空压机  $M_1$  停止运转。当储气罐储气压力降到预先调好的数值时,压力继电器 P 闭合,此时由于  $KA_2$  已吸合,因此 P 闭合后使  $KM_2$  得电吸合并自锁,使空压机  $M_2$  启动。同时  $KM_2$  得电吸合又使中间继电器  $KA_3$  得电吸合并自锁。 $KA_3$  得电吸合,其常闭触点  $KA_3$ (3-4)断开,使  $KA_2$  断电释放;其常开触点  $KA_3$ (5-6)闭合,为下一次启动空压机  $M_3$  作准备。当储气罐压力超过规定值时,压力继电器 P 断开,使  $KM_2$  失电释放,空压机  $M_2$  停机。当储气罐内压力又降到预定值时,压力继电器 P 又闭合,此时由于  $KA_3$  已得电吸合,因此 P 闭合后使  $KM_3$  得电吸合并自锁,使空压机  $M_3$  启动。 $KM_3$  得电吸合导致  $KA_3$  失电释放,  $KA_3$  失电释放又使  $KA_1$  得电吸合,为下一次启动空压机  $M_1$  作准备。当储气罐压力超过规定值时,压力继电器 P 断开,使  $KM_3$  释放,空压机  $M_3$  停止运转。如此空压机  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$  自动循环向同一大储气罐轮流供气,起到大空压机的作用。

图 1.4.45 控制电路的优点在于三台小空压机能根据厂压缩空气使用量的变化,自动循环开或停,比用一台大空压机连续运行节约大量的空载损耗。

按图 1.4.45 略作修改,就能实现更多台小空压机并联自动循环控制。图 1.4.46 是 4 台小空压机的控制电路。该电路虽然用了四台小空压机,但若有小空压机需维护或检修时,可按三台自动循环控制电路临时接线运行,不会因此而影响生产。



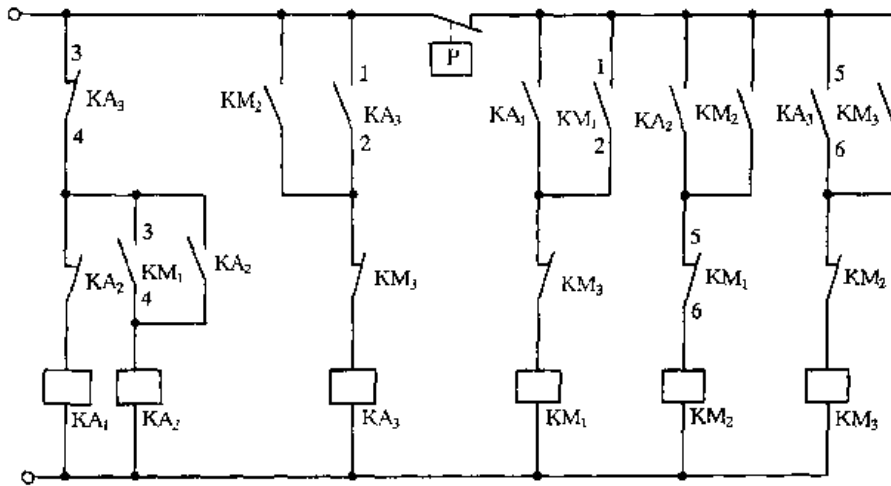


图 1.4.45 3 台小空压机代替大空压机的电气控制电路

## 2. 压缩机保护电路

图 1.4.47 所示为压缩机保护电路,不管压缩机处于何种工作状态,都能起到保护压缩机的作用。220V 市电经变压、整流、滤波和稳压后,提供 12V 直流工作电压。干簧管 KD、L、R<sub>1</sub> 和 C<sub>2</sub> 构成压缩机工作状态检测电路, N<sub>2</sub>(NE555)、R<sub>2</sub>、C<sub>3</sub> 及继电器 K 构成延时电路。

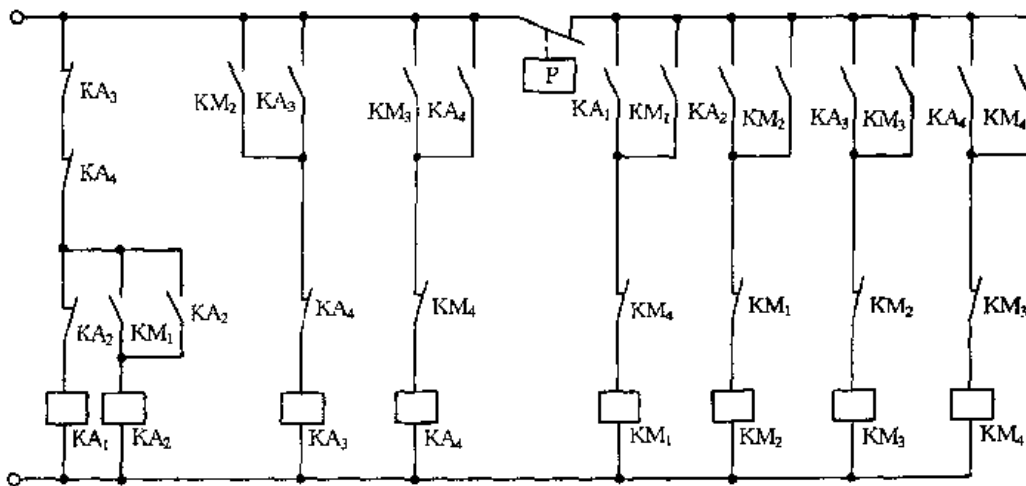


图 1.4.46 4 台小空压机代替大空压机的电气控制电路

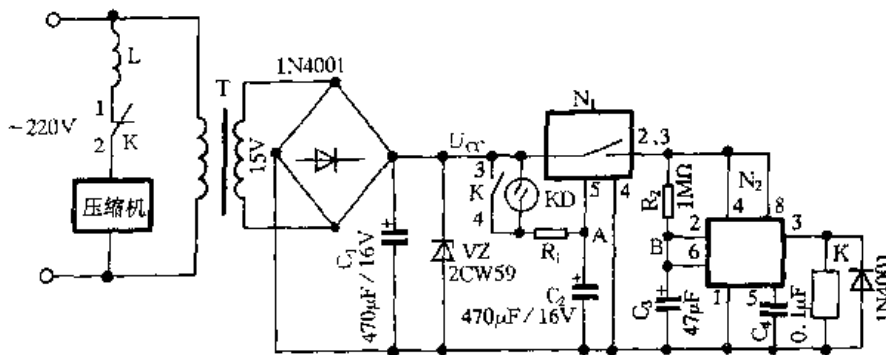


图 1.4.47 压缩机保护电路

电网停电后又来电时,压缩机得电启动,启动电流为工作电流的 7~8 倍,该启动电流流经 L,在 L 中产生的磁场使干簧管 KD 吸合,直流电经  $R_1$  向  $C_2$  充电。如果压缩机此时不工作在高压差状态,则压缩机正常启动,流经 L 的工作电流在 L 中产生的磁场不足以使 KD 继续吸合,延时电路则不工作,压缩机正常工作。如果压缩机此时处于高反压工作状态,压缩机不能正常启动,启动电流在 L 中产生的磁场使 KD 吸合,经过一定时间后,A 点电位为 1.6V,使  $N_1$  (TWH78778) 导通,这时  $N_2$  得电,B 点为低电平, $N_2$  的③脚为高电平,K 得电吸合,其常闭触点  $K(1-2)$  断开,使压缩机断电,同时其常开触点  $K(3-4)$  闭合,使延时供电电路自锁。由于  $C_1$  上充有电荷,这一过程能可靠进行,经 5min 后,B 点电位达到  $2/3 U_{CC}$ , $N_2$  的③脚变为低电平,K 失电释放,压缩机得电正常启动,保护电路恢复到初始状态。

在电网不停电的情况下,由于电网偶尔出现低压或者制冷系统内冰堵、脏堵造成的压缩机非正常工作状态,也会造成负载电流过大,经 L 反馈给保护电路,使其切断压缩机电路,待 5min 后通电。如正常则恢复到初始状态,否则再处于延时保护状态,起到保护压缩机的作用。

该保护电路除了用作保护压缩机外,也可作过载保护或限电器。

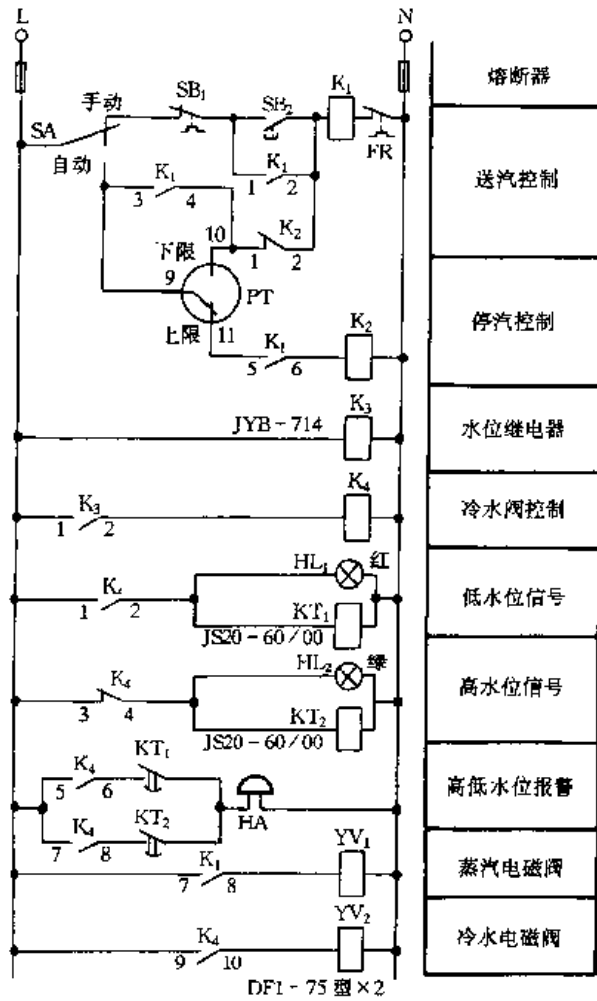


图 1.4.48 浴池水箱恒温控制电路

## 七、电加热电路

### 1. 浴池水箱恒温控制电路

电路如图 1.4.48 所示。

#### (1) 浴池水箱水位控制

当水箱水位低于低限整定水位时,长期接在电源上的水位继电器  $K_3$  内部直流电路部分导通,其触点  $K_3(1-2)$  闭合,使继电器  $K_4$  得电吸合,其触点  $K_4(1-2)$ 、 $K_4(5-6)$  闭合,使低水位信号灯  $HL_1$  亮和电铃  $HA$  报警;其触点  $K_4(9-10)$  闭合,使冷水电磁阀  $YV_2$  打开,向水箱内供水。

当水箱水位达到上限整定水位时, $K_3$  内部直流电路部分失电,其触点  $K_3(1-2)$  断开,使  $K_4$  失电释放,其触点  $K_4(9-10)$  断开, $YV_2$  关闭,停止供水,同时,低水位信号灯  $HL_1$  熄灭,高水位信号灯  $HL_2$  亮,高水位报警(报警时间由时间继电器  $KT_1$ 、 $KT_2$  控制,一般整定在 5~10s),完成了一次补水过程。

#### (2) 浴池水温控制

当浴池水温下降到下限整定值时,电接点式温度表 PT 的动触点和下限静触点(9-10)闭合,继电器  $K_1$  得电,其触点  $K_1(7-8)$  闭合,使蒸汽电磁阀  $YV_1$  打开;其触点  $K_1(3-4)$  闭合(与温度表闭合的下限触点回路并联),减小温度表触点的载流量,同时构成一条新的回路来稳定继电器两端电压;其触点  $K_1(5-6)$  闭合为上限温度控制电路  $K_2$  得电作好准备。

当浴池水温上升到上限温度整定值时,电接点式温度表动触点和上限温度的静触点(9-11)闭合,使继电器  $K_2$  得电吸合,其触点  $K_2(1-2)$  断开,使  $K_1$  失电释放,其触点  $K_1(7-8)$  断开,  $YV_1$  关闭,停止供蒸汽;  $K_1$  的触点(5-6)断开,使  $K_2$  失电释放。随着浴池水温下降,又一次循环上述过程。

## 2. 塑料注塑机用的电子式温度控制电路

图 1.4.49 所示的电子式温度控制电路,采用间歇加热原理,控温准确、有很强的过载能力;控温范围为  $0 \sim 300^\circ\text{C}$  可连续设定,控温精度  $\pm 3\%$ ,可驱动 250V、2A 阻性负载。

由时基电路 N(NE555)组成可变占空比的多谐振荡器,其输出端直接驱动小型继电器 K,断续给加热器通电,经一段时间后被加热的注塑机喷嘴达到热平衡,即实现了恒温控制。

N 的③脚输出的矩形波电压,通过调节电位器 RP 可使其占空比在  $0\% \sim 100\%$  内任意改变,从而改变加热器得电时间,RP 和  $C_1$  的决定时基电路输出矩形波电压周期  $T$  的长短。

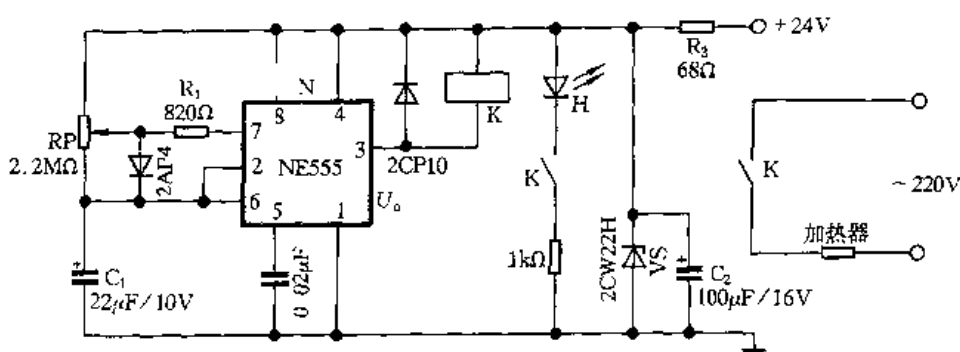


图 1.4.49 电子温度控制电路

## 3. 简单实用的单点温度控制电路

电路如图 1.4.50 所示,  $PT_1$  为 WXG 型可调式电接点玻璃水银温度计,在  $-58 \sim 300^\circ\text{C}$  范围内可随意调节,接点工作电压  $\leq 36\text{V}$ ,接点工作电流  $< 20\text{mA}$ 。

以控制孵箱温度为例。合上开关 S,接通电源。若孵箱内的温度低于  $33^\circ\text{C}$ ,  $PT_1$  的触点断开,继电器  $K_1$  失电释放,其常开触点断开,使 KA 失电释放,其常闭触点闭合,使接触器 KM 得电吸合, KM 的主触点闭合,负载  $R_L$  (如电炉等)得电工作。同时 KM 的常开辅助触点闭合,指示灯 HL 亮。

当孵箱内的温度升到设定温度  $33^\circ\text{C}$  时,  $PT_1$  的触点闭合,使  $K_1$  得电吸合,其常开触点闭合,使 KA 得电吸合,其常闭触点断开,使 KM 失电释放,其主触点断开,使负载失电停止工作。同时 KM 的常开辅助触点断开,指示灯 HL 熄灭。在经过一段时间之后(时间的长短与孵箱所处位置的室温有关),当孵箱内的温度下降到低于  $33^\circ\text{C}$  时,电路重复上述过程。

## 4. 简单实用的区间温度控制电路

用两只温度计组成如图 1.4.51 所示电路,将温度控制在一定的范围内,  $PT_1$  设定为  $32.5^\circ\text{C}$ ,  $PT_2$  设定为  $33.5^\circ\text{C}$ 。

合上开关 S,接通电源。若孵箱内的温度低于  $PT_1$  的设定温度  $32.5^\circ\text{C}$ ,由于  $PT_1$  和  $PT_2$  均处于断开的状态,  $K_1$  和  $K_2$  均失电,  $K_2$  的常开触点断开,使 KA 失电, KA 的常闭触点闭合,使 KM 得电吸合, KM 的主触点闭合,负载  $R_L$  得电工作。

当孵箱内的温度升到  $PT_1$  的设定温度  $32.5^\circ\text{C}$  时,  $PT_1$  闭合,  $K_1$  得电吸合,  $K_1$  的常开触点闭合,但这时由于孵箱内的温度仍低于  $33.5^\circ\text{C}$ ,  $PT_2$  仍断开,  $K_2$  仍失电, KA 的常闭触点仍闭合,

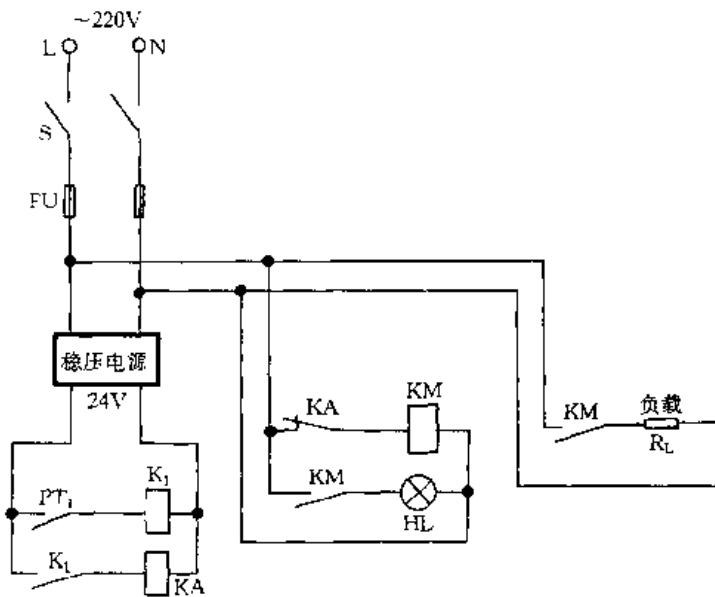


图 1.4.50 单点温度控制电路

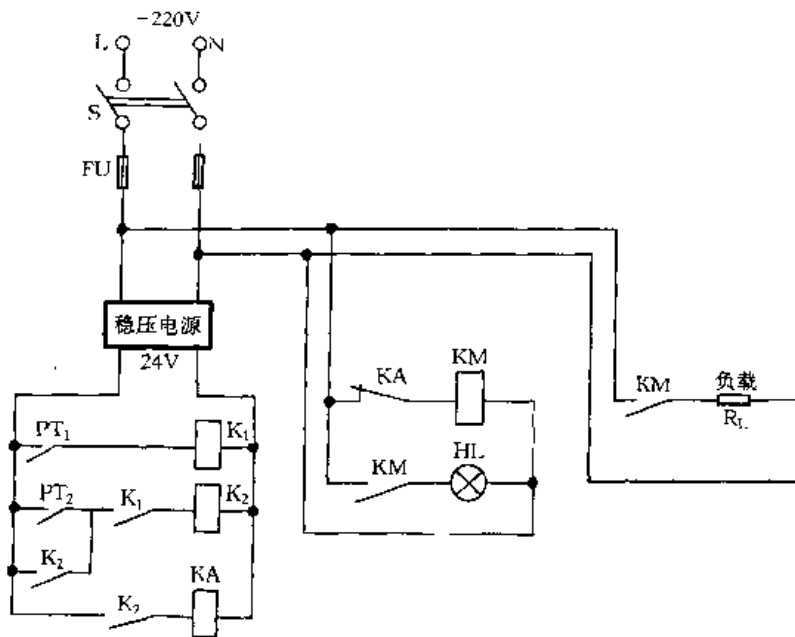


图 1.4.51 区间温度控制电路

KM 仍得电吸合, KM 主触点仍闭合, 负载仍得电工作。

当解箱内的温度继续升到  $PT_2$  的设定温度  $33.5^{\circ}\text{C}$  时,  $PT_2$  闭合, 使  $K_2$  得电吸合并自锁,  $K_2$  的常开触点闭合, 使  $KA$  得电吸合,  $KA$  的常闭触点断开, 使  $KM$  失电释放, 其主触点断开, 负载失电停止工作。

此后, 当温度降低到低于  $33.5^{\circ}\text{C}$  时,  $PT_2$  断开, 由于  $K_2$  的另一常开触点的自锁作用, 并且这时  $K_1$  的常开触点还处在闭合状态, 因此  $K_2$  仍得电吸合,  $K_2$  的常开触点仍闭合,  $KA$  仍得电吸合,  $KA$  的常闭触点仍断开,  $KM$  仍失电,  $KM$  的主触点仍断开, 负载仍失电停止工作。当解箱内的温度继续降低到低于  $32.5^{\circ}\text{C}$  时, 电路重复上述过程。

### 5. 简易电炉温度控制电路

电路如图 1.4.52 所示,将加热器电炉丝与双向晶闸管 VS 串联,如改变 VS 的导通角,就可改变加在电炉丝两端的电压,使其在 0~220V 内无级变化(电炉丝两端所加的电压值不同,其发热量也不同,从而达到控制电炉升温之目的),而改变双向晶闸管 VS 的导通角是由电路中的电位器 RP 来承担的。

该电路双向晶闸管采用的是“等电位触发”电路,双向晶闸管无论是正触发还是负触发,其控制极 G 与阴极 T<sub>2</sub> 的电位是相同的,但触发电流要足够,若触发电流不够,就会使双向晶闸管不被导通。对于不同型号的双向晶闸管,电位器 RP 的电阻值是不一样的,一般在数十至数百千欧之间。二极管 VD<sub>1</sub>、VD<sub>2</sub> (1N4001)的作用是:为了确保双向晶闸管 VS 的同步触发,在各自触发的正半周和负半周里,不允许有负半周及正半周的干扰脉冲进入。

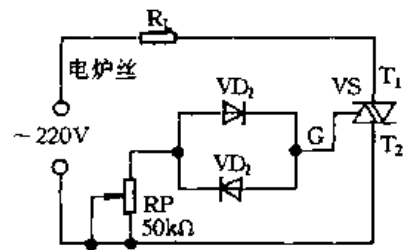


图 1.4.52 简单电炉温度控制电路

### 6. 电热烘烤窑温控及定时运行的自动控制电路

电路如图 1.4.53 所示。合上开关 QS,温控仪 PT 得电开始测温运行,按下按钮 SB<sub>2</sub>,继电器 K<sub>1</sub> 得电吸合并自锁,使中间继电器 K<sub>2</sub>、接触器 KM 也相继得电吸合,电热元件 R<sub>L1</sub>、R<sub>L2</sub>、R<sub>L3</sub> 得电开始加热升温。当升温达到所需的预置温度时,PT 动作,其常闭触点断开、常开触点闭合,使 K<sub>2</sub>、KM 相继失电释放,电热元件失电暂停升温;同时使 L<sub>3</sub> 相电源经二极管 VD<sub>2</sub> 整流、电阻 R<sub>2</sub> (5.1kΩ/3W)限流,为晶闸管 VS 的控制极提供触发电流,使 VS 被触发导通;由 UR、C 组成桥式全波整流滤波电路,C 滤波后电压超过 300V,直流继电器 K<sub>3</sub> 经 R<sub>3</sub> 串联降压得电吸合,控制 VD<sub>2</sub> 的 K<sub>3</sub> 的常闭触点断开,使 VD<sub>2</sub> 断开,但由于直流电路中,晶闸管 VS 导通后,其本身不能关断,继续维持导通状态,因此 K<sub>3</sub> 仍得电吸合。由于 K<sub>3</sub> 仍得电吸合,使时间继电器 KT 得电吸合开始作延时运行计时,在预置的时间内,电热烘烤窑内的温度因在 PT 自控暂停工作后将会使窑内温度逐步下降,下降到偏离预置温度值时,PT 反动作使电热元件再次通电加热升温,自动控制着电热元件保持窑内温度为设定温度,直至延时到预置时间才使 KT 得电吸合,使

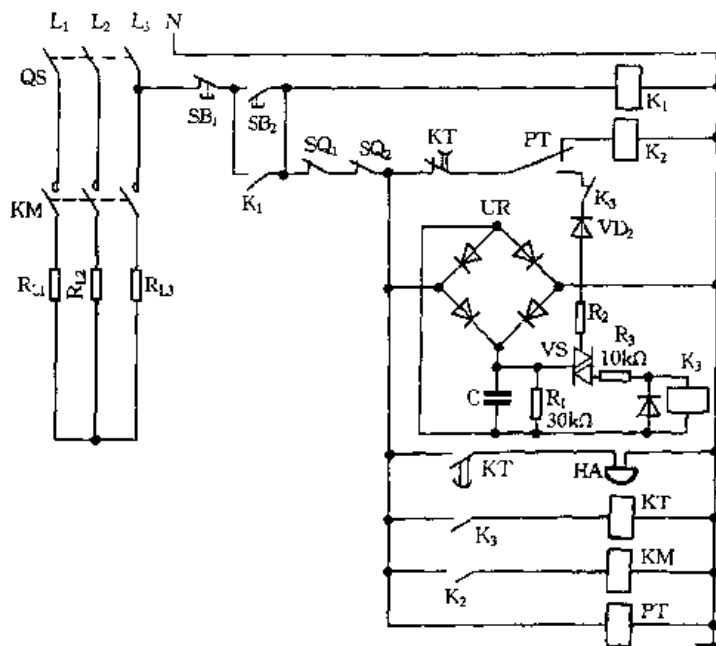


图 1.4.53 电热烘烤窑温控及定时运行的自动控制电路

$K_2$ 、 $KM$  失电释放,电热元件断电停止工作;同时,电铃  $HA$  得电鸣叫报警,提示产品烘烤完成,按下  $SB_1$  断开电源提取产品。

$SQ_1$ 、 $SQ_2$  是窑左、右门的限位开关,为确保安全而设置的。窑门打开时电热元件将失电暂停工作,反之则可正常运行。

### 7. 301A 型调温、调湿箱控制电路的改进电路

电路如图 1.4.54 所示。控制电路中有两个功能相同的单元,开关  $S_1$ 、 $S_2$  分别为电接点水银温度计, $S_1$  用来测量温度, $S_2$  用来测量湿度。使用时,首先调节好所要求的温度、湿度,然后接通电源。220V 交流电经变压器降压、整流后输出约 9V 的直流电,经过电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、电位器  $RP_1$ 、 $RP_2$  分别向电容  $C_2$ 、 $C_3$  充电,经一段时间后, $C_2$ 、 $C_3$  上端压上升到 1.6V,开关集成电路  $D_1$ 、 $D_2$  (TWH8278) 导通,继电器  $K_1$ 、 $K_2$  得电吸合,指示灯  $HL_1$ 、 $HL_2$  发光,同时,接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  吸合,接通相应的加热器、加湿器工作电源,工作箱内开始升温加湿。

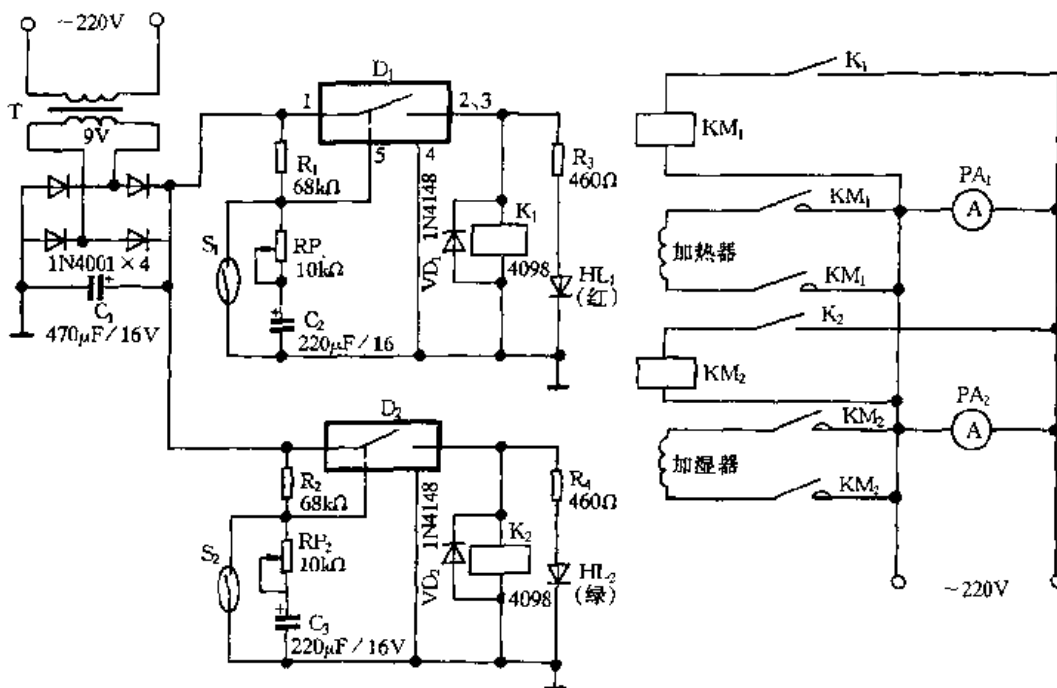


图 1.4.54 调温、调湿箱控制电路的改进电路

经过一段时间,假如箱内温度达到要求,电接点温度计  $S_1$  闭合,将  $D_1$  的⑤脚置“0”, $D_1$  截止,使继电器  $K_1$  失电释放,接触器  $KM_1$  失电释放,切断加热器的工作电源,箱内温度不再上升,经过一定时间,箱内温度有所下降,这时,集成电路又导通,加热器重复加热,这样,可保持箱内温度恒定。

对湿度的控制过程与对温度的控制过程相同。

电容  $C_2$ 、 $C_3$  的作用是防止开关集成电路的频繁导通与截止,起到延时的作用。

### 8. 塑料袋封口机电路

图 1.4.55 所示的塑料袋封口机电路,采用时基电路  $N_2$  (NE555) 接成单稳态延时电路来控制电热元件通电时间和被热合塑料的固化时间。

合上电源开关  $S$ ,电源指示灯  $HL_1$  (绿) 灯亮;变压器  $T$  的  $L_1$  输出电压经  $VD_1 \sim VD_4$  整流,三端稳压器  $N_1$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  滤波稳压,得到 12V 直流电压供时基电路  $N_2$ 。当机壳上的胶木压板压下时,嵌在压板上的永久磁钢贴近装在固定台板上的干簧管  $JAG-4$ ,干簧管触点闭合,接通时基

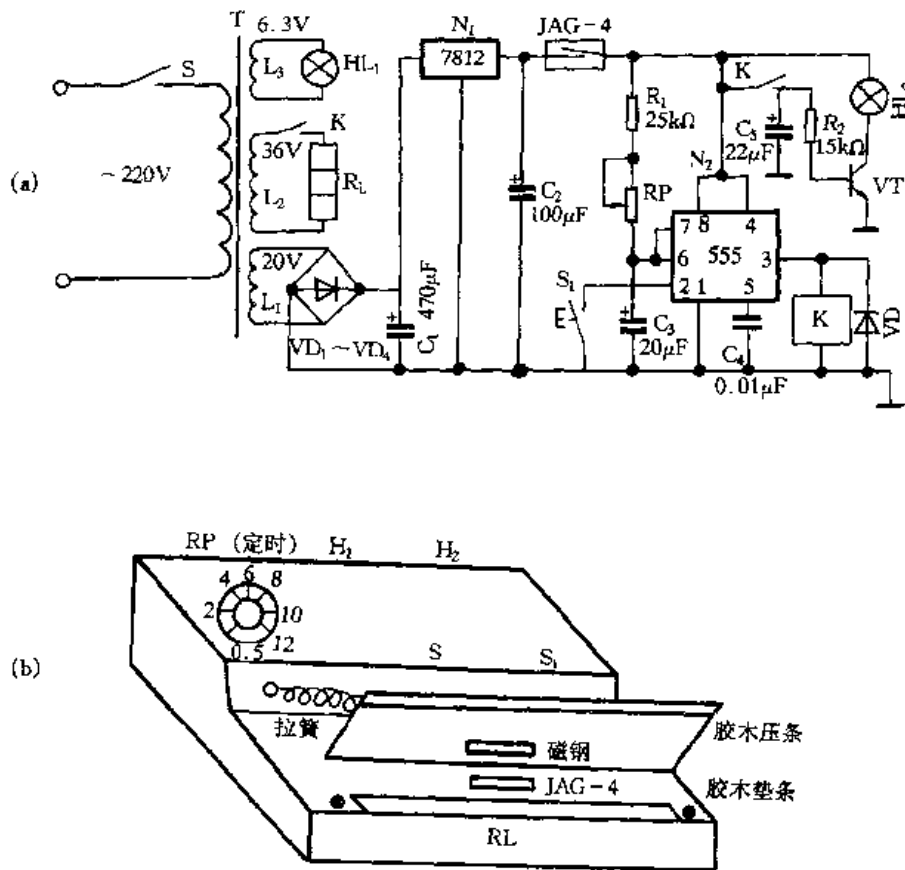


图 1.4.55 塑料袋封口机电路

电路  $N_2$  的电源, 进入准备状态。按下微动开关  $S_1$ , 触发  $N_2$  工作、开始定时, ③脚为高电平, 继电器  $K$  得电吸合, 其一常开触点闭合, 变压器  $T$  的  $L_2$  给电热片  $R_L$  供电, 使其发热, 以达到塑料袋袋口热合的目的。与此同时, 继电器  $K$  的另一常开触点闭合, 使  $VT$  导通, 加热定时指示灯  $HL_2$  (红) 灯亮, 同时也给  $C_5$  充电。 $N_2$  电路延时结束, 继电器  $K$  失电释放, 加热元件电热片  $R_L$  失电, 停止对塑料袋袋口加热。但塑料热合后, 不能马上拉起, 以防焊缝撕裂, 须有几秒钟的固化过程。设置  $VT$ 、 $C_5$  就是在  $R_L$  停止加热后, 给正在热合的塑料一个固化时间。当  $K$  失电释放, 其常开触点断开, 便切断  $VT$  基极供电电路, 这时  $C_5$  放电, 继续维持  $VT$  的基极电流, 红灯继续亮。几秒钟后,  $C_5$  放电完毕,  $VT$  失去基极电流而截止, 定时指示灯  $HL_2$  熄灭, 塑料热合和固化过程完毕。放松胶木压板, 拉簧将胶木压板自动拉起, 永久磁钢也随之跳开干簧管, 其触点脱离, 时基电路  $N_2$  失电而停止工作。

$N_2$  延时电路在延时时间  $T = 1.1(R_1 + RP)C_3$ , 与电源电压无关。该电路采用  $470k\Omega$  线性电位器  $RP$  来调节加热延时时间, 可在  $0.5 \sim 12s$  之间自由调节, 适合于一般塑料的热合。

### 9. 塑料热合机无触点控制电路

电路如图 1.4.56 所示, 由控制电路、定时电路和晶闸管触发与输出电路等组成。

#### (1) 控制电路

$S_3$  为圆柱型 DC 三线 PNP 型常开式接近开关、 $R_2$  为接近开关的负载电阻。进行生产时接近开关导通, 负载电阻  $R_2$  两端为高电平, 该电平的高低变化控制固态继电器  $SSR$  和双向晶闸管  $VS$  的工作状态。

#### (2) 定时电路

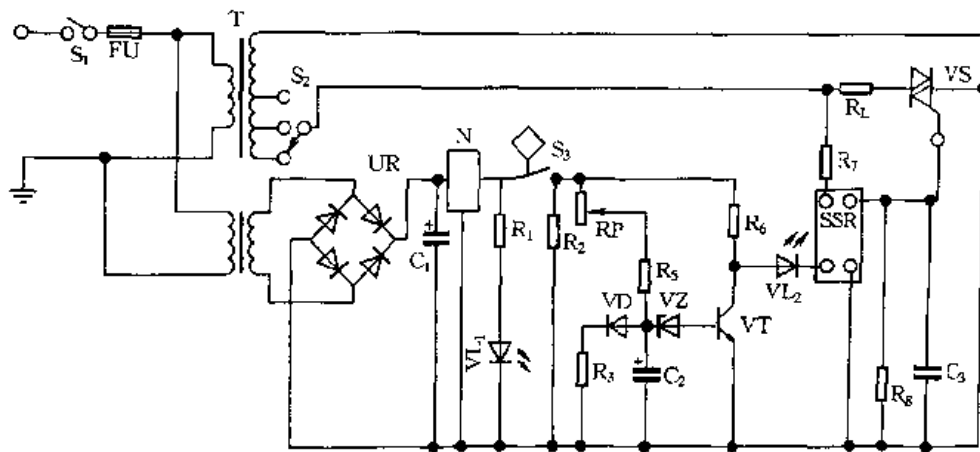


图 1.4.56 塑料热合机无触点控制电路

电加热元件得电加热时间调节由定时电路完成。到达设定值时电加热元件停止供电，此时被加工的塑料薄膜仍处于受力状态，这段时间称为冷却时间。加热时间和冷却时间的确定对产品质量极为重要。

RP、R<sub>5</sub>、C<sub>2</sub> 组成 C<sub>2</sub> 的充电电路，电容器 C<sub>2</sub> 充电电压上升到稳压管 VZ 的阈值电压时，三极管 VT 导通，输出低电平信号。调节电位器 RP 可以改变定时时间。

### (3) 双向晶闸管触发电路

控制电压经电阻 R<sub>6</sub>、发光二极管 VL<sub>2</sub> 送到 SSR 固态继电器直流控制端，使固态继电器导通，为双向晶闸管提供触发信号电压，双向晶闸管导通。电加热元件得电，当三极管 VT 导通后，双向晶闸管 VS 关断，向电加热元件停止供电。

## 10. 台式塑料封口机电路

电路如图 1.4.57 所示，由开机等待、加热粘合、延时保温等电路组成。

开机等待：合上电源开关 S，HL<sub>1</sub> 绿灯亮，220V 市电经变压器 T 降压得 18V 电压，经 VD<sub>1</sub> 整流、C<sub>1</sub> 滤波、VZ 稳压，经自复位常开开关 SB 的触点 (1-2) 向 C<sub>2</sub> 充电，电加热器处于等待状态。

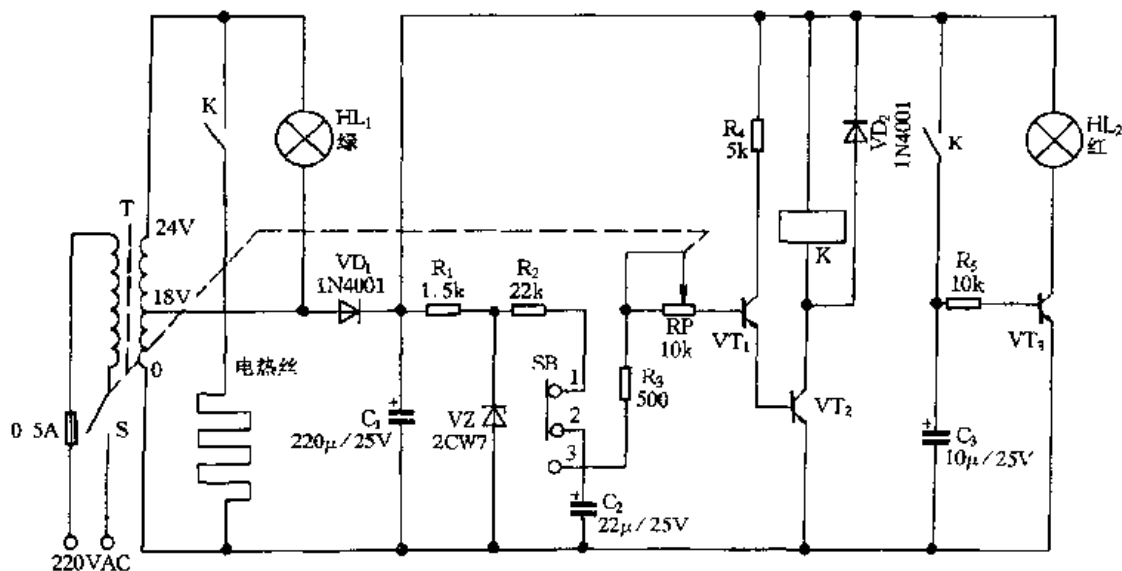


图 1.4.57 台式塑料封口机电路



加热粘合:踏下脚踏板,封口板落下压紧封口部件,同时与脚踏板联动的 SB 换至触点(2-3)闭合, $C_2$  的充电电压通过  $R_3$ 、RP 给 VT( $VT_1$ 、 $VT_2$  组成的复合管)基极提供偏流,VT 导通,继电器 K 得电吸合,其一个常开触点闭合,电热丝开始加热;其另一个常开触点闭合,使  $VT_3$  导通,红色加热指示灯  $HL_2$  亮,电加热器处于加热粘合工作状态。

延时保温:当  $C_2$  放电至低于 VT 基极截止电压时,VT 截止,K 失电释放,其已闭合的常开触点断开, $C_3$  则通过  $R_3$  放电使  $VT_3$  继续保持导通,直至  $C_3$  放电低于  $VT_3$  基极截止电压时, $VT_3$  截止, $HL_2$  熄灭,完成一次封口过程。这一段时间为延时保温,保证封口粘合质量。

$HL_2$  红灯熄灭后,抬起脚踏板,SB 的触点(1-2)闭合, $C_2$  又开始充电,电加热器又处于等待状态。

调整 RP,可以改变  $C_2$  的放电时间,即改变加热粘合时间的长短,以适应封合厚薄不一的塑料的需要。

### 11. 电加热温度自动控制电路

电路如图 1.4.58 所示。主回路选用带有分励脱扣器的低压断路器 QF 作为主开关。合上 QF,温控仪 PT (XMT-101 型数显调节仪)得电开始测温运行,若此时窑内温度低于 PT 的设定温度值,PT 的触点(1-2)闭合,使接触器 KM 得电吸合,其主触点闭合,电炉加热升温;当升温达到所需的预置温度时,PT 的触点(1-3)闭合,使 KM 失电释放,同时使  $KT_1$  得电吸合并自锁。此后,无论 KM 接通或是断开,均不会中断  $KT_1$  计时。以后 PT 依据窑内温度的升降情况反复动作,保持窑内温度基本恒定。当  $KT_1$  延时到预置时间时,其延时闭合的常开触点闭合,使  $KT_2$  得电吸合,使电铃 HA 鸣响,鸣响时间可预先设定,预定时间到达时, $KT_2$  的延时闭合常开触点闭合,使低压断路器 Q 的分励线圈  $QF_{of}$  得电,OF 跳闸,整个装置停电。

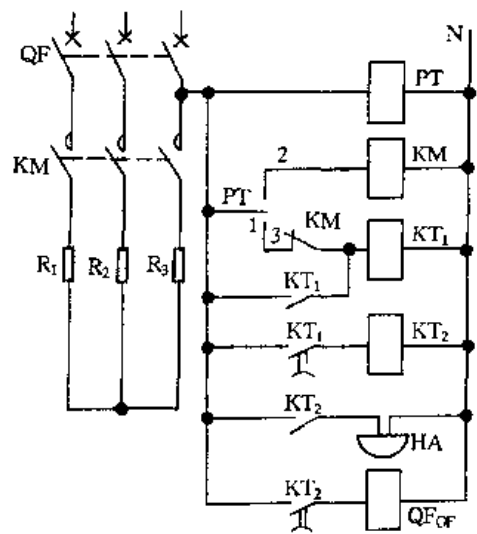


图 1.4.58 电加热温度自动控制电路

## 八、其它生产机械装置电气控制电路

### 1. 双延时自动循环启动控制电路

循环启动电路,能够自动实现用电器自动开启一段时间、自动停机一段时间,循环往复,可广泛应用于去湿机、空调器、烘箱等间歇循环工作的场合。

电路如图 1.4.59 所示。电位器  $RP_1$ 、电阻  $R_1$ 、电容  $C_3$ 、晶体管  $VT_1$ 、 $VT_2 \sim VT_4$  组成开机控制电路。 $RP_2$ 、 $R_2$ 、 $C_4$ 、 $VT_5$ 、 $VT_6 \sim VT_8$  组成停机控制电路。电容  $C_1$ 、 $C_2$ 、二极管  $VD_1 \sim VD_4$ 、稳压管 VZ 组成稳压电源电路。

合上开关 S,电源通过  $RP_2$ 、 $R_2$  对  $C_4$  充电,使场效应管  $VT_5$  栅极电位逐渐上升,经一段时间后, $VT_5$  由截止变为导通状态,于是复合管  $VT_6 \sim VT_8$  也导通,使继电器 K 得电吸合,其常开触点 K(1-2)闭合,使用电器  $R_L$  得电开始工作。同时 K 的常开触点(3-4)闭合、常闭触点(5-6)断开,此时电源通过  $RP_1$ 、 $R_1$  对  $C_2$  充电,使场效应管  $VT_1$  的栅极电位逐渐上升,经一段时间后, $VT_1$  导通,使复合管  $VT_2 \sim VT_4$  也导通,使  $C_4$  迅速放电, $VT_5$  栅极电压下降,使  $VT_6 \sim VT_8$  由导通变为截止状态,使 K 失电释放,其触点 K(1-2)断开,使  $R_L$  失电停止工作;触点 K(3-4)

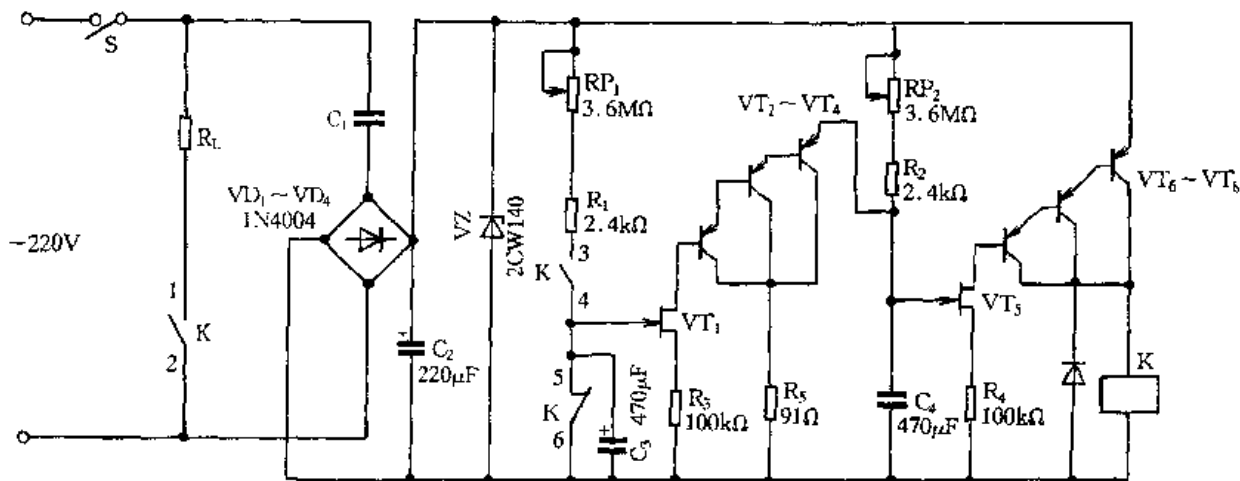


图 1.4.59 双延时自动循环启动电路

恢复常开状态、触点 K(5-6) 恢复闭合,使  $C_2$  迅速通过触点 K(5-6) 放电,使  $VT_1 \sim VT_4$  截止。于是接着进行第 2 个循环,实现启动—停止—启动—停止的循环过程。

### 2. 料车超行程后备保护电路

主令控制器、行程开关作为限位元件,只能断开接触器的控制回路。当遇到接触器主触点熔焊或滞后释放时,限位保护就会失灵。因此,在一些重要设备中常设置超行程后备保护,超行程后备保护可同时切断控制电路和主电源电路。

高炉料车上、下行超行程保护电路如图 1.4.60 所示,虚线框外为改进前的部分电路,它采用单一的主令控制器来实现上、下行限位。由于料车电动机启动频繁,启动电流大,主接触器经过长时间的运行,特别是上行接触器  $KM_1$  触点磨损较大,加上接触器铁心往往沾有油泥,频繁动作造成释放弹簧变软,使接触器在线圈失电后主触点仍接通电源,电动机仍将运行。

图中虚线框内为增设的超行程后备保护电路。在主接触器之前串了一只同容量(CJ10-150A)的接触器  $KM_3$ 。 $KM_3$  正常状态时处于吸合状态,只有在极限超行程情况下,主令控制器中的上行限位触点 SQ(9-10)或下行限位触点 SQ(11-12)中任意一只断开, $KM_3$  失电释放,断开主电源,从而起到后备保护目的。

该保护的灵敏与否,关键在于如何调试好上、下行超限位的主令触点。触点 SQ(9-10)(或触点 SQ(11-12))应在触点 SQ(5-6)(或触点 SQ(7-8))跳开后,其撞块碰到凸轮,但刚好不跳开为灵敏。靠前则断开主电源不能上料;靠后则起不到保护作用。值得注意的是,主令控制器的调节必须是在刹车调好的情况下再进行。

### 3. 胶带输送机堵料自动停机电路

电路如图 1.4.61 所示。K 为高灵敏度继电器,无论胶带输送机开机与否,只要不堵料口,K 不会得电,其常闭触点处于闭合状态。胶带输送机开车前,用作试车的单投开关 S 置于断开位置。矿石流下方的胶带输送机运转后,联锁接触器  $KM_2$  的常开触点就闭合,按启动按钮  $SB_2$ ,交流接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,胶带输送机正常运转。

堵料传感装置安装在料口侧壁下方的小窗口(见图 1.4.62)。料斗口被矿石堵死后,活动铁板被堆积起来的矿石向外推出,活动铁板转动一个  $\alpha$  角,装在活动铁板下方的永久磁铁接近干簧管。当干簧管 KD 触点在永久磁铁磁场力作用下闭合时,电容 C 被电源充电。C 两端电压由零逐渐增大,经过一定时间,三极管 VT 饱和导通,使 K 得电吸合,其常闭触点断开, $KM_1$

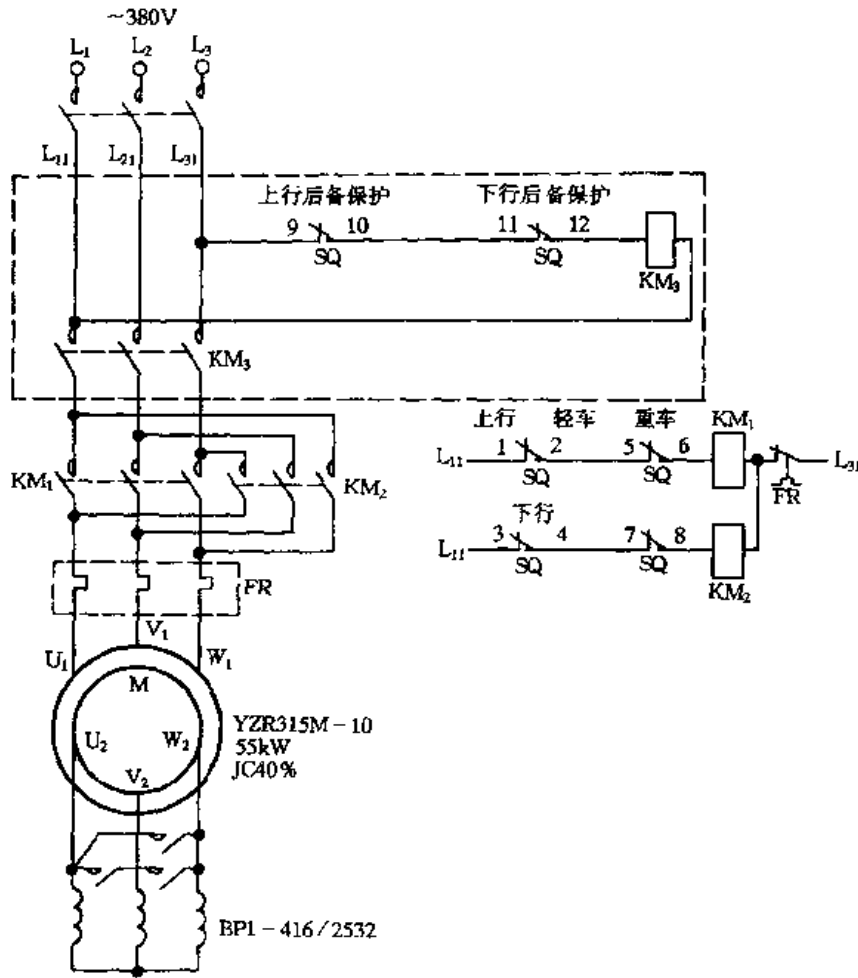


图 1.4.60 料车超行程后备保护电路

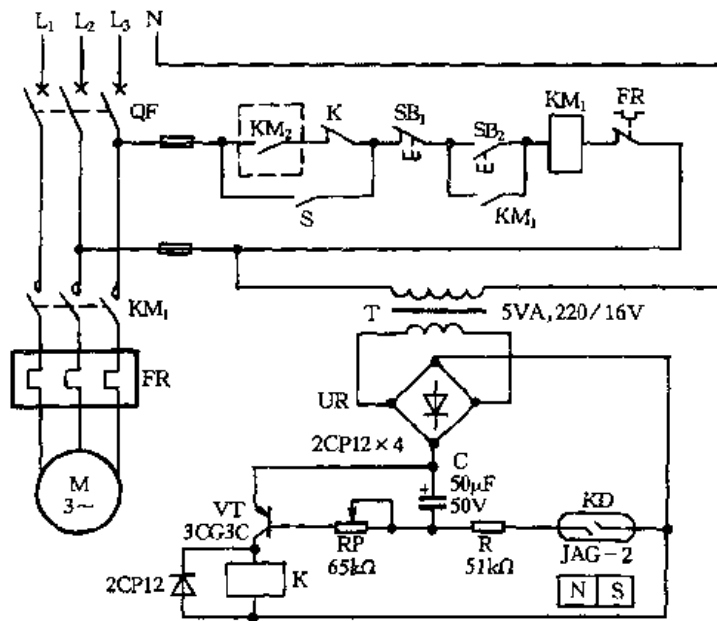


图 1.4.61 胶带输送机堵料自动停机电路

失电释放,使胶带输送机断电停机。

操作人员将矿石疏通后,活动铁板复位,KD触点断开,VT截止,K的常闭触点恢复闭合,方可再次启动电动机。

永久磁铁可用废旧电能表中的制动磁铁,也可用收音机中的小喇叭,固定在活动铁板的下部。干簧管用JAG-2型。干簧管的支撑物用非磁性物质制作(如铜板),要有一定强度和柔性,以调整干簧管与永久磁铁间的距离,使动作灵敏可靠。

调整可变电位器 RP,可调整延时时间,使干簧管的触点闭合到 KM<sub>1</sub> 的常闭触点断开的时间为 1s,以避免偶然来的飞石引起误动作,造成误停车。

#### 4. 用霍尔开关的皮带输送机失速保护电路

运行中的皮带运输机会因为种种原因发生皮带打滑甚至拉断等现象,严重影响整个系统的正常运行。为此,采用图 1.4.63 所示的用霍尔开关的皮带输送机失速保护电路。十进制计数器/脉冲分配器 D(CD4017B)接成脉冲下降沿计数方式。霍尔开关 B<sub>1</sub> 用来检测主动轮转数,B<sub>2</sub> 用来检测从动轮转数。当固定在主动轮上的永久磁钢转到与 B<sub>1</sub> 相遇时,B<sub>1</sub> 就输出一个低电平脉冲,送到 D 的  $\overline{EN}$  端,使计数器计数。当固定在从动轮上的永久磁钢转到与 B<sub>2</sub> 相遇时,B<sub>2</sub> 也输出一个低电平脉冲,经三极管 VT<sub>1</sub> 倒相后送到 D 的 CR 端,对计数器清零。这两个脉冲数分别代表主、从动轮转动圈数,即主动轮每转一圈,计数器计一个数,从动轮每转一圈,计数器清一次零,因此在皮带机正常运转的情况下,计数器所计的数不会大于 1。只有当皮带打滑、拉断等情况下,计数器所计的数才会大于 1。开关 S 是用来设定主、从动轮之间的允许相对转数,如果从动轮因故失速,当 S 的设定数等于计数器所计的数,计数器相应的 Q 端便会输出高电平信号,使 VT<sub>2</sub> 导通,K 得电吸合,主机停机。S 的具体设定值决定于负载的实际情况。

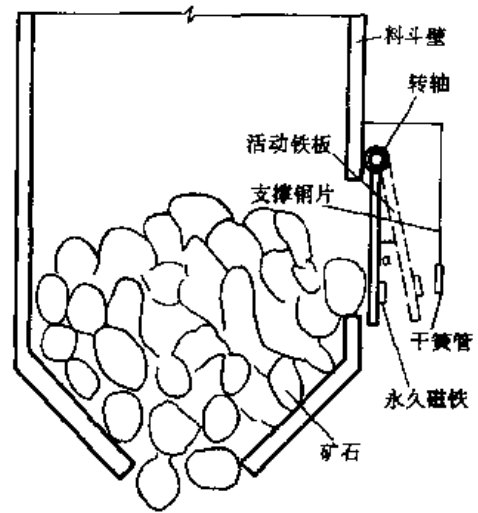


图 1.4.62 堵料传感器

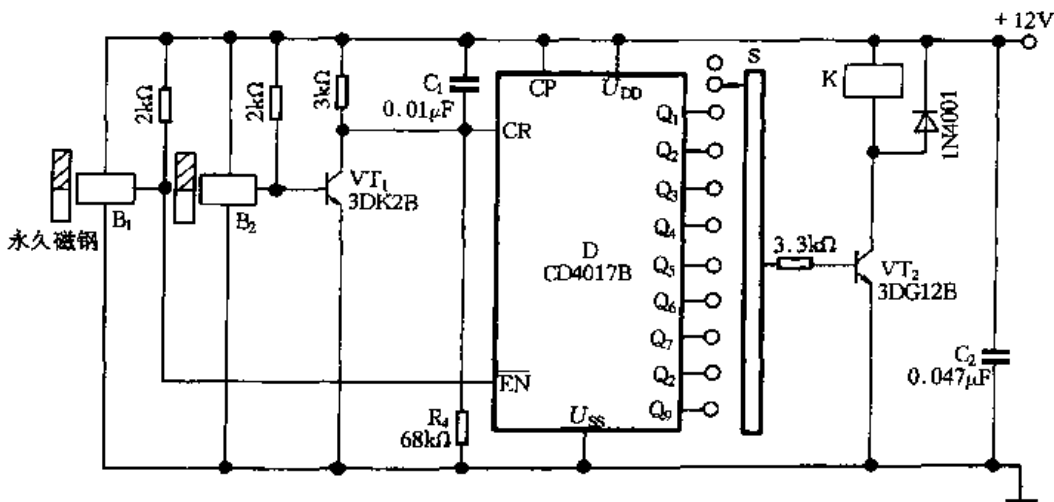


图 1.4.63 皮带输送机失速保护电路

C<sub>1</sub>、R<sub>4</sub> 组成开机清零电路。C<sub>2</sub> 为抗干扰电容。

### 5. Z型阀门电动装置控制电路

Z型阀门电动装置以电动机作动力,通过机械传动实现对阀门开、关和调节。在使用过程中经常发生阀门停止位置不准(超关或超开),造成热继电器烧毁或熔体熔断的事故,此时只有手动将阀门关、开定位后,才能再远控阀门。为此,可采用电动机能耗制动方法,在电动机正常运行时,这种方法利用储能元件先把制动能源储存起来,当电动机停止运行时,瞬间释放储能并与能耗制动电源一起加到电动机定子绕组上,能得到较好的制动效果。这种电路适用于配置5.5kW以下三相交流异步电动机的阀门电动装置。

图1.4.64所示为Z601-24/40型阀门电动装置控制电路,加装的能耗制动部分如图中虚线框内所示。 $KM_3$ 是加入能耗制动的电源接触器,二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 组成整流器,为储能元件(电容)提供直流电源。

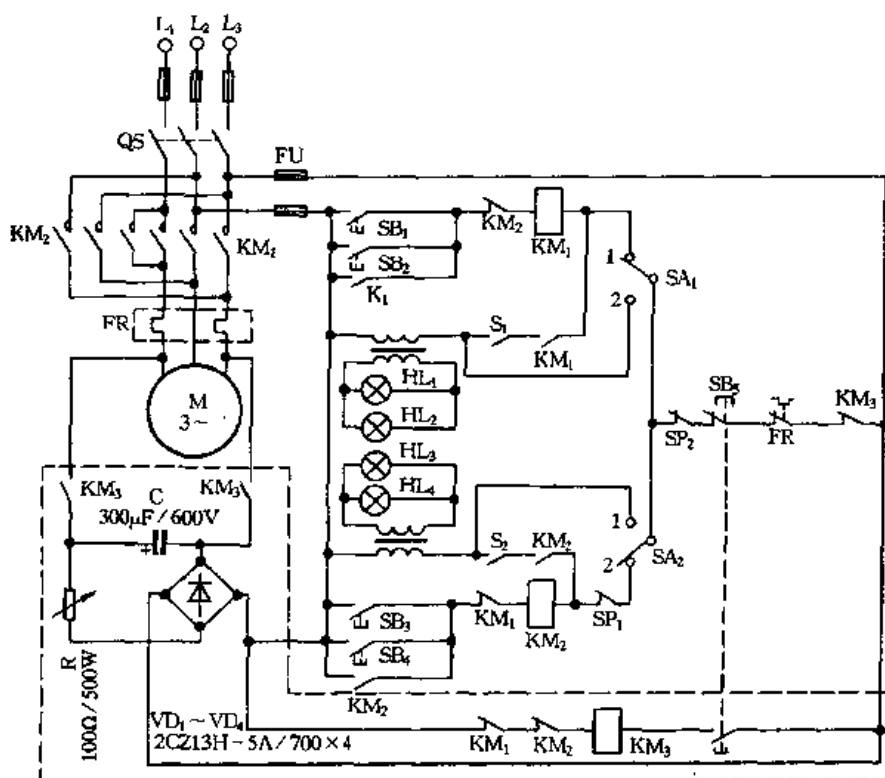


图 1.4.64 Z型阀门电动装置控制电路

合上电源开关QS,按下启动按钮 $SB_1$ 、 $SB_2$ 或 $SB_3$ 、 $SB_4$ ,使电动机正或反转接触器 $KM_1$ 或 $KM_2$ 得电吸合,电动机M启动运行拖动阀门开启或关闭(在开启或关闭过程中由于闪光开关 $S_1$ 和 $S_2$ 的作用,红灯或绿灯闪光指示),此时,380V交流电源经桥式整流器整流后通过电阻R向电容器C充电(储能),其电压为电源电压的峰值,即为 $380V \times \sqrt{2} \approx 537V$ ,作为电动机停车瞬时制动能源。

当按下复合停车按钮 $SB_5$ 时,其常闭触点断开,使 $KM_1$ 或 $KM_2$ 失电释放,M断电,同时 $SB_5$ 的常开触点闭合,使 $KM_3$ 得电吸合,其主触点闭合,接通电动机的 $L_1$ 、 $L_3$ 两相绕组;其辅助常闭触点断开,使 $KM_1$ 和 $KM_2$ 不能得电(防止误动作),这时电容器的储能和整流器输出的直流电源同时输入电动机 $L_1$ 、 $L_3$ 两相定子绕组,产生制动力矩,使电动机瞬时停转。这样阀门能准确无误地按要求停到指定位置。图中R起限流作用,以免电动机制动电流大。

### 6. 工程塑料管道多功能保护电路

由于工程塑料管道的防腐性能好,具有良好的可加工性,正在一些化工企业推广应用。但发现工程塑料管破裂的概率远超过金属管。为此可采用图 1.4.65 所示多功能工程塑料管道保护电路。

按下启动按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,通过低压断路器  $QF_2$ 、 $QF_3$  分别选择输卤泵电动机  $M_1$  和  $M_2$  并使其运行,打开相应管路出口阀,输卤开始。 $KM$  的另一常开触点闭合,使时间继电器  $KT$  得电吸合,经  $KT$  的延时,其延时闭合的常开触点  $KT(1-2)$  闭合。万能转换开关  $SA$ 、开关  $S_1$  置于相应挡位(如  $M_1$  运行时, $SA$ “1”闭合, $S_1$  断开),保护电路进入监视状态。

若管路压力正常,则电接点压力表  $PP_1$  内部触点断开。中间继电器  $K_1$  不得电,报警电路不工作。若管路压力超过上限(如远点阀门人为误关闭时)或低于下限(如管道破裂)整定值时, $PP_1$  内触点接通, $K_1$  得电吸合,其常闭触点(9-10)断开,若开关  $S_1$  断开,则  $KM$  失电释放,切断电机电源,使电动机停止运行。同时  $K_1$  常开触点(5-6)闭合,使闪光继电器  $KD$  得电,使电铃  $HA$ 、指示灯  $HL_1$  工作,发出声光信号; $K_1$  的常开触点(7-8)闭合,使信号灯  $HL_2$  发出红光信号,指示 1 号泵输卤管路出现异常。在工人收到信号前, $K_1$  常开触点(1-2)、(3-4)闭合,使  $K_1$  始终得电工作。按停止按钮  $SB_1$ ,控制电路失电,整个装置恢复初始状态。

组合开关  $S_1$  为选择开关。该开关闭合时,若发生管路超压或破裂,装置可自动报警,但不停泵(有的管路在泵停转后,出口阀未关闭,会出现回流,泵会反转。这种情况要求操作人员关闭阀门后,才能停泵); $S_1$  断开时,装置可自动报警、自动停泵。

开关  $S_2$  为联接开关。当生产工艺要求两条管路同时输送盐卤时, $S_2$  置于闭合状态,两台泵的保护电路都可进入监视状态。

### 7. $\Phi 2.26M$ 型液压传动煤气发生炉电控电路

$\Phi 2.26M$  型液压传动煤气发生炉的电控部分是采用行程开关实现控制,但经常出现误动作,为此改用时间继电器定时换向控制,其电路如图 1.4.66 所示。

按下  $SB_2$ ,继电器  $K_1$  得电吸合并自锁,并使  $KM$  得电吸合而启动电动机  $M$ 。此时返油指示灯  $HL_3$  亮;时间继电器  $KT_1$  得电延时数秒(时间根据液压机轴工作的行程要求调整)后, $KT_1$  的延时闭合的常开触点(1-2)闭合,使  $K_2$  得电吸合并自锁。 $K_2$  常闭触点(1-2)断开,切断  $KT_1$  的电源; $K_2$  的触点(3-4)断开,使  $HL_3$  熄灭;常开触点  $K_2(5-6)$ 、(7-8)闭合,电磁铁  $YA$  得电,

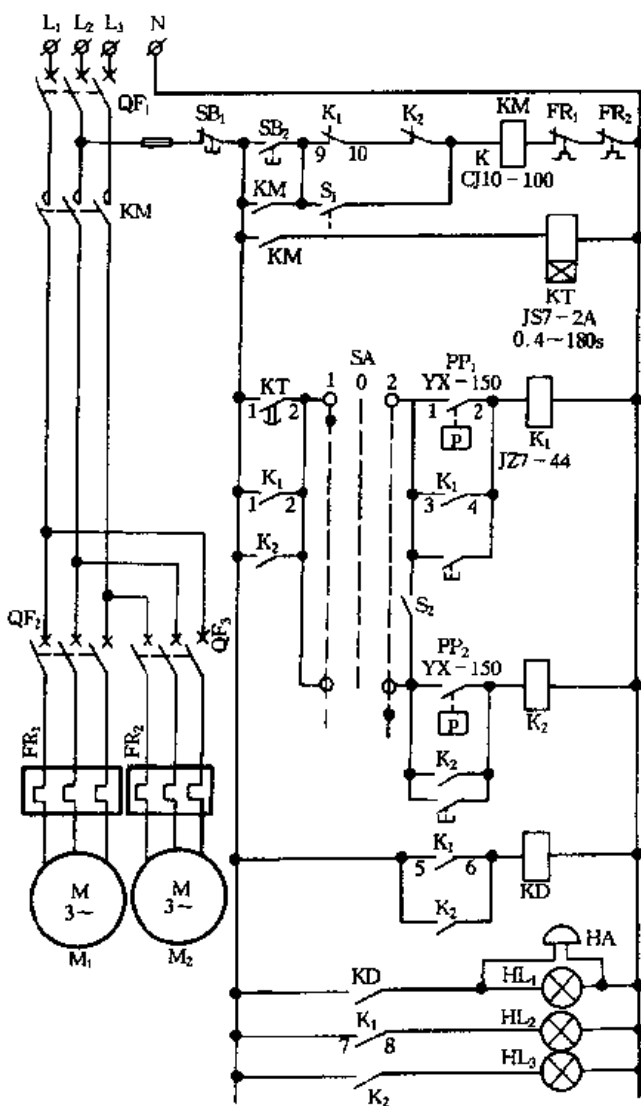


图 1.4.65 工程塑料管道多功能保护电路

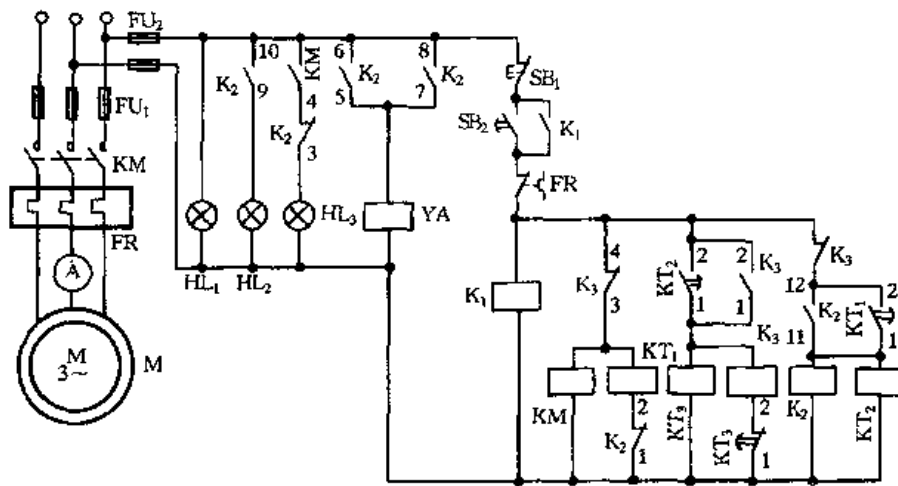


图 1.4.66 液压传动煤气发生炉电控部分改进电路

达到换相的目的;  $K_2$  常开触点(9-10)闭合, 进油指示灯  $HL_2$  亮。同时,  $KT_2$  也得电延时数秒(时间由工作行程来调整)后, 其常开触点  $KT_2$ (1-2) 闭合, 使  $KT_3$  得电吸合; 同时  $K_3$  得电吸合并自锁, 其触点  $K_3$ (3-4) 打开, 使  $KM$ 、 $K_2$  失电释放, 电动机自动停止运转, 完成了一个周期。  $KT_3$  经一定的延时, 其触点  $KT_3$ (1-2) 延时断开, 使  $K_3$  失电释放,  $K_3$  触点(3-4) 闭合, 使  $KM$  得电吸合而自动启动电动机运转, 再重复上述过程, 使液压系统安全可靠地正常运转。

### 8. 起重电磁铁节能电路

电路如图 1.4.67 所示。合上电源开关  $QS$ , 交流电经整流二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$  整流后得到直流电压, 此时绿色信号灯  $HL_1$  亮, 表示直流电源正常。合上电磁铁工作开关  $S_2$ , 直流接触器  $KM_2$  得电吸合, 其常开主触点  $KM_2$ (1-2)、 $KM_2$ (3-4) 闭合, 直流电流经触点  $KM_2$ (1-2) → 电磁铁  $YA$  的线圈 → 触点  $KM_2$ (3-4) 流通, 电磁铁  $YA$  进入吸铁工作状态; 同时, 接触器  $KM_2$  的常闭辅助触点  $KM_2$ (5-6) 断开, 使  $HL_1$  熄灭, 而常开触点  $KM_2$ (7-8) 闭合, 使红色信号灯  $HL_2$  点亮, 表示电磁铁正处于吸铁工作状态,  $KM_2$  的常闭辅助触点  $KM_2$ (13-14) 断开, 通过  $VD_3$  断开  $RF_1 \sim RF_3$  回路。

若被吸持物为生铁锭类的小铁磁性物质, 且吸量已超过规定量, 要求将多吸部分放掉, 此时可操作放料开关  $S_1$ , 将  $S_1$  置于“慢放”位置, 然后将开关  $S_2$  断开, 直流接触器  $KM_2$  失电释放, 其常开触点  $KM_2$ (1-2)、 $KM_2$ (3-4) 断开, 切断电磁铁  $YA$  外部供电电路。此时, 电磁铁  $YA$  通过  $KM_2$  的常闭辅助触点  $KM_2$ (13-14)、 $KM_2$ (9-

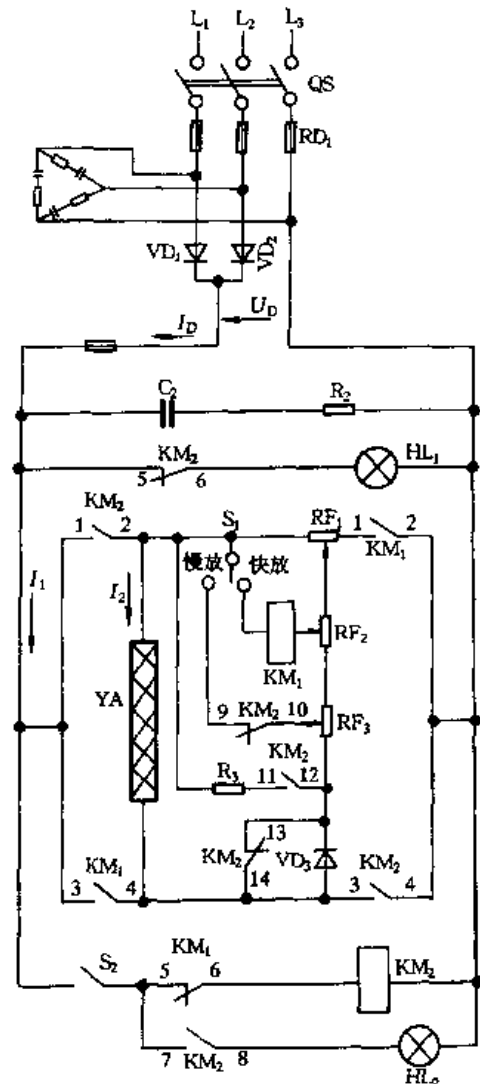


图 1.4.67 起重电磁铁节能电路

10)和放电电阻  $R_{F3}$  的一部分进行放电,放电电流的平均值小于外部整流供电电流的平均值,从而使电磁铁的吸力减小,被吸在电磁铁外围的铁块逐渐往下掉落,待所吸量达到规定值时,立即合上开关  $S_2$ ,接触器  $KM_2$  又得电吸合,电磁铁 YA 重新得电,强大的电磁力将所吸物牢牢吸住。

当需要将吸持物一次放净时,将开关  $S_1$  置于“快放”位置,将开关  $S_2$  断开,电磁铁 YA 经  $KM_2$  (13-14)、放电电阻  $R_{F1}$ 、 $R_{F2}$  和  $R_{F3}$  放电,这时跨接在  $R_{F2}$  和  $R_{F1}$  之间的直流接触器  $KM_1$  线圈得电动作,其常开主触点  $KM_1$  (1-2)、 $KM_1$  (3-4) 闭合,电磁铁 YA 获得反向电流,产生去磁,电磁铁吸持物一次放净。

若被吸持物质为钢板、钢坯类的型钢,无需定量吊运时,可去掉“慢放”步骤,控制电路也可作相应的简化。

电磁铁线圈相当于一个大电感,当切断电源放料时,若不采取措施,其两端有可能出现极高的自感电动势,将绝缘击穿。为此必须采取措施以制止过电压的出现,采用  $R_{F1}$ 、 $R_{F2}$ 、 $R_{F3}$  与线圈并联。

电阻  $R_3$  的作用就是在整流部分停止供电的三分之一周期时间内,给电磁铁提供一条主要放电支路(YA 的线圈  $\rightarrow$   $VD_3 \rightarrow KM_2$  (①-②)  $\rightarrow R_3$ ),以保证电磁铁线圈中的电流不致中断,保证足够的吸力。因此,放电时间常数  $\tau$  必须大于电源电压的三分之一周期。

试验证明,当通过电磁铁 YA 线圈的电流  $I_2$  为 37A 时,由整流部分提供的电流  $I_1$  只为 26A。这是因为该整流电路利用了电磁铁线圈是大电感负载这一特点,巧妙地将线圈中的储能释放出来的节能效果。

图 1.4.68(a) 是三相电源电压波形。在  $t_1 \sim t_2$  时间内,  $L_1$  相电压高于  $L_3$  相电压,整流二极管  $VD_1$  导通,负载上得到  $L_1$  相整流电压;在  $t_2 \sim t_3$  时间内,  $L_2$  相电压高于  $L_3$  相电压,  $VD_2$  导通,负载上得到  $L_2$  相整流电压;在  $t_3 \sim t_4$  时间内,二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$  在反向电压作用下处于截止状态,此时负载得不到整流部分的电流,  $I_1$  为零。  $t_4$  以后,该电路又进入上述过程。其整流电压、电流波形如图 1.4.68 (b)、(c) 所示。

由此可见,在三相电源的一个周期内只有  $L_1$  相和  $L_2$  相轮流向负载供电,即电源只有三分之二周期的时间向负载提供电能,其它三分之一周期的时间停止供电。

由于电磁铁是一个大电感,因此当电磁铁线圈中的电流减小,即  $I_1$  减小时,电磁铁线圈将通过二极管  $VD_3$ 、 $KM_2$  的常开触点  $KM_2$  (11-12) (已闭合)、 $R_3$  回路和  $VD_3$ 、 $R_{F1} \sim R_{F3}$  回路放电。在整流部分停止供电的三分之一周期的时间内,强大的放电电流足以保证电磁铁工作电流的要求,因而达到了节能效果。

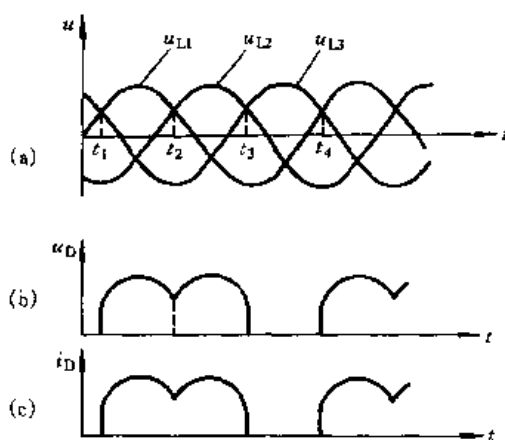


图 1.4.68 供电电压和电流波形



## 第五节 供电电路

### 一、三相交流电源相序检测及锁定电路

三相交流异步电动机的旋转方向与接入交流电源的相序有关。但从供电线路引下来的相序通常是未知的,因此即便生产厂家已调试好的一些不可逆转的成套设备,到了用户手中也不得不将电动机与负载卸开,通过调整电源相序得到正确的转向后,再进行其它调试。

规范的供电电源的相序应保持稳定不变。但一些基层供配电部门在更换变压器或配电线路检修中往往忽视对相序的检查,以致使原工作正常的一些机电设备出现异常,甚至造成事故。

#### 1. 三相电源相序检测电路

根据三相交流电源的相序可知,在顺相序的情况下,线电压  $\dot{U}_{L1L3}$  超前线电压  $\dot{U}_{L2L3}$   $60^\circ$ ,而在逆相序的情况下,线电压  $\dot{U}_{L1L3}$  滞后线电压  $\dot{U}_{L2L3}$   $60^\circ$ 。根据这一特点,可组成图 1.5.1 所示的三相电源相序检测电路。

在 M、N 间接入发光二极管  $VL_1 \sim VL_3$  显示电路,如果三相电源为顺相序的话,在  $U_{MN}$  的作用下, $VL_1 \sim VL_3$  发光;反之如果三相电压为逆相序的话, $U_{MN} = 0$ , $VL_1 \sim VL_3$  不发光。根据  $VL_1 \sim VL_3$  发光与否,即可方便而准确地测定三相交流电源的相序。

显示电路的发光二极管  $VL_1 \sim VL_3$  分别选用黄、绿、红颜色,并与  $L_1、L_2、L_3$  端相对应按品字形安装在面板上。在顺相序的情况下, $VL_1 \sim VL_3$  发出黄、绿、红三色光,与  $L_3、L_2、L_3$  三相对应,直观醒目。显示电路中与发光二极管  $VL_1 \sim VL_2$  串联的稳压管用于提高鉴别电压,以防止由于三相电源电压不平衡造成的错误显示。

#### 2. 三相电源相序锁定电路

图 1.5.2 所示为三相电源相序检测电路(如虚线以下部分所示),是对三相交流电相序作出准确判断的逻辑电路,并可通过其出口电路,将供电交流电源的相序锁定为要求的相序。

$\dot{U}_{VU}、\dot{U}_{WU}$  分别经  $VD_1、VD_2$  半波整流,  $R_1、R_2$  限流,再经  $D_1 \sim D_4$  (CC40106) 组成的两级反相斯密特触发器整形后,变成与其对应的矩形波,并分别作为后边沿 D 触发器  $D_5$  (CC4013) 的输入信号 D 及时钟信号 CP。由于顺相序连接时,  $\dot{U}_{WU}$  滞后  $\dot{U}_{VU}$   $60^\circ$  电角度,当  $\dot{U}_{WU}$  的同步矩形波 CP 的上升沿到来时,  $\dot{U}_{VU}$  的同步矩形波 D 恰为高电平,因此  $D_5$  输出  $Q = 1$ ,使三极管 VT 导通,继电器 K (选用微小型继电器时,VT 可选用 3DG12) 得电吸合,其常开触点(1-2)闭合,绿色指示灯 HG(选用  $\phi 5$  中亮型)亮;其常闭触点(3-4)断开,红色指示灯 HR(选用  $\phi 5$  中亮型)灭。

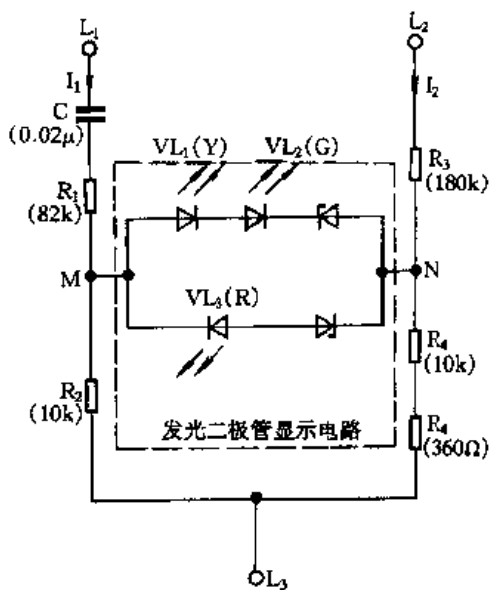


图 1.5.1 三相交流相序检测电路

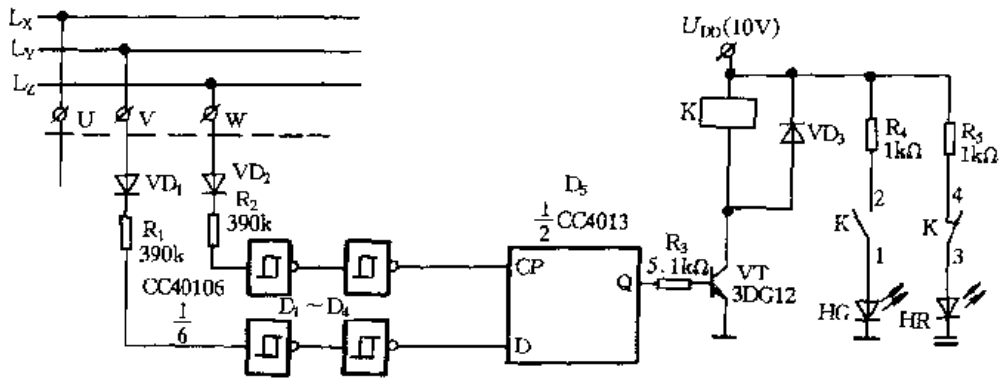


图 1.5.2 三相电源相序检测电路

而当 U、V、W 端引入为逆相序电源  $L_1$ 、 $L_3$ 、 $L_2$  时， $\dot{U}_{WU}$  超前  $\dot{U}_{VU}$   $60^\circ$  电角度。当  $D_5$  的 CP 上升沿来时， $D_5$  的 D 端输入为 0，因此  $D_5$  输出  $Q=0$ ，VT 截止，K 不吸合，其常闭触点 (3-4) 闭合，红色指示灯 HR 亮；其常开触点断开，绿色指示灯 HG 灭。

使用图 1.5.2 所示相序检测电路，仅需要将其 U、V、W 端依次与待判电源  $L_X$ 、 $L_Y$ 、 $L_Z$  相连接，若 K 吸合，HG 亮，则判定  $L_X$ 、 $L_Y$ 、 $L_Z$  为顺相序；反之，为逆相序。

图 1.5.3 所示的三相交流电源相序锁定电路，在电源输出控制回路中串入了图 1.5.2 所示电路相序判别器的 K 的常开触点 (5-6)。因此只有在输入交流电源  $L_X$ 、 $L_Y$ 、 $L_Z$  为顺相序时，K 才会得电吸合；也只有在 K 得电吸合的前提下，交流接触器 KM 才能得电吸合，其主触点将顺相序电源输出至  $L_{X0}$ 、 $L_{Y0}$ 、 $L_{Z0}$  端。如  $L_X$ 、 $L_Y$ 、 $L_Z$  为逆相序，则相序判别器出口继电器 K 维持释放状态，使 KM 不可能得电吸合，从而避免了由于电源相序变更可能产生的一切危害。

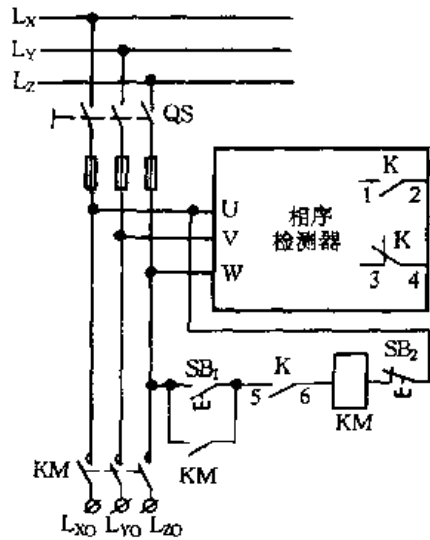


图 1.5.3 三相电源相序锁定电路

### 3. 空调器相序保护电路

采用三相 380V、50Hz 电源供电的空调器，在电气电路中特意设置三相电源相序保护电路，其电路如图 1.5.4 所示。

三相电源  $L_1$  相和  $L_2$  相上分别接有电阻  $R_1$  和电容  $C_1$ ，公共端为 0。 $L_3$  相上则有电阻  $R_2$  与整流桥 UR 串联，然后也交汇于公共端 0。整流桥 UR 的直流输出电压经稳压二极管 VZ，为继电器 K 的线圈供电，电容  $C_2$  起平滑线圈上直流电压的作用。压敏电阻 RV 正常情况下不导通，当整流桥 UR 输出端出现过电压时，RV 导通，吸收过电压，保护稳压管 VZ、继电器 K 和电容  $C_2$  不损坏，从而确保继电器 K 不产生误动作。

当三相电源  $L_1$ 、 $L_2$  和  $L_3$  为顺向相序时，继电器 K 动作，其常开触点接通，接通控制电路 220V 电源，可以启动压缩机的电动机。

当三相电源  $L_1$ 、 $L_2$  和  $L_3$  为逆相序即相序接错时，继电器 K 不得电，其触点保持断开，不能接通控制电路电源，不能启动压缩机的电动机。

该相序保护电路兼备断相保护功能。由图 1.5.4 不难看出，当  $L_3$  相断相时，整流桥 UR 将无输入交流电压，也就没有直流电压输出，继电器 K 无电，其常开触点仍保持断开。

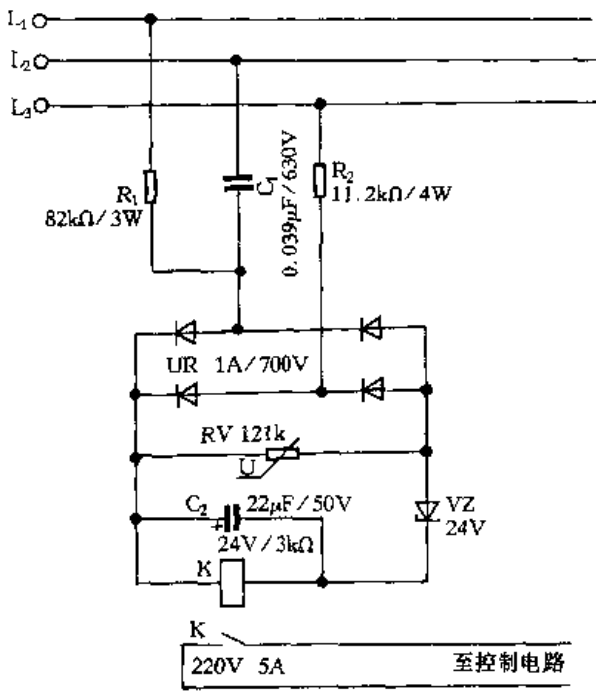


图 1.5.4 空调相序保护电路

通,220V 电压经电容  $C_1$  降压,稳压管  $VZ$  稳压,二极管  $VD_2$  整流,电容  $C_2$  滤波后给  $K$  加上 12V 直流电压,使  $K$  得电吸合,其常闭触点断开、常开触点闭合,于是  $X$  和  $Y$  分别通过  $K$  的两个常开触点与  $F$ 、 $E$  相连,因此自动保持  $E$  为火线而  $F$  为零线。与此同时, $VG_2$  得电发光,照在  $RG$  上,因此操作者手松开  $XP$  后, $VS$  仍保持在导通状态,使  $K$  保持在吸合状态,因而  $E$ 、 $F$  分别保持为火线和零线。实现市电火线零线接反时自动矫正。

晶体管  $VT$  用来加大  $VZ$  输出电流的能力,二极管  $VD_1$  的作用是扩大电源负半周电流通过的能力,避免烧坏  $VZ$ 。

$VG_1$ 、 $RG$  和  $VG_2$  用黑胶布包在一起,构成光电耦合器。

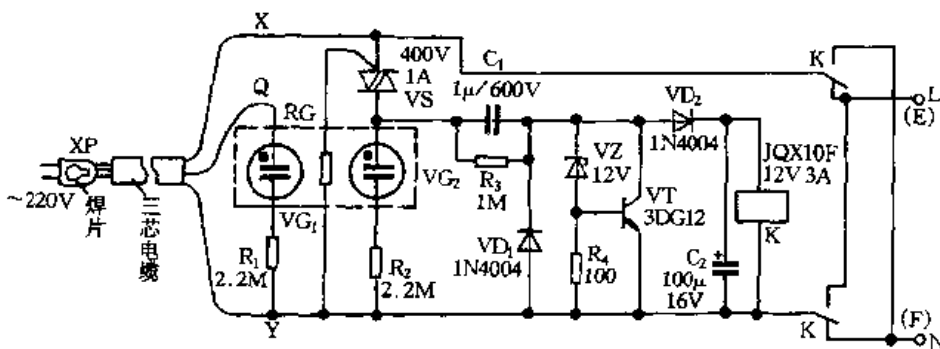


图 1.5.5 火线(L线)、零线(N线)接反自动矫正电路

## 2. 适用 110V 小家电的电源变换电路

一些耗电较小的小家电,如电动剃须刀、电子钟等,采用 110V 供电,而耗电功率较小,可以直接采用电容降压法,接成如图 1.5.6 所示电路。该电路中电容必须选择耐压大于 400V 的无极性电容,电阻的作用是泄放断电后电容上的残余电荷。但是,该电路会影响电网的功率因数。

## 二、单相和三相供电电路

### 1. 火线(L线)、零线(N线)接反自动矫正电路

电路如图 1.5.5 所示。在电源插头  $XP$  的外表面上用环氧树脂粘上一个焊片,从焊片上焊出一根导线  $Q$  接入控制电路,两根市电电源线分别用  $X$ 、 $Y$  表示。用一根三芯电缆充当  $X$ 、 $Y$ 、 $Q$  三根连线。 $XP$  插头插入市电插座时,操作者手拿  $XP$ ,并接触  $XP$  上的焊片,如果  $Y$  为零线,而  $X$  为火线,则光电耦合器(由氖管  $VG_1$  和  $VG_2$  及光电阻  $RG$  组成)中的  $VG_1$  不发光,因此双向晶闸管  $VS$  截止,继电器  $K$  因得不到电源电压而处于释放状态, $X$  和  $Y$  通过  $K$  的两个常闭触点分别与  $E$ 、 $F$  端相连,因此  $E$  为火线, $F$  为零线。如果  $Y$  接火线,而  $X$  接零线,则  $VG_1$  发光, $RG$  受光阻值减小, $VS$  导

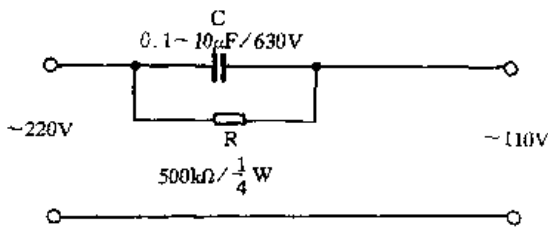


图 1.5.6 适用 110V 小家电的电源变换器电路

### 3. 小型 220V/(50~150V)旅行用电压转换电路

电路如图 1.5.7 所示,VS 为双向晶闸管,VD 为双向触发二极管,RP 用来调整输出电压,该电路的电压调节范围为 50~150V,使用时只需调节 RP 即可使输出电压调至适用值,很适用于 110V 的小型家用电器。

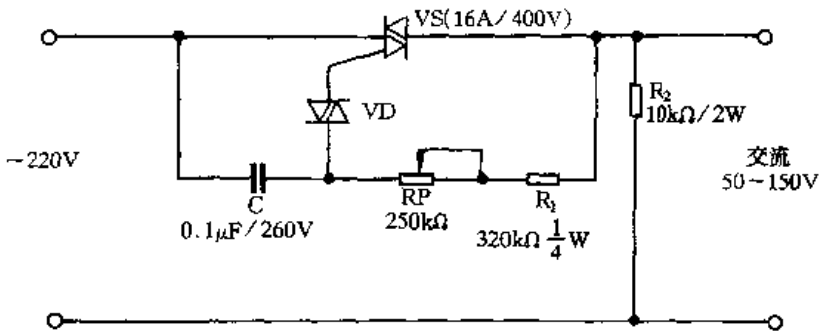


图 1.5.7 小型 220V/(50~150V)旅行用电压转换电路

### 4. 家庭卫生间白炽灯电路

图 1.5.8 所示家庭卫生间白炽灯电路,两只二极管各串一只灯泡,相互并联后与市电相接。两只二极管和两只灯泡均装于吸顶灯罩内。两只二极管的接法应使交流电正负半周都有电流分别流过相应的灯泡。两只 40W 的灯泡可有接近一只 40W 灯泡的亮度。经实际使用,效果很好。此外,即使有一只灯泡坏了,还有另一只灯泡发光,不致发生全黑的情况。

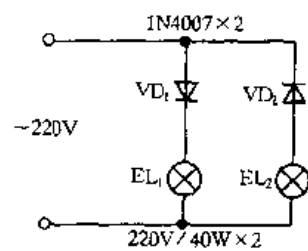


图 1.5.8 家庭卫生间白炽灯电路

### 5. 石英挂钟用交流市电供电电路

石英挂钟或台钟已成为家庭必需用品,一般一节 5# 电池可供石英挂钟或台钟使用一年。但有些钟使用多年后,由于磨损与积尘,在电池电压降低后性能变差,能使新钟正常工作的电池却不能使旧钟正常工作,使旧钟更换电池的周期缩短。采用图 1.5.9 所示由市电供电的电路,能使旧钟一直有力地走动。R<sub>1</sub> 和 R<sub>2</sub> 为降压限流电阻。由 VD<sub>1</sub>~VD<sub>4</sub> 组成全波整流电桥,C<sub>1</sub> 为滤波电容。红色发光二极管 VL 正向连接,其正向压降为 1.5V 左右,起稳压元件作用。将石英挂钟的电池盒正、负极与电路正负、极连接,石英挂钟即可工作。220V 交流市电电流过 2MΩ 电阻的电流仅 0.11mA,不足以驱动石英挂钟的步进电动机转动,但是石英挂钟的步进电动机是由占空比很小的正、负脉冲电流驱动的,平均电流很小,当 C<sub>1</sub> 为

100μF 时,VL 随秒针走动而闪光,电压略有变化,只不过是秒针动时 VL 不发光,秒针不动时,VL 发光,此灯可作夜间指示。如 C<sub>1</sub> 改为 470μF 时,VL 仅发微光,但不闪动,此时电压较稳定。

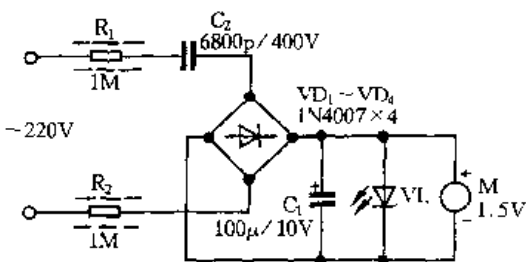


图 1.5.9 家庭用石英挂钟用交流市电供电电路

实际制作中,可用绝缘套管将 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> (1/4W) 与电源线封住,只露出与桥堆连接端,这样用手接触石英挂钟电源任何地方都无触电危险。

如遇到个别摩擦阻力较大的石英挂钟,可增加

电流,即将  $R_1$ 、 $R_2$  改为  $470\text{k}\Omega$ ,或增加电压,即在 VL 上正向串接一只 2AP9 锗二极管,可使输出电压增加到  $1.8\text{V}$ 。

### 6. 电子限量供电电路

电子限量供电电路安装在大专院校的集体宿舍里,主要是限制学生使用电炉,有明显的节电效果,其电路如图 1.5.10 所示,其限电范围为  $5\sim 29\text{A}$  可调。超量时,断电反应速度为  $1\sim 5\text{s}$ ,超量越大,反应速度越快;断电延续时间约为  $30\text{s}$ , $30\text{s}$  后,若继续超量使用,则再次自动切断电源;消耗功率小于  $5\text{VA}$ 。TA 为电流互感器。

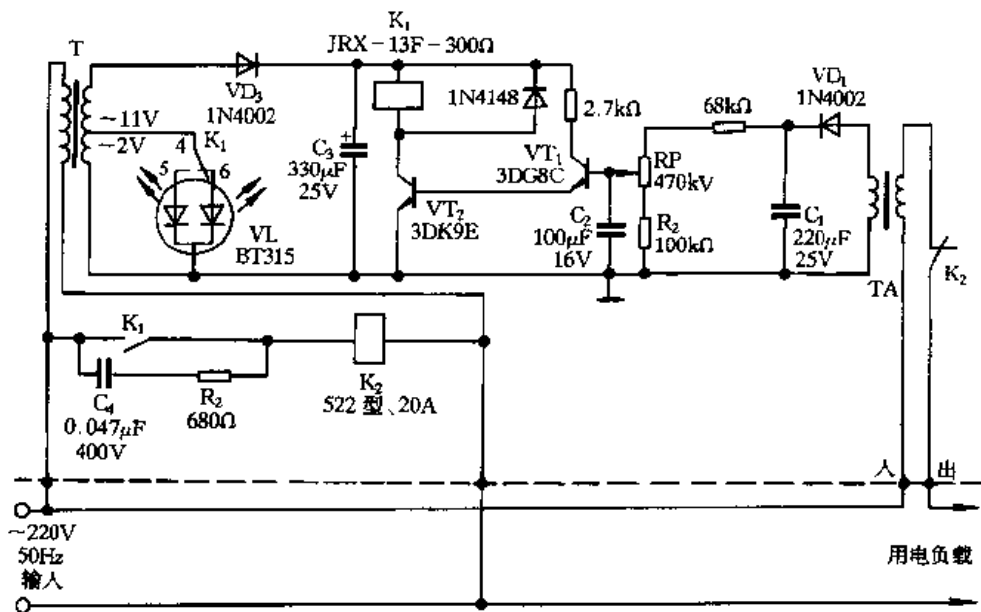


图 1.5.10 电子限量供电电路

当用电负荷小于预定最大值时,电位器 RP 的分压未能高于  $VT_1$  基极门限电压, $VT_1$  反偏截止, $VT_2$  也截止,继电器  $K_1$  不吸合,使继电器  $K_2$  失电,其常闭触点闭合,向用户线路供电。

当负荷大于预定最大值时,电容  $C_2$  两端电压  $U_{C2} \geq 1.2\text{V}$ , $VT_1$ 、 $VT_2$  导通, $K_1$  得电吸合,其常开触点闭合,使  $K_2$  得电吸合,其常闭触点断开,用电线路断电。负载恢复正常后,延时电路中, $C_2$  充足的电荷对 RP 和  $R_2$  放电到某一电压,即  $C_2$  两端电压  $U_{C2} < 1.2\text{V}$  时,则  $VT_1$ 、 $VT_2$  截止, $K_1$ 、 $K_2$  均失电释放,用电线路得电。若继续超量用电,则将再次自动切断电源。这样,隔一定的时间,电路对负荷状况检查一次,直至负荷恢复正常。改变  $C_2$  的数值可调整延时时间,按图示的元器件参数,延时时间为  $30\text{s}$  左右。

互感器 TA 采用  $35\text{W}\sim 55\text{W}$  变压器铁心自制,先用  $\phi 0.15\text{mm}$  漆包线乱绕  $1200\sim 1500$  匝作为二次侧线圈,然后包扎绝缘胶带,再用  $\phi 1.5\text{mm}$  漆包线排绕  $5\sim 10$  匝作为一次侧线圈即可。

RP 既是延时元件,又是调节控制点电位的元件,因此在调试时,两者都要兼顾。调试中,若发现 TA 的二次侧电压过高,可并接一只  $220\sim 470\Omega$  的电阻,以降低 TA 二次侧端电压。 $K_1$  得电吸合时,RP 可动臂端在中点附近为宜。

### 7. 电力电容器补偿保护器电路

图 1.5.11 所示的电力电容器补偿保护器电路,能在电网出现过压或断相的情况下及时切断电源,保护电力电容器。该保护器组合安装在电力电容器补偿开关箱中,它有 10 个接线端子,其接线如图 1.5.12 所示, $SB_2$  为启动按钮, $SB_1$  为停止按钮。

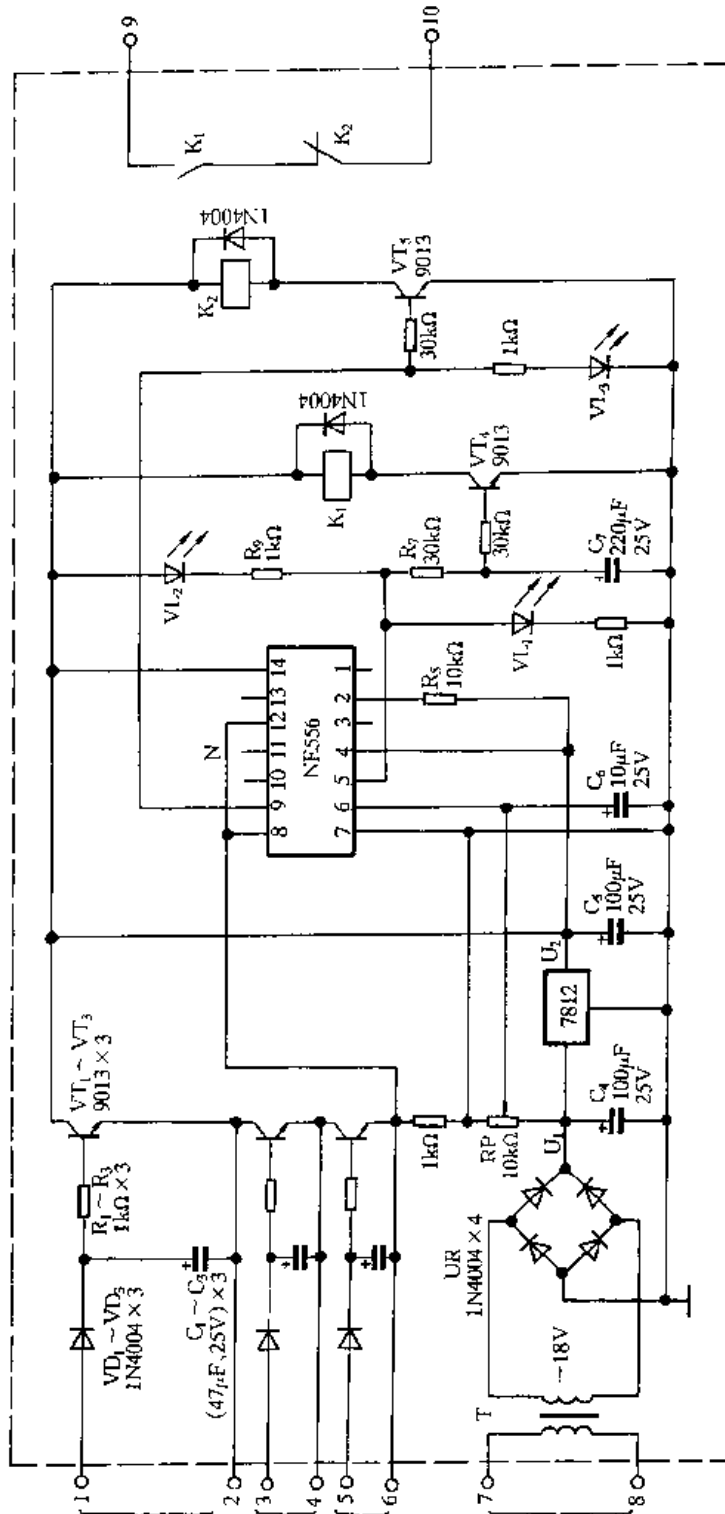


图 1.5.11 电力电容器补偿保护器电路

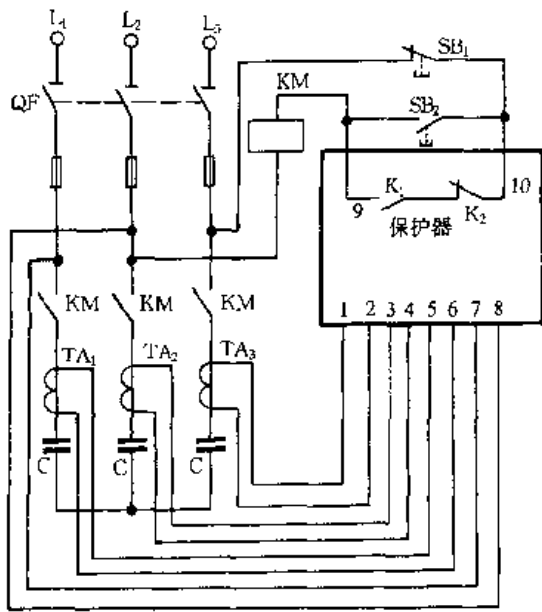


图 1.5.12 电力电容补偿保护电路的接线

接触器 KM 失电释放(见图 1.5.12),其主触点断开与电力电容器 C 相连的电网,保护了电力电容器。图 1.5.11 中  $C_4$  和  $C_5$  是滤波电容,  $R_5$  保证 N 的②脚的阈值电压大于  $2/3 U_2$ 。

N 的另一半作断相保护,图 1.5.12 中的  $TA_1$ 、 $TA_2$ 、 $TA_3$  是电流互感器,三相电源线分别从它们的磁芯中穿过。正常时,  $TA_1$ 、 $TA_2$  和  $TA_3$  的感应电压分别经二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$  和  $VD_3$  整流(见图 1.5.11),电容  $C_1$ 、 $C_2$  和  $C_3$  滤波,经电阻  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$  送至  $VT_1$ 、 $VT_2$ 、 $VT_3$  的基极,使晶体管  $VT_1$ 、 $VT_2$  和  $VT_3$  导通,使 N 的⑫脚置于高电平,⑨脚输出低电平信号,使  $VT_5$  截止,  $K_2$  失电释放,其常闭触点处于闭合状态。当三相电源中有一相断开时,则该相电流为零,从而导致  $VT_1$ 、 $VT_2$  和  $VT_3$  中有一只截止,使 N 的⑫脚变为低电平,⑨脚输出高电平信号,  $VL_3$  发光,指示处于断相保护状态,同时使  $VT_5$  导通,  $K_2$  得电吸合,其常闭触点断开, KM 失电释放(见图 1.5.12),其主触点断开与电网相连的电力电容器 C,保护了电力电容器。

#### 8. 晶闸管过压保护电路

图 1.5.13 所示的晶闸管过压保护电路,当电源电压超过 240V ~ 250V 时,均能使电路动作,以保护用电设备。

接通电源,由于继电器 K 的常闭触点(1-2)闭合,因此用电器得电工作,交流电压表 PV 指示正常电压。发光二极管  $VL_1$ 、 $VL_2$  在 K 常闭触点 K(4-5)接通时,显示“工作正常”(一般用绿色)的指示灯  $VL_1$  亮。电源变压器 T 的二次侧交流电压为 22V,由于晶闸管 VS 的控制极 G 未被触发, K 不得电。当电压超过整定值时, T 的二次侧电压相应升高,经二极管  $VD_2$  整流、电容  $C_1$  滤波,则分压电路 RP、 $R_3$  的分压值也随之上升。于是稳压管 VZ 导通, VS 也被触发导通, K 得电吸合,其常闭触点 K(1-2)断开,用电器的电源电压被切断;同时另一常闭触点 K(5-4)断开、常开触点 K(5-6)闭合,显示“过压”(一般用红色)的指示灯  $VL_2$  亮。其中  $R_4$ 、 $C_2$  为电路的限流、滤波元件。

该电路不会自行复原,使用时应先排除交流稳压器故障或使市电电源电压回到额定正常值后,方可按下复位按钮 SB 复位。

该电路仅适用于电源电压缓慢变化的场合。

当电网正常供电时,该保护电路(见图 1.5.11)的 N(双时基电路 NE556)的⑤脚为高电平,发光二极管  $VL_1$  发光,同时给电容  $C_7$  充电,并使晶体管  $VT_4$  饱和导通,继电器  $K_1$  得电吸合,其常开触点闭合,接触器 KM 得电吸合,其主触点闭合,使电力电容器接入电网,供电线路处在正常的工作状态下(见图 1.5.12)。

当电网电压(交流 380V)上升时,整流桥 UR 的直流输出电压  $U_1$  增大,并经电位器 RP 加到 N 的触发端⑥脚。当⑥脚电位高于  $2/3 U_2$  ( $U_2$  为 7812 三端稳压集成块输出 12V 的直流电压)时,⑤脚为低电平,  $VL_2$  亮,指示电网电压过高。此后,  $C_7$  上的充电电压经  $R_7$  和 N 的⑤脚放电,放电延迟时间大约 30s(这样可有效地防止因电网正脉冲干扰而引起的误动作)。  $C_7$  放电结束后,  $VT_4$  截止,  $K_1$  失电释放,其已闭合的常开触点断开,使接

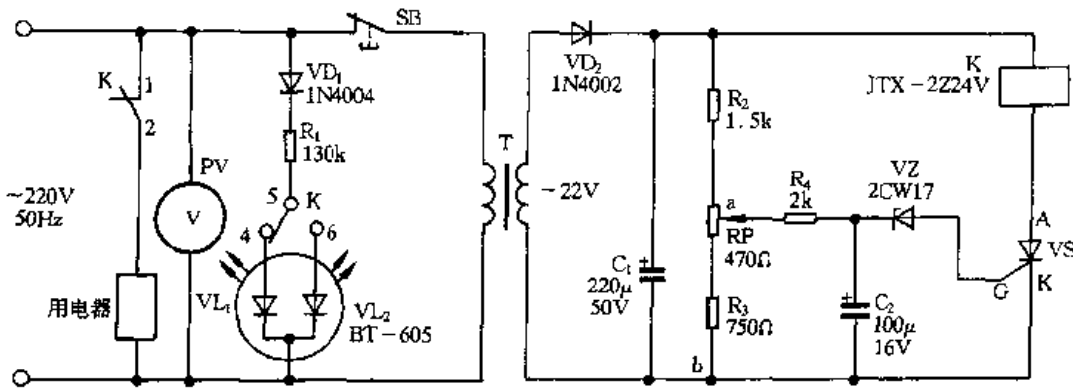


图 1.5.13 晶闸管过压保护电路

### 9. 交流电源过压、欠压保护电路

图 1.5.14 所示的交流电源过压、欠压保护电路,可在交流电源电压高于或低于某一设定值时,自动切断向负载供电电路,并用灯光指示、发出报警声响,以保护用电器。

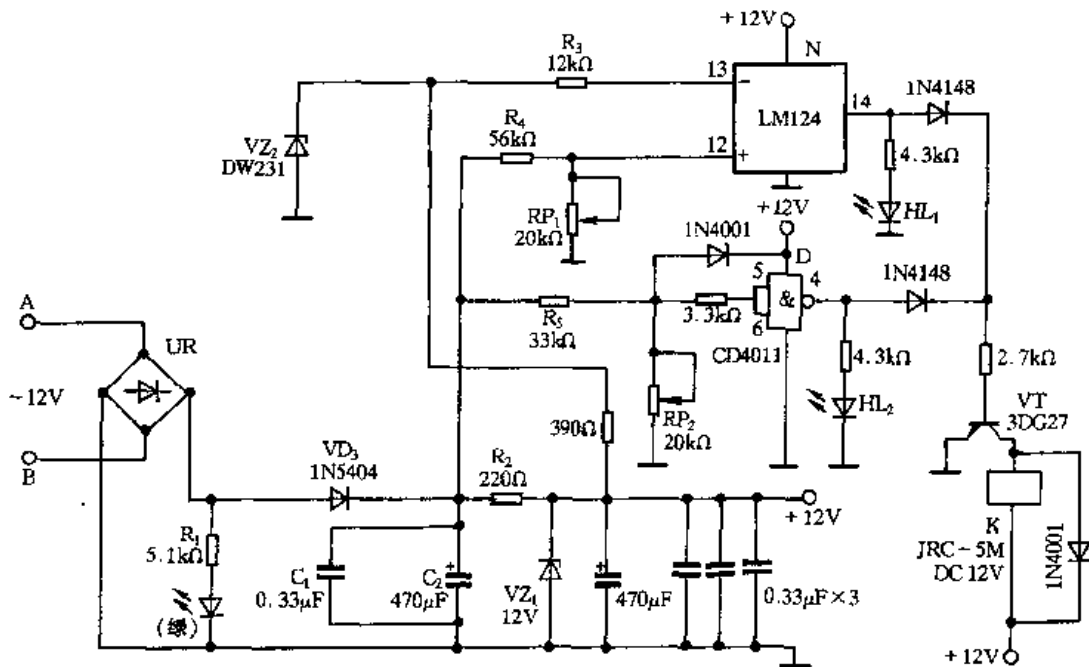


图 1.5.14 交流电压过、欠压保护电路

A、B 两端接入某变压器二次侧,经整流桥 UR、二极管 VD<sub>3</sub>、电容 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 整流滤波,可得 14V 左右的脉动直流电压,又经电阻 R<sub>2</sub> 限流、稳压二极管 VZ<sub>1</sub> 稳压,得到 12V 电压,作为集成运放电路 N(LM124)、数字电路 D(CD4011)及晶体管 VT 工作电源。

由 N、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、电位器 RP<sub>1</sub> 及 VZ<sub>2</sub> 组成过压保护电路。N 的 ⑫脚为取样电压,由 RP<sub>1</sub> 调整;⑬脚为 VZ<sub>2</sub> 提供的 6.3V 标准参考电压。当输入电压超过额定值的某设定值时,N 的 ⑭脚输出高电平,VT 导通,使继电器 K 得电吸合,其常闭触点断开,切断负载的供电电路(图中未画出),同时,“过压”指示灯 HL<sub>1</sub>(黄色发光二极管)亮。

由 D、R<sub>5</sub>、RP<sub>2</sub> 组成欠压保护电路。当输入电压低于额定值的某设定值时,D 的 ④脚输出高电平,VT 导通,使 K 得电吸合,其常闭触点断开,切断负载的电源电压,同时,“欠压”指示灯 HL<sub>2</sub>(红色发光二极管)亮。顺时针调整 RP<sub>2</sub>,使 D 的 ④脚输出高电平即可实现保护。



使用时,如用电负载的变压器二次侧有 12V 交流电压,可将该电路 A、B 两端直接接入该变压器二次侧即可;如用电负载直接接入 220V(或 380V)时,则可选用一只 50W、二次侧电压为 12V 的变压器,将该变压器一次侧与用电负载输入端并联即可。

在实际工作时,如负载功率较大,而 K 的触点电流容量不够,则可将 K 的触点改为控制交流接触器。

### 10. 电源断相报警指示电路

图 1.5.15 所示为电源断相报警指示电路,具有断相判别、指示、报警等功能。

合上开关 S。当总电源无断相时,继电器  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  均得电吸合,其三个常开触点(3-4)均闭合,而三个常闭触点(1-2)均断开,因此使时间继电器  $KT_1$ 、 $KT_2$ 、指示灯  $HL_1 \sim HL_3$  及电铃 HA 失电。当  $L_1$  断相时, $K_1$  失电释放,其常闭触点  $K_1(1-2)$  闭合, $KT_2$  得电吸合, $HL_1$  亮,电铃得电报警。经过一段时间后, $KT_2$  延时时间到,其延时闭合的常开触点  $KT_2(1-2)$  闭合,使  $KT_1$  得电吸合, $KT_1$  瞬动的常闭触点  $KT_1(3-4)$  断开, $HL_1$  失电熄灭。 $KT_1$  延时时间到,其延时断开的常闭触点  $KT_1(1-2)$  断开,

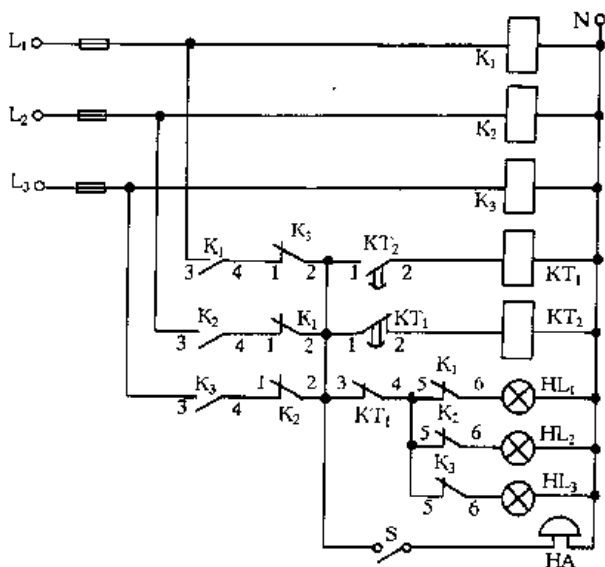


图 1.5.15 电源缺相报警电路

使  $KT_2$  失电释放,其常开触点  $KT_2(1-2)$  打开,使  $KT_1$  失电释放,其常闭触点  $KT_1(3-4)$  闭合, $HL_1$  亮,这样指示灯会闪烁指示,发光时间由  $KT_2$  调节,而失电时间由  $KT_1$  调节。同样  $L_2$  断相时,其相对应的指示灯  $HL_2$  闪烁指示,电铃报警。 $L_2$  断相时,其相对应的指示灯  $HL_3$  闪烁指示并使电铃报警。这样值班人员就知道是哪一相断相,同时切断开关 S 使报警停止。故障排除后,指示灯灭,重新合上开关 S,使控制电路继续用于下次报警。

### 11. 漏电保护电路

电路如图 1.5.16 所示,TA 为零序电流互感器,正常情况下,流过 TA 中的三相电流的矢量和为零,TA 无感应电压输出,整流桥  $VD_1 \sim VD_4$  无直流电压输出,单向晶闸管 VS 由于控制极无触发电压而处于截止状态,脱扣线圈 BL 失电不工作,断路器 QF 的三相触点一直闭合,向负载正常供电。如果某一相发生漏电故障,流过 TA 中的三相电流矢量和不为零,TA 有感应电压输出,经  $VD_1 \sim VD_4$  桥式整流, $C_1$  滤波,得到直流电压,使 VS 由于控制极得到触发电压而导通。380V 交流电经脱扣线圈 BL、 $VD_5$ 、VS 的阳极和阴极、 $VD_6$  形成回路,BL 内有直流脉动电流流过,BL 吸合,拉动脱扣机构,使断路器 QF 的三相触点断开,切断负载的三相电源。

SB 为检验漏电保护功能是否有效的试验按钮。正常情况下,按一下 SB,由于  $L_3$  相流过  $R_1$  的电流不经过 TA,使得 TA 中三相电流不平衡,即 TA 中三相电流矢量和不为零,TA 有感应电压输出,使 VS 导通,脱扣线圈 BL 动作,QF 的触点断开。 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $C_2$  组成抗干扰电路, $R_1$  为  $3.2k\Omega$ 、5W 电阻,VS 为 MCR100-6 型单向晶闸管。

### 12. 三相四线制中线断线保护电路

在三相四线制中,中线的存在是相当重要的。低压电力网中三相负载经常不平衡,导致中线电流不为零,甚至很大,造成中性点位移。这样,当中线断开时,某相电压升高,另一相电压

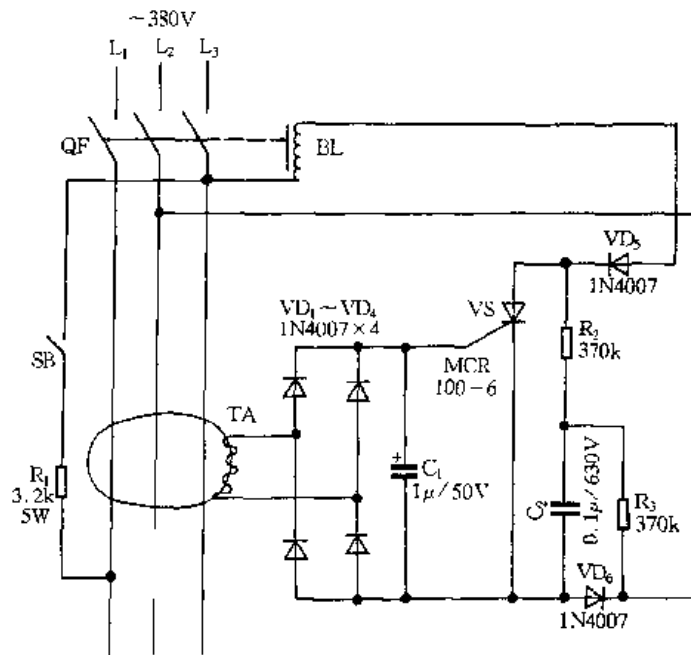


图 1.5.16 漏电保护电路

降低,使负载的工作状态不正常,甚至被烧毁。

为此,可采用图 1.5.17 所示的中线断线保护电路进行保护。电源的输出端并联许多用户负载,并列使用三相电源的每一组用户(如  $Z_{11}$ 、 $Z_{12}$ 、 $Z_{13}$  为一组用户,  $Z_{21}$ 、 $Z_{22}$ 、 $Z_{23}$  为另一组用户)称为一个用电单元。在每一用电单元负载的零线汇合处接一个电压继电器  $K$ ,与电源的中性点构成回路;在每一用电单元负载的另一端(三相火线)接入交流接触器  $KM$  的主触点(只用来保护本用电单元);电压继电器  $K$  的常闭触点与接触器  $KM$  的线圈串联,并接于两相线间。这样,当三相负载平衡时,无论中性点断开还是中性点未断开,  $U_{NN'} \approx 0$ ,电压继电器不动作,其常闭触点闭合,  $KM$  的主触点接通,电网正常运行;当中线断开且三相负载不平衡时,则  $U_{NN'} \neq 0$ ,当  $U_{NN'}$  的值大于电压继电器的整定值时,电压继电器  $K$  动作,其常闭触点断开,使接触器  $KM$  失电释放,从而切断此用电单元电源,保护用电负载。

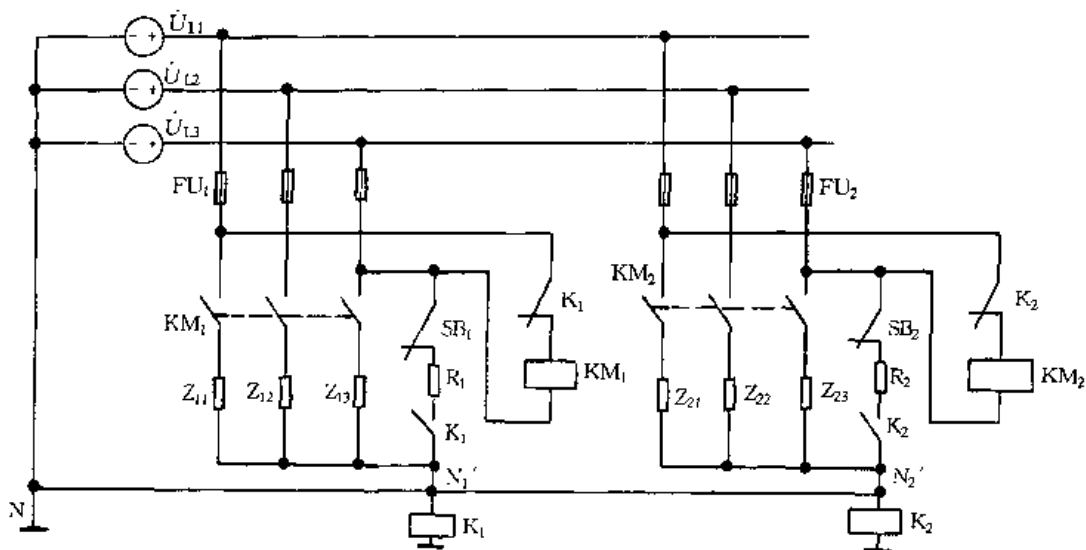


图 1.5.17 中线断线保护电路

图中电压继电器 K 的常开触点的作用是防止线路停电复送电时 KM 的自动投入。以一单元为例；当线路停电时， $K_1$  线圈没有电压，其常闭触点闭合，常开触点打开；当线路送电时，接触器  $KM_1$  便正常运行；当中线断开且  $K_1$  动作后，其常闭触点打开， $KM_1$  线圈失电释放，其主触点打开，用电单元断电； $K_1$  的常开触点闭合，电源电压通过电阻  $R_1$  产生压降，使加在  $K_1$  上的电压符合要求，并使  $K_1$  实现自锁，从而确保  $K_1$  的常闭触点保持断开，避免  $KM_1$  再次得电吸合而送电。当中线断线故障处理完毕以后，按下复位键  $SB_1$ ，则  $K_1$  失电释放，其常闭触点闭合，常开触点打开，此用电单元可正常送电运行。

### 13. 增加自动启动按钮的供电线路

有些地区市电经常停电，而有些用电设备又要求来电后立即投入工作，这时在用电设备上安装自动启动按钮，就显得很有必要，其电路如图 1.5.18 所示，其点划线部分为所增加的电路。

当钮子开关 S 处于断开位置时，灵敏继电器 K 不起作用，按下启动按钮  $SB_2$  或停止按钮  $SB_1$ ，使交流接触器 KM 得电或失电，从而使用电设备启动或停止。当 S 置于闭合位置时，交流电来电后，经整流二极管 VD 整流成直流电，通过 K 的线圈对电解电容 C 充电，瞬间充电电流较大而其电压很小，使 K 得电吸合，其常开触点闭合，使 KM 得电吸合并自锁，用电设备启动工作。随着时间的延长，C 的充电电流逐渐减小，K 的线圈两端电压降低，其常开触点断开，完成一次启动工作。电阻 R 的作用是在交流电停电后释放电容 C 两端的电压，以便下次交流电来电后再次自动启动。

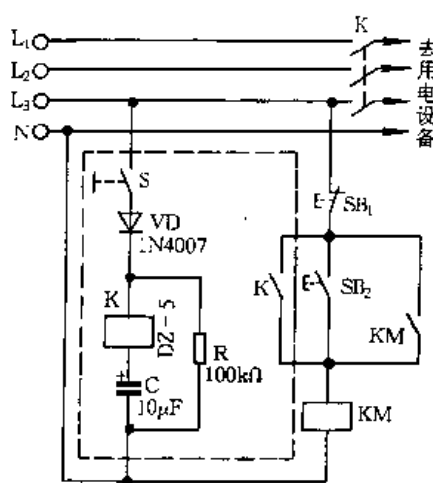


图 1.5.18 增加自动启动按钮的供电电路

该电路有交流电输入欠压保护功能。当交流来电电压过低(低于 170V)时，K 不能吸合，或者 K 吸合一下，但 K 未必能吸牢，而且由于电容 C 两端建立的电压已足够高，K 已不再吸合，KM 也不能吸合，从而可避免因交流输入电压过低而烧坏 KM 线圈和用电设备。

该电路还有延时保护功能。停电后 C 两端的电压通过 K 的线圈和 R 放电需一定时间，因此若停电后很快再来电(间隔时间小于 1s)，就不能自动开机，这样可避免停电后瞬间来电，用电设备频繁开停而对电网电压、用电设备等有较大的冲击。

## 三、整流、稳压及调压电路

### 1. 有变压器的小功率整流电路

如变压器的次级电压太低，可采用倍压整流电路来解决，如图 1.5.19 所示。

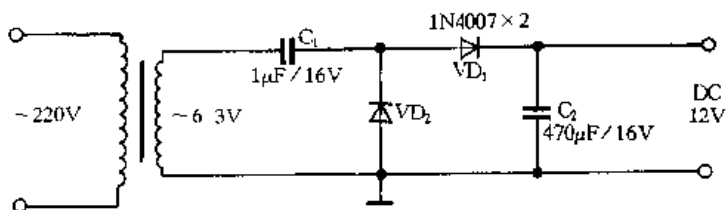


图 1.5.19 倍压整流电路

如需制作正负对称电源,而又没有带中心抽头的变压器,当次级电压较低、线径较粗时可采用图 1.5.20(a)所示电路;在次级电压稍高时,可采用图 1.5.20(b)所示电路。

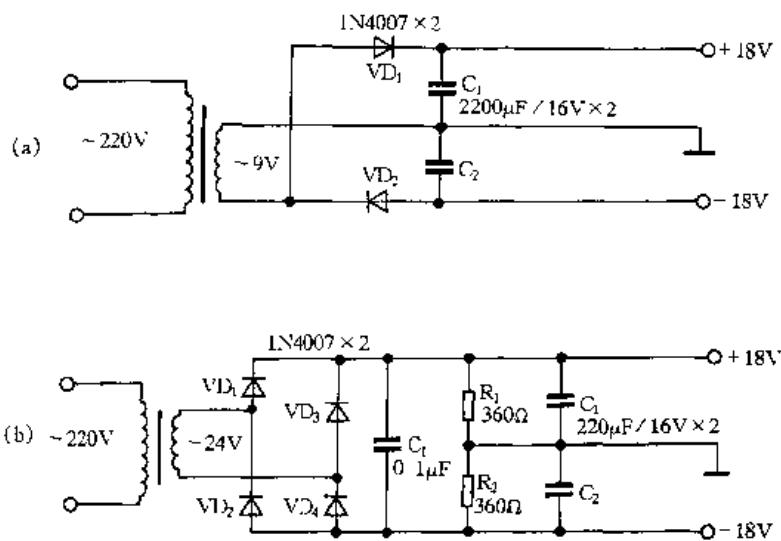


图 1.5.20 正负电源电路

## 2. 无电源变压器的小功率双路供电直流稳压电源电路

电路如图 1.5.21(a)所示,该电路直接接于 220V 交流电源上。220V 交流电源经电容  $C_1$  降压后,加到两只反向串联的稳压管  $VZ_1$ 、 $VZ_2$  上。

当 220V 电压为正半周时,则在  $VZ_1$  上就得到约 9V 的直流脉动电压,此电压分别经二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$  给电容  $C_2$ 、 $C_3$  充电(见图 1.5.21(b))。当 220V 电压为负半周时,则在  $VZ_2$  上得到约 9V 的直流脉动电压,此电压再分别经  $VD_3$ 、 $VD_4$ ,分别给  $C_2$ 、 $C_3$  充电(见图 1.5.21(c))。这样反复多次,则  $C_2$ 、 $C_3$  就分别有约 9V 的直流电压。

这是两组极性相同的直流稳压电源。该交流稳压电源有两路独立的 9V 电压输出,输出的总电流为 20mA,可为各种小型的电子电路供电,也可以利用每组电源分别为同一控制电路中的各个不同的环节供电。如果将  $C_1$  改为  $2\mu\text{F}/400\text{V}$  左右,则可将电流输出由 20mA 增加到 50mA 左右。

该电源可直接接入 220V 交流电,因此在安装和使用时都要特别注意安全,并且应将图 1.5.21(a)中的上端(与  $C_1$  相联处)接于相线 L,下端接零线 N。

## 3. 无电源变压器的单路直流稳压电源电路

电路如图 1.5.22 所示,该电路由图 1.5.21(a)电路简化而来,能提供的电流更大,应用场合更广泛,它不仅能作为各种小型电子电路的供电电源,而且可以代替一些便携式电子产品的电源,甚至可直接放入电子产品的电池盒内,以减小电子产品的重量和体积。

## 4. 无电源变压器的正负对称直流稳压电源电路

对于某些需要正负对称电源的场合,可将图 1.5.22 所示电路增加两只稳压管和一些滤波电解电容器,得到图 1.5.23 所示的正负对称直流稳压电源电路。由于增加两只稳压管,使电路的输出电压提高一倍,为 18V 左右,该电压再经两只电解电容  $C_2$ 、 $R_2$  与  $R_3$ 、 $C_3$  分压后,输出  $\pm 9\text{V}$  对称电压。

为了得到尽量对称的正负电压,4 只稳压管的特性要尽量一致,特别是稳定电压值要求一致; $C_2$ 、 $C_3$  的容量要一致,且漏电要尽量小。当  $C_1$  为  $2\mu\text{F}/400\text{V}$  时,每路能提供电流为 50mA。

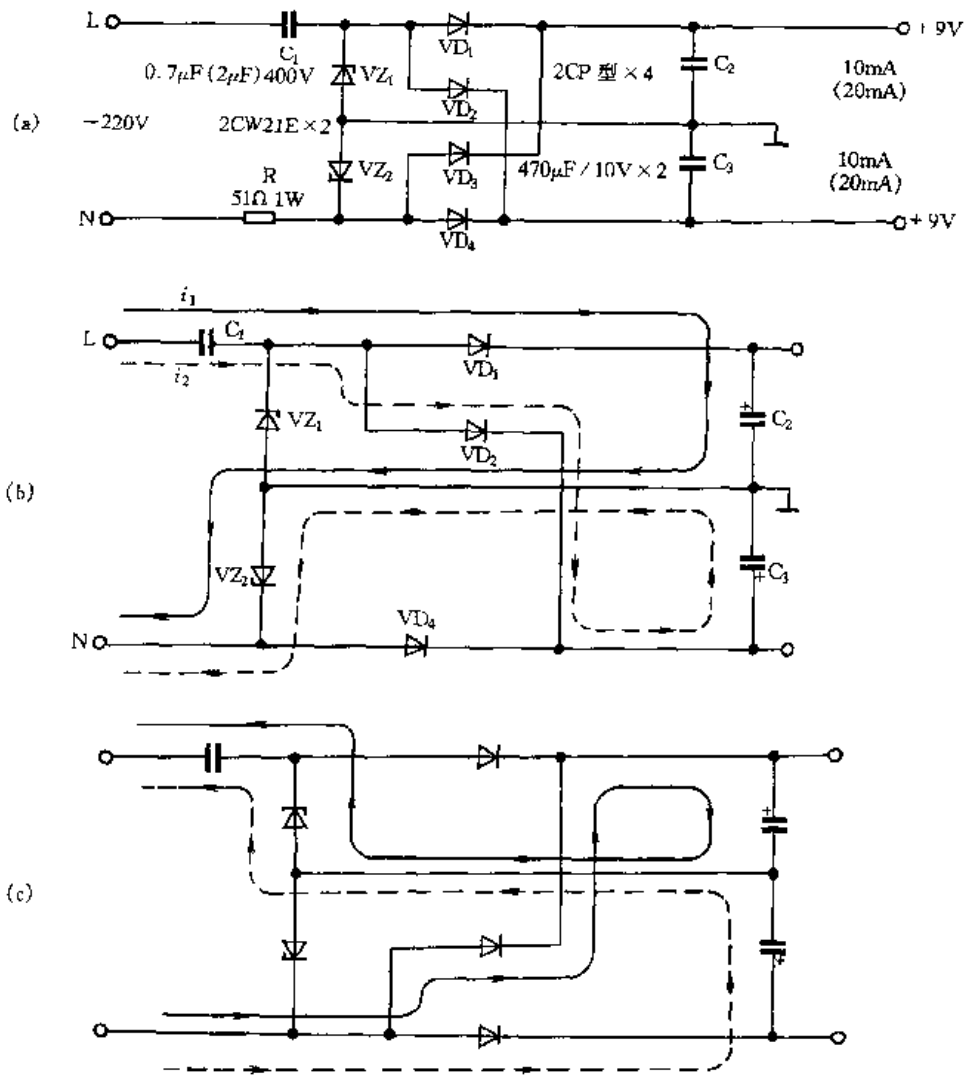


图 1.5.21 无电源变压器的双路供电小功率直流稳压电路

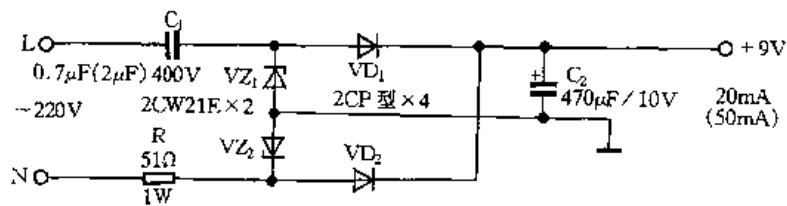


图 1.5.22 无电源变压器的单路供电小功率直流稳压电路

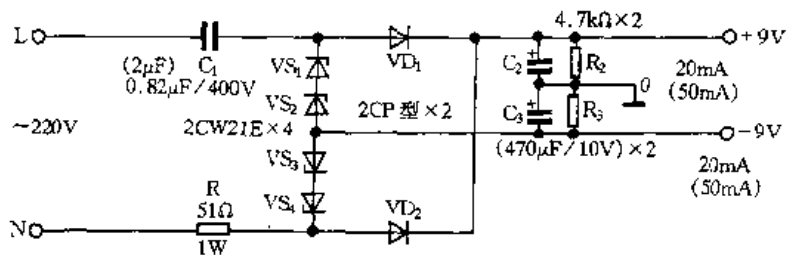


图 1.5.23 无电源变压器的正负对称小功率直流稳压电路

5. 利用二极管、稳压管对三端稳压集成电路输出电压提升、降低的电路

78、79 系列三端稳压电路, 由于其输出电压等于标称稳压值与公共接地端电压之和, 因此只要给公共端加上一个可调的正、负电压, 就可使输出电压高低可调。

利用二极管或稳压管可将三端稳压集成电路的“地”电位向上浮动, 从而达到提升输出电压的目的。此时三端稳压集成电路即成为浮置型稳压电源。

图 1.5.24(a)、(b) 为用 78、79 系列三端稳压集成电路的输出电压提升电路。图 1.5.24(a) 所示电路的输出电压  $U_0 = U_{XX} + U_Z$ 。图 1.5.24(b) 适用于三端稳压集成电路输出电压较小的提升, 串联二极管的个数由需要提升电压来决定, 图 1.5.24(b) 的输出电压为  $-6V$ 。

当遇到手中现有的三端稳压集成电路的标准电压与实际所需电压不相同的时候, 可以利用图 1.5.24(c) 所示电路, 使输出电压由  $+5V$  降低为  $+3V$ 。

要提高输出电压, 必须相应地提高输入电压, 一般应使输入电压高于输出电压  $3 \sim 5V$ 。

6. 将 78XX 系列固定电压电路改变为可调电压的电路

图 1.5.25 所示为利用三端固定集成稳压器, 提高输出电压并且使输出电压可调的电路。

对于图 1.5.25(a) 所示电路, 在稳压器的输出端和地之间, 接上由电阻  $R$  和电位器  $RP$  组成的分压电路, 把稳压器公共端接在分压点上, 就能提高输出电压, 其输出电压  $U_0 = U_{XX}(1 + R/RP)$ 。

对于图 1.5.25(b) 所示电路, 在三端集成稳压电路的公共端上加一个三极管来垫高电压, 则输出端电压为  $U_0 = (U_{XX} + U_{BE}) \times (1 + RP_1/R)$ 。

式  $U_0 = U_{XX}(1 + R/RP_1)$ 、 $U_0 = (U_{XX} + U_{BE}) \times (1 + RP_1/R)$  中的  $U_{XX}$  为三端集成稳压电路输出端和公共端的基准电压。因此, 改变  $RP_1$  的数值即可调节输出电压  $U_0$  的大小。

7. 将 78XX 系列固定电压电路改变为高精度的可调电压的电路

图 1.5.25 所示稳压电源电路的精度不高, 为了提高稳压精度, 接入由高增益运放  $\mu A741$  组成的电压跟随器, 电位器  $RP = RP_A + RP_B$  组成取样电路, 其电路如图 1.5.26 所示, 其输出电压  $U_0$  可在  $7 \sim 20V$  范围内连续调节。

8. 利用 LM317 组成的小功率直流稳压电源电路

在各种电器和电子设备的检测和维修中, 经常要使用不同数值的较低的直流稳定电压。为此, 可采用 1.5.27 所示的三端集成稳压电路 LM317 组成的直流稳压电源。

220V 市电经电源变压器 T 降压, 在 T 的二次侧得到 24V 左右的交流电压, 经 UR 桥式整流、电容  $C_1$  滤波后, 在  $C_1$  两端得到 33V 左右的不稳定直流电压。该不稳定直流电压经 LM317 稳压, 通过调节电位器 RP, 在其②脚便可输出  $1.25 \sim 30V$  的可调直流稳定电压。稳压电源的输出电流主要受稳压集成电路及 T 功率容量的限制。VL 作整流后直流电压指示,  $VD_1$  和  $VD_2$

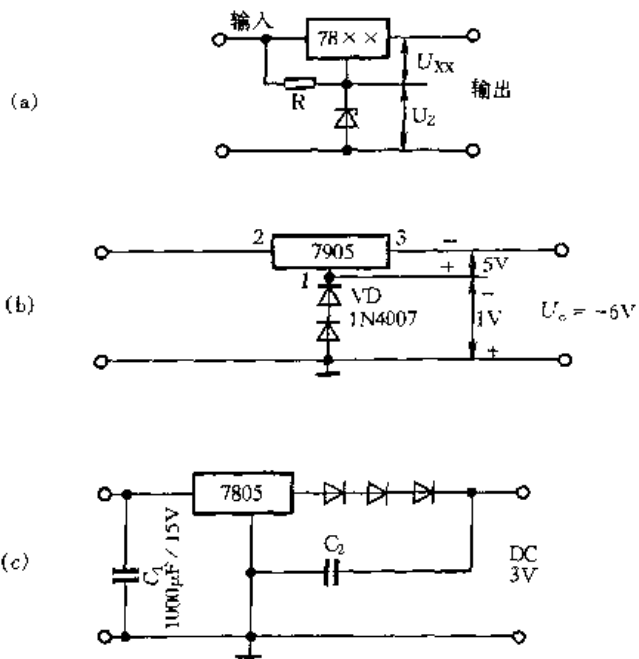


图 1.5.24 利用二极管、稳压管对三端稳压集成电路输出电压提升、降低的电路

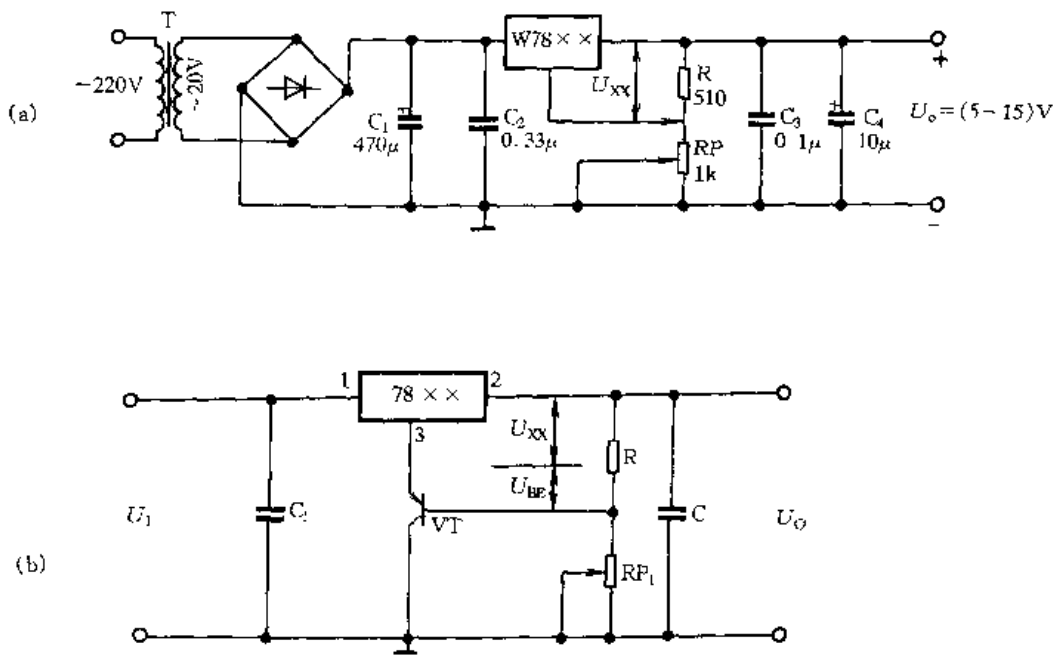


图 1.5.25 将 78XX 系列固定电压电路改变为可调电压的电路

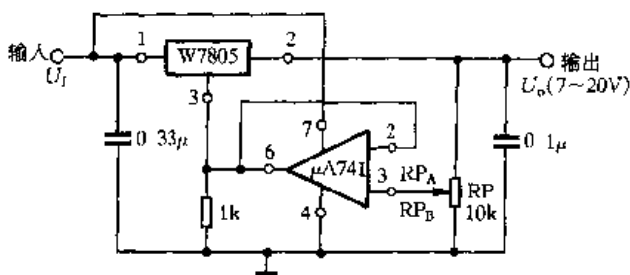


图 1.5.26 将 78XX 系列固定电压电路改变为高精度的可调电压的电路

作保护作用。VD<sub>2</sub> 用来防止输出端发生短路时由于 C<sub>2</sub> 放电可能造成的内部调整管的损坏, C<sub>2</sub> 通过 VD<sub>2</sub> 将其存储的电荷泄放掉。VD<sub>1</sub> 用来防止输入端发生短路时, C<sub>4</sub> 两端电压加在 VD<sub>1</sub> 两端使其正偏而导通, 为 C<sub>4</sub> 提供放电通路, 避免 C<sub>4</sub> 上的电压击穿内部的放大管。C<sub>2</sub> 是为减小取样电位器 RP 两端的纹波电压而并联的旁路电容器, 可改善输出电压的纹波抑制比, 使输出电压平滑稳定, C<sub>3</sub> 用来抑制高频干扰和防止产生寄生振荡, C<sub>4</sub> 为稳压电源输出端的滤波电容。

滑稳定, C<sub>3</sub> 用来抑制高频干扰和防止产生寄生振荡, C<sub>4</sub> 为稳压电源输出端的滤波电容。

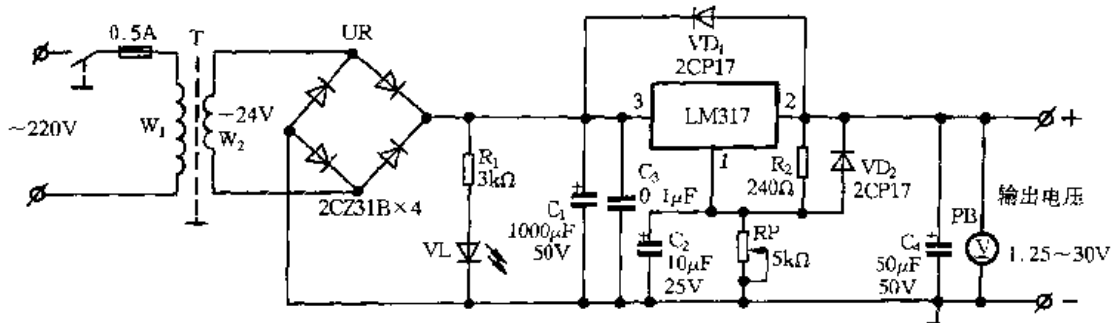


图 1.5.27 利用 LM317 组成的小功率稳压电源电路

LM317 是输出电压 1.25 ~ 37V、输出电流为 1A 的可调集成稳压电路, 外电路仅用两只电阻便可调整输出电压, 其电压调整率与电流调整率都优于常见的集成稳压电路, 它具有过载保护、短路保护、调整管安全区保护的功能, 因此, 使用中 LM317 十分安全, 不易损坏。

该稳压电源工作稳定、可靠、安全。可长时间连续工作; 内阻小于 0.05Ω; 纹波电压小于

1mV。

### 9. 用 LM138K 集成稳压电路组成大电流可调稳压电源电路

LM138K 是一种三端可调整输出电压的集成稳压电路,其内部设置过流保护、短路保护、调整管安全区保护及稳压器芯片过热保护等电路,在实际应用中不易损坏。LM138K 的输出电流达 5A ( $T_j \leq 150^\circ\text{C}$ )、输出电压低至 1.25V。LM138K 引脚排列如图 1.5.28 所示。

用 LM138K 组成的稳压电源电路如图 1.5.29(a) 所示。220V 交流市电经变压器 T 降压到约 32V,经整流桥 UR 整流,电容  $C_1$  滤波,变为约 38V 不稳定的直流电压。该电压被送到 LM138K 的输入端,并在外接取样电路(电阻 R 和电位器 RP)的控制下,可在 LM138K 的输出端获得 1.25 ~ 32V 的连续可调电压,输出电流可达 5A。

LM138K 稳压器在工作时,其输出端与调整端之间产生的标称值为 1.25V 的基准电压  $U_{REF}$ ,该基准电压加在电阻 R 上。由于  $U_{REF}$  是恒定的,就有一个恒定的电流  $I_1$  流过输出设定电位器 RP,因此输出电压  $U_O = U_{REF} \cdot (1 + RP/R) + I_{ADJ} \cdot RP$ 。

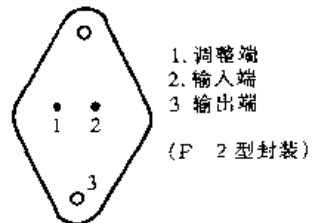


图 1.5.28 LM138K 引脚排列

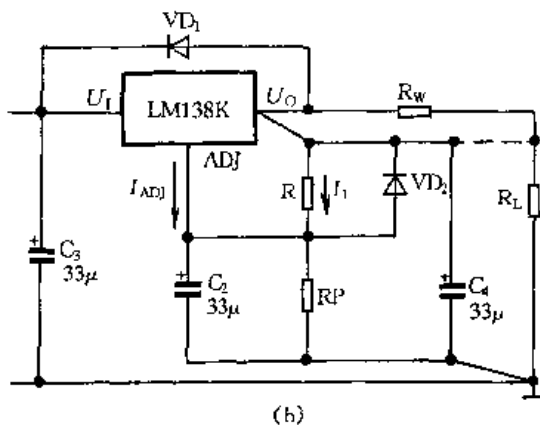
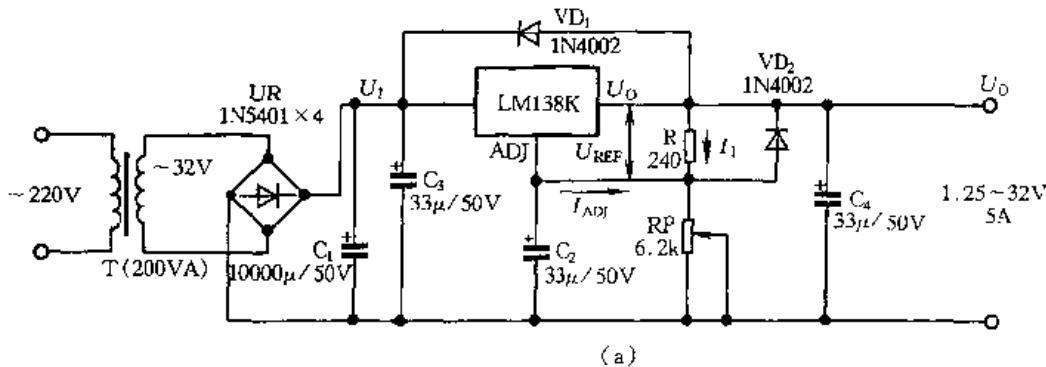


图 1.5.29 用 LM138K 集成稳压电路组成大电流可调稳压电源电路

由于从调整端流出的电流  $I_{ADJ}$  代表了一个误差项,因此应尽量减少  $I_{ADJ}$ ,并使其等于一个常数,不随输入电压和负载大小而变化。为了做到这一点,所有的静态工作电流都要汇聚到输出端。因此,使用时需要一个最小负载电流。若输出负载电流太小,输出电压就会失控上升。

输入端和输出端都要接一个  $33\mu\text{F}$  的铝电解电容,否则整个电路在工作时可能发生振荡。所接电容要靠近集成稳压电路。在调整端和地之间接  $33\mu\text{F}$  的电解电容,可以使稳压器的纹波抑制比达到 74 ~ 80dB。安装排布电路元件时,注意将  $C_2$  直接并联到 RP 上,可得到最好的纹



波抑制比。

要防止负载调整率变坏。由于 LM138K 是三端器件,不可能进行远距离的输出检测。因此负载调整率受接线方法的影响较大。由于器件只能保证其输出端和调整端之间为一恒定电压  $U_{REF}$ ,因此必须将 R 的上端(如图 1.5.29(b)所示)直接接到 LM138K 的输出端才能保证有很好的负载调整率特性。如果按图 1.5.29(b)虚线所示接 R,即 R 不是直接与 LM138K 输出端连接,而是接在靠近负载的地方。这时连接 LM138K 输出端和负载之间的导线产生的寄生接线电阻  $R_w$ ,将使 LM138K 的负载调整率变坏。

要增加保护二极管。LM138K 有外接电容时,要防止电容放电损坏稳压管。电容的内阻一般很小,10 $\mu$ F 的电容器放电可产生 20A 以上的尖峰电流,它足以使集成稳压器损坏。使用中输出端对地短路,接在调整端的电容  $C_2$  的放电电流将经调整端进入稳压器,再从输出端流出。特别是当输出电压很高时, $C_2$  上的电压也较高,放电电流就大,稳压管容易损坏。因此,需加一保护二极管  $VD_2$  来防止稳压器损坏。当稳压器输出端短路时, $C_2$  通过二极管  $VD_2$  将其存储电荷放掉。同样道理,当输入端对地短路时,接在输出端的电容也需接保护二极管  $VD_1$ ,将  $C_4$  上的电荷放掉。所接保护二极管的容量要足够,否则电容放电会使保护二极管烧坏。

### 10. 0V 起调稳压电源

图 1.5.30 所示为采用固定三端集成稳压电路的可调稳压电源,直流输出电压可在 0~18V 间连续调节、输出电流最大为 1.5A,该电源稳压性能好,纹波电压小,适用于作实验和维修用电源。

电路分主电源和辅助电源两个部分。主电源部分将变压器 T 的二次级电压  $u_2$ ,经  $VD_1 \sim VD_4$  整流、 $C_1$  滤波、 $R_1$  限流和  $VZ_1$ 、VL 稳压后,在 A 点得到 12V 左右的稳定电压。辅助电源部分将 T 的二次级电压  $u_3$ ,经过  $C_4$  并由  $VD_5$  整流、 $C_5$  滤波、 $R_2$  限流、 $VZ_2$  稳压后,在 B 点得到 -6V 左右的电压(对地)。电位器 RP 跨接于 A、B 两点,当调节 RP 滑动端时,VT 基极电压将在 -6~12V(对地)之间连续变化,发射极电压也跟着变化,由于 7806 的②、③端电压固定在 6V,因此调节 RP,输出端电压可在 0~18V 间连续可调。

$C_2$ 、 $C_3$  为消振电容,发光二极管 VI 除提供稳压作用外还有指示作用, $VZ_1$ 、VL 串联后稳压值约为 12V。 $C_4$ 、 $C_5$  的耐压值不小于 25V,电位器 RP 最好选用线性的(X 型),变压器功率一般应大于 25W,否则电源输出功率将受到限制。

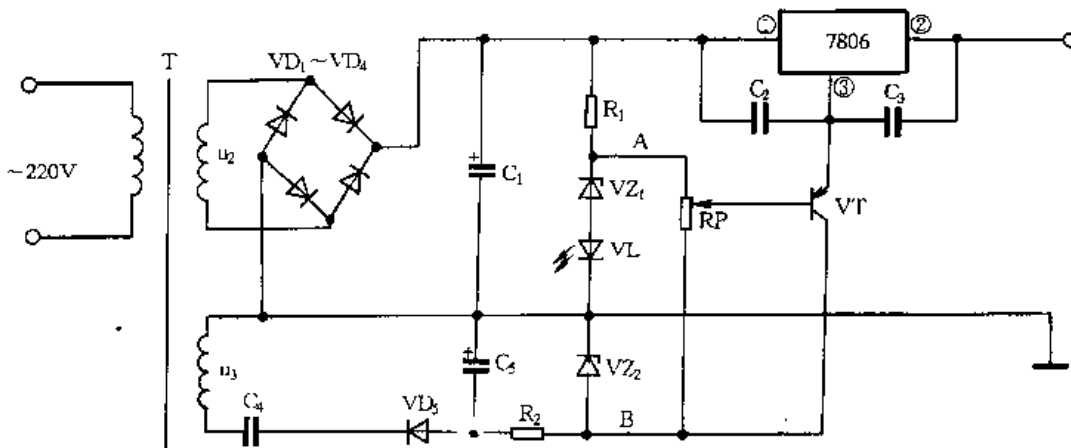


图 1.5.30 0V 起调稳压电源

### 11. 用固定三端稳压器组成可连续调节的简易正负直流稳压电源电路

78、79 系列的三端稳压电路,由于其输出电压等于标称稳压值与公共接地端电压之和,因此只要给公共端加上一个可调的正、负电压,就可使输出电压高低可调。

其电路如图 1.5.31 所示, $N_1$  (7818) 的③脚接  $RP_2$  滑动端, $N_2$  (7918) 的①脚接  $RP_1$  的滑动端。由于  $N_2$  的③、①脚间电压  $U_{31} = -18V$ ,因此将  $RP_1$  旋到最下端,即电源接地端 O 点,则  $U_{B0} = -18V$ 。由于  $N_1$  的②、③脚间电压  $U_{23} = +18V$ ,因此将  $RP_2$  旋到最上端时  $U_{A0} = +18V$ 。若将  $RP_2$  旋至最上端, $RP_1$  从上端旋到下端时,则  $U_{B0} = 0V \sim -18V$ 。因此,如果同时调节  $RP_1$  和  $RP_2$  时,A、B 两点对地 O 点可输出  $0V \sim \pm 18V$  对称可调电压。

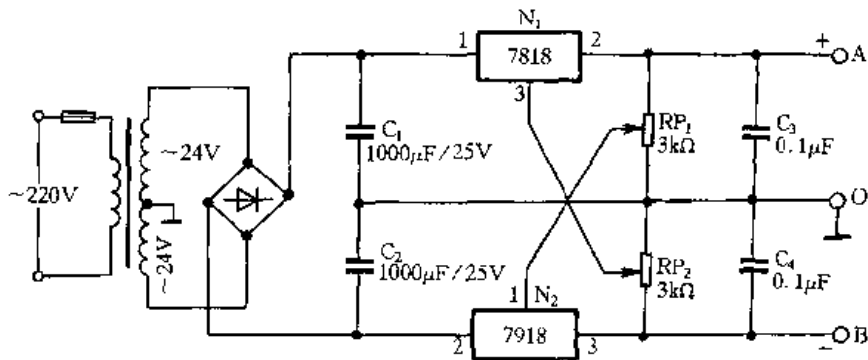


图 1.5.31 用固定三端稳压器组成可连续调节的简易正负直流稳压电源电路

## 12. 双电压可调稳压电源

图 1.5.32 所示的双电压可调稳压电源电路,可作为电路实验时经常使用的一种电源。其电流不超过 1A,但两组电压分别可调,且互不影响。

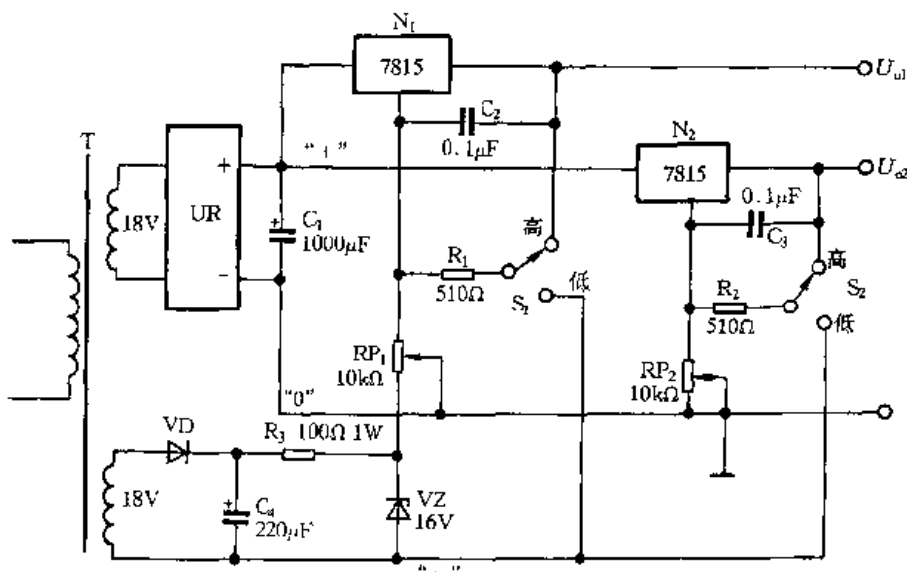


图 1.5.32 双电源可调稳压电源

$N_1$ 、 $N_2$  为 78 系列三端稳压电路,由于其输出电压等于标称稳压值与公共接地端电压之和,因此只要给公共端加上一个可调的正、负电压,就可使输出电压高低可调。该电路  $N_1$ 、 $N_2$  共用一组整流电源。变压器 T 的另一组输出,经 VD 整流、 $C_4$  滤波、 $R_3$  限流、VZ 稳压后,专门提供共地参考负电压,通过开关  $S_1$ 、 $S_2$  可选择加在公共端上的电压极性,再调整  $RP_1$  或  $RP_2$  便可分别调节两路输出电压。按照图示数据,两路输出电压可在  $1.5 \sim 25V$  范围内连续变化,电压稳定度也符合使用要求。需要指出的是,当电压调低以后,集成电路的输入、输出电压差很大,

功耗相应地增加,因此必须装上散热器。另外当选择正参考电压时,电位器的滑臂越接近地端,输出电压便越高,而选择负参考电压时,滑臂接近地则输出电压较低。

$RP_1$ 、 $RP_2$  的选取原则是使稳压值略高于集成电路的标称值为宜。如变压器 T 只有一组次级绕组,其电源部分可采取图 1.5.33 所示的供电电路。稳压电路的输入输出电压差最大值一般不超过 35V,因此变压器次级电压不宜高于 25V,以免损坏集成电路。

### 13. 扩展三端稳压器输出电流电路

电路如图 1.5.34 所示,在外电路接入一只大功率三极管 VT,使其与三端稳压器内部调整管组成复合调整管。三端稳压器 W78XX 的最大输出电流为 1.5A,外接 PNP 型大功率晶体管 3AD30C,输出电流为 3.5A,因此整个稳压电源的输出电流为 5A。

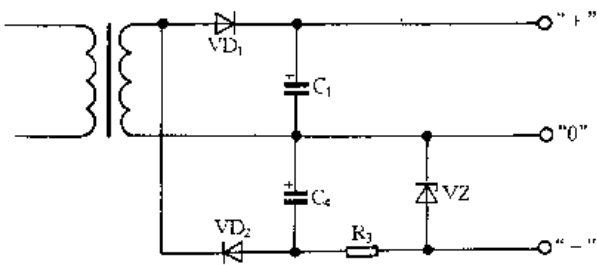


图 1.5.33 只有一组次级绕组组成双直流电源供电电路

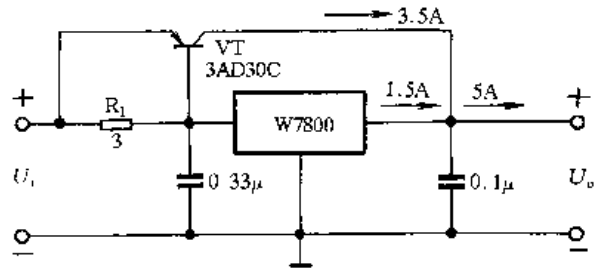


图 1.5.34 扩展三端稳压器输出电流电路

### 14. 用 ICL7660 组成的电源电压极性变换电路

在电子电路中,常常需要应用一组或几组负电源。特别是由于集成电路应用日益增加,在许多场合都需要负电源作为伺服电源。例如,目前常用的集成运算放大器、电压比较器、模拟开关、A/D 转换器、D/A 转换器、锁相环(PLL)电路等,都需要负电源。

随着电子技术的发展,有一些专用的 DC/DC 转换器集成电路,高效率地完成直流电源的极性反转工作,可方便地获取所需的负电源。此外,应用一些通用的集成电路,如 555 时基电路等,也可以方便地构成简易电压极性反转电路,供一些对负电源要求不很高的电路单元使用。

极性反转,就是将直流正电压变换成直流负电压,通常采用变频的方式。首先通过一个多谐振荡器将直流正电压转换成交流电压,然后通过倍压整流器或变压器与整流电路的组合,完成隔离和整流,经滤波后获得直流负电压。

ICL7660 是消耗电流很小的电压变换电路,其引脚排列如图 1.5.35 所示。其工作电压范围为 1.5 ~ 10V。在电压变换电路中,当电源电压为 6.5V 以上时,应在输出端⑤脚接入二极管 VD;为 6.5V 以下时,则将 VD 短接;为 3.5V 以下时将 LV 端(⑥脚)接地;为 3.5V 以上时,为防止封锁,将 LV 端开路。

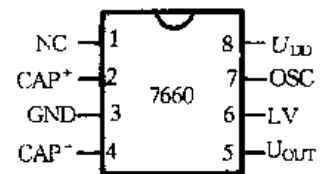


图 1.5.35 ICL7660 的引脚排列

在 ICL7660 外接两只电容器就可以获得大小与输入电压相同的负输出电压,其电路图 1.5.36(a)所示。加上电源电压  $U_{DD}$ ,由输入侧正电源对电容  $C_1$  充电,然后将切换开关转换到输出侧,对与负电源并联的电容  $C_2$  充电,再转到输入侧对电容  $C_1$  充电,反复切换开关就可在输出端得到负电源电压输出。

在实际应用中,为减少输出阻抗,以获得较大的负载驱动能力,可以将多片 ICL7660 并联使用(也可外接功率驱动管),电路如图 1.5.36(b)所示。

有时为了扩大变换电压的范围(如有的运放工作电压为正负 12V 和正负 15V),可利用两片串联来实现,电路如图 1.5.36(c)所示。

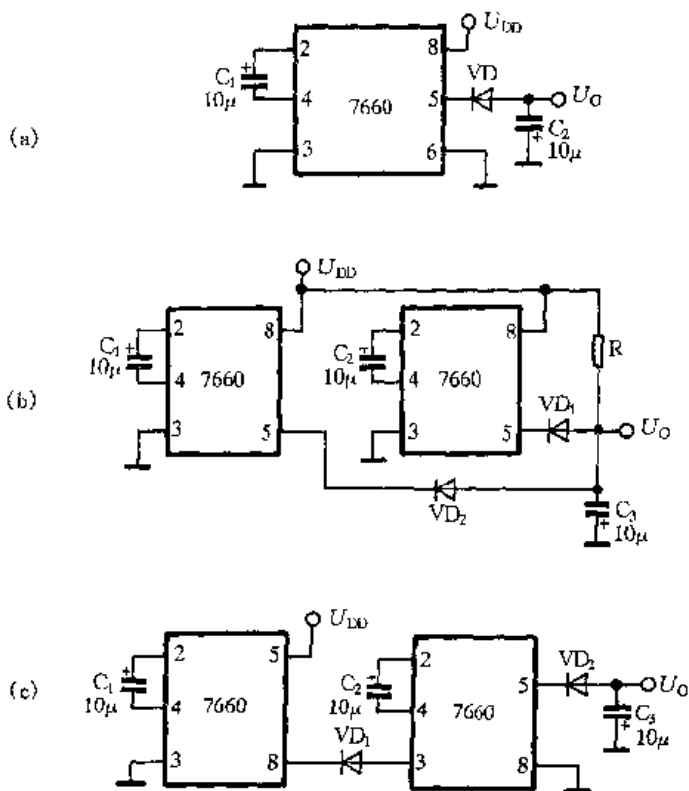


图 1.5.36 用 ICL7660 组成的电源电压极性变换电路

ICL7660 不仅能进行负电压倍压,而且还可以实现正电压倍压,也可利用一片 ICL7660 同时取得正电压倍压和负电压。

### 15. 用门电路组成的电源电压极性变换电路

图 1.5.37 所示利用 CMOS 门电路产生  $-5V$  电源的电路,使用 1 只 CMOS 六反相器集成电路 CD4069,其内部共有 6 个与非门  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_4$ 、 $D_5$ 、 $D_6$ 。反相器  $D_1$  和  $D_2$  构成两级反相阻容振荡器, $R_1$ 、 $C_1$  分别为振荡电阻和振荡电容, $R_2$  为偏置电阻,用于稳定  $D_1$  的工作点。该振荡器输出振荡频率为  $400Hz$  的方波电压,四个反相器  $D_3 \sim D_6$  并联作缓冲器,一方面将振荡器和负载隔离,另一方面能提高方波信号的带负载能力。

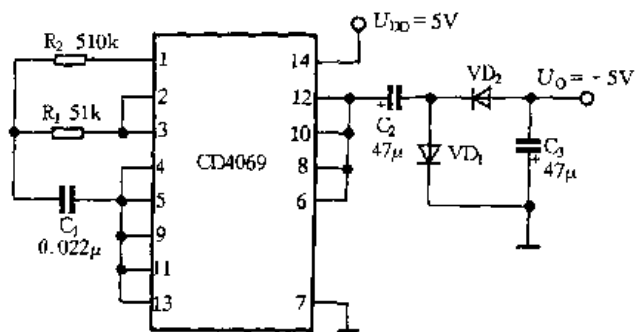


图 1.5.37 用门电路组成的电源电压极性变换电路

由  $C_2$ 、 $VD_1$ 、 $VD_2$  和  $C_3$  组成半波倍压整流电路。在振荡信号的正半周, $VD_1$  导通, $VD_2$  截止。若忽略  $VD_1$  的正向压降,则信号电压全部加在  $C_2$  上;在信号的负半周, $VD_1$  截止, $VD_2$  导通,信号电压就和  $C_2$  上的电压叠加,经  $VD_2$  整流后变为负极性的脉冲直流电,再经过  $C_3$  滤波,获得  $-5V$  电源。

### 16. 用 555 时基电路组成的电源电压极性变换电路

电路如图 1.5.38 所示。555 时基电路组成自激多谐振荡器,输出方波脉冲电压,脉冲频率

为  $f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) \cdot C_1 = 1.44 / (1k\Omega + 2 \times 33k\Omega) \times 0.01\mu F \approx 2kHz$ 。

该脉冲电压经二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$  整流, 电容  $C_4$  滤波, 得到  $-12V$  左右的输出电压。在反转电路中, 负输出电压与正电源电压成线性关系, 负输出电压的绝对值低于正电源电压  $3V$  左右。负输出电压最大负载能力为  $30mA$ 。可以用作运放电路和微处理器接口器件等电路所需的负电源。

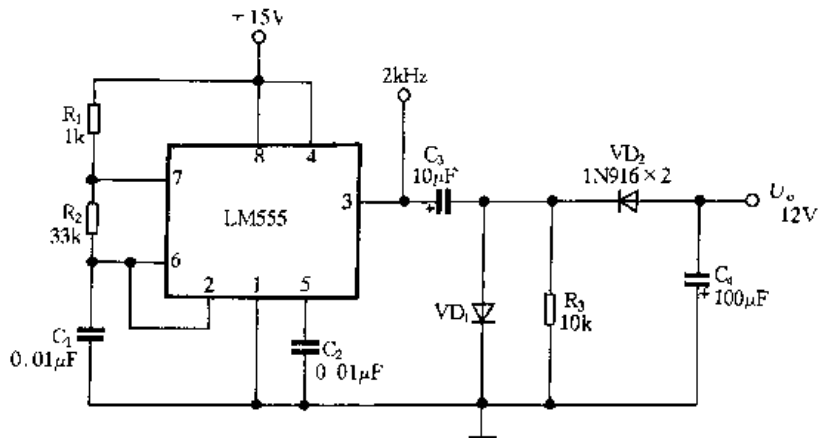


图 1.5.38 555 电路组成的电压极性反转电路

### 17. 防止直流电源极性接反电路

晶体管收音机或其他家用电器, 有时使用外接直流电源, 若电源极性接反, 往往导致元器件损坏, 为此可采用图 1.5.39 所示的可防止电源极性接反的电路。

将 1 只 2CP 型硅二极管, 按图 1.5.39(a) 所示接法串接在负载的电源电路中。当电源极性接对时, 二极管导通, 电源电压加至负载上, 机器工作; 当电源极性接反时, 二极管不导通, 负载上无电源加压, 机器不工作, 避免了元器件的损坏。

将 4 只 2CP 型硅二极管, 按图 1.5.39(b) 连接后, 接在负载电源的输入端, 这样不论 A、B 端如何与外接直流电源的正负极相接, 加至负载上的电源电压极性不变。如当 A 端与外接直流电源正极相接,  $VD_1$ 、 $VD_2$  导通,  $VD_3$ 、 $VD_4$  截止; 当 B 点与外接直流电源正极相接,  $VD_3$ 、 $VD_4$  导通,  $VD_1$ 、 $VD_2$  截止, 二者加至负载上的电源电压极性始终是上正下负, 因此机器均能正常工作。

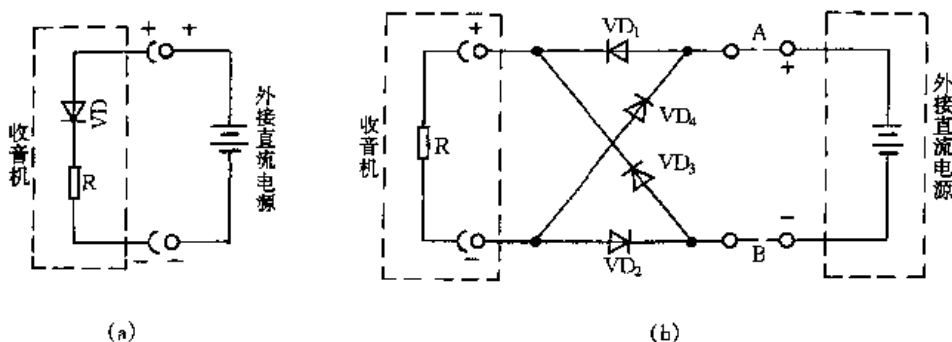


图 1.5.39 防止电源极性接反电路

选用 2CP 型管子时, 应根据负载  $R$  的额定工作电压和电流来选择, 主要是管子的最大整流电流和反向击穿电压应满足要求。

### 18. 远距离自适应直流供电电源电路

图 1.5.40 所示的自适应直流供电电源电路, 用室内低压直流电源给室外系统进行远距离

供电,并自适应室外负载的变化和电源传输线的不同长短。

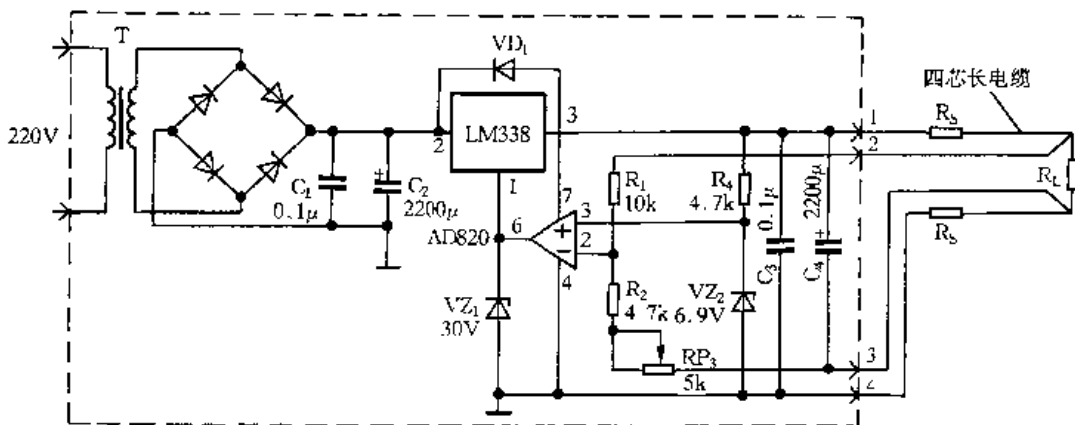


图 1.5.40 自适应直流供电电源电路

三端可调式正电压调整器 LM338 作为室内电源的稳压调整器。LM338 能在 1.2 ~ 32V 的电压范围内提供超过 5A 的电流。LM338 最大输入、输出电压差为 35V, 内部设置了过流保护、短路保护、过热保护和安全工作区保护, 其引脚排列如图 1.5.41 所示。

LM338 的 ③、①脚间为由 LM338 内部提供的 1.25V 基准电压  $U_{31}$ 。①脚的电压  $U_1$  由差分放大器 N 的输出电压决定, 因此该稳压器的输出电压  $U_0 = U_{31} + U_1$ 。电路中 ③、①端为取样端, 将负载  $R_L$  上的电压通过  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $RP_3$  分压取样后和基准电压 6.9V 相比较, 再经差分放大器放大后, 其输出电压对负载电压自动调整, 改变  $RP_3$  的阻值可以调整所需的负载电压。电路中  $C_3$  和  $C_4$  用于改善电路的瞬态特性,  $VD_1$  用于防止自动调整端过压,  $VZ_1$  用于输入端短路时泄流。稳压器输出电压  $U_0 = 6.9 / (K_1 \cdot K_2)$ 、负载两端电压  $U_L = U_0 \cdot K_2$ , 其中,  $K_1 = (R_2 + RP_3) / (R_1 + R_2 + RP_3)$ 、 $K_2 = R_L / (R_L + 2R_S)$ ,  $R_L$  为负载电阻,  $R_S$  为传输线电阻。

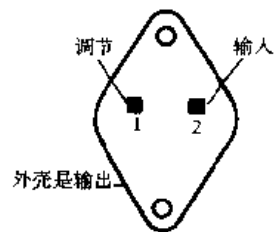


图 1.5.41 LM338 的引脚排列

### 19. 简单实用的不间断电源(UPS)电路

电路如图 1.5.42 所示。220V 交流市电, 经变压器 T 降压, 一路输出的 14.1V 电压, 经由整流桥  $UR_1$  整流和电容  $C_1$ 、 $C_2$ 、电位器  $RP$  组成的  $\pi$  型滤波器滤波后, 对铅酸蓄电池 GB 进行浮充电, 充电电流的大小可由  $RP$  进行调节; 另一路输出的 13.3V 电压, 经整流桥  $UR_2$  整流, 电容  $C_3$ 、 $C_4$  进行滤波后, 再经三端集成电路 7812 和二极管  $VD_1$  给负载  $R_L$  提供直流电源, 同时经电阻  $R_1$  对电容  $C_6$  进行充电, 此时,  $C_6$  的电压极性是上正下负, 在晶闸管  $VS$  的控制极、阴极间形成反向偏置,  $VS$  阻断。

当市电停电时, 由 GB 经电阻  $R_2$ 、 $R_L$  对  $C_6$  进行反向充电。此时,  $C_6$  的电压极性是上负下正,  $VS$  控制极、阴极间因有正向触发电压而导通, 于是, GB 在市电停电时给负载供电, 从而保证了对负载的不间断供电。

当市电恢复时,  $VS$  重新阻断而恢复原来的市电供电状态。

二极管  $VD_1$  的作用: 一是保证在交、直流供电时, 流过负载的电流基本相等; 二是由蓄电池供电时,  $VD_1$  因反偏而截止, 使蓄电池直流电压不会反馈到三端式集成稳压电源上去。二极管  $VD_2$  的作用是对  $VS$  的控制极、阴极起保护作用, 使晶闸管控制极、阴极间不超过允许的最大正反向电压为 10V。

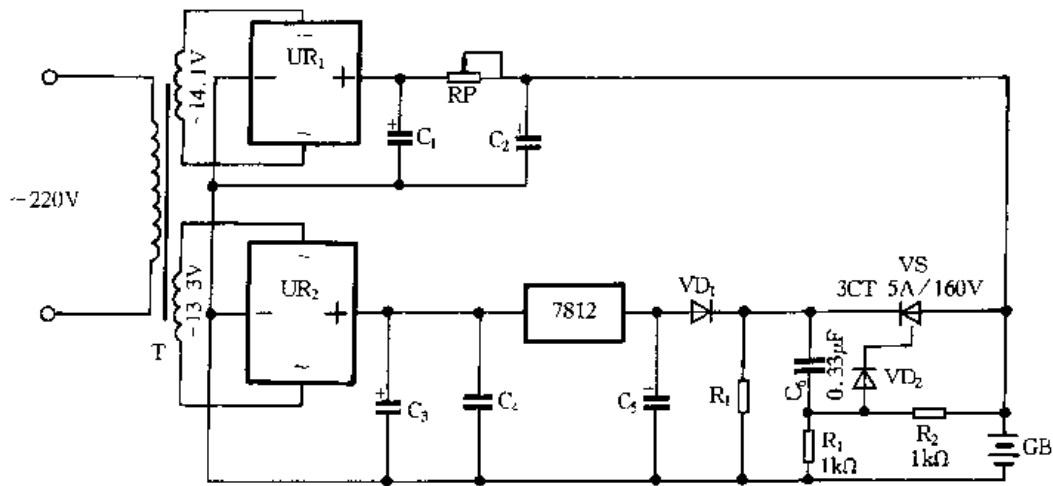


图 1.5.42 简单实用的不间断电源电路

## 20. 自适应式直流充电、稳压电源电路

各种便携式家用小电器(如收放机、按摩器、助听器等),一般采用一次性干电池作为供电电源。现在各种便携式电器中各种充电电池也正在获得广泛应用。这些充电电池一般是镉镍电池、小型密封铅酸电池等。它们虽然价格较高,但由于能反复充电几百次(300~500次),因此长期使用仍然经济。为了适应这种需要,可采用图 1.5.43 所示的由 LM317 三端可调集成稳压电路组成的自适应式直流充电、稳压电源。

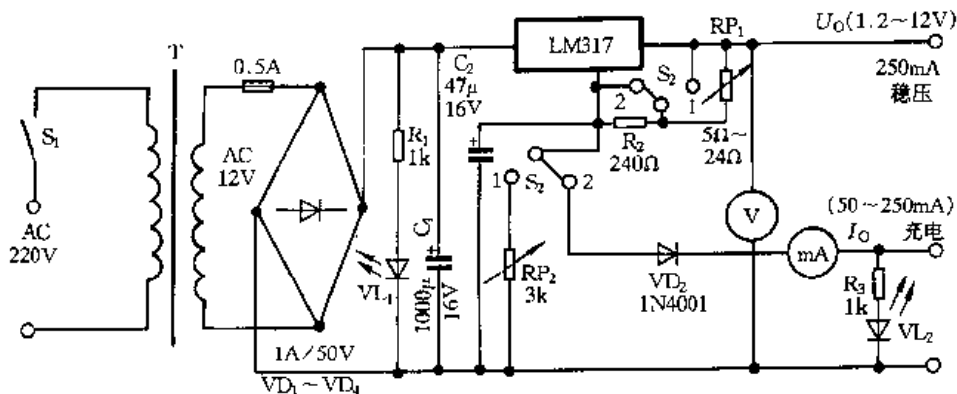


图 1.5.43 自适应式直流充电、稳压电源电路

该交流电源的输出恒定电流为 50、100、150、200、250mA 五挡可调;输出自适应电压为 0~12V,自动适应,无需调节。

### (1) 恒流充电电路

将  $S_2$  置于 2 位,则电路工作于恒流充电状态。合上  $S_1$ ,220V 交流电压经电源变压器 T 降压,在其二次侧得到约 12V 的交流电压,经二极管  $VD_1 \sim VD_4$  整流、 $C_1$  滤波,得到约 16V 的直流不稳定电压,然后由集成稳压电路 LM317 组成的恒流源电路向待充电电池提供大小合适的恒流电流。恒定电流由  $RP_1$  控制,其等效电路如图 1.5.44(a)所示。由 LM317 的特性所决定,其输出端与基准端 ADJ 之间为一恒定的输出电压(1.25V)。由于工作时流过 ADJ 的电流仅为  $50\mu A$ ,可以不计,则其输入电流  $I_{OUT} = 1.25/RP_1$ ,即 LM317 的输出电流  $I_{OUT}$  只与  $RP_1$  有关,因此当选择不同的  $RP_1$  就能得到不同的  $I_{OUT}$ 。 $VL_1$  作电源指示、 $VL_2$  作充电指示。二极管  $VD_5$  的作

用是,当  $S_1$  切断而没取下充好电的电池时,防止电池向 LM317 倒放电而造成其损坏。

## (2) 稳压电源电路

将  $S_2$  置于 1 位。220V 交流电压,经变压器 T 降压、整流、滤波后,得到约 16V 的直流不稳定电压。该电压加到三端集成稳压 LM317 上,其等效电路如图 1.5.44(b)所示,由 LM317 的特性可知: $U_O = 1.25 + (1.25/240)RP_2(V)$

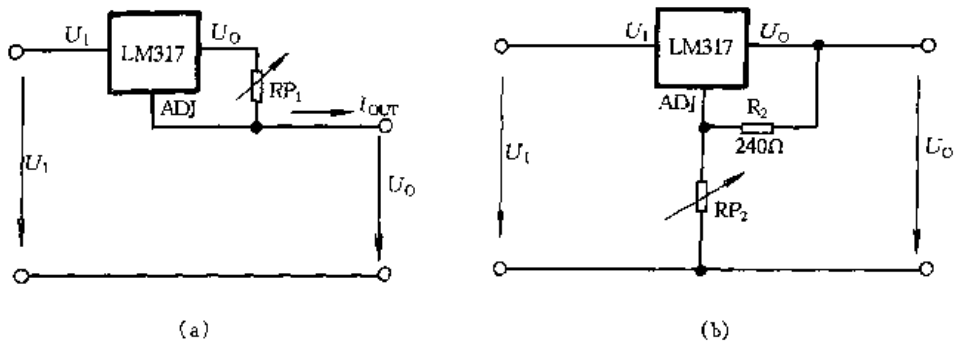


图 1.5.44 恒流充电和稳压电源的等效电路

当改变  $RP_2$  的阻值( $0 \sim 2.07k\Omega$ )时,就能得到 1.2 ~ 12V 的可调的直流稳压输出,以便于接不同工作电压的用电负荷。

## 21. 感应调压器的软启动电路

感应调压器是利用伺服电动机或手轮带动蜗轮蜗杆机构调整定子绕组与转子绕组间的相对角位移,从而改变定子绕组、转子绕组感应电动势的相位、幅值,达到调节输出电压的目的。但调压器是借助于机械传动调压,若发生故障或外界停电时,其转于绕组与定子绕组间相对位置不变,恢复送电后,调压器输出电压将保持在停电时的电压上。此时若将调压器输出端开关合上,输出电流将骤然上升,势必对调压器、开关及负载产生大电流冲击,影响设备及开关的使用寿命,对电网也是极为不利的。为此对调压器控制电路略加改进,使调压器具备软启动功能,即调压器断电后恢复送电时,必须将输出电压手动成自动降至零位后,输出端开关方能合上,保证负载两端电压均匀缓慢地调节至所需电压。图 1.5.45 为单相感应调压器的软启动电路。

正常工作时,开关  $SQ_1$ 、 $SQ_2$  和接触器 KM 的主触点闭合,常闭辅助触点断开后,中间继电器  $K_1$  是不得电的。操作升压按钮  $SB_1$  或降压按钮  $SB_2$ ,可以实现调压器 TB 输出电压的上升或下降。若 TB 因故障(如过流保护动作)或外界停电,KM 失电释放,其常闭触点  $KM(1-2)$  复位,为  $K_1$  得电作准备。恢复送电后, $K_1$  得电吸合并自锁,其常闭触点  $K_1(1-2)$  切断 KM 的线圈回路,使 KM 无法吸合。此时,必须操作  $SB_2$ ,使  $KM_2$  得电吸合,指示灯  $HL_2$  亮,待调压器 TB 降至零位后,限位开关  $SQ_2$  断开, $KM_2$ 、 $K_1$  失电释放, $K_1$  的常闭触点  $K_1(1-2)$  复位,同时  $HL_2$  灭。然后操作启动按钮  $SA_1$ ,KM 方能得电吸合,接通工业电炉  $R_L$ 。最后操作  $SB_1$ ,TB 输出电压自零缓慢上升至所需值。这种控制方式称之为手动回零。

TB 也可自动回零,只需将附图 1.5.45 中虚线所接  $K_1$  常开触点  $K_1(3-4)$  并接于  $SB_2$  两端。控制过程同上。

通常情况下限位开关  $SQ_2$  作为 TB 的降压限位用,但在 TB 回零后还需切断  $K_1$ ,为 KM 吸合作准备,因此具有降压限位和软启动双重作用。在使用中应将  $SQ_2$  接在熔断器 FU 之后,以同时具备上述两种功能。



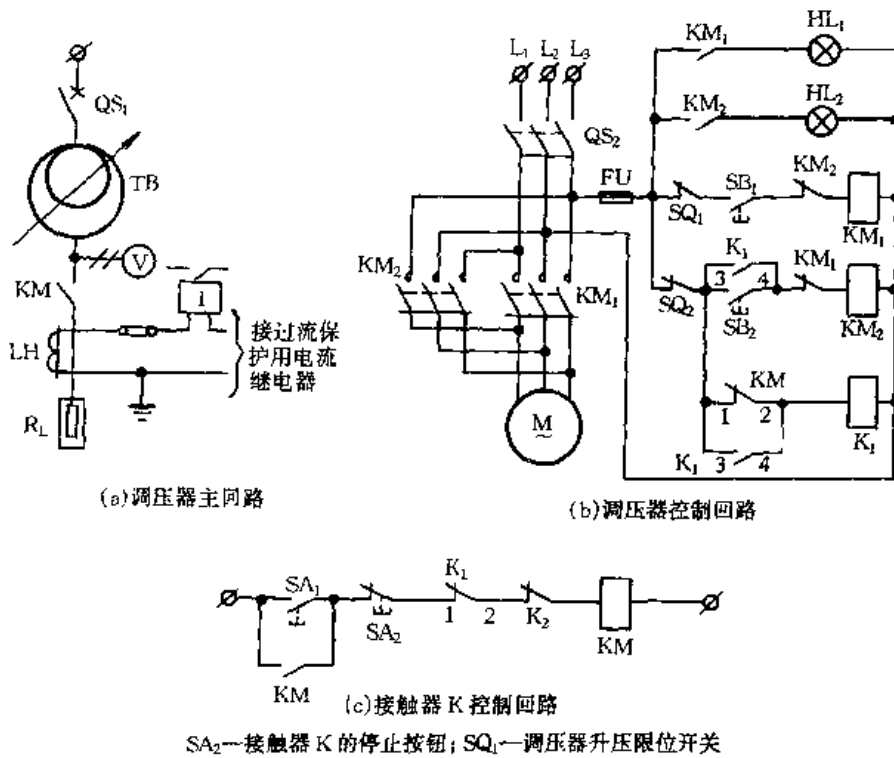
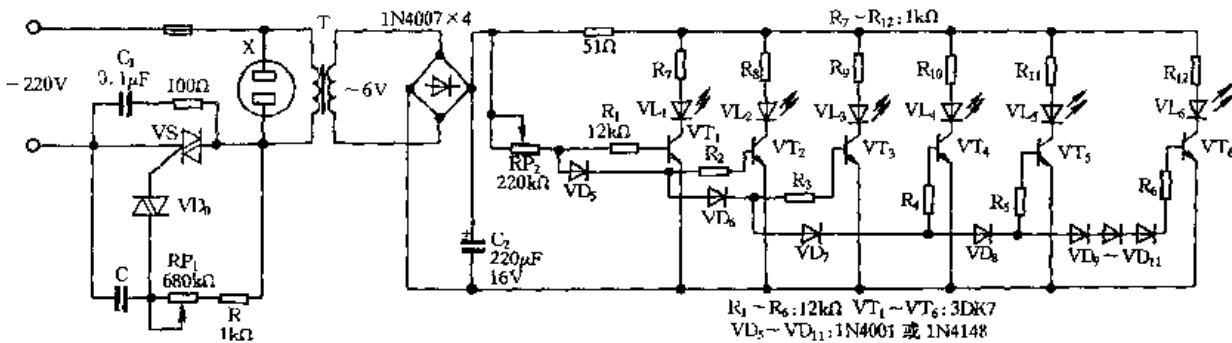


图 1.5.45 感应调压器的软启动电路

过流保护是为负载短路或过载而设置的。利用电流继电器作为启动元件,使出口中间继电器 K<sub>2</sub> 的常闭触点断开,切断 KM 线圈回路。

## 22. 交流调压发光二极管显示电路

图 1.5.46 所示的交流调压发光二极管显示电路,还具有高低压的电压告警功能。在夜间黑暗时,能观察供电电压是否正常;作交流调压时,可知道电压变化情况;也可作为一般电器的装饰;还可组装成多功能电源的插座。



由双向晶闸管 VS、双向触发二极管 VD<sub>0</sub>、电阻 R、电位器 RP<sub>1</sub> 和电容 C 等组成交流调压电路。由变压器 T、发光二极管 VL<sub>1</sub> ~ VL<sub>6</sub>、晶体管 VT<sub>1</sub> ~ VT<sub>6</sub> 等组成显示电路。

调节电位器 RP<sub>1</sub>,可改变电容 C 的充电速度,从而改变 VS 的导通角,即改变输出电压,可实现调光、调速、调温等控制。当输入电压在正常范围(180 ~ 220V)时,变压器 T 的二次侧电压为 5 ~ 6V,经整流、滤波,使后续电路得电。调节 RP<sub>2</sub>,使 VT<sub>1</sub> ~ VT<sub>5</sub> 都处于饱和导通状态,VL<sub>1</sub> ~ VL<sub>5</sub> 亮,各管导通时的基极电压从 VT<sub>2</sub> 开始,依次为 0.7V、1.4V、2.1V、2.8V。由于 VT<sub>6</sub> 基极电

路与相邻前级基极电路同串联 3 只硅型整流二极管,其导通时的基极电压应为  $4.9V (= 2.8V + 3 \times 0.7V)$ ,因此不能使  $VT_6$  饱和导通, $VL_6$  不亮。

插座 X 上电压达到 240V 时,T 的二次侧电压升高,可使  $VT_6$  饱和导通, $VL_6$  被点亮,及时提醒值班人员;反之,插座 X 上电压低于 180V 时, $VL_5$  熄灭,同样及时提醒值班人员。若调节降低电压时,同样插座 X 上电压低于 180V 时, $VL_5$  熄灭。继续调低电压, $VL_4$  至  $VL_1$  方向依次熄灭;低于 40V 时, $VL_1$  熄灭。这样就方便地对需调节的电压作出指示。

调试时,先将 T 的一次侧与插座 X 断开,接在一个调压器上,调整调压器输出电压为 220V,此时  $VL_1 \sim VL_6$  应全部点亮。如果没有全部点亮,可适当调小  $RP_2$  的阻值,但不能使  $VL_5$  点亮。然后再将调压器调至 240V,此时  $VL_6$  也点亮,如果不亮,可减小  $R_6$  的阻值。最后,将调压器电压调至 180V 时, $VL_5$  应熄灭,如果不熄灭,可适当增大  $R_5$  的阻值,使  $VT_5$  处于微导通状态,再将调压器电压调至 185V 时, $VL_5$  立即点亮,反复调整,即可达到要求。这时可将 T 的一次侧连接在插座 X 上。

### 23. 采用通用变压器的简易交流稳压电源电路

电路如图 1.5.47 所示,当输入交流电压在 160 ~ 260V 之间变化时,其输出交流电压能在 186 ~ 240V 之间变化,基本上可满足电冰箱、电烙铁等电气设备对工作电压的要求。

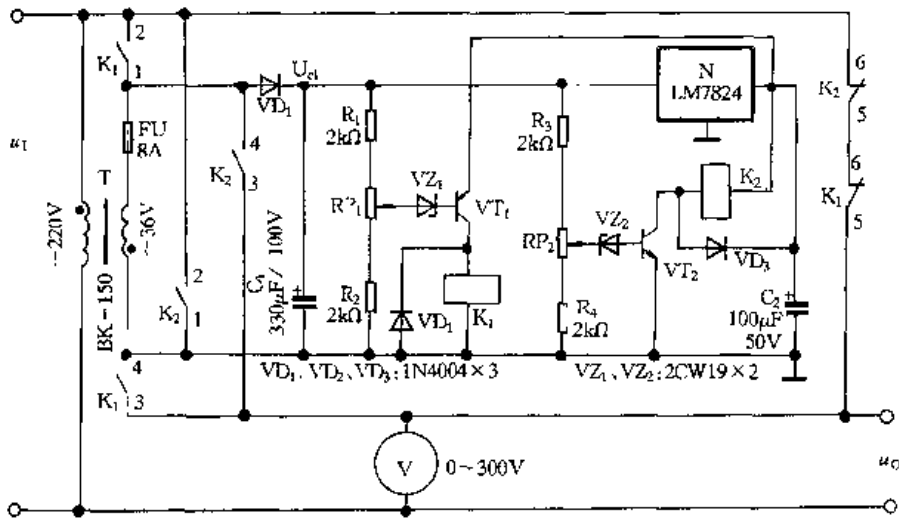


图 1.5.47 简易交流稳压电源电路

变压器 T 的二次侧的 36V 交流电压,经  $VD_1$  整流、 $C_1$  滤波得到直流电压  $U_{C1}$ ,再经  $R_1$ 、 $RP_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$ 、 $RP_2$ 、 $R_4$  两路分压,由电位器  $RP_1$ 、 $RP_2$  提供取样信号电压,分别送至  $VT_1$ 、 $VT_2$  的基极;同时  $U_{C1}$  还经三端稳压集成电路 N 稳压,输出 +24V 直流电压,作为两路继电器等电路的工作电压。

当交流输入电压低于 190V 时,三极管  $VT_1$  饱和导通,继电器  $K_1$  得电吸合,其常闭触点  $K_1(5-6)$  断开,而其两组常开触点  $K_1(1-2)$ 、 $K_1(3-4)$  闭合,使变压器 T 的二次侧电压,经已闭合的常开触点  $K_1(1-2)$ 、 $K_1(3-4)$ ,与其一次侧电压即输入电压正向串联后作为输出电压,此时的输出电压高于输入电压。

当输入电压高于 240V 时,三极管  $VT_2$  饱和导通(此时  $VT_1$  已截止, $K_1$  已失电释放), $K_2$  得电吸合,其常闭触点  $K_2(5-6)$  断开,而其常开触点  $K_2(1-2)$ 、 $K_2(3-4)$  闭合,使 T 的二次侧电压与其一次侧电压即输入电压反向串联后作为输出电压,此时的输出电压低于输入电压。

在上述两种情况下,  $K_1$  的常闭触点(5-6)和  $K_2$  的常闭触点(5-6)总有一组触点是断开的。在输入电压处在 190~240V 之间时,  $VT_1$ 、 $VT_2$  均失电释放, 此时 T 的一、二次侧间无直接联系, 输出端直接由  $K_1$  的常闭触点(5-6)、 $K_2$  的常闭触点(5-6)与输入端接通, 使输出电压与输入电压相等。

该电路由于受  $K_1$ 、 $K_2$  触点数的限制, 因此相互间没有强制性互锁。当出现  $K_1$  和  $K_2$  同时吸合故障时, 强大的短路电流会立即熔断熔体  $FU(8A)$ , 两继电器失电释放, 此时输出电压与输入电压相等。

#### 四、简单实用的备用电源切换电路

通常重要的用电场合是不允许停电的, 因此常设有常用(主)电供电线路和备用(辅)电供电线路, 以提高供电的可靠性。当常用电供电线路因故停电时, 要及时自动切换, 由备用电供电线路供电。

##### 1. 简单实用的备用电源切换电路

许多单位都有自备柴油发电机作为备用电源, 但有时操作粗心大意常将切换开关投错, 出现发电机向变压器倒送电的现象, 严重时烧坏发电设备, 甚至造成人身伤亡事故。采用图 1.5.48 所示的备用电源切换电路, 可解决上述问题。

正常时, 电源经 201 # 线  $\rightarrow$   $FU_2$   $\rightarrow$  203 # 线  $\rightarrow$   $KM_3$  线圈到 N 形成回路, 使  $KM_3$  得电吸合, 其常闭辅助触点断开, 因此, 无论备用电源是否有电,  $KM_1$  都不能得电吸合, 其主触点断开, 确保备用电源不会加到用电设备上, 防止了两电源并列供电而造成的事故。同时  $KM_1$  的常闭辅助触点闭合, 使电源经 201 # 线  $\rightarrow$   $FU_2$   $\rightarrow$  203 # 线  $\rightarrow$   $KM_1$  的常闭辅助触点  $\rightarrow$  205 # 线  $\rightarrow$   $KM_2$  线圈到 N 形成回路, 使  $KM_2$  得电吸合, 其主触点闭合。主电源经  $QS_2$ 、 $KM_2$  主触点加到用电设备上, 保证设备正常运行。

当主电源停电时, 201 # 线无电,  $KM_2$ 、 $KM_3$  失电释放,  $KM_2$  主触点断开, 确保主电源和备用电源不会并列向负载供电; 同时  $KM_2$ 、 $KM_3$  的常闭触点恢复闭合, 为  $KM_1$  的

动作做好准备。此时, 只要备用电源有电, 电源经 101 # 线  $\rightarrow$   $FU_1$   $\rightarrow$  103 # 线  $\rightarrow$   $KM_2$  的常闭触点  $\rightarrow$  105 # 线  $\rightarrow$   $KM_3$  的常闭触点  $\rightarrow$  107 # 线  $\rightarrow$   $KM_1$  线圈到 N 形成回路, 使  $KM_1$  得电吸合, 其主触点闭合, 备用电源经  $QS_1$ 、 $KM_1$  主触点自动向用电设备供电; 同时  $KM_1$  常闭辅助触点断开, 保证主电源有电而备用电源没有断开之前  $KM_2$  不会得电, 防止主电源和备用电源同时并列向设备供电而造成事故。

若主电源又有电时, 主电源经 201 # 线  $\rightarrow$   $FU_2$   $\rightarrow$  203 # 线  $\rightarrow$   $KM_3$  线圈到 N 形成回路, 使  $KM_3$  得电吸合, 其常闭辅助触点断开, 使  $KM_1$  失电释放, 其主触点断开, 备用电源停止向设备供电; 同时  $KM_1$  常闭辅助触点恢复闭合, 主电源经 201 # 线  $\rightarrow$   $FU_2$   $\rightarrow$  203 # 线  $\rightarrow$   $KM_1$  的常闭触点  $\rightarrow$

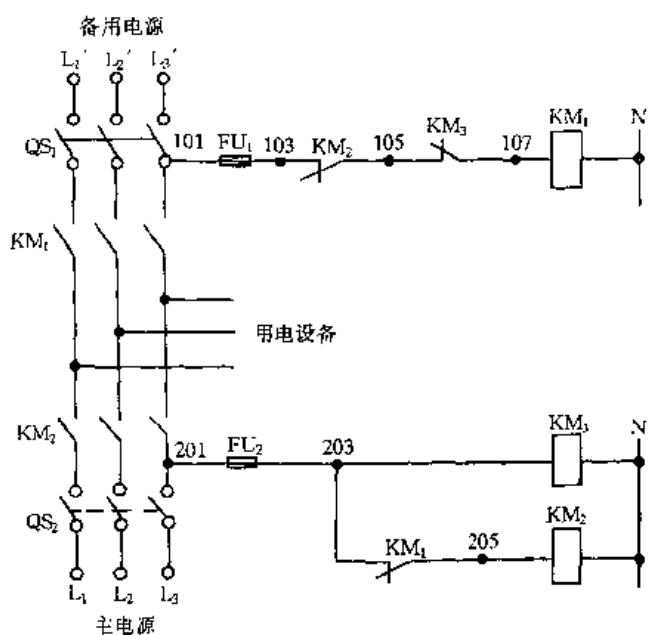


图 1.5.48 简单实用备用电源切换电路

205 # 线→ $KM_2$ 线圈到 N 形成回路,使  $KM_2$  得电吸合,其主触点闭合,自动由备用电源转到由主电源向用电设备供电;同时, $KM_2$  的辅助常闭触点断开,又确保主电源有电时, $KM_1$  不会得电吸合。

### 2. 三路电源互备自投供电电路

图 1.5.49 所示的三路电源互备自投供电线路,利用交流接触器,在有故障断电时把备用电源自动依次切换。

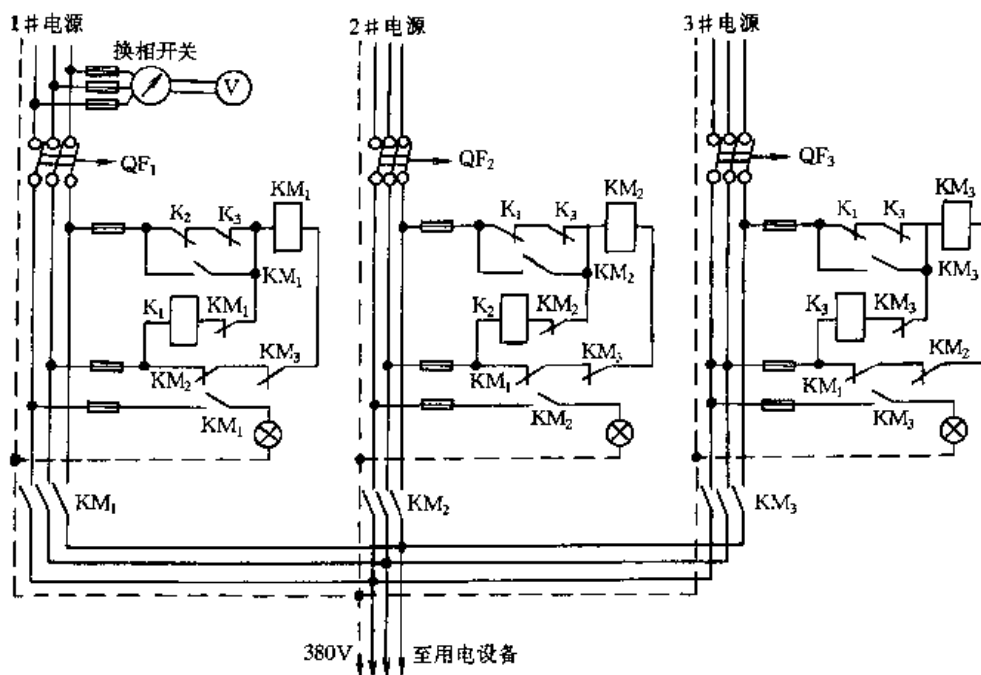


图 1.5.49 三路电源互备自投供电电路

先随意启用任何一路电源,手动合上断路器 QF,主接触器 KM 自动合上,向用户设备供电,随后其余两路电源也合上开关,作为备用。这样两路备用电源将根据开关 QF 合上的先后次序,分别作为主备用和次备用。当在用电源断电时,主备用电源将自动投入供电,保证用电设备不停电,而次备用电源则自动进入主备用电源的位置;若断电的一路又恢复供电,此时只会自动列为次备用电源,在备用期中失电,次备用电源会替它自动进入主备用位置。因此,三路电源能够互为备用并自动投入供电。

如先启用 1# 电源,合上开关  $QF_1$ ,主接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,将供电线路接通,由 1# 电源供电。当  $KM_1$  吸合后,其辅助常闭触点断开,继电器  $K_1$  失电释放,同时切断 2# 和 3# 电源主接触器  $KM_2$ 、 $KM_3$  的供电电路,实现三路电源间的电气联锁。在 2# 和 3# 电源均有电时,若先合上开关  $QF_2$ ,继电器  $K_2$  将得电吸合,其常闭触点断开,把  $KM_3$  和  $K_3$  的供电回路切断。再合上 3# 备用电源时,线路没有动作。此时,2# 电源列入主备用,3# 电源作为次备用。

在用电过程中如 1# 电源失电,则  $KM_1$  失电释放,其常闭触点闭合时,只能接通处于主备用电源状态的主接触器  $KM_2$  的线圈回路, $KM_2$  得电吸合并自锁,使主备用 2# 电源立刻接通用电设备,保证供电。这时, $KM_2$  的常闭辅助触点断开,使  $KM_1$  和  $KM_3$  不能得电,实现互锁,同时还切断  $K_2$  的供电回路。由于  $K_2$  失电释放,继电器  $K_3$  将得电吸合,使 3# 电源由次备用进入主备用。当 2# 电源又断电时,3# 电源的  $KM_3$  会自动得电吸合而供电。

### 3. 三路互备自投供电装置的远距离指示灯电路

电路如图 1.5.50 所示,其右边的虚线框内部分是指示灯显示部分。 $KM_1$ 、 $KM_2$ 、 $KM_3$  分别是控制 1 路、2 路、3 路电源接入负载电路的交流接触器的相应常开辅助触点。除了三路电源都停电的极特殊情况外,必定有而且只有一路接入负载电路。 $HL_1$ 、 $HL_2$ 、 $HL_3$  分别是  $KM_1$ 、 $KM_2$ 、 $KM_3$  接通的指示灯。首先假定  $KM_1$  接通,二极管  $VD_3$  由于正偏而导通, A 点约 300V 电压经  $R_4$ 、 $HL_1$  分压而点亮  $HL_1$ ;  $VD_4$  反偏截止,因此  $HL_2$  不亮;由于  $C_5$  隔直流作用,  $HL_3$  也不亮。同样道理,当  $KM_2$  接通时,只有  $HL_2$  亮,  $HL_1$  和  $HL_3$  均不亮。当  $KM_3$  接通时,由于  $C_5$  交流耦合作用,  $HL_3$  亮,又由于电感  $L$  的作用,通过  $L$  的电流只有几毫安,因此,  $HL_1$  和  $HL_2$  均不亮。滤波电容  $C_1$  与  $C_2$  串联、 $C_3$  与  $C_4$  串联是为了降低电容的工作电压,从而降低电容的温升,增加可靠性。电阻  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_6$ 、 $R_7$  的作用有两个:一是均衡  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  的工作电压;二是当相应一路供电电源停电时,能使相应电容存储的电能迅速释放。 $R_4$  和  $R_8$  的作用也有两个:一是使加到  $HL_3$ 、 $HL_2$  的电压约为 180V,既可以保证  $HL_1$ 、 $HL_2$  有足够的亮度,又可以延长  $HL_1$  和  $HL_2$  的使用寿命;二是当  $KM_1$  和  $KM_2$  之间进行通、断转换时,限制  $C_5$  的充放电电流,避免点亮  $HL_3$ 。

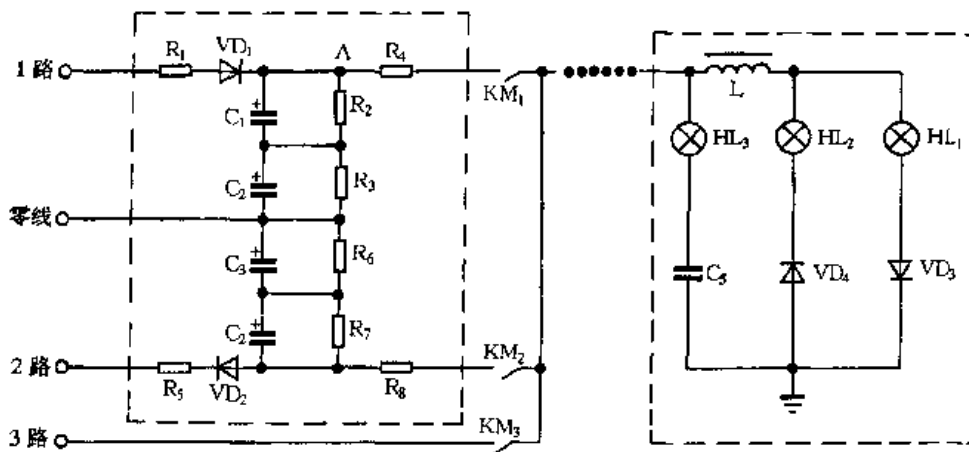


图 1.5.50 三路互备自投供电装置远距离指示灯电路

## 五、蓄电池充电电路

### 1. 镍镉电池充电电路

图 1.5.51 所示的镍镉电池充电电路采用定压控制充电,当电池电压达到规定电压值时就会自动停止充电。它可对 2 节或 4 节 0.5Ah、1.5Ah 的蓄电池进行标准充电,还可对 0.5Ah 蓄电池进行快速充电,无需控制充电时间,可避免一时的疏忽造成的蓄电池过充电现象,延长蓄电池使用寿命。

220V 交流市电经变压器 T 降压、二极管整流、电容  $C_1$  滤波,送至  $N_1$  (集成稳压电路 LM317),由  $N_1$  输出稳定的直流电压。电阻  $R_1$  及发光二极管  $HL_1$  组成工作指示电路。三极管 VT、集成电路  $N_{2A}$  和转换开关  $S_1$  等组成控制蓄电池恒定电压充电的开关电路;稳压管  $VZ_2$  及电阻  $R_5$ 、 $R_6$ 、 $R_7$  组成对蓄电池充电电压的取样电路。 $N_{2B}$  的⑥脚连接标准控制电压,而⑤脚接电池正极,当⑤脚电压低于⑥脚电压时(即电池电压较低时),⑦脚输出低电压(0V),即  $N_{2A}$  的⑨脚电压低于其⑩脚电压时,其⑧脚为高电压输出,VT 导通,电源通过 VT 对蓄电池进行充电。

当充电电池电压达到一定值时(电池电压高于控制电压时), $N_{2B}$  的⑤脚电压高于⑥脚电压,⑦脚电压为高电压,发光二极管  $HL_2$  亮, $N_{2A}$  的⑨脚电压高于其⑩脚电压,其⑧脚为低电压

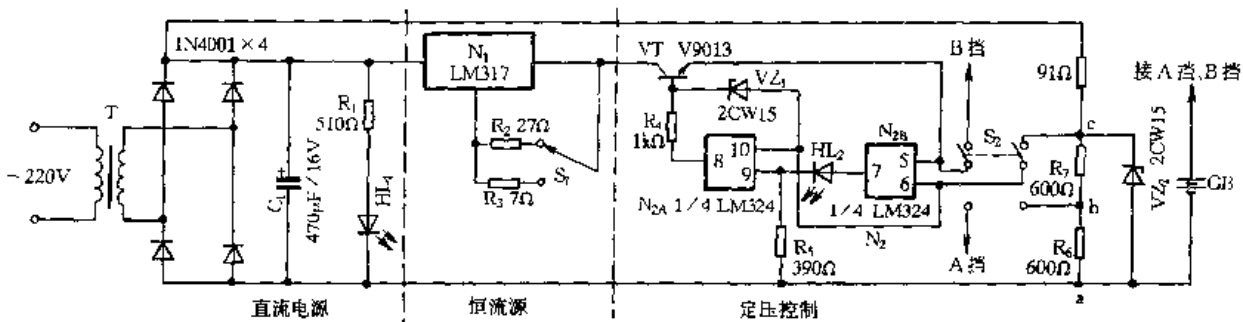


图 1.5.51 镍镉电池充电电路

(0V)输出,VT基极因无电压而截止,使充电停止。稳压二极管  $VZ_1$  为正反馈二极管,用于加速VT的截止时间。

调试充电电流:一般情况下,0.5Ah、1.5Ah 电池的标准充电电流分别为 50mA、150mA。首先,将要充电的电池接入电路,将万用表串入充电电路的输出端作监视电流用。通过改变  $R_2$ 、 $R_3$  阻值确定充电电流,其阻值在 27Ω、7Ω 左右。

调试自动停止充电电压:将  $S_2$  分别置于 2 节、4 节电池挡,用万用表分别测量 ab、ac 两端电压,通过改变  $R_6$ 、 $R_7$  的阻值确定电压分别为 2.9V、5.9V。 $R_6$ 、 $R_7$  的阻值在 600Ω 左右。

## 2. 快速恒流自动断电的镍镉电池充电电路

镍镉电池容量大,可反复多次充电。但充电时间长,而且充电时间太长或过短均对电池不利,使电池寿命缩短。图 1.5.52 所示的快速恒流自动控制充电电路,以较大的恒流电流给电池充电,用双向晶闸管 VS 作为控制电流的开关。接上镍镉电池,在未按下按钮 SB 时,VS 的控制极没有控制电压,因而不会导通。当按下按钮 SB 时,VS 通过  $VD_1$ 、 $R_1$  得到控制电压而导通。由三端稳压集成电路 AN7805 和  $R_3$  组成的恒流电路,给蓄电池充电(恒流值约等于三端稳压集成标称稳压值除以  $R_3$ ),同时发光二极管 VL 指示充电器正在充电。由于 VL 与晶闸管的控制极相连,因此,在按钮 SB 断开时仍能保证晶闸管处于导通状态,不断给蓄电池充电,蓄电池电压逐渐上升,晶体管 VT 的基极电压也随之上升。当电池充足电时,A 点对地电压为 3V,通过预先调节 RP,此时 VT 的基极电位  $U_B$ ,应使 VT 导通,集电极电压的下降刚好使 VL 熄灭,与之相连的晶闸管控制极控制电压不足,电压过零晶闸管阻断,充电器停止充电。

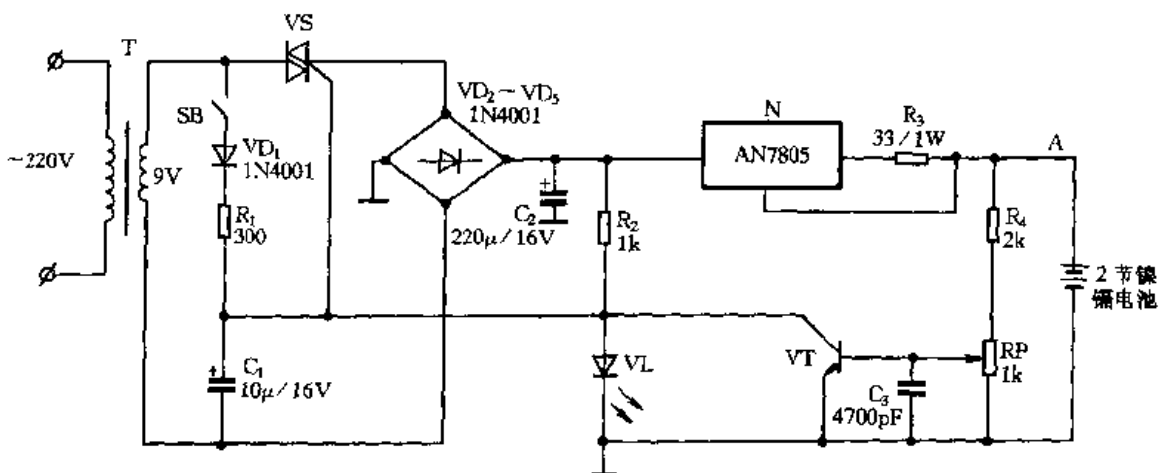


图 1.5.52 快速恒流自动断电的镍镉电池充电电路

### 3. 0.1C5A 标准镉镍电池充电电路

镉镍电池的使用寿命与充电方式有很大的关系,因此选用合理的充电方式十分重要。

图 1.5.53 所示的标准镉镍电池充电电路包括恒流充电电路和定时控制电路两部分。

恒流充电电路由电容  $C_1$ 、电阻  $R_1$ 、整流桥  $UR_2$  和继电器  $K$  的常开触点组成。电路的恒流特性由电容  $C_1$  决定,由于电容  $C_1$  通过整流桥  $UR_2$  与电池串联后接入 50Hz、220V 交流电中。由于电容  $C_1$  的阻抗比较大( $1\mu F$  约为  $3.8k\Omega$ ),与电容  $C_1$  的阻抗相比,镉镍电池 GB 的内阻和整流桥  $UR_2$  导通时的内阻均很小,因此蓄电池电路充电电流主要由  $C_1$  决定,其等效电路如图 1.5.54 所示。在电路参数一定时,电流  $I$  为一恒流值。利用电容的这种恒流源特性制作的充电器非常简单,但精度却比较高,还具有无发热元件、功耗小和不怕负载短路的优点。

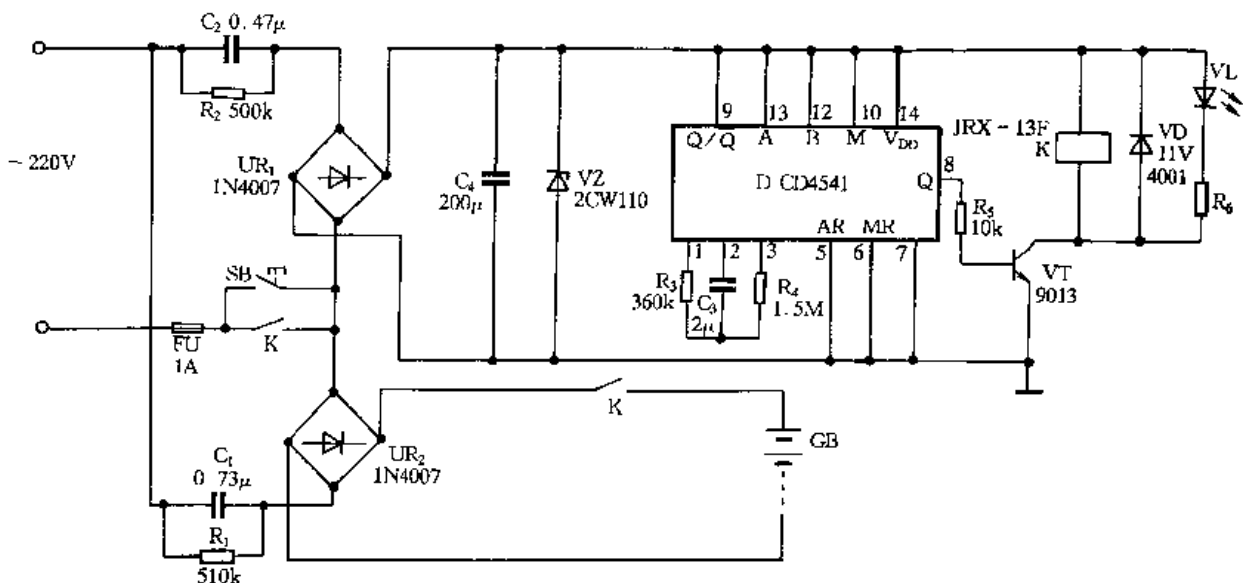


图 1.5.53 标准镉镍电池充电电路

整流桥  $UR_2$  将交流电整流成直流电,当继电器  $K$  的常开触点闭合后,可对一节至多节镉镍电池充电。充电采用脉动直流电流,充电效果优于纯直流电流。

定时控制电路由可编程定时集成电路  $D$  (CD4541)、三极管  $VT$ 、发光二极管  $VL$  和继电器  $K$  组成。CD4541 内部集振荡器、16 级二进制计数器、自动复位控制电路和输出控制电路为一体。在其①和②脚外接  $R_3$ 、 $C_3$  后,产生周期  $T = 2.3 R_3 C_3$  的振荡。在编程输入端  $A$  和  $B$  都为高电平时,延时常数为 32768,因此该电路的延时时间为  $t = 32768 \times 2.3 R_3 C_3 \approx 15(h)$ 。⑤脚是自动复位端  $AR$ ,当  $AR$  为低电平时,电路通电时产生自动复位。⑥脚为手动复位端,高电平有效。⑩脚为工作方式选择端,该电路接高电平,即取单定时。⑨脚为输出选择端,该电路接高电平,即输出初始状态为高电平。

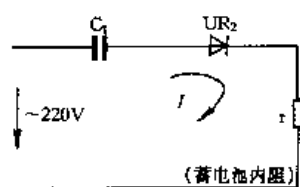


图 1.5.54 恒流充电电路

按下按钮  $SB$ ,220V 交流电经整流桥  $UR_1$  整流、 $C_4$  滤波、 $VZ$  稳压后,为  $D$  提供 12V 直流工作电压。这时  $D$  完成复位并开始延时。输出端  $Q$  的高电平使三极管  $VT$  导通,继电器  $K$  得电吸合,其一个常开触点闭合使电源自保持供电,其另一个常开触点闭合使充电电路接通,同时发光二极管  $VL$  发光,指示充电正在进行。经 15h 的延时后, $Q$  跳变为低电平,三极管  $VT$  截止, $K$  失电释放,其常开触点断开,整个电路的 220V 交流电被切断,工作停止。

电容  $C_1$  在对 5 号镉镍电池 (GNYG0.5) 充电时的电容值为  $0.73\mu\text{F}$ , 这可用  $0.47\mu\text{F}$ 、 $0.22\mu\text{F}$  和  $0.047\mu\text{F}$  三只电容并联, 电容耐压应为  $400\text{V}$ 。

#### 4. 6V、4Ah 密封式铅酸蓄电池充电电路

图 1.5.55 所示的密封式铅酸蓄电池充电电路, 一次可对 1 或 2 只 6V、4Ah 蓄电池充电。

220V 交流电经变压、整流、稳压、晶闸管控制后, 给蓄电池充电。稳压部分采用开关式稳压电源组件 TWH9312, 其①、②脚为输入端, 可接  $15\sim 40\text{V}$  直流电压; ④脚为检测端; ③、②脚为输出端。其输出功率  $25\text{W}$ 、电流  $2\text{A}$ , 内部设有过流、短路保护; 作降压使用时效率达  $95\%$ 。

接上被充电的蓄电池 GB, 其剩余电压通过双晶闸管 VS 的  $T_1$  极、控制极 G 以及  $R_6$ 、VD 对电容 C 充电, VS 被加上负的控制极电流而触发导通。拆去电池后, C 通过 VS、 $R_5$  放电, 准备下一次触发。由于 C 的放电电流很小, VS 不会因此而触发。

但是, 只要不将电池拆去, C 上的电压将保持, VS 不会被再次触发。因此若充电过程中失电, 则需再来电后, 把电池接线脱开几秒钟再接上, 方可继续充电。

在没有接电池或不慎将电池极性接反的情况下, VS 均无触发电流, 不会导通。

开关 S 用于选择稳压组件的输出电压 ( $8.3\text{V}$  或  $16\text{V}$ )。

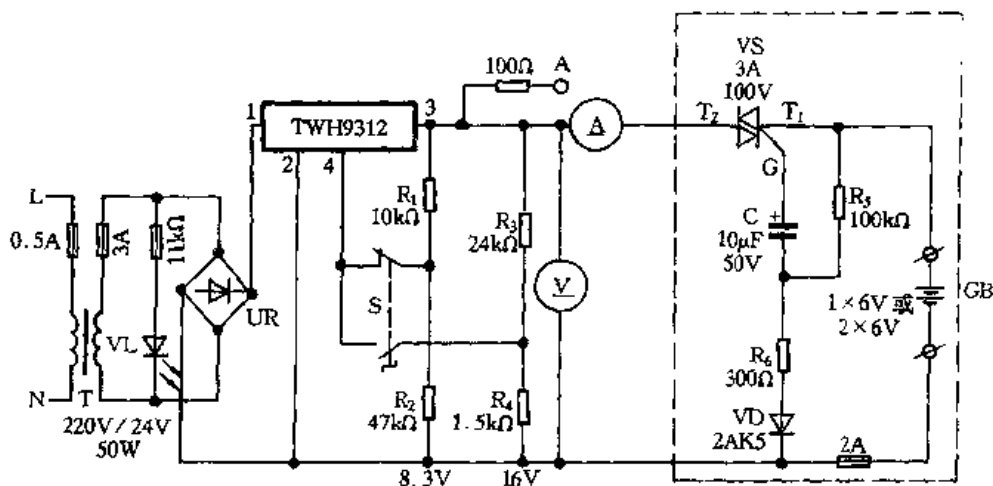


图 1.5.55 密封式铅酸蓄电池充电电路

#### 5. 简易充电电路

图 1.5.56 所示的充电电路, 具有电路简单、不用调试和输出电压调节范围宽等特点。

在图 1.5.56(a) 中, 电阻  $R_1$ 、二极管  $VD_1\sim VD_4$  和稳压管  $VZ$  等组成同步梯形波形成电路。 $VZ$  两端电压幅值约为  $8\text{V}$  与电网电压有相同的过零点、频率为  $100\text{Hz}$  的单极性梯形波电压。三极管  $VT_1$  和  $VT_2$  组成模拟单结管, 与其外接阻容网络组成同步振荡电路。同步振荡电路依靠电容器 C 的不断充放电, 在  $VT_2$  的发射极输出同步于电网电压的尖脉冲, 作为晶闸管 VS 的触发脉冲。调节电位器 RP, 使 C 的充电时间常数得到变化, 于是同步振荡电路在电网电压的半波内输出的第 1 个触发脉冲的相位也随之发生变化。在图 1.5.56(a) 中, 由于 VS 的容量较小, 因此其触发电流也小, 可直接由同步振荡电路触发; 若是 VS 的容量较大, 则不能直接触发, 这时要采用图 1.5.56(b) 所示电路的触发方式, 中间附加由电阻  $R_5$ 、 $R_6$ 、三极管  $VT_3$  和  $VT_4$  组成的触发脉冲功率放大电路。

在图 1.5.56(a) 电路中, 若不加限流电阻  $R_x$ 、变压器 T 的二次侧电压取  $30\text{V}$ 、电池 GB 用几千欧电阻  $R_L$  取代, 则  $R_L$  上的直流脉动电压可在  $0.5\sim 22\text{V}$  范围内调节。



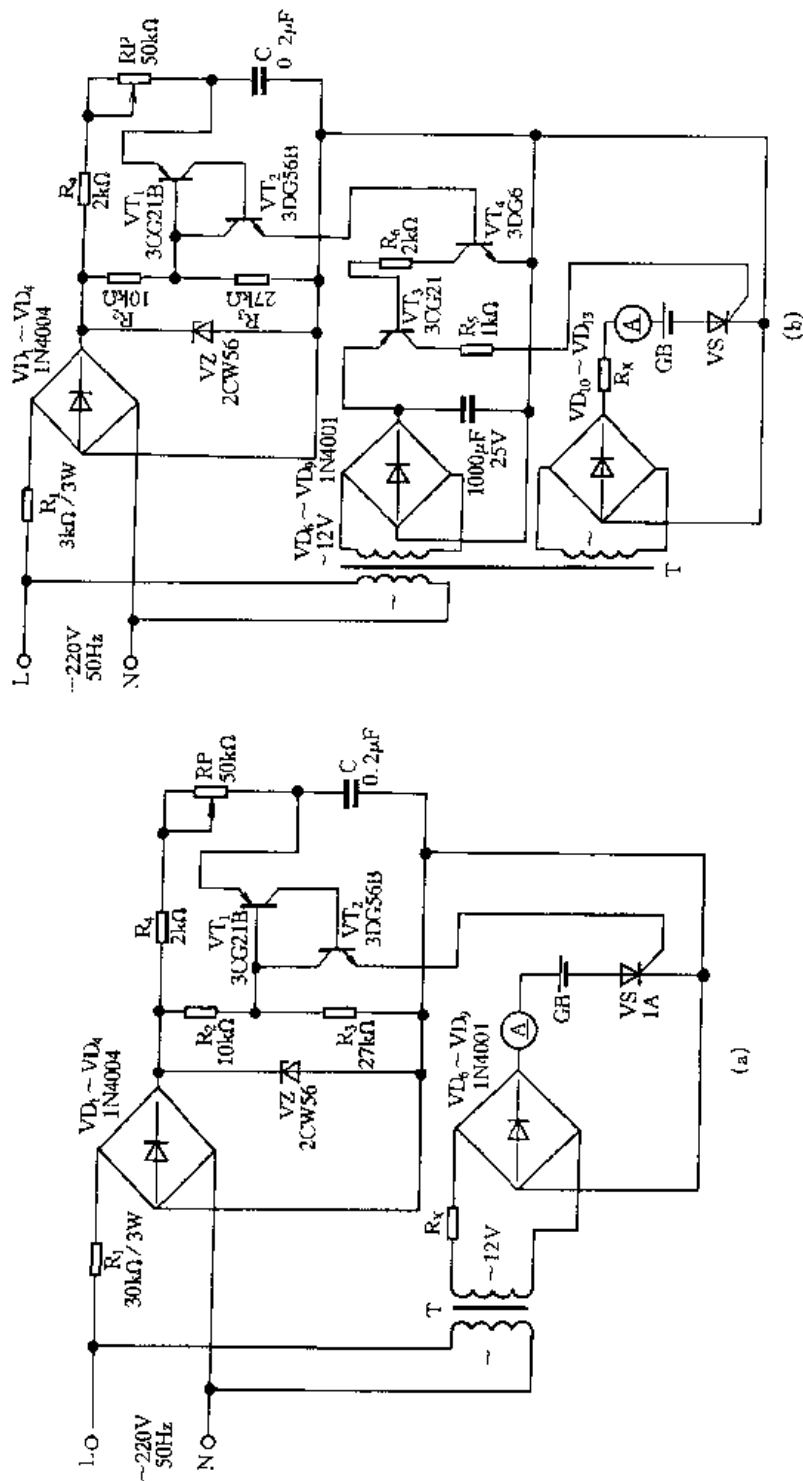


图 1.5.56 简易充电电路

## 6. 多功能自动充电电路

图 1.5.57 所示为避免过充电的多功能自动充电电路。由于不管采用什么充电电路给蓄电池 GB 充电,在充电过程中,如果控制不当就会出现充电过量,而过量充电会影响蓄电池的性能和寿命,严重过充电会促使蓄电池极板活性物质的大量脱落而使蓄电池早期损坏,因此必须避免过充电。

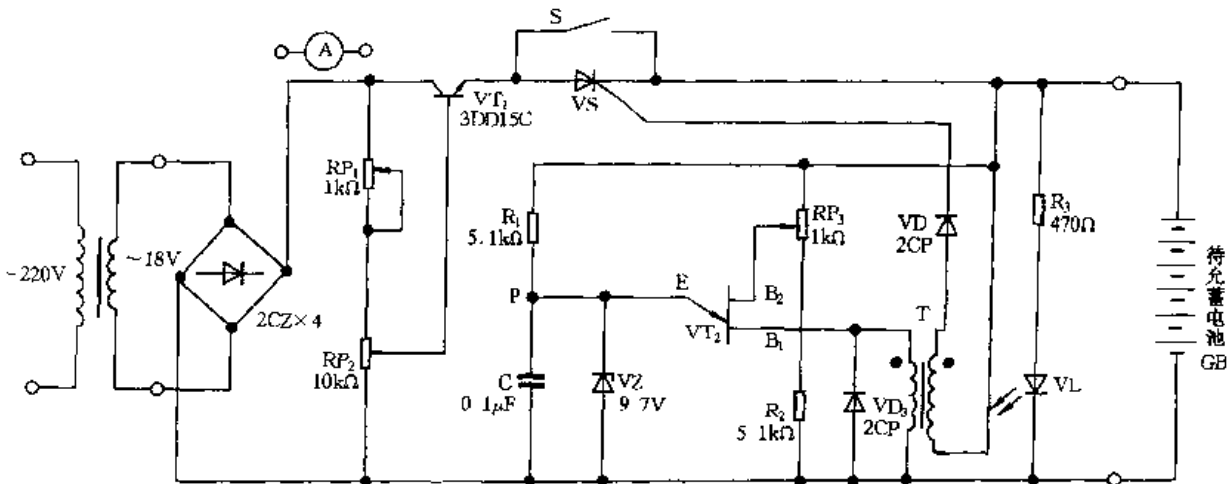


图 1.5.57 多功能自动充电电路

在图 1.5.57 中,单结晶体管  $VT_2$  组成振荡器。把待充蓄电池接入电路,起初  $VT_2$  的供电电压由电压较低的蓄电池提供,一旦电路进入工作状态,振荡电压就由  $VT_2$  的  $B_1$  极、脉冲变压器 T 的次级输出,而触发晶闸管 VS 控制极,使其导通。于是整流后的直流电压通过三极管  $VT_1$ 、晶闸管 VS 开始对蓄电池充电,同时为  $VT_2$  提供工作电源。当蓄电池的电压充到 16.2V (即 12V 蓄电池的上限电压)时,  $VT_2$  的发射极峰值电压便超过稳压管 VZ 的击穿电压,振荡器因 VZ 被击穿而停止振荡,于是晶闸管 VS 关闭,充电器也就停止给蓄电池充电,从而避免对蓄电池充电过量,起到自动保护的作用。另外,电路还兼有防止短路及逆充电的功能,当充电器的输出端如果发生短路或待充蓄电池一旦接反,  $VT_2$  振荡器都因无工作电压而停止振荡,使晶闸管 VS 阻断,充电电路停止工作。由于  $VT_2$  开始工作时的工作电源为电压较低的待充蓄电池,这样当新的蓄电池接到充电器上充电时,晶闸管将截止,充电器将无法工作,因此在晶闸管的两端并接一手动开关 S,一旦新的蓄电池直接充电,开关 S 将晶闸管短接,当蓄电池电压充到一定值(即可触发晶闸管导通)再切断开关 S,这时  $VT_2$  已工作,充电电流则是经过晶闸管给蓄电池充电,直到蓄电池充满电为止。

极据有关蓄电池的充电规则,蓄电池的充电分为初充电和普通充电两种。而这两种充电的过程各又经过两个不同的阶段,就是蓄电池在额定容量和额定电压相同的情况下,充电电流和充电时间也不同。为此在电路中将可调电阻  $RP_1$ 、 $RP_2$  和三极管  $VT_1$  组成一种电压、电流可控器。使充电电压或电流可以根据新、旧蓄电池的不同而进行调控。同时给蓄电池的初充电和复充电(两者充电电流不同)也带来方便。为了保证三极管  $VT_1$  在使用中正常工作,  $VT_1$  需要加散热板。

## 7. 铅酸蓄电池双恒流充电电路

双恒流双充电制的充电方法,即用两个不同大小的恒流源采用经常性使用充电和定期恢复性充电两种充电制对蓄电池进行充电。经常性使用充电是在使用过程中对蓄电池进行的正

常充电。开始阶段用较大的恒流电流  $I_1$  (取蓄电池长时率放电容量值的  $1/10 \sim 1/5$ ) 将蓄电池的单格电压充至  $2.40 \sim 2.44V$ , 然后改用较小的恒流电流  $I_2$  (取蓄电池长时率放电容量的  $1/30 \sim 1/20$ ) 将蓄电池的单格电压充至  $2.44 \sim 2.46V$ , 就停止充电。虽然经常性使用充电省去了过充电过程, 但却缩短了充电时间, 提高了充电效率, 特别是能有效地延长蓄电池的使用寿命。如果长期不对蓄电池进行过充电也会导致极板硫化, 因此对蓄电池进行  $15 \sim 20$  次经常性使用充电后, 要进行一次彻底深度放电, 然后再进行一次恢复性过充电, 即开始阶段用  $I_1$  将蓄电池单格电压充至  $2.40 \sim 2.44V$ , 然后改用  $I_2$  将单格电压充至稳定不变的电压, 再继续充电  $2 \sim 3h$ 。

图 1.5.58 所示为蓄电池双恒流充电电路。220V 市电经电源变压器 T 降压、 $VD_1 \sim VD_4$  整流、电容 C 滤波后, 送至由  $R_1 \sim R_5$ 、 $VD_5 \sim VD_8$  及  $VT_1$ 、 $VT_2$  等组成的恒流源电路。开关 S 控制恒流源的大电流  $I_1$  和小电流  $I_2$  的转换。当 S 置于“1”时, 恒流源用大电流  $I_1$  对蓄电池充电, 当 S 置于“2”时, 恒流源用小电流  $I_2$  对蓄电池充电。适当调整  $R_3$ 、 $R_4$  的大小可以得到不同数值的  $I_1$  和  $I_2$ , 以适应不同场合的需要。 $R_5$  是  $VT_2$  的发射极电流负反馈电阻。 $VD_5 \sim VD_8$  均作稳压二极管用。 $R_1$  是  $VD_5 \sim VD_8$  的限流电阻。 $VD_9$  是隔离二极管。 $VT_2$  应根据具体情况加装一定的散热板。

该充电电路属于简易型, 使用时应有人监视工作情况。

### 8. 充电蓄电池过放电保护电路

有些新的充电电池, 使用不到两个月就要求重新更换, 其原因大多数是由于不能及时充电导致蓄电池过放电所造成。为此, 可采用图 1.5.59 所示的蓄电池过放电保护电路。

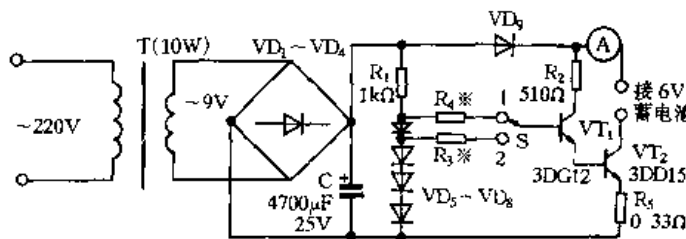


图 1.5.58 铅酸蓄电池双恒流充电电路

合上开关  $S_1$ , 由于电容  $C_1$  上电压不能突变, 电池组电压加在电位器  $RP$  的  $RP_B$  上, 并通过  $R_4$  使  $VT_2$  导通,  $VT_1$  也导通, 电池组电压便通过  $VT_1$ 、 $VL$  加于稳压管  $VZ$  上, 只要电池组能正常放电, 且高于稳压管的击穿电压, 则稳压管导通, 使得  $RP$  上保持一定的压降, 那么  $VT_1$ 、 $VT_2$  始终导通, 负载便能正常工作。调节  $RP$  使  $VL$  刚好亮, 则此时在  $RP$  上形成一定压降。一旦电池组过度放电而使电压低于正常值时,  $VZ$  截止, 此时因  $C_1$  已充电完毕 ( $C_1$  上的电压约为电池组电压),  $RP$  上无压降, 则  $VT_2$  截止,  $VT_1$  也随之截止,  $VL$  熄灭, 电池组已停止供电, 提醒用户应该对电池组进行充电, 以免过放电使电池组报废。

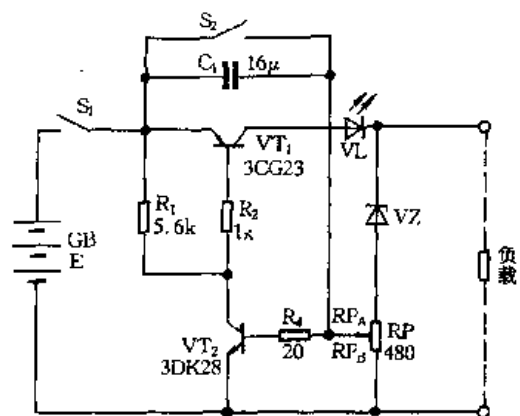


图 1.5.59 充电蓄电池过放电保护电路

对每次重新充电后的电池组再工作时必须先合上  $S_2$ , 对  $C_1$  放电后, 再打开  $S_2$ , 合上  $S_1$ , 这样才能保证保护电路能重新开启, 使负载正常工作。

### 9. 无极性充电电路

图 1.5.60 所示的无极性充电电路,对充电机输出直流电源的极性和蓄电池的极性无任何要求,便能使充电机对 12V 蓄电池进行无极性充电。该电路由交流控制电路和直流电源电路两部分组成。

#### (1) 交流控制电路

按下按钮  $SB_1$ ,接触器  $KM$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,接通充电机的交流电源;同时另一常开辅助触点闭合,使指示灯  $HL_1$  亮,指示充电机处于工作状态。

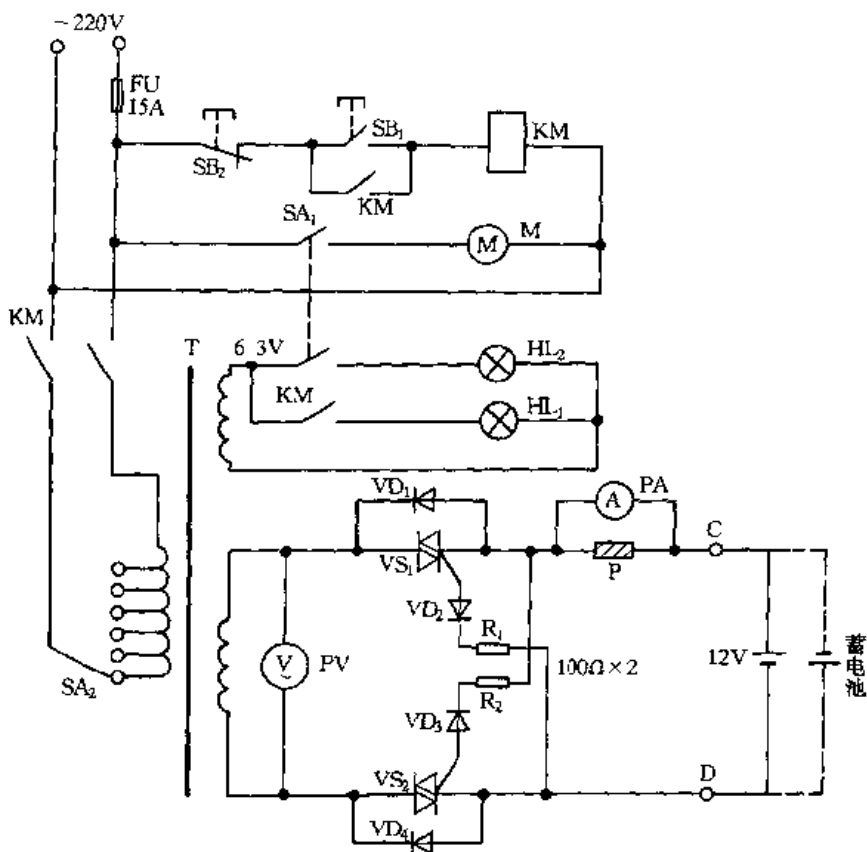


图 1.5.60 无极性充电电路

若使充电机停止工作,只要按下按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM$  失电释放,其主触点断开,变压器  $T$  失电,切断充电机的交流电源,充电机停止工作;同时  $KM$  的另一辅助常开触点断开,使指示灯  $HL_1$  熄灭。开关  $SA_1$  为风扇控制开关,闭合  $SA_1$ ,风扇  $M$  得电运转,对充电机内变压器和整流器件进行降温,以保证充电机可靠地工作,同时指示灯  $HL_2$  亮,指示充电机风扇处于运转状态。

#### (2) 直流电源电路

变压器  $T$  得电后,在其二次侧得到降低的交流电压,并由交流电压表  $PV$  指示交流电压值,  $VD_1 \sim VD_4$ 、 $VS_1$ 、 $VS_2$  的导通情况由充电的蓄电池的极性决定。如果蓄电池的上端为正、下端为负,则双向晶闸管  $VS_1$  的控制极触发电流由蓄电池正极→电极  $C$ →检流片  $P$ → $VS_1$  的控制极→二极管  $VD_2$ →电阻  $R_1$ →电极  $D$ →蓄电池负极形成回路,使  $VS_1$  导通。变压器  $T$  二次侧交流电压经双向晶闸管  $VS_1$ →检流片  $P$ →电极  $C$ →蓄电池正极→蓄电池负极→电极  $D$ →整流二极管  $VD_4$ →变压器  $T$  的二次侧形成回路,对蓄电池进行充电,充电的电流由电流表  $PA$  指示。

如果充电的蓄电池极性相反,即当上端为负、下端为正时,则双向晶闸管  $VS_2$  的控制极电

流由蓄电池正极→电极 D→ $VS_2$  控制极→二极管  $VD_1$ →电阻  $R_2$ →检流片 P→电极 C→蓄电池负极形成回路,使  $VS_2$  导通。变压器 T 的二次侧电压经  $VS_2$ →电极 D→蓄电池正极→蓄电池负极→电极 C→检流片 P→整流二极管  $VD_1$ →变压器 T 的二次侧形成回路,对蓄电池进行充电,充电电流由电流表 PA 指示,但此时 PA 的指针向相反方向偏转。

开关  $SA_2$  为充电电压选择开关, $SA_2$  置于不同的位置时,得到不同的充电电压。实际使用时,可根据蓄电池的实际状况,将开关  $SA_2$  置于适当的位置,来选择不同的充电电压,以便对蓄电池进行高效的充电。

#### 10. 充电机风冷控制电路

图 1.5.61 所示的充电机风冷控制电路,使得风扇电动机在充电机机内温度高于设定的上限温度时才运转,低于设定的下限温度时自动停转,将充电机内的温度控制在设定的上、下限温度范围内,避免了风扇长时间运转。

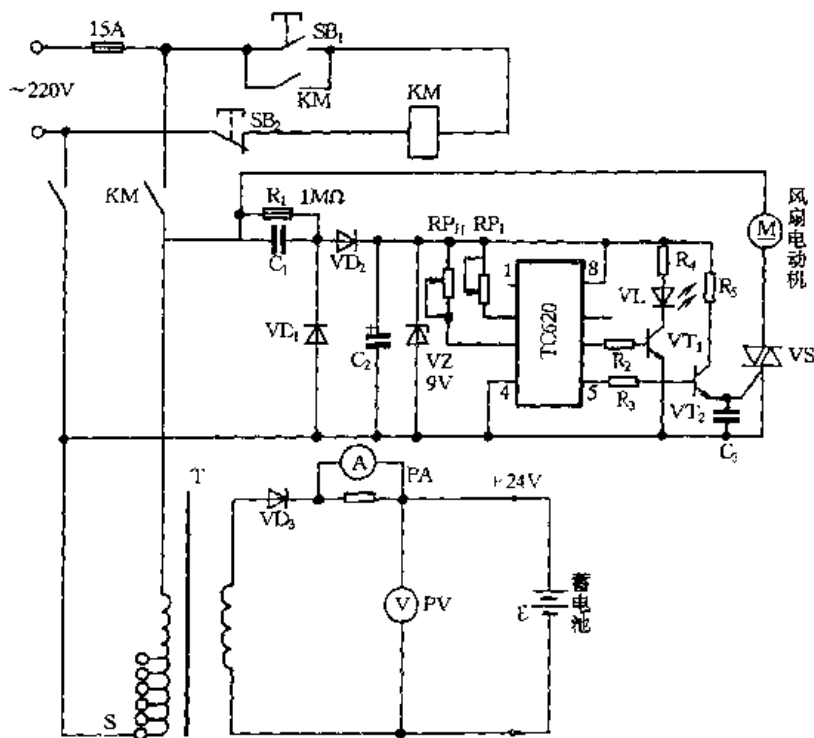


图 1.5.61 充电机风冷控制电路

按下启动按钮  $SB_1$ ,交流接触器 KM 得电吸合并自锁,其主触点闭合,220V 交流电经变压器 T 降压、二极管  $VD_3$  整流,得到脉动直流电对蓄电池进行充电,同时风冷控制电路得电工作。开关 S 为电源电压选择开关,在不同的位置,可输出不同的直流电压对蓄电池充电。充足电后,按下停止按钮  $SB_2$ ,KM 失电释放,停止充电。

风冷控制电路的核心为温度传感器专用集成电路 TC620,其内部有一个 PTC 热敏电阻温度传感器,不需外接温度传感器;可由用户设定上、下限温度,在高于上限温度或低于下限温度,有相应的逻辑电平输出,并有一个控制信号输出;控制温度精度可达  $\pm 3^\circ\text{C}$ ;各引脚可抗 2000V 静电电压。因此 TC620 特别适宜在工业设备的温度控制场合使用。TC620 的②脚接下限温度设定电位器  $RP_L$ ;③脚接上限温度设定电位器  $RP_H$ ;⑥脚为上限温度超温信号输出端;⑦脚为下限温度超温信号输出端(本电路未用);⑤脚为控制信号输出端。

在充电过程中,充电机内温度高于上限温度时,TC620 的⑤脚输出高电平,三极管  $VT_2$ 、双

向晶闸管 VS 均导通, 风扇电动机开始运转, 机内温度随之下降。当温度下降到下限温度时, TC620 的⑤脚变为低电平, VT<sub>2</sub> 截止, 在电网电压过零时 VS 也截止, 风扇电动机停止运转, 机内温度开始上升, 当上升到上限温度时, ⑤脚变为高电平, 风扇又开始运转, 由此不断循环, 将充电机内温度控制在上、下限温度范围内, 避免风扇电动机长时间运转不停, 发光二极管 VL 用作充电机内的温度指示, 高于上限温度时, VL 发光; 低于上限温度时, VL 熄灭。

### 11. 发电机启动蓄电池的全自动监控电路

图 1.5.62 所示为发电机启动蓄电池的全自动监控电路, 可对蓄电池电压状态进行连续检测。当蓄电池放电到规定的最低电压值时, 能自动接通电源进行充电; 当蓄电池充足电后, 能自动停止充电; 当蓄电池需要充电而又未接上充电电源时, 能自动识别并发出音响信号, 提醒工作人员接上电源。此外, 还具有“自动-手动”转换功能, 使其可采用“手动”操作, 随时给蓄电池充电。该装置还可用于车用蓄电池的自控充放电、计算机备用电源和各种通信台站固定蓄电池的连续监控与检查。

充电时, 220V 交流电压经 T 降压、VD<sub>1</sub> 和 VD<sub>2</sub> 整流、R<sub>1</sub> 限流, 向蓄电池 GB 充电。同时, 指示灯 HL 点亮, 作充电指示。

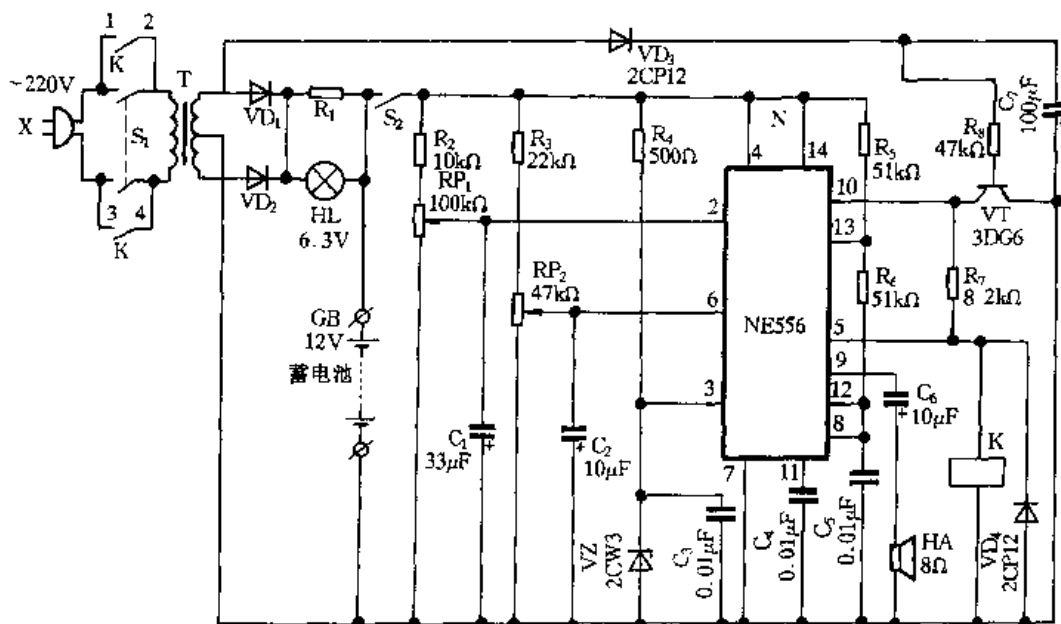


图 1.5.62 发电机启动蓄电池的全自动监控电路

双时基集成电路 N (NE556), 其中一个时基电路和电阻 R<sub>2</sub> ~ R<sub>4</sub>、电容 C<sub>1</sub> ~ C<sub>3</sub>、电位器 RP<sub>1</sub> 和 RP<sub>2</sub>、稳压管 VZ、继电器 K 等组成蓄电池电压检测控制电路。合上开关 S<sub>2</sub>, 检测控制电路投入工作。当蓄电池电压放电到规定的最低电压值 11.2V (指能使发电机启动的最低端电压值, 而不是指蓄电池允许的最低端电压值。多次试验证明, 当蓄电池端电压放电到允许的最低值 10.8V 时, 发电机已不能启动) 时, 其低电压值信号经 R<sub>3</sub>、RP<sub>2</sub> 检测, 输入到双时基集成电路的⑥脚, 其⑤脚输出高电平, 使 K 得电吸合, 其常开触点 K (1-2)、K (3-4) 闭合, 接通充电电源, 使蓄电池开始充电。

当蓄电池电压充电到允许的最高端电压值 14.5V 时, 其高电压值信号经 R<sub>2</sub>、RP<sub>1</sub> 检测, 输入到双时基电路 N 的②脚, 其⑤脚输出变为低电平, K 失电释放, 触点 K (1-2)、K (3-4) 断开, 切断充电电源, 使蓄电池停止充电。如需要变“自动”为“手动”, 对蓄电池进行充电时, 只要闭合

$S_1$ 、断开  $S_2$  即可。电容  $C_1$ 、 $C_2$  为防止临界状态时 K 的触点抖动而设置,电容  $C_3$  为抗干扰电容,这三只电容切不可少,特别是  $C_3$ 。稳压管 VZ 为时基电路 N 提供稳定的基准电压。

N 的另一个时基电路和电阻  $R_5 \sim R_8$ ,电容  $C_4 \sim C_7$ ,二极管  $VD_3$ 、 $VD_4$ ,三极管 VT,扬声器 HA 组成蓄电池是否充电的自动识别和音响提醒电路。当蓄电池需要充电而插头 X 又未接上电源时,由于时基电路的⑤脚此时输出高电平,VT 因基极无工作电压而截止,使 N 的复位端⑩脚处于高电平。由 N、电阻  $R_5$ 、 $R_6$ ,电容  $C_5$  组成的音频振荡器开始振荡激励 HA 发出报警声,提醒工作人员接上电源。当 X 接上电源后,其电源一路给 GB 充电,另一路经  $VD_3$  整流、 $C_7$  滤波、 $R_8$  限流,使 VT 饱和导通,N 的⑩脚变为低电平,音频振荡器停振,HA 停止发声。这样就有效地防止了有时忘记接上电源的现象。

调试时,先不接蓄电池,用一台能输出  $0 \sim 24V$  连续可调的直流稳压电源,将其输出端接在原来接蓄电池的两端。先给定  $11.2V$  电压,调  $RP_2$  使 K 刚好吸合为止;再给定  $14.5V$  电压,调  $RP_1$  使 K 刚好释放。然后将蓄电池接入电路,进行实际的充放电细调,调试好后,将  $RP_1$ 、 $RP_2$  用蜡封好。

## 第六节 电工测量、监测、指示电路与报警电路

### 一、电工测量、监测与指示电路

#### 1. 两功能测电器电路

图 1.6.1 所示为两功能测电器电路,可用于测量漏电保护器(含漏电开关、触电保护器)的漏电流和测量  $500V$  以下的电压。它可对家庭安装漏电保护器或开关作定期漏电安全检查,平时可代替普通测电笔使用。在白天强光下测电时,氖灯发光看不清,可通过 HA 发出的声音来判断线路是否有电。

将开关 S 置于 A-C 点,E 端接地,铜探头接触漏电保护器输出端的相线,按下开关  $S_1$ ,电流由铜探头经 S、 $S_1$ 、 $R_1$  流向 E 端,可提供  $10mA$  模拟漏电流来测量保护器是否能自动断开电路。如电路没断开,可分别合上开关  $S_2$ 、 $S_3$  等,再提供  $20mA$ 、 $40mA$  模拟漏电流等叠加上去,看哪个开关合上时保护器自动断开电路,就说明保护器漏电流在这个范围内。在测量漏电流时,如漏电流大于保护器规定的  $mA$  值时,保护器自动断开电路,发光二极管 VL 只能闪亮一下,表示该电流即为保护器漏电流的范围。如 VL 闪亮  $1s \sim 2s$ ,表示电路没断开,预置的额定动作电流不足,可再继续试验。如模拟电流至最大( $S_5$  接通),VL 仍闪亮  $1s \sim 2s$ ,说明保护器失灵,要重新调整和修理方可使用。值得注意的是,如铜探头一直不离开输出端,VL 会一直闪亮。但如超过几秒探头不离开输出端,会有漏电流通过电阻,电阻功率不够就会被烧坏,损坏测电器。

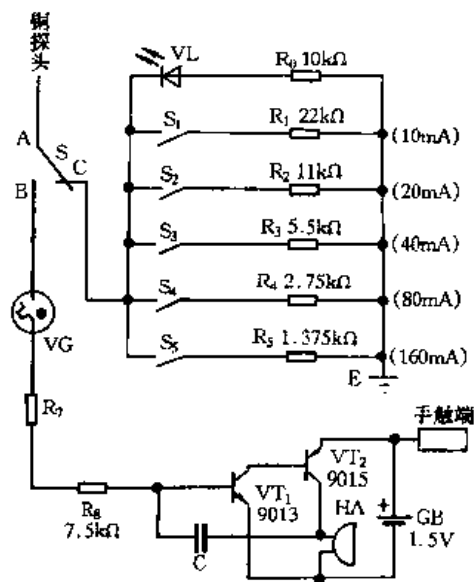


图 1.6.1 两功能测电器电路

测量电路的电流,可用叠加的方法。如 30mA 的漏电流可用  $S_1$ 、 $S_2$ ,即 10mA、20mA 的叠加测量;60mA 的漏电流可用  $S_2$ 、 $S_3$ ,即 20mA、40mA 的叠加测量。该测电路如全部叠加起来,最大可测量 310mA 的漏电流。

开关 S 置于 A - B 点,可作普通测电笔使用。将测电器的铜探头接触相线,氖灯 VG 通过电阻  $R_7$ 、 $R_8$ 、三极管  $VT_1$ 、 $VT_2$  到手触端形成回路,使 VG 发出桔红光线。在  $VT_1$  基极和  $VT_2$  集电极之间接一只电容器 C(容量为 2200pF ~ 0.33 $\mu$ F),在  $VT_2$  集电极和电池 GB 负极间串接一只蜂鸣器 HA(型号为 DBX)。当 VG 发出亮光表示有电流时,HA 也发出声音。改变电容 C 的容量大小,可改变 HA 发出声音的音调。GB 采用钮扣式电池,电压为 1.5 ~ 3V。

## 2. 简单的逻辑笔电路

图 1.6.2 所示为简单的逻辑笔(亦称逻辑电平测试器)电路,用来对数字系统中数字信号电平的高低和脉冲信号的有无进行检测。 $N_A$ 、 $N_B$ (四运放集成电路 LM324 中的两个)为电压比较器。将  $N_A$  和  $N_B$  的同相输入端和反相输入端彼此相连,接成两组输入端。一组接  $R_1$  和  $RP_1$  组成的分压电路,作为门限基准电压输入端,调节电位器  $RP_1$ ,可使门限电压在  $0V \sim 4/5U_{DD}$  之间变化,以适应对 DTL、TTL 或 CMOS 等逻辑电平的选择和测试。另一组输入端经

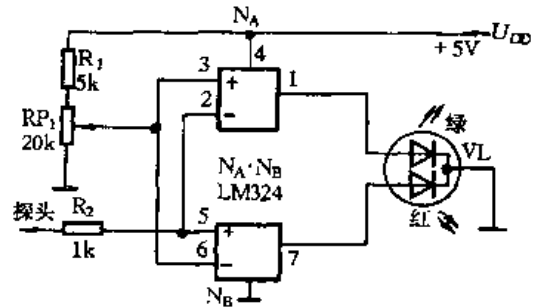


图 1.6.2 简单的逻辑笔电路

$R_2$  耦合接被测点。若被测电平为高电平(与  $RP_1$  设置的门限电压相比较), $N_A$  的②脚电位高于③脚,①脚输出低电平,复合发光管 VL 中的绿管不亮。同时, $N_B$  的⑤脚电位高于⑥脚,⑦脚输出高电平,红发光管发光。同理,若被测点为低电平时,①脚输出高电平,⑦脚输出低电平,绿发光管点亮,红发光管不亮。如果输入端为脉冲信号, $N_A$  和  $N_B$  就轮流输出高电平或低电平。脉冲频率较低时,可看见红、绿发光管交替闪亮;频率较高时,发光管呈桔红色,指示被测点有脉冲信号。

## 3. 声光数字电平检测器电路

图 1.6.3 所示为时基电路 N(NE555)组成的声光数字电平检测器电路。当探针 A 悬空时,三极管 VT 截止,N 的控制端⑤脚处于高电位,由 N、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $C_1$  组成的受控音频振荡器不起振,扬声器 HA 无声,且 N 的③脚输出高电平,VL 截止不亮,即检测器无声无光。当探针 A 接触逻辑“0”电平时,N 的复位端④脚呈现低电平,电路复位,音频振荡器仍然不起振,HA 还是无声,但这时 N 的③脚输出为低电平,VL 导通发光,即检测器有光无声;当探针 A 接触逻辑“1”电平时,N 的④脚变为高电平,VT 导通使 N 的⑤脚变为低电平,受控音频振荡器起振,HA 发声,同时 VL 闪烁发光,即检测器有声有光。当探针 A 接触是连续脉冲时,VL 和 HA 将交替工作,即分别作出声光指示。

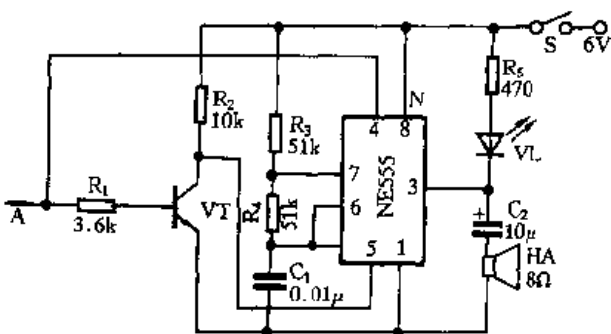


图 1.6.3 声光数字电平检测器电路

## 4. 相线和零线指示电路

电冰箱、洗衣机、电扇等家电的开关都应接在相线上。由于现在家电产品的电源插头多数是两脚插头或三脚插头,而住宅电源有的没有地线,电源为两孔插座。因此两脚插头插入两孔插座的随意性,不能保证家电开



关都接在相线上,这样就会酿成触电事故。采用图 1.6.4 所示相线指示电路,可以保证开关接在相线上。

安装方法是,先检查家电开关接在电源线的那根线上,这样把指示器二极管正极端接在这根线上,即可保证开关始终在相线上。使用时插上插头,如果氖灯 VG 亮,说明相线、零线相符,插头正确。如不亮,应拔下插头换向后再插,以氖灯亮为准。

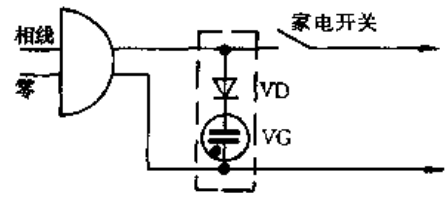


图 1.6.4 相线和零线指示器电路

### 5. 扩展万用表测试功能的附加电路

#### (1) 测量小容量电容和大阻值电阻的电路

将万用表置于  $R \times 10k$  挡,按图 1.6.5(a)所示接 1 只 NPN 型晶体管(如 C1815、9014 等放大倍数较大的管子),C 极接黑表笔,E 极接红表笔,此时万用表指针应不动,若动则说明管子不好,应更换。连接好后,便可在基极 B 与黑表笔之间进行元件测量,可测试  $0.01\mu F$  至百数 pF 的电容器。当测试更小的电容量时,可采用二次法,即先在 B 极与黑表笔间充电,然后将电容两端反方向接在 B 极与黑表笔之间,可观察到表针比前次有明显的偏转。此电路也可测试  $5M\Omega$  以上的电阻。若想再扩大测量范围,可用 1 只同类型管子与此管复合。

#### (2) 测量交流大电流的电路

将万用表置于直流电流最高挡(5A 量程),按图 1.6.5(b)所示连接 2 只二极管,将 A、B 两端串入被测电路中,可测试交流回路中的电流。若用来测试冰箱、电茶壶、空调中的大电流,应采用 5A 以上的二极管(如 2CZ5 或 2CZ11 等)。由于电表支路是半波整流,因此读取的数值应乘以 2.22 倍,方可得实测值。

#### (3) 测量高、中、低频的峰-峰值电压或峰值电压

按图 1.6.5(c)所示连线后,拨动开关 S,可进行峰-峰值电压和峰值电压的测量转换。当测试频率在 1kHz 以下的电压时,可选用 ZCP 型二极管和  $10\mu F$  的电容器;当测试 50kHz、100kHz 以上频率的电压时,应选用 2AP 或 2CK 型二极管,电容器的取值随频率的升高而减小。二极管和电容器的耐压应大于峰值电压。当被测信号电压值较小时,应选用锗材料 2AP 型二极管,此时测量信号电压的下限为 0.3V。

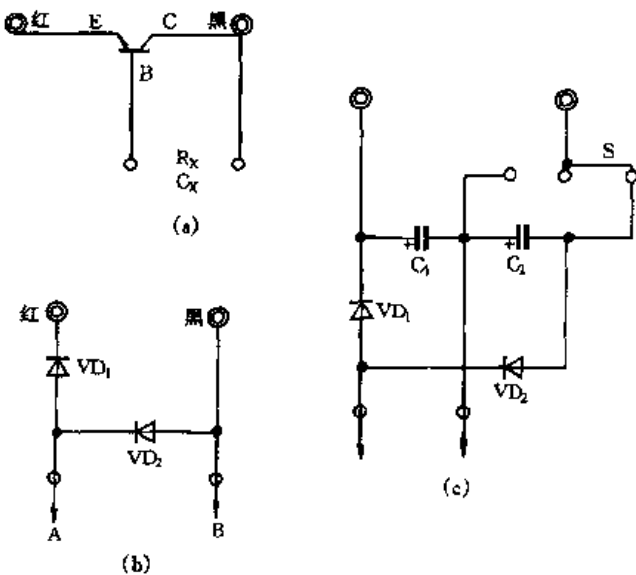


图 1.6.5 扩展万用表测试功能的附加电路

### 6. 直流绝缘监视和指示电路

在发电厂和变电站中,现普遍采用的直流绝缘监视是通过接地继电器来实现的。接地继电器包括一只电流继电器 KA 和两只阻值相等的平衡电阻  $R_1$ 、 $R_2$ ,如图 1.6.6 虚线框内所示。正常情况下,监察开关 SA 置于 0 位,通过触点 SA(7-8)、SA(9-10)的闭合,电压表 PV 指示出控制母线 +W、-W 之间的电压;同时 SA 的触点 SA(1-2)闭合,由于电阻  $R_1$ 、 $R_2$  的阻值相等(均为  $1k\Omega$ ),因此控制母线 +W 与 -W 对人为接地点 A 的电压均为电源电压 110V。

当 +W、-W 对地绝缘良好(其阻值趋近于无穷大),则两个极对地形成不了电流

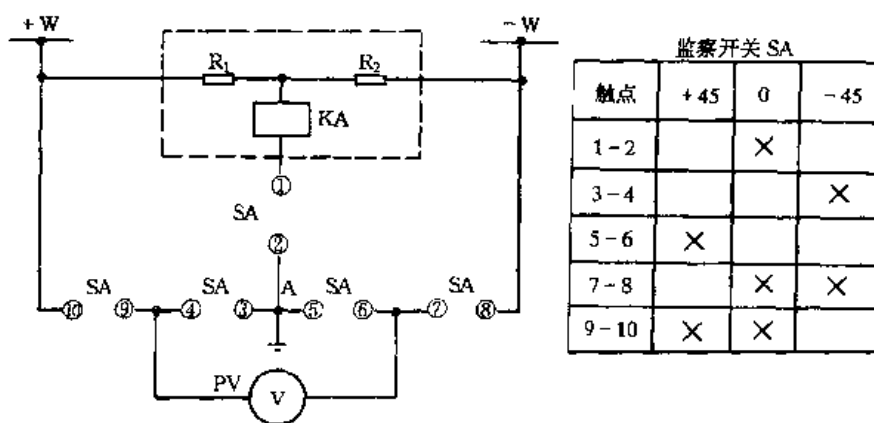


图 1.6.6 直流绝缘监视和指示电路

回路,即电流等于零,因此继电器 KA 不动作。

当其中一个极对地绝缘水平降低时,通过继电器 KA 的电流不再为零,原有的平衡状态被破坏。假设 +W 接地,见图 1.6.7。其接地电阻为  $R_3$ ,接地电流为  $I_1$ ,当  $I_1$  大于继电器 KA(DL-11 型)的启动电流 1.4mA 时,KA 被启动,发出闪光和音响信号,告诉值班人员有直流接地发生。

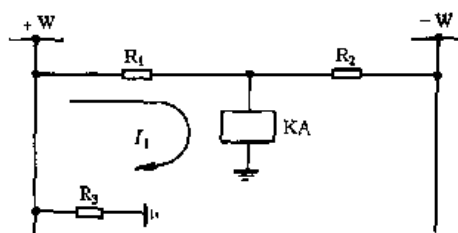


图 1.6.7 绝缘电阻下降的等效电路

究竟哪个极接地,接地电压有多高,要靠转动监察开关 SA 来查找。

当 SA 转向 45° 时,触点 SA(5-6)、触点 SA(9-10)接通而触点 SA(1-2)断开,这时 PV 指示即为 +W 对地电压;当 SA 转向 -45° 时,触点 SA(3-4)、触点 SA(7-8)接通而触点 SA(1-2)断开,这时 PV 指示的即为 -W 对地电压值。其接地电阻要通过电压值进行计算方能得到。

### 7. 电气设备工作状态指示电路

用变色发光二极管不同的光色可指示出电气装置的工作状态,其电路如图 1.6.8 所示。接通电源,变色发光二极管 VL 中的红色发光二极管(R)通电发出红色光,指示 220V 电源供电

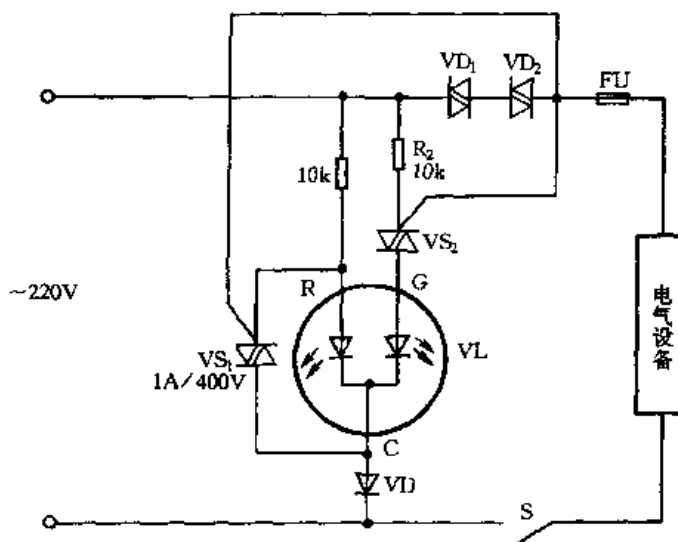


图 1.6.8 电气设备工作状态指示电路

正常。当合上开关 S,电气设备正常工作时,双向晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  均导通。 $VS_1$  导通将 VL 中的红色发光二极管短接而熄灭。 $VS_2$  导通,使 VL 中的绿色发光二极管(G)发出绿色光,指示电气设备正常工作。若合上开关 S,电气设备断路或熔断器 FU 熔断时,虽合上了 S,但  $VS_1$  仍指示电源供电正常(VL 发出红色光),绿色发光二极管不亮,说明电气设备、FU 或 S 回路有故障。

### 8. 电磁阀线圈电压监视器电路

在交流电压波动大、电磁阀质量不太好的情况下,采用电磁阀线圈电压监视器可以避免生产过程中出现的电磁阀不吸合或电磁阀被烧毁的现象,其电路如图 1.6.9 所示。

$U_{CC}$  为电磁阀的线圈电压。 $U_{CC}$  由直流稳压电源提供,先将直流稳压电源的输出电压调到 26.5V,再缓慢调节  $RP_2$ ,使比较器  $N_2$  的同相输入电压缓慢上升,直至发光二极管  $VL_2$  点亮为止。然后将直流稳压电源的输出电压调到 24V,同样缓慢调节电位器  $RP_1$  使比较器  $N_1$  的反相输入电压缓慢下降,直至  $VL_1$  点亮为止。再将直流稳压电源的输出电压调到介于 24~26.5V 之间的任一值, $N_1$  和  $N_2$  均输出低电平, $VL_1$  和  $VL_2$  均不亮。

在电磁阀的运行过程中,若  $VL_1$  点亮,说明线圈电压低于额定电压 24V,有可能出现不吸合现象。若  $VL_2$  点亮,说明线圈电压高于 26.5V,如果长时间过电压运行,有可能出现线圈被烧毁的现象。只有两个发光二极管均不亮的情况下,才能保证电磁阀安全可靠地运行。

### 9. 多芯线对线号电路

图 1.6.10 所示对线号电路,可用于多芯电缆或者穿过一根管子的多根导线的对线号。

多芯线对线号电路是按照串联电路上总电阻值等于该电路中各个电阻值之和的原理制成的。各导线的电阻值分别对应于其串接的电阻值之和,因此用万用表测量各导线的电阻值各不相同而加以判别导线的编号。

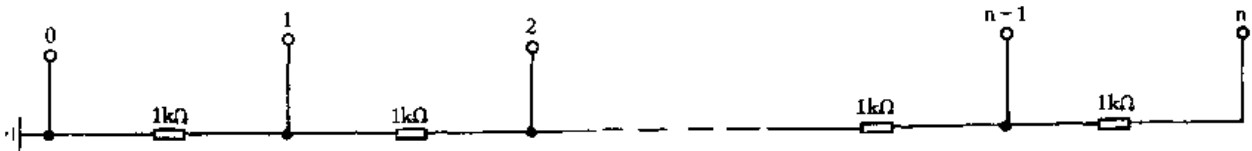


图 1.6.10 多芯线对线号电路

把若干个  $1k\Omega$  的  $1/4W$  金属膜电阻以串接的方法固定在绝缘板上,每个串接点引出一个接线柱,并在每个接线柱上按相应的次序编上序号。其电阻和接线柱的数量可因具体情况而定。把校线板安装在箱内,供测量用的接线柱安装在箱体的表面,即可以成为一个简便好用的多芯线对线号电路。

若多芯线最长为 5km,其阻值很小,与  $1k\Omega$  的电阻值相比,可以忽略不计,因此多芯线对线号电路可以不考虑多芯线的导线电阻所产生的误差, $1.5mm^2$  铜芯导线和  $2.5mm^2$  铝芯导线的

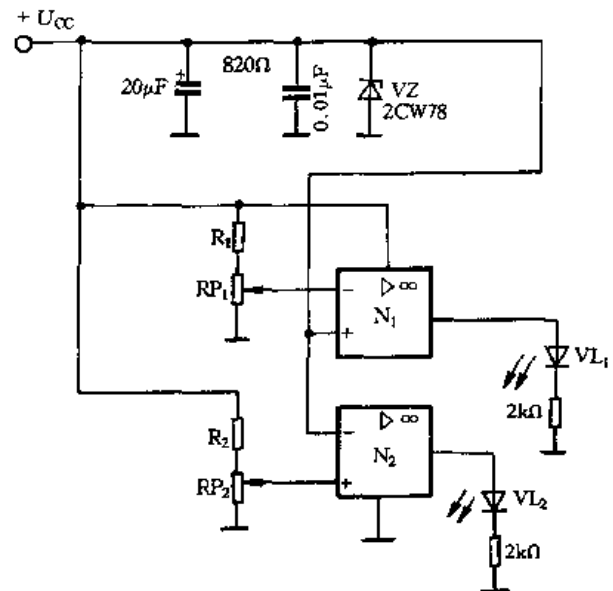


图 1.6.9 电磁阀线圈电压监视器电路

校线距离均可以在 5km 以下。

多芯线对线号电路的使用方法和步骤。

(1) 首先将多芯线中的一根芯线的一端与厂房内的钢管网络或设备的接地网相连接,并将这根芯线接在对线号电路的 0# 端子上,这一根线就是多芯线对线号电路的公用零线,根据上述的联接方法找出多芯线的另一端。

(2) 要校对的多芯线按照施工图样要求套上编号(如 701# ,702# ,703# ,704# ,……),并且与多芯线校线器中的引出接线柱的顺序号(1# ,2# ,3# ,4# ,……)对应连接起来,当多芯线校线器用  $1k\Omega$  的电阻值串联时,1# 接线柱与公用零线之间的电阻值为  $1k\Omega$ ,用同样的方法去测量,则可以测出 2# 接线柱为  $2k\Omega$ ,3# 接线柱为  $3k\Omega$ ,4# 接线柱为  $4k\Omega$ ,依此类推,并做好记录。

(3) 在多芯线的另一端,用测量仪表(万用表或欧姆表)先找出接地线,即多芯线校线器的公用零线,然后把该线接在万用表或欧姆表的一个接线柱上。

(4) 任意取多芯线中一根芯线接在仪表(万用表或欧姆表)的另一个接线柱上,测量其电阻值,根据记录纸上的顺序号,套上图中的芯线编号。如  $1k\Omega$  就是 701# 控制芯线, $2k\Omega$  就是 702# 控制芯线, $3k\Omega$  就是 703# 控制芯线, $4k\Omega$  就是 704# 控制芯线,依此类推,就能快速准确地测量出其余导线的电阻值,并相应地套上芯线的编号。依照上面的操作过程直到校线完毕。

随着多芯线长短的变化,可以相应地更改电阻值的大小(若是多芯线较长则可以用  $10k\Omega$  或  $100k\Omega$  的  $1/4W$  金属膜电阻),使多芯线的电阻值在各种不同的情况下均可以忽略不计,免除了校线的误差。若多芯线的根数增多,可以增加串联电阻的数量,并相应地引出接线柱。

#### 10. 两人操作的对线号电路

电路如图 1.6.11 所示,该对线号电路由一组发光二极管和 6V 干电池组成。使用时先由一操作者把电缆一端芯线套上有编号的套管,并分别接到端子板上相同编号的各端子上。然后由第二操作者用测试笔分别接触电缆各芯线的另一端,每接触一次芯线,必有一个发光二极管发亮,由一操作者报出发亮二极管的编号后,第二操作者就在另一端套上相应的编号套管,这样查对迅速、准确度高。

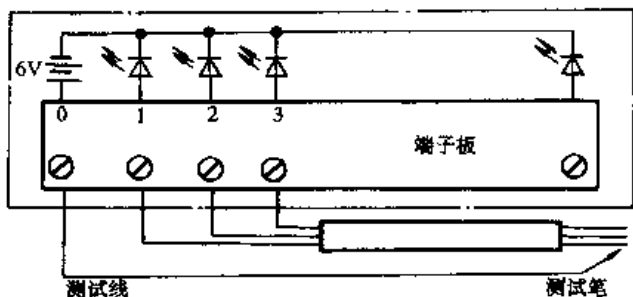


图 1.6.11 一人操作对线号电路

如果在某种特殊情况下,测试器的测试线引到电缆的另一端确有困难,则可先把电缆某一芯线接 0# 端子,其他芯线仍旧接在各端子上。然后在电缆的另一端用万用表的直流电压挡进行测量,测量时每两根芯线一测,若无指示,就测另两根芯线。如果测量某两根芯线时电压有指示(6V),且读数为正值,则接红表笔的那根芯线就是接电源的 0# 线。然后套上 0# 套管,并作为图 1.6.11 中的测试线使用,就可以查对出其它芯线的线号。

#### 11. 由一人操作的对线号电路

电路如图 1.6.12 所示,由一组正、反串联的二极管,分别接到端子板上组成。使用时先把电缆一端各芯线套上已编号的套管,然后分别接到相应编号的各端子上,并把电缆铅皮用导线接 0# 端子。然后到电缆另一端,用万用表欧姆挡( $R \times 100$  或  $R \times 1000$ )的红表笔接触电缆金属铅皮,黑表笔分别接触各芯线,当出现低阻值时,黑表笔接触的那根芯线就是 1# 线。这是

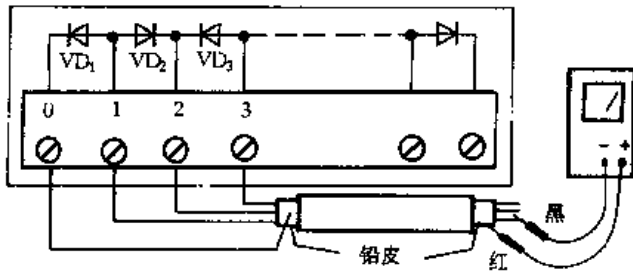


图 1.6.12 一人操作对线号电路

因为万用表欧姆挡的红表笔接表内电池的负极,黑表笔接正极,只有当黑表笔接触 1# 线时,二极管  $VD_1$  正向导通,回路呈现低阻值;而黑表笔接触其它任何一根芯线,都至少有一个二极管反向截止,回路呈现高阻值。把 1# 线套上编号的套管后,让黑表笔仍旧接触它,改用红表笔去分别接触其余芯线。同理当万用表指示低阻值时,红表笔接触的那根线就是 2# 线,当 2# 线套上编号的套管后,红表笔仍然接触它,再改用黑表笔去接触其余芯线,呈现低阻值时则为 3# 线。依此进行下去,就可以查出全部芯线的编号。

如果是没有金属护套的电缆或绝缘管子,查对线之前,可敷设一根辅助的绝缘导线代替金属铅皮的作用。

如果敷设辅助导线确有困难,则可以先把要接端子板那端的各芯线中的两根连接在一起,然后用万用表的欧姆挡检测电缆另一端各芯线的两端,如图 1.6.13(a)所示。当电阻指示接近零时,则为连接的两芯线。然后把两芯线分别接 0# 与 1# 端子(此时其它芯线也可接在另外端子上),再到另一端重测正反向电阻,如图 1.6.13(b)所示。如果指示电阻小,则接红表笔的为 0# 线,接黑表笔的为 1# 线。以后就可以依照原方法进行其余各芯线的查对。

## 12. 静电喷涂高频高压发生器电路

电路如图 1.6.14 所示,可用于对金属制品表面进行塑料粉末喷涂。

工作时,接通电源,按动设置在粉末喷枪上的微动按钮 SB,继电器 K 得电吸合,其常开触点  $K(1-2)$  闭合,使电磁阀 YV 得电吸合,开通了粉末管路,通过压缩气体使喷枪喷出粉末。同时 K 的其常开触点  $K(3-4)$  闭合,接通由三极管  $VT_1$ 、 $VT_2$ 、电阻  $R_2$ 、 $R_3$  和电容  $C_5$ 、 $C_6$ 、高频变压器  $T_2$  组成的高频振荡器的电源,振荡器起振,输出 30kHz 的高频脉冲电压。经  $T_2$  二次侧绕组升压,可得到约 10kV 的脉冲电压。该脉冲电压经高频二极管  $VD_1 \sim VD_9$ 、电容  $C_8 \sim C_{16}$  组成的多倍压整流升压。直流高压输出电压最大值  $U_0 \approx 1.4NU_2$ ,式中  $N$  为倍压级数、 $U_2$  为高频变压器二次侧电压的有效值。

该电路空载输出电压较高,加负载后,实际输出电压没这样高,加重负载(高压喷枪与工件相距过近)时,输出电压将严重下跌。

$VT_3$ 、 $R_4$ 、 $RP$ 、 $R_5$  组成调压装置,调节  $RP$  可使  $U_0$  为 70 ~ 130kV,以适应不同工件和粉末对静电喷涂的要求。工作时,PA 最大的正常指示值为 1.8A。

13. 电动机定子绕组匝间短路探测器电路

电路如图 1.6.15 所示,由交流信号源、发送探头、接收探头、放大器、检波与显示器等组成。

(1) 交流信号源

由定时电路 N(NE555)组成的多谐振荡器作为交流信号源。多谐振荡器的振荡频率由

因为万用表欧姆挡的红表笔接表内电池的负极,黑表笔接正极,只有当黑表笔接触 1# 线时,二极管  $VD_1$  正向导通,回路呈现低阻值;而黑表笔接触其它任何一根芯线,都至少有一个二极管反向截止,回路呈现高阻值。把 1# 线套上编号的套管后,让黑表笔仍旧接触它,改用红表笔去分别接触其余芯线。同理当万用表指示低阻值时,红表笔接触的那根线就是 2# 线,当 2# 线套上编号的套管后,红表笔仍然接触它,再改用黑表笔去接触其余芯线,呈现低阻值时则为 3# 线。依此进行下去,就可以查出全部芯线的编号。

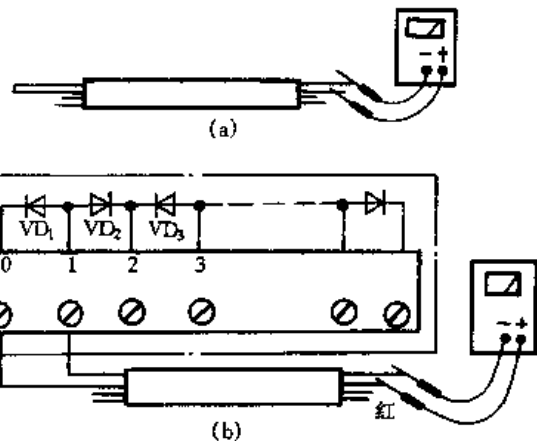


图 1.6.13 又一种二人操作对线号电路

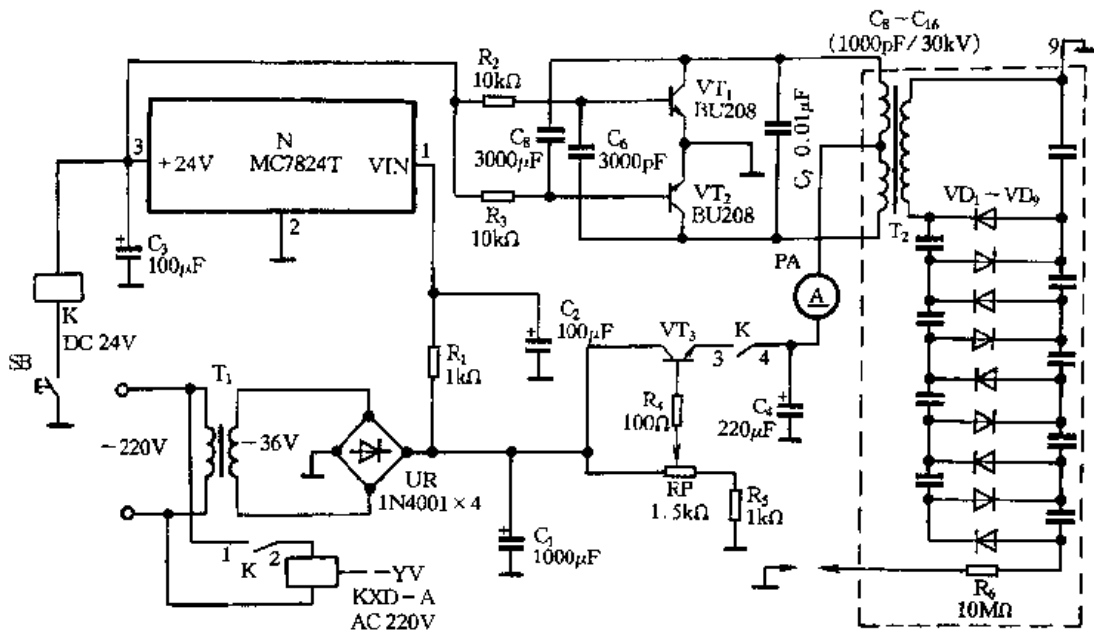


图 1.6.14 静电喷涂高频高压发生器电路

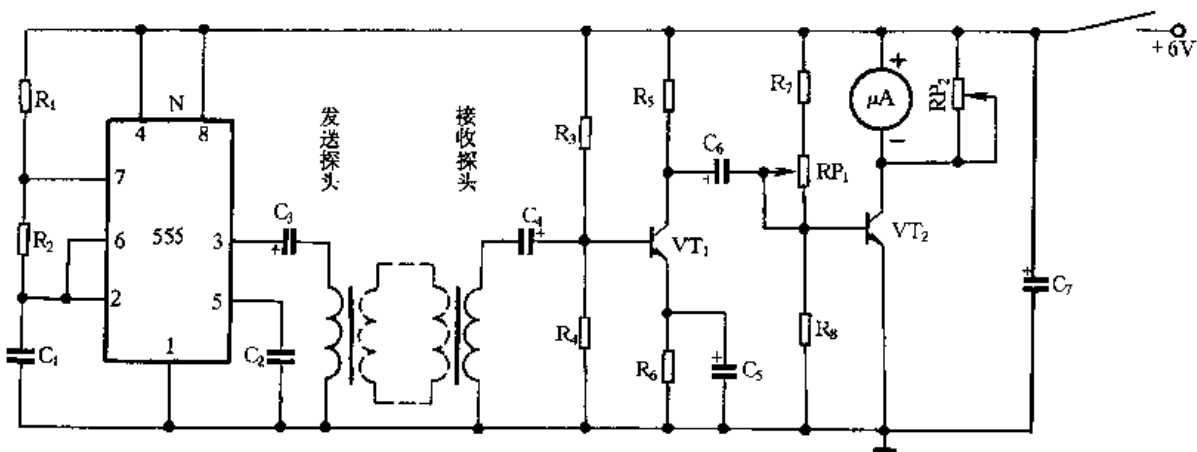


图 1.6.15 匝间短路探测器电路

$R_1$ 、 $R_2$ 、 $C_1$  决定, 振荡频率为  $f = 1.43 / [(R_1 + 2R_2)C_1]$ 。

### (2) 信号发送与接收电路

发送探头与接收探头的铁心用凹形硅钢片叠成, 铁心上绕有线圈, 即为探头。两探头相隔一定距离固定在一根手柄上。探测时将两探头轴向紧贴在电动机定子内壁上, 如图 1.6.16 所示。然后沿圆周缓缓移动, 当探头移动到短路线匝所在定子槽上方时, 发送探头与短路线匝构成一个小变压器, 短路线匝相当于此小变压器的二次绕组, 与此同时, 短路线匝还与接收探头构成另一个小变压器, 短路线匝是这个变压器的一次绕组, 如图 1.6.15 虚线所示。通过两次电磁变换, 在接收探头上接收到由短路线匝作中介传递过来的交流信号。

### (3) 放大器

由于信号传输时的损耗比较大, 接收探头接收到的信号已经十分微弱, 需要进行放大, 采用由  $VT_1$  组成的电压放大倍数比较大的共射放大器。

### (4) 检波与显示电路

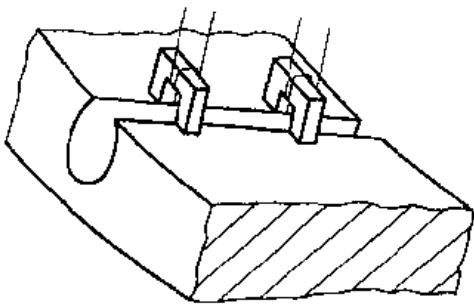


图 1.6.16 探头及其在定子上的放置示意图

采用由  $VT_2$  组成的检波灵敏度较高的三极管检波。无信号时三极管  $VT_2$  基极的对地电压  $u_{B2}$  略低于硅三极管的死区电压,这样可使发送探头的漏磁通在接收探头线圈上直接感应出来的虚假信号不致造成错误的显示。用磁电式微安表作为显示器,直观、醒目。

在没有探测到短路线匝时, $VT_2$  始终截止,微安表的读数为零。在探测到短路线匝时,接收探头接收到了交流信号,经  $VT_1$  放大后通过  $C_6$  耦合到  $VT_2$  的基极。在  $VT_2$  输入信号的正半周,当  $u_{B2}$  大于  $VT_2$  的死区电压时, $VT_2$  导通,有电流流过微安表,而在输入信号的负半周, $VT_2$  便趋截止,没有电流流过微安表。由于机械惯性微安表偏转角将取决于  $VT_2$  集电极电流的平均值。根据微安表有无读数,即可判定定子绕组有无匝间短路和短路线匝所在位置。

该探测器还可探测异步电动机转子是否有断条和断条的位置。由于异步电动机转子铝条在端部是被短接的,因此探测情况与上述正好相反。当两探头放在异步电动机转子槽上时,若铝条完好,微安表将有很大读数,若发生断条,微安表将没有读数。

#### 14. 多路信号集中监控电路

图 1.6.17 所示的继电器和电子电路混合的集中监控电路,可用于监控变电所中各断路器状态和各工位状态。

现以第①路监控信号为例介绍监控工作原理,当被监控信号使虚线框内的触点闭合时,第①路监控电路得电,通过串联连接的继电器  $K_1$  线圈与电容  $C_{11}$ 、二极管  $VD_1$  对电容  $C_{11}$  充电,使  $K_1$  得电吸合并自锁。 $K_1$  常开触点  $K_1(1-2)$  闭合,使蜂鸣器  $HA$  发出响声;并使闪烁继电器  $KMS$  得电,其常开触点  $KMS(1-2)$  闭合,指示灯  $HL_1$  随  $KMS$  的触点  $(1-2)$  的通断进行闪烁;与此同时  $KM$  通过常闭按钮  $SB$  得电吸合,其常开触点  $KM(1-2)$  闭合自锁。 $C_{11}$  充电结束, $K_1$  失电释放,此时按动警报解除按钮  $SB$ , $KM$  失电释放,其触点  $KM(1-2)$  断开, $E$  点与  $H$  点断开,同时  $HA$  失电,声响报警停止。 $KM$  的常闭触点  $(3-4)$  闭合,使  $HL_1$  接通,指示灯由原来闪烁变为常亮,一直到第①路虚线框内被监控信号触点断开为止。

如果第①路被监控信号还未撤离时又来第②路被控信号,则第②路被控电路得电, $K_2$  通过  $C_{12}$ 、 $VD_2$  充电吸合,常开触点  $K_2(1-2)$  闭合,又使  $HA$  得电,使  $HA$  发声, $KM$ 、 $KMS$  得电吸合, $HL_2$  和  $HL_1$  闪动。按动  $SB$ , $KM$  失电释放, $HA$  停止报警, $HL_2$ 、 $HL_1$  同时变闪烁为常亮,直至任一路被监控信号触点断开,相对应的指示灯熄灭。

如上所述,任意  $n$  路信号输入都能使指示灯闪烁、报警声响,报警解除(按动  $SB$ ),指示灯则常亮直至信号撤离。动作与第①路监控信号类同。

该电路还可广泛应用于需要集中监视各分散多地情况的场合。如医院病房床位的极警监视,将信号输入改用拨动开关或拉线开关,医生或护士只要在值班室中便可了解所管辖区哪个病床需要服务。信号线每路只要一根即可,另一根用同相相线连通即可。

## 二、报警电路

### 1. 停电、来电声光报警电路

在一些重要的用电场所,停电后常用自备发电机发电以满足用电需要,而在电网恢复供电时,则要迅速停止备用发电机工作,以避免不必要的浪费。图 1.6.18 为简单的声光报警电路,

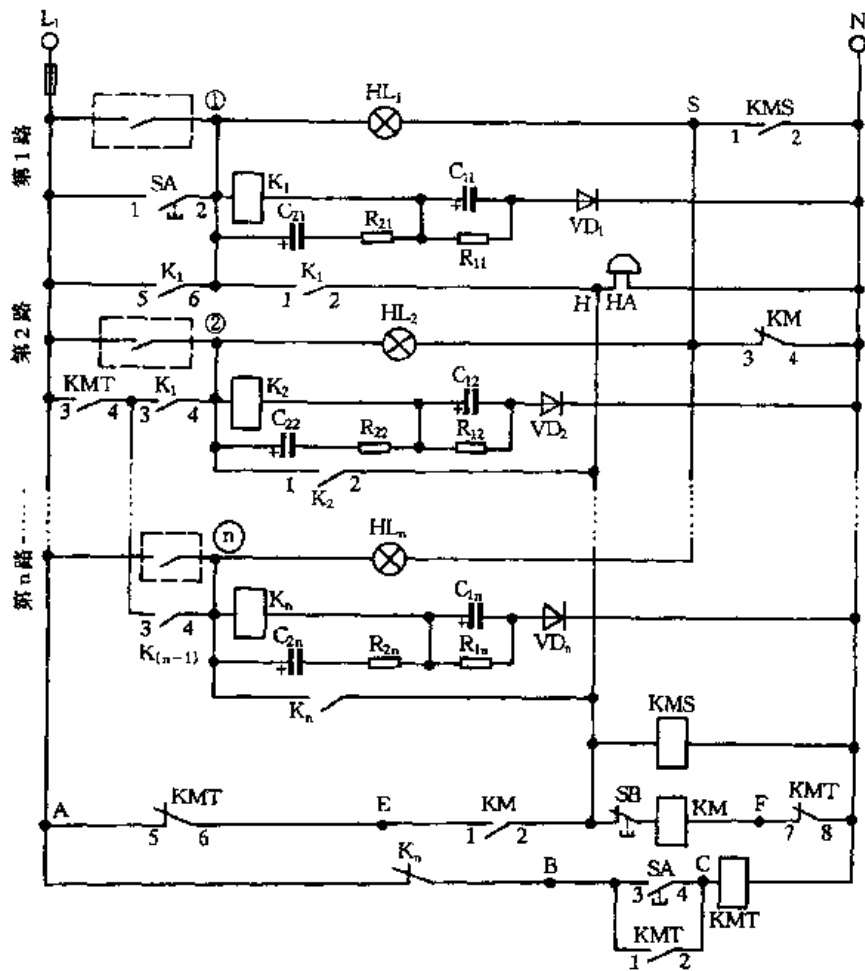


图 1.6.17 多路信号集中监控电路

可告知停电、来电情况。

停电报警的电源是利用自备发电机的蓄电池 GB。当市电停电时,通电延时时间继电器  $KT_1$ 、断电延时时间继电器  $KT_2$  失电释放,  $KT_1$  的瞬动的常闭触点  $KT_1(1-2)$  恢复闭合,  $KT_2$  已闭合的延时断开的常开触点  $KT_2(1-2)$  仍闭合。此时,喇叭继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合,接通电喇叭,发出鸣笛报警,同时红色信号灯  $HL_2$  发出闪光信号;当  $KT_2$  的断电延时时间到,其已闭合的延时断开的常开触点  $KT_2(1-2)$  断开,停电报警结束。

当市电恢复供电后,  $KT_1$ 、 $KT_2$  得电吸合,  $KT_1$  的瞬动触点(1-2)断开,使停电报警电路失电,  $KT_2$  延时断开的常开触点  $KT_2(1-2)$  闭合,为停电报警电路得电作好准备。同时,  $KT_1$  延时断开的常闭触点(3-4)仍接通电铃电路,发出响声;绿色信号灯  $HL_1$  同时发出报警,当  $KT_1$  的延时时间到,其延时断开的常闭触点(3-4)断开,来电报警结束。

$SB_1$ 、 $SB_2$  为手动试验报警按钮。为了防止报警失误,可以试听报警声,按下  $SB_1$ ,电铃应响、绿灯应亮;按

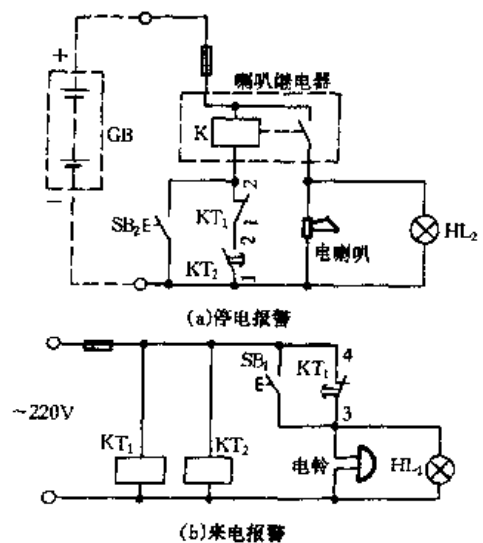


图 1.6.18 停电、来电声光报警电路



下 SB<sub>2</sub>, 喇叭应鸣笛、红灯应闪光, 即为报警正常可靠。来电及停电报警时间的长短可分别调节时间继电器 KT<sub>1</sub>、KT<sub>2</sub> 的延时螺钉。

### 2. 车间、仓库多用报警控制器电路

电路如图 1.6.19 所示, 具有光电控制、锁门联锁控制和防盗报警功能。

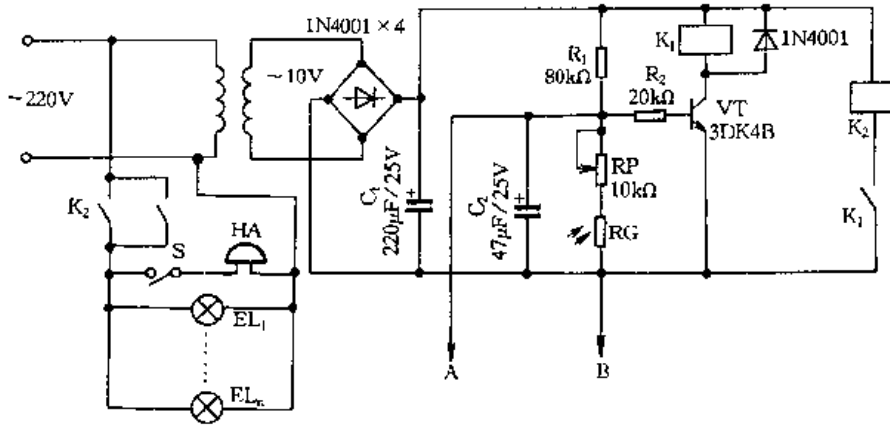


图 1.6.19 车间、仓库多用报警控制电路

**光电控制:** 在白天, 由于光敏电阻 RG 的阻值 (光敏电阻在自然光下阻值约为 2 kΩ, 暗阻大于 1 MΩ) 很小, 三极管 VT 截止, 继电器 K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub> 失电, 切断车间、库房的照明供电, 灯不亮。当夜幕降临时, RG 阻值变大, VT 由截止变为饱和导通, K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub> 得电吸合, 接通车间照明供电线路, 灯点亮。

**锁门连锁控制:** A、B 两端与车间或库房的门鼻相连。开门时, A、B 两点断开, 其电路的工作情况同上述光电控制相同; 下班锁门时, A、B 两点被锁短接, VT 截止, K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub> 失电释放, 照明灯不亮。

**防盗报警:** 下班后, 合上控制开关 S, 当夜间小偷撬开锁时, A、B 两点断开, K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub> 得电吸合, 使室内照明灯即亮, 同时电铃或蜂鸣器发出报警声。

如需增大负荷, 可加一只交流接触器。

### 3. 报警自锁电路

图 1.6.20 所示为报警自锁电路, 一旦出现报警信号, 自锁电路即锁定, 即使报警信号消失, 自锁电路仍维持报警显示电路工作。待警卫人员确认报警信号后, 才可手动关闭报警器。该自锁电路可用于重要部门的监控设备中, 也可用于医院病房的监护呼叫系统。

三极管 VT<sub>1</sub> 和 VT<sub>2</sub> 组成自锁控制电路。当报警开关 SB 闭合时, 电路处于正常工作状态, VT<sub>1</sub> 截止, VT<sub>2</sub> 饱和导通, VT<sub>3</sub> 也截止。一旦报警开关 SB 断开, 电源电压经过电阻 R<sub>1</sub> 和二极管 VD<sub>3</sub> 使 VT<sub>1</sub> 导通, VT<sub>2</sub> 截止, VT<sub>2</sub> 集电极的高电位通过电阻 R<sub>3</sub> 反馈到 VT<sub>1</sub> 的基极, 维持 VT<sub>1</sub> 的导通, 即使报警开关 SB 再次闭合, 也无法改变 VT<sub>1</sub> 的工作状态, 电路被“锁”住。同时 VT<sub>2</sub> 集电极的高电位使驱动电路 VT<sub>3</sub> 导通, 使发光二极管 VL 和蜂鸣器 HA 工作, 发出声光报警。要解除报警状态, 只能将电源开关 SA

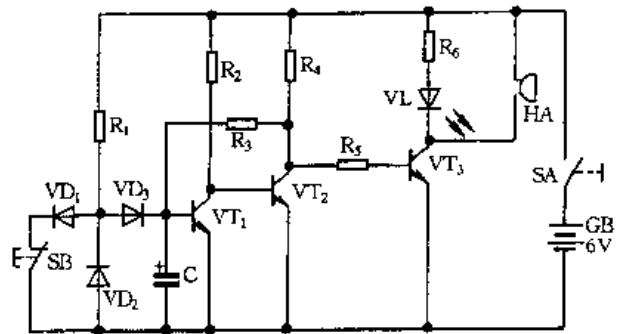


图 1.6.20 报警自锁电路

断开一下,自锁电路才能复原。

二极管  $VD_1$  和  $VD_2$  起到防止破坏、保护自锁电路和抗干扰的作用。电解电容器  $C$  不仅使电路在启动时处于正常工作状态,还可以滤除外界的干扰信号。

#### 4. 二极管隔离总线式继电器控制多路集中报警电路

图 1.6.21 所示为一种在船舶上用得较多、通用性较好的电路,其特点是以二极管与继电器有机结合,既严密逻辑关系,又确保动作可靠。

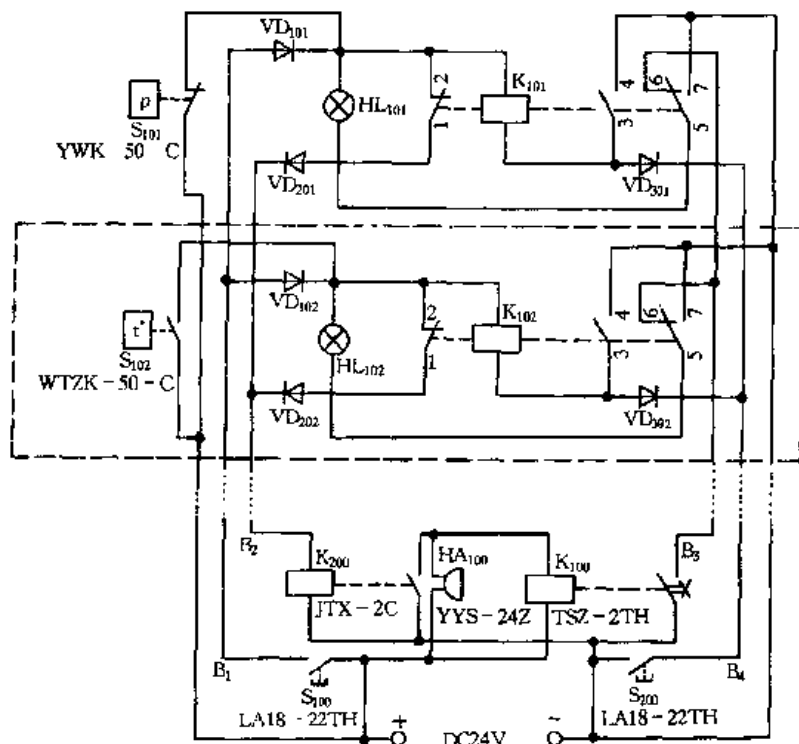


图 1.6.21 总线式控制多路集中报警电路

电路由多个结构相同的分路单元与一个共用单元及连接总线组成。器件代号字母后标有三位数字,首位是本单元元器件的标识号,后两位是单元号(共用单元为 00)。

现以第 2 分路单元(图中用虚线框出)为例介绍报警电路的动作过程。当外接的监测信号触点  $S_{102}$ (由安置在对应监测点的检测器件提供)闭合时,电源正极通过  $S_{102}$  经分路继电器  $K_{102}$  的触点(1-2)及二极管  $VD_{202}$  至总线  $B_2$ ,使中间继电器  $K_{200}$  得电吸合,其常开触点闭合,使蜂鸣器  $HA_{100}$  发出声响信号,同时又使闪烁继电器  $K_{100}$  得电吸合,使总线  $B_3$  与电源负极断续接通,并通过  $K_{102}$  的常闭触点(5-6),使分路指示灯  $HL_{102}$  发出闪光信号,达到声光报警(此时,  $K_{102}$  不吸合)。辨识到第 2 分路报警后,按下应答按钮  $S_{200}$ ,在总线  $B_4$  与电源负极接通时,经  $VD_{302}$ ,使  $K_{102}$  得电吸合并由触点  $K_{102}$ (3-4)自锁;同时触点  $K_{102}$ (1-2)断开  $K_{200}$  及  $HA_{100}$ 、 $K_{100}$ ,使声响消除;触点  $K_{102}$ (5-6)断开、 $K_{102}$ (5-7)闭合,使  $HL_{102}$  切换为平光,暂处于记忆状态(松开  $S_{200}$  后,上述动作过程中占用的总线皆空出,其它单元报警到来时,各总线又各施其职,重复上述过程),直至  $S_{102}$  断开,  $HL_{102}$  才熄灭,  $K_{102}$  失电释放,分路恢复正常状态。

共用单元中还有一个试验按钮  $S_{100}$ ,实现电路的自检功能。按住按钮  $S_{100}$ ,可使总线  $B_1$  接通电源正极,经过  $VD_{102}$  等将监测信号触点短接而模拟各分路报警信号的到来,用以集中检查电路的声光报警及记忆消声等功能是否正常。松开该按钮后,  $VD_{102}$  等与  $B_1$  相互隔离,不影响电路的工作。

### 5. 变压器过热报警器电路

电路如图 1.6.22 所示,当油温高于正常油温一定值时,报警器就能发出声光报警。

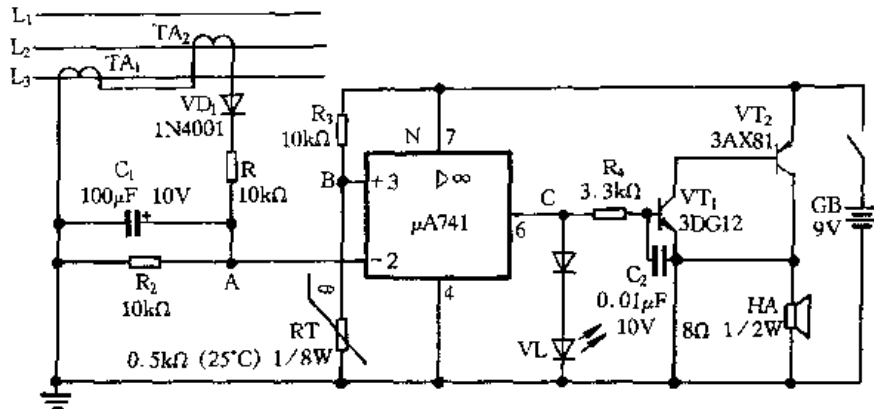


图 1.6.22 变压器过热报警电路

接于变压器二次侧电流互感器  $TA_1$ 、 $TA_2$  感应出的交流电压,经二极管  $VD_1$  整流和电阻与电容滤波后,使 A 点具有一定的电位。 $RT$  是浸没在变压器油中的具有正温度系数的热敏电阻,其阻值随着油温升高而增大,使 B 点电位高于 A 点电位,运算放大器 N 的输出点 C 为高电平,三极管  $VT_1$ 、 $VT_2$  导通,扬声器 HA 发声,同时发光二极管 VL 亮,实现报警。

### 6. 地震声光报警器电路

地震一般发生在夜晚,使人难以预防。图 1.6.23 所示为地震声光报警器电路,当发生地震时,它不仅能发出惊人的响声,同时电灯自动亮,有助于人们迅速转移,尽快脱离危险地带。该地震声光报警电路简单,灵敏度高,平时不耗电,地震波过后能自动停止报警。它由地震传感器、振荡器、灯光控制电路等组成。

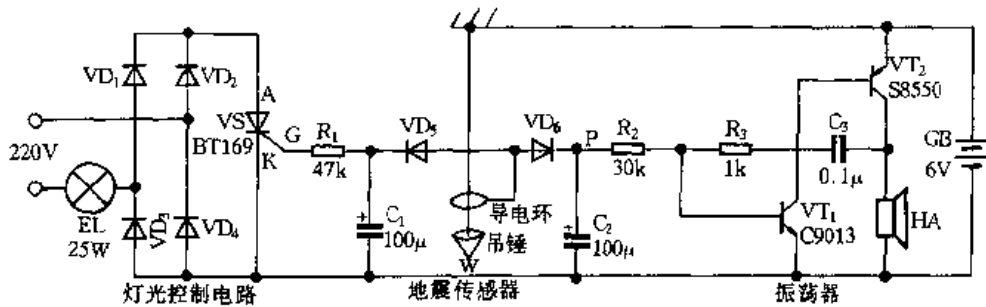


图 1.6.23 地震声光报警器电路

地震传感器由一吊锤和一个导电环组成,吊锤用导线悬挂在固定的导电环中,当发生地震时,锤左右摆动,与环相碰,使电路对电容器  $C_1$ 、 $C_2$  充电, $C_1$  的充电电压使晶闸管 VS 导通,电灯亮; $C_2$  的充电电压使  $VT_1$ 、 $VT_2$  组成的振荡器起振,喇叭发出报警声。

由  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $C_3$ 、 $VT_1$ 、 $VT_2$  等组成振荡器。 $R_2$  左端 P 点接电源正极,电路即开始振荡,P 点电压愈高振荡频率愈高,P 点电压愈低振荡频率愈低。当发生地震时,吊锤 W 左右摆动,与环相碰,振荡器起振,每碰一次,电路对  $C_2$  充一次电。 $C_2$  刚充满电时,P 点电压最高,振荡频率也高,随着电路的振荡,P 点电压逐渐下降,振荡频率也随之下落。锤每与环碰一次,喇叭发出“嘀·鸣”的响声,地震时吊锤摆动,不断与环相碰,喇叭一直发出“嘀·鸣·,·嘀·鸣·,·”的报警声。声音响亮惊人。地震过后,吊锤摆幅减小,不再与环相碰,当  $C_2$  放完电时,振荡器停止振荡,报

警器自动停止报警。

灯光控制电路由  $R_1$ 、 $C_1$ 、晶闸管 VS、灯泡 EL 及  $VD_1 \sim VD_4$  等组成。地震时,直流电源通过吊锤、导电环、 $VD_3$  对  $C_1$  充电。 $C_1$  上所充电压又通过  $R_1$  触发 VS 使其导通,灯泡 EL 亮。地震波过后,吊锤摆幅减小, $C_1$  不再被充电,当其放完电时,VS 自行关断,灯 EL 自动熄灭。

## 第七节 灯光控制电路

### 一、照明灯控制电路

#### 1. 手动开关多地控制电路

图 1.7.1(a)为“3 控 1”电路,不难看出,无论电路初始状态如何,只要搬动任一只开关,负载  $R_L$  将由断电状态变为通电状态或者相反。

在“3 控 1”电路的基础上,将与开关  $S_2$  接法相同的开关嵌接在  $S_2$  与  $S_3$  之间,则构成了“4 控 1”电路,若继续嵌接下去,就构成了所谓“多控 1”开关电路(见图 1.7.1(b))。该电路的特点是任意两只开关之间只由两根导线连接,每当开关  $S_{n-1}$  搬动一次,它左右两侧的上下两根导线将进行一次交换连接,从而切断或接通线路。图中  $S_1$ 、 $S_n$  为单刀双掷开关, $S_2$  至  $S_{n-1}$  为双刀双掷开关。该电路的优点是电路简单易懂,开关位置分布在一个方向时,布线成本低;其缺点则是当开关分布在整个平面或空间时,将不可避免地出现迂回布线,显得不够经济,并且该电路也不具有失压保护功能。

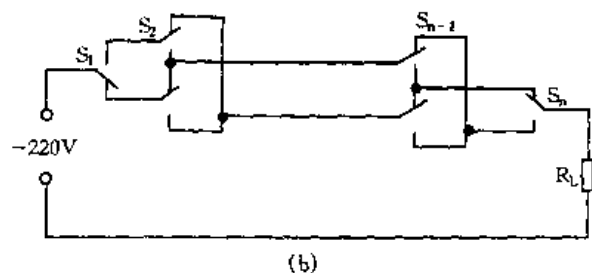
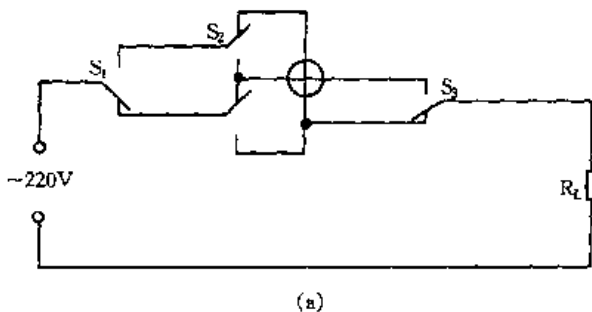


图 1.7.1 手动开关多地控制电路

#### 2. 大型厂房、库房照明装置多处控制的开关电路

电路如 1.7.2 所示。在大型生产厂房及库房中,照明电源一般采用三相四线制电源供电,操作任一按钮,即可任意地、单独地控制照明装置的开或关。

合上断路器 QF, 按压任一开关  $SB_1$  (或  $SB_2 \cdots SB_N$ ), 线路(1-11)接通, 使继电器  $K_1$  得电吸合, 其常闭触点  $K_1(7-13)$  断开, 使  $K_2$  不能得电; 而常开触点  $K_1(1-5)$  闭合, 使接触器 KM 得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 照明灯全部打开。松开  $SB_1$  (或  $SB_2 \cdots SB_N$ ),  $K_1$  失电释放, 其常闭触点  $K_1(7-13)$  恢复闭合, 同时 KM 的常开辅助触点  $KM(13-15)$  闭合, 为继电器  $K_2$  得电作准备。当需要关掉照明装置电源时, 按下任一开关  $SB_1$  (或  $SB_2 \cdots SB_n$ ), 使  $K_2$  得电吸合, 其常闭触点  $K_2(1-3)$  断开, 使 KM 失电释放, 其主触点断开, 照明灯全部熄灭。

#### 3. 双投开关电路

双投开关给人们的生活带来了不少方便, 具有很强的实用性, 得到了日益广泛的应用, 但应采用合理的接线方法。若按图 1.7.3(a) 的接法, 经过实际应用, 发现开关  $S_1$  和开关  $S_2$  的接

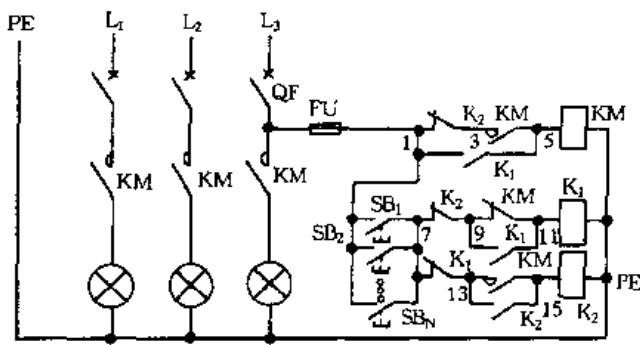


图 1.7.2 多处开关控制系统电路图

线功能不同,导致在安装维修过程中搞不清  $S_1$  的动触片接的是相线还是  $S_2$  的动触片接的是相线,给安装维修带来了一定的麻烦。

在图 1.7.3(b)所示电路中,用导线 a 将  $S_1$  的动触片与  $S_2$  的动触片相连。当  $S_1$  触片 1 引出导线 b 时(由于开关组必然要有一根导线与灯头相连),可将导线 b 直接接入电灯,再从该电灯的同一个接线柱上引出导线 c 与  $S_2$  的触片 1 相连。这样,  $S_1$  的

触片 2 与  $S_2$  的触片 2 均与相线相连。由于开关盒中通常都有相线,因此可不必另行布线。

如图 1.7.3(b)所示,电灯中有电流通过,电灯就正常工作。 $S_1$  的动触片或  $S_2$  的动触片和触片 1 相通(另一端不变),电灯中只有一端接了零线,另一端无相线,电灯就不工作。这样就起到了双投开关的作用。

由于  $S_1$  和  $S_2$  的接线功能相同了,都是一个触片接了相线,使安装维修工作容易进行,避免了判断不清的麻烦。

#### 4. 停电自锁开关电路

在工厂、学校、办公大楼里常常要用到停电自锁开关。图 1.7.4 所示为仅用两个元件的停电自锁开关电路。

初始状态,由于变压器 T 的一次侧电压为零,因此二次侧无电压输出,双向晶闸管 VS 阻断,电灯 EL 不亮。

当按下  $SB_1$  时,220V 市电通过 EL 和变压器 T 的一次侧,使 EL 点亮,同时在 T 的二次侧上产生感应电压,加至 VS 的控制极,使其导通,并使得  $SB_1$  松开后,VS 仍导通。当停电后,T 的一次侧电压为零,回到初始状态,EL 不亮,形成停电自锁。如果需要关灯,按下  $SB_2$ ,T 的一次侧短路,使其二次侧无电压,使 VS 无触发信号而阻断,EL 熄灭。

#### 5. 简易调光电路

电路如图 1.7.5 所示。灯光调节借助于多挡开关 S 控制,在“1”挡时灯灭;在“2”挡时,利用电容器 C 的充放电特性,灯发微光;在“3”挡时,电源经二极管 VD 半波整流给灯泡 EL 供电,灯泡亮度为正常时的一半;在“4”挡时,灯泡在额定电压下工作,发光亮度最大。

#### 6. 具有无功功率补偿的日光灯电路

电路如图 1.7.6 所示。日光灯接通前的几秒钟内,由于镇流器的作用,使流过日光灯管灯丝的预热电流限制在所需的数值,既防止因预热电流过高而烧断灯丝,又保证阴极具有热发射能力。启辉器两个电极断开的瞬间,有一个很大的电流变化率,又由于镇流器是一个很大的电感,因此在灯管两极间建立了一个脉冲高电动势,使灯管击穿、点燃放电。镇流器使灯管点燃后,保持稳定放电,使灯管上的工作电压和通过

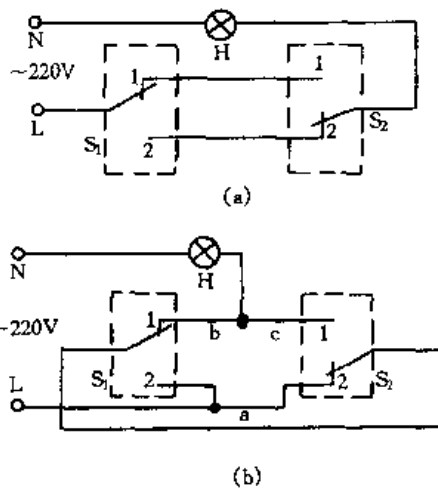


图 1.7.3 双投开关电路

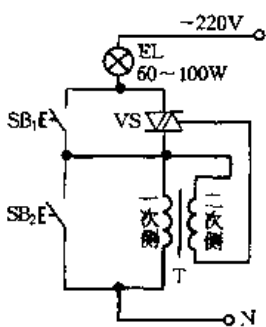


图 1.7.4 停电自锁开关电路

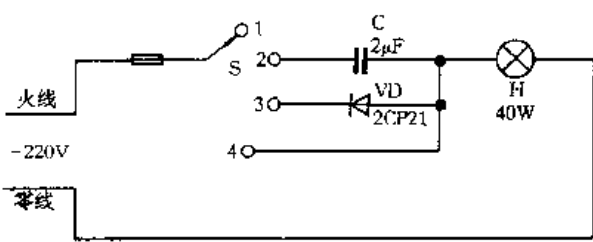


图 1.7.5 简易调光灯电路

用如图中跨接电容 C 的方法,使总电流滞后于电源电压的相位差减小,提高功率因数,减少输入电力,提高电能的利用率。

### 7. 日光灯四线镇流器接线电路

日光灯四线镇流器接线电路如图 1.7.7 所示,四线镇流器有四根引线,分主、副线圈。主线圈的两根引线和二线镇流器接法一样,副线圈要串接在起辉器回路中,便于起辉。由于副线圈的匝数少,因此交流阻抗较小,接线时应特别注意,切勿将副线圈接入电源,以免烧毁灯管和镇流器。使用时可测量线圈的冷态直流电阻加以区分,阻值大的为主线圈,阻值小的为副线圈。另外要注意接线极性的正确,可从观察灯管亮度和起辉情况判断极性是否正确。

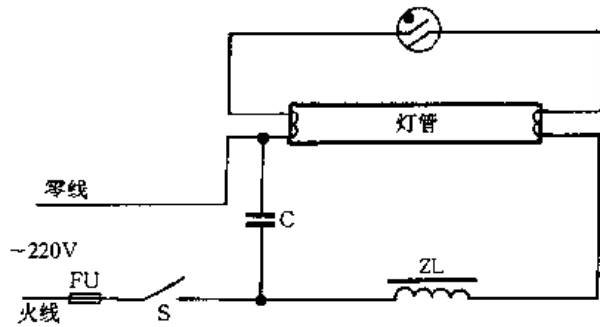


图 1.7.6 具有无功功率补偿的日光灯电路

### 8. 日光灯在低温低电压情况下接入二极管的启动电路

电路如图 1.7.8 所示。在低温低电压情况下,日光灯起辉困难,多次冲击闪烁将影响灯丝的寿命。该电路使用二极管,也可使用晶闸管,直流电流过镇流器,使铁心饱和,阻抗减小,电流增大,使起辉容易。

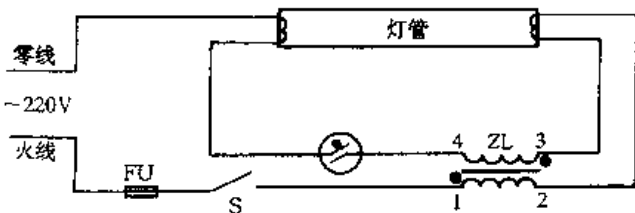


图 1.7.7 日光灯四线镇流器接线线路

对于图 1.7.8(a) 所示电路,按下开关 SB,交流电经整流变成脉冲直流电,使日光灯灯丝电流增大,容易使灯管内气体电离,且脉动直流使镇流器产生的瞬时自感电动势也增大,因此日光灯较易起辉。使用时按下开关 SB 的时间不宜过长。

对于图 1.7.8(b) 所示的 8W 日光灯低压快速起辉电路,这种快速起辉电路能在 180V 的情况下快速起辉,另外电容可以降低日光灯起辉点燃时对无线电设备的干扰。

### 9. 使用废弃日光灯管的日光灯电路

图 1.7.9 所示电路能在 140V 以上电压下不用启辉器就能可靠启动废弃灯管,并能在 100V 以上电压下维持其正常工作。Z 为限流元件,限流元件可为电感、电阻或者电容,仅在日光灯启动后起限流作用。 $VD_1 \sim VD_4$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  共同组成倍压整流、滤波电路,在日光灯启动前为直流倍压电路,产生二倍电源电压峰值的直流电压,点燃灯管;日光灯点亮后则自动转化为整流滤波电路,供给灯管稳定的直流电源。

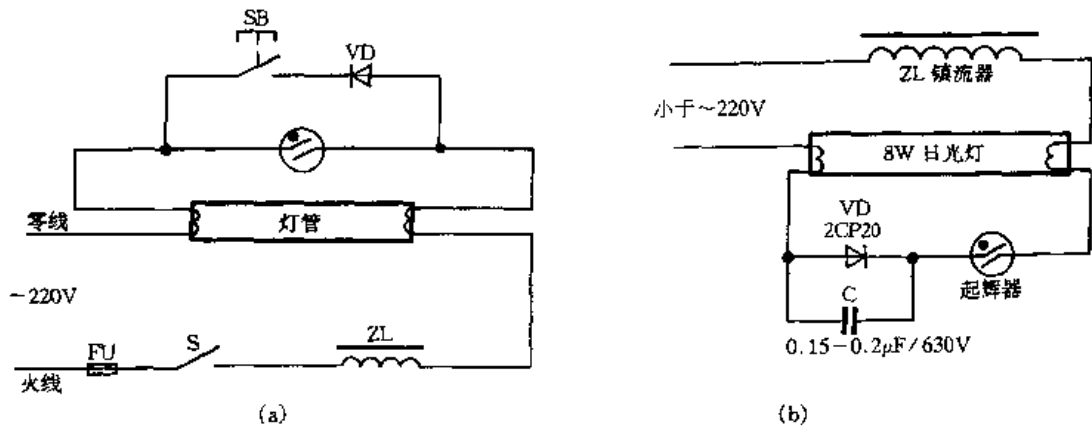


图 1.7.8 日光灯在低温低压情况下接入二极管启动电路

该限流元件能提供直流倍压和稳定的直流电流,保证日光灯可靠启动和正常工作。其特点:不使用启辉器,可避免因启辉器损坏而引起的各种故障;断丝的废弃灯管,不经任何处理,即可直接使用;在电源电压高于 140V 的情况下,不需要预热灯丝,灯管即可瞬间启动;灯管一旦启动,在 100V ~ 250V 的电压范围内可正常工作,不发生灯管闪烁及频繁启动现象。

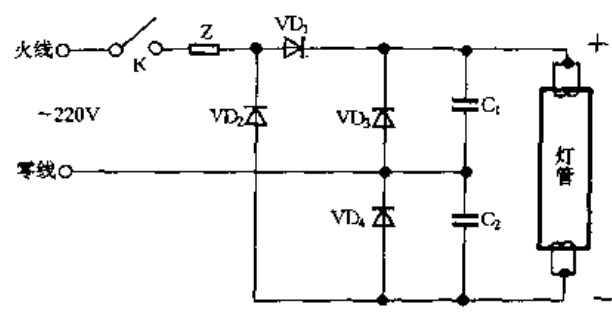


图 1.7.9 使用废弃日光灯管的日光灯电路

为了获得满意的技术经济效果,限流元件的选择原则(见表 1.7.1);30W 以上日光灯优先选用电感线圈,20W 以下优先选用电容器,6W、8W 日光灯可采用白炽灯。

表 1.7.1 常见功率日光灯限流元件参数选择原则

	6W	8W	15W	20W	30W	40W
电容(μF)	3	3	5	6	8	8
白炽灯	15W 25W	25W 40W 60W				
电感	同功率日光灯电感镇流器					

限流元件采用电容器时,不但把日光灯效率提高到 90% 以上,还可消除传统电感镇流器的噪声,提高电网功率因数。滤波电容  $C_1$ 、 $C_2$  能有效消除限流电容引起的浪涌电流,保证镇流质量。

限流元件采用电阻时,可用白炽灯代替该电阻,再与小功率日光灯配合,能达到同功率白炽灯两倍的亮度,从而达到高效节电的目的。

该日光灯电路可用于电压偏低且波动幅度较大的广大农村地区和要求快速启动的特殊场合。倍压、整流滤波电路中的  $VD_1 \sim VD_4$  可选用耐压 600V 以上的普通整流二极管, $C_1$ 、 $C_2$  可选用耐压 400V 的  $1\mu F$  的金属化纸介电容器。

10. 定时关灯电路

图 1.7.10 所示的定时关灯电路,可满足某些场合的特殊需要。S 为石英钟内的触点(选用

上海电钟厂生产的 SDK2 型石英钟)。当到达设定断开时间时,石英钟内触点 S 断开,电路切断,关灯。过了设定时间,S 又闭合。此后需要人工控制按钮  $SB_1$  才能开灯。这样就实现了随时开灯、定时关灯的要求。

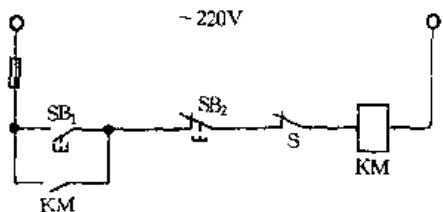


图 1.7.10 定时关灯电路

### 11. 光控自动夜明灯电路

每当夜幕降临,卧室中的一盏光控夜明灯自动地悄悄点亮了。夜晚睡眠过程中需起床时,就不用开亮其它照明灯,以避免强光刺眼或影响他人睡眠。到了天亮光线充足时,它又会自动熄灭。这种夜明灯使用极为方便,安全节能,即使它一直接在 220V 交流电源的插座中,白天不亮,夜晚点亮,每月用电也不超过  $1\text{kW}\cdot\text{h}$ (度)。

电路如图 1.7.11 所示。可调电阻 RP 加上电阻 R 和光敏电阻 RG 组成分压电路,改变 RP 的阻值,均可改变触发电路内控制电流的大小。

无光照时,光敏电阻 RG 的暗阻值很大,一般大于  $500\text{k}\Omega$ ,因此 RG 与 RP 和 R 的分压电压加在晶闸管 VS 的控制极,足以使晶闸管 VS 导通,灯泡 EL 点亮;有光照时,光敏电阻 RG 的亮阻值很小,一般仅几  $\text{k}\Omega$ ,因此 RG 与 RP、R 相比,几乎可以忽略,近似看作零,无控制电流,则晶闸管 VS 截止,灯泡 EL 便自动熄灭。

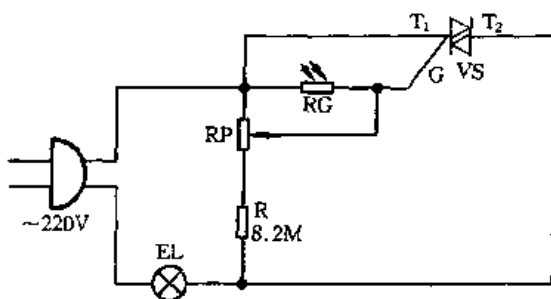


图 1.7.11 光控自动夜明灯电路

### 12. 声控开灯电路

电路如图 1.7.12 所示,灯亮后延时一定的时间又会自动关灯,达到节电的目的。

S 为手动开关。断开 S 后,电路即进入声控状态。220V 交流市电经  $VD_1 \sim VD_4$  整流,  $R_1$  限压限流,经  $VD_6$  及  $VS_1$  的控制极向  $C_3$  充电,使  $VS_1$  导通,EL 发光,直到  $C_3$  充电结束后,  $VS_1$  截止,EL 熄灭。

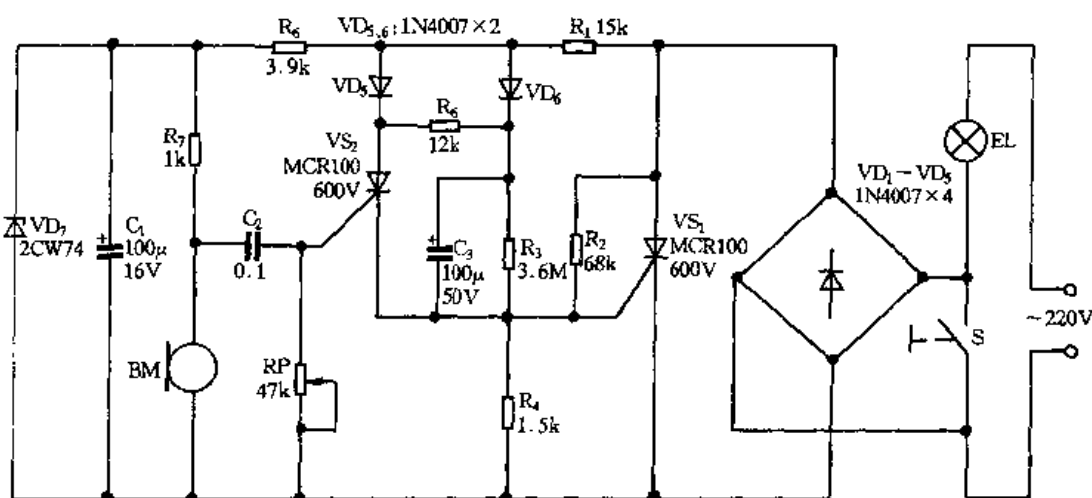


图 1.7.12 声控开灯电路

当夜间有人走近发出脚步声或有说话声或者拍手时,声波被话筒 BM 拾取并经  $C_2$  触发  $VS_2$  导通。这时  $C_3$  上原来充足的电压经  $R_5$  维持  $VS_2$  导通  $10\text{s}$  左右。此时  $VD_6$  因  $C_3$  的电压反



向而截止。流经  $R_1$ 、 $VD_5$ 、 $VS_2$  的电流触发  $VS_1$  使 EL 发光。当  $C_3$  上电压降低,不足以维持  $VS_2$  导通时, $VS_1$  截止,EL 熄灭。RP 用于调节 RM 对声音的敏感程度,即调节 RP 可以调节声音距电路的最远距离。

### 13. 声控定时灯开关电路

图 1.7.13 为声控定时开关电路。当声音控制信号加到送话器时,晶体管  $VT_1$  截止、晶闸管 VS 导通,继电器 K 得电吸合,其常开触点 K(1-2)闭合,灯 EL 点亮;其常闭触点 K(3-4)断开,开始定时。等待一定时间( $C_3$  充电)后, $VT_2$  工作, $R_5$  上的电压通过  $C_2$  反向加在 VS 两端,使晶闸管 VS 阻断,K 失电释放,则灯 EL 熄灭。定时结束,调  $RP_1$  可以改变定时时间。

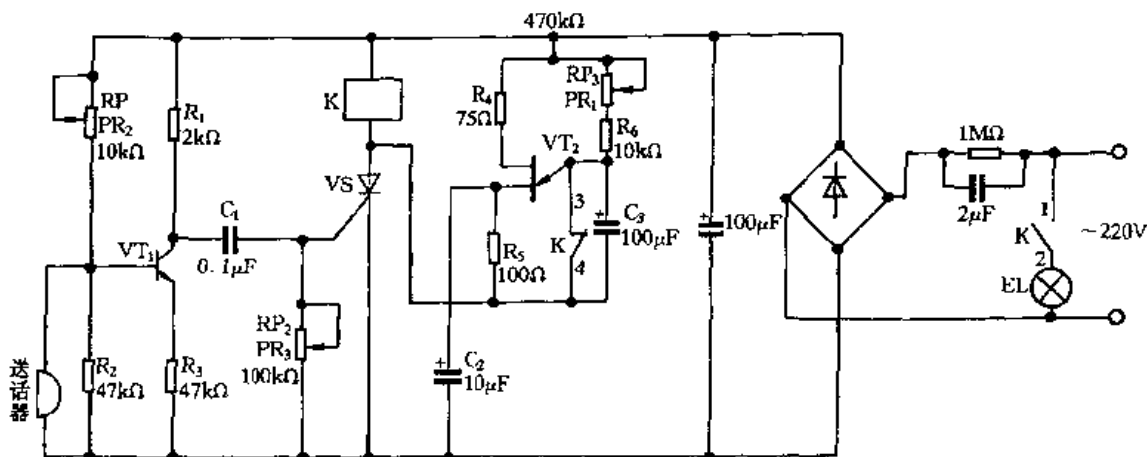


图 1.7.13 声控定时开关电路

### 14. 延时节能灯定时器

电路如图 1.7.14 所示,可用于楼梯口、走廊等处照明。按一下 SB,照明灯 EL 点亮,等 2min 后灯 EL 会自动熄灭。灯熄灭后电路耗电很低。

### 15. 自动延时照明电路

图 1.7.15 所示自动延时照明灯控制电路,其延续时间即照明时间可根据需要进行调节,然后自动关闭照明灯。

按下按钮 SB, $VT_1$  经电阻  $R_5$  获得基极电流而导通,于是  $VT_2$ 、 $VT_3$  也导通。继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合,照明灯 EL 点亮。与此同时,电容 C 经  $R_6$  充电。松开 SB,电容 C 经  $R_6$ 、 $R_5$  以及  $VT_1$ 、 $VT_2$ 、 $VT_3$  的 B-E 结放电,继续维持  $VT_1$ 、 $VT_2$ 、 $VT_3$  导通和 K 得电吸合,照明灯 EL 仍得电发光。当电容 C 两端电压降低到某一值时, $VT_1$  截止, $VT_2$ 、 $VT_3$  也截止,K 失电释放,照明灯 EL 失电熄灭。 $R_6$ 、 $R_5$  及 C 值变化可调整照明时间,其值增大,持续照明时间长。

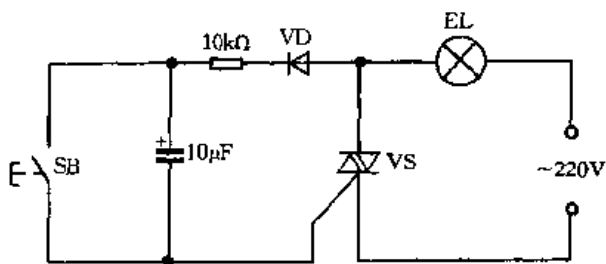


图 1.7.14 延时节能灯定时器

### 16. 可连续调节的简易调光电路

电路如图 1.7.16 所示,220V 交流电经整流桥 UR 输出直流电压,提供给组成电压负反馈电路的三极管 VT,改变电阻 R 的阻值的大小,就能改变 VT 的导通程度,从而改变白炽灯 EL 上电压的大小,实现调光。

由于三极管的饱和压降很小,流过管子的电流与负载电流相同,因此当 R 的阻值调到零时,三极管饱和导通也不会损坏;另外由于采用了电压负反馈,因此电路的工作稳定。

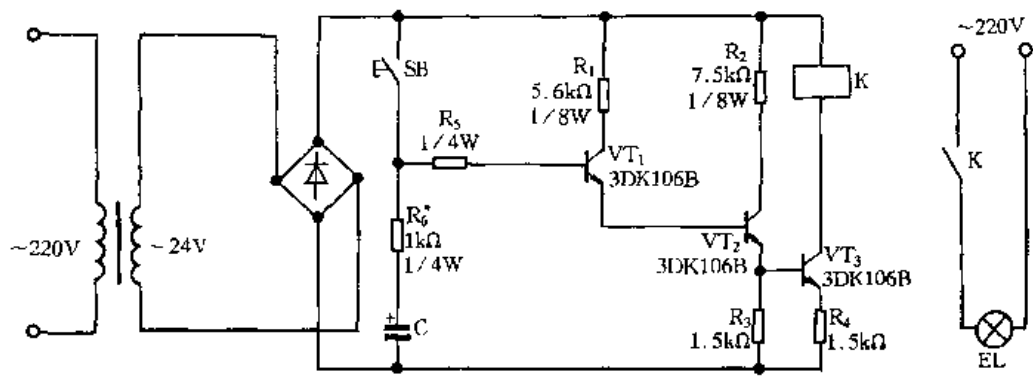


图 1.7.15 自动延时照明电路

### 17. 冷库白炽灯降压延时开关电路

在冷库中使用的白炽灯损坏率较高,灯丝烧断,有时甚至发生炸裂。灯丝烧断的主要原因是,电网电压长时间过高,使流过灯丝的电流增大,再就是普通开关闭合的瞬间,正处在冷态的灯丝突然流过较大的冲击电流。造成玻壳炸裂的原因是,冷库内的温度很低,一般在 $-30^{\circ}\text{C}$ 左右,在开灯和关灯时,玻壳表面温度在极短的时间里发生很大的变化而造成炸裂。采用图 1.7.17 白炽灯降压延时开关电路,在开灯和关灯时都进行降压并延时,对冷库使用的

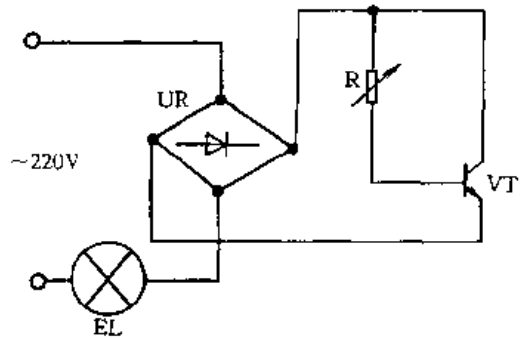


图 1.7.16 可连续调节的简易调光电路

白炽灯能起到一定的保护作用,降低损坏率。

在灯泡通电时和断电后先控制电流为小电流,从而使灯泡缓缓升温和降温,就可达到预期效果。例如,在220V灯泡上,先通以110V较低电压,待灯丝温度缓慢升到一定值后,再通入220V电压;断电时,将220V电压先降为较低的110V电压,温度降低到一定值后,再切除电源。此方法在冷库使用后,一年时间里灯泡损坏率为12.5%,而未进行降压开、关的灯泡损坏率为100%。

当灯泡启用时,合上开关S,电流经继电器K(DZ-50型)的常闭触点K(1-2)、降压二极管VD与照明灯EL形成回路,灯泡在低电压、小电流下工作,缓缓升温。同时通电延时时间继电器KT<sub>1</sub>(JZ7-4A型)得电吸合,延时时间到后,其常开触点闭合,使K得电吸合。K的常闭触点K(1-2)断开,切除VD,常开触点K(3-4)闭合使K自锁,并使灯泡在额定电压下发光;常闭触点K(5-6)断开,此时,断电延时时间继电器KT<sub>2</sub>(JZ7-4A型)也得电,其常开触点闭合,为关闭照明灯作降压准备,K的常闭触点K(7-8)断开,KT<sub>1</sub>失电释放。停用灯泡时,断开S,K、KT<sub>2</sub>失电,K触点K(5-6)闭合,电源电压经VD降压加到照明灯上,灯泡缓慢降温;待KT<sub>2</sub>触点KT<sub>2</sub>(1-2)延时断开后,切断电路,关闭照明灯。

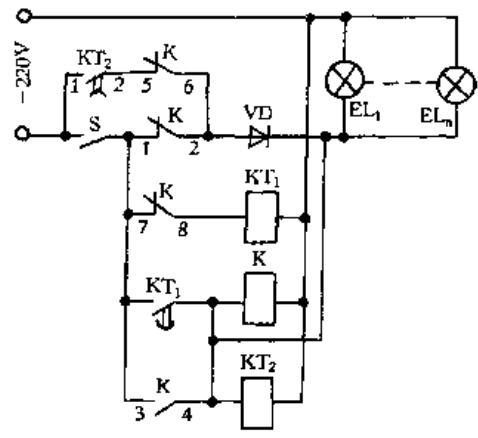


图 1.7.17 冷库白炽灯降压延时开关电路

### 18. 楼灯节电控制电路

图 1.7.18 所示楼灯节电控制电路适用于公共楼和家庭楼梯间、走廊、过道等处晚上照明。

220V 交流电源经变压器 T 降压、二极管  $VD_1 \sim VD_4$  整流,稳压管 VZ 稳压和电容  $C_1$  滤波后向 N(555 电路)供电。N 与电容  $C_2$ 、 $C_3$  及  $R_1$ 、按钮 SB 构成延时电路。按下按钮 SB、N 即被置位,输出端③脚呈高电平,双向晶闸管 VS 被触发导通,点亮灯 EL,同时  $C_2$  通过  $R_1$  充电,当充电至高于  $2/3 U_{DD}$  阈值电平时,N 复位,③脚输出呈低电位,使灯熄灭。单稳的暂稳时间  $t = 1.1R_1C_2$ ,延时时间可通过调整  $R_1$ 、 $C_2$  来改变。

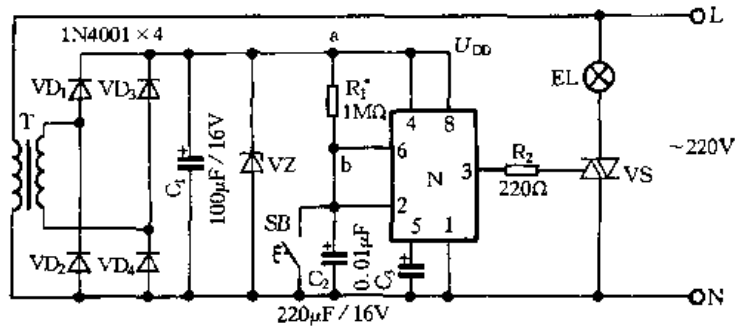


图 1.7.18 楼梯节电控制电路

### 19. 自动关断楼梯灯控制电路

电路如图 1.7.19 所示。供电电源接通,按下  $SB_1 \sim SB_n$  的任一按钮时,电容  $C_1$ 、 $C_2$  充电,使晶体管  $VT_1$ 、 $VT_2$  导通,继电器 K 得电吸合,其常开触点  $K(1-2)$  闭合,点亮楼梯灯,其常闭触点  $K(3-4)$  断开,电容  $C_1$ 、 $C_2$  停止充电,并开始经过电阻 R 和晶体管放电。到不足以维持继电器 K 吸合时释放,即照明灯点亮一定时间后自动熄灭。等待下一次再有人压合按钮电路再工作。照明灯点亮的时间决定于 R、 $C_1$  的时间常数。

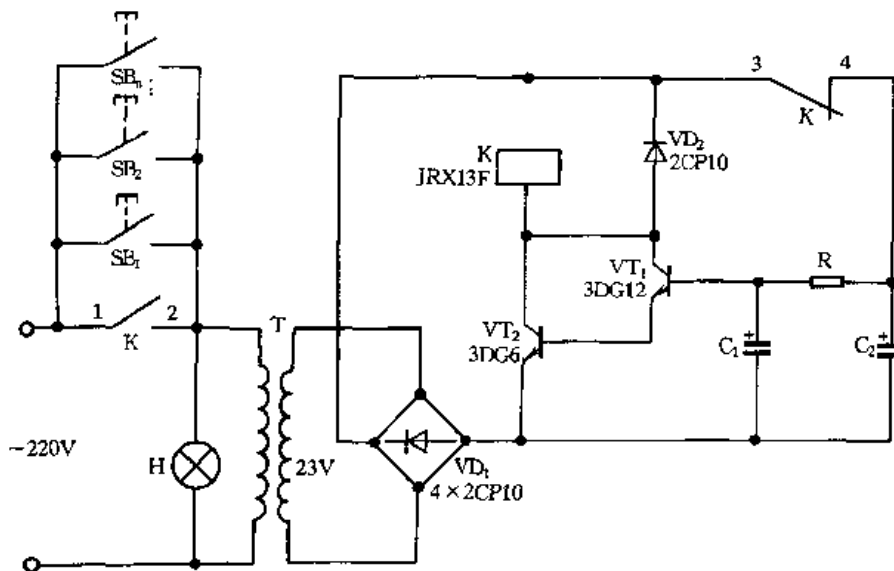


图 1.7.19 自动关断楼梯灯控制电路

### 20. 继电器控制的生产用荧光灯照明集中启动电路

图 1.7.20 所示为继电器控制的荧光灯照明集中启动电路,可用于生产车间、娱乐场所等大量采用荧光灯作照明光源的场合。它主要由主回路  $L_1 - N$  和控制回路  $L_2 - N$  两大部分组成。

当车间光照度低或设备等需要照明时,按下按钮  $SB_2$ ,220V 交流电压通过并联的中间继电

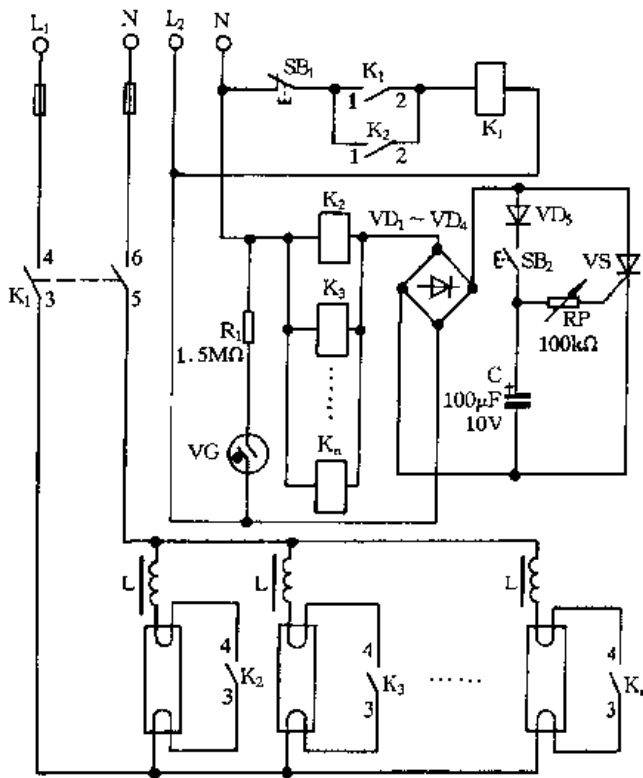


图 1.7.20 继电器控制的荧光灯照明集中启动电路

当需要关灯时，只需按下常闭按钮开关  $SB_1$  即可。

由于 VS 的维持电流一定，因此继电器的个数受限制，应根据 VS 和继电器的性能指标，将荧光灯按片、线、机台分组，一只继电器可控制 4 只荧光灯。每个集中启动装置只能控制 10 ~ 20 只荧光灯，不要控制过多。荧光灯较多时可采用多个集中启动装置。

启动时， $SB_2$  不要按很长时间，以免因继电器触点长时间闭合，而导致灯丝预热时间过长。如有个别灯未被启动，应先关灯后重新启动。

### 21. 交流接触器控制的荧光灯照明集中启动装置

图 1.7.21 所示的交流接触器控制的荧光灯照明集中启动电路，采用时间继电器 KT 作为延时元件。

KT 选用 JSK4 - 3/2 空气时间继电器，可以在 0.1 ~ 3s 内连续调整延时时间。

### 22. 停电应急照明灯电路

电路如图 1.7.22 所示，220V 交流电正常供电时，L 线经过氖泡 VG、限流电阻  $R_1$ 、二极管  $VD_1$ 、电池和二极

管  $VD_2$ ，经二极管整流电路  $VD_1 \sim VD_4$ ，向由 VS 组成的延时启动控制电路提供直流电源电压。直流电压经  $VD_5$ 、已闭合的  $SB_2$  向 C 充电。C 上的电压增高到一定值，晶闸管 VS 的控制极获得足够的触发电流而导通， $K_2 \sim K_n$  得电吸合， $K_2 \sim K_n$  的常开触点 (3 - 4) 闭合，接通荧光灯灯丝电路， $K_2$  的触点  $K_2(1 - 2)$  闭合，使  $K_1$  得电吸合并自锁，其触点  $K_1(3 - 4)$ 、 $K_1(5 - 6)$  闭合，接通主回路，荧光灯灯丝预热。

松开  $SB_2$ ，C 上的电压便通过 RP 及 VS 的控制极放电，其放电时间决定了各个继电器触点闭合的时间，一般应调定在 1 ~ 2s。调整方法是改变 RP 的阻值。当 C 上的电压放电到一定程度时，VS 失去触发电压。由于  $K_2 \sim K_n$  线圈并联后的总电流小于 VS 的维持电流，VS 关断， $K_2 \sim K_n$  失电释放， $K_2 \sim K_n$  的常开触点 (3 - 4) 随之断开，荧光灯的启动回路断开，使荧光灯灯管点燃。

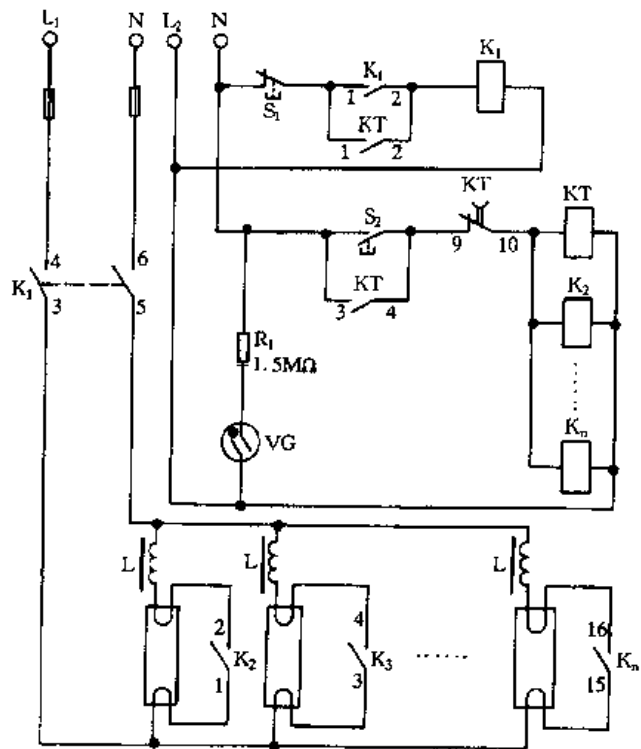


图 1.7.21 交流接触器控制的荧光灯照明集中启动装置

低,  $VT_1$  截止,  $VT_2$ 、 $VT_3$  也处于截止状态, 灯泡  $EL_1$ 、 $EL_2$  不亮。220V 交流电失电时,  $VD_1$  将电池和电网隔开,  $VD_2$  处在反偏置状态, 电容  $C_1$  充电, 当充电到一定程度时,  $VT_1$  导通,  $VT_2$ 、 $VT_3$  相继导通, 由电池供电, 使灯泡  $EL_1$ 、 $EL_2$  点亮。

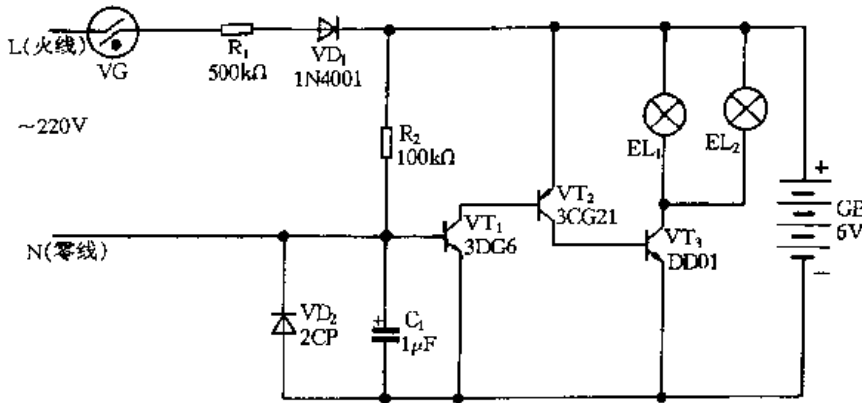


图 1.7.22 停电应急照明灯电路

## 二、路灯控制电路

### 1. 路灯节电控制电路

中、小城市的路灯一般都采用单相变压器专门供电, 到了深夜用电负荷减轻, 电网电压会升高, 路灯变得很亮。而人眼在黑暗中经一定时间就会有适应黑暗的能力, 深夜时亮度只要为刚天黑的 70% 就有相同的“感觉亮度”。因此, 科学地控制路灯, 不仅能满足人们行路的安全, 还能节约电能及延长灯具的使用寿命, 从而减轻维修工作量和减少运行费用。

为此, 可采用图 1.7.23 所示路灯节电控制电路,  $VS$  为双向晶闸管,  $VD_7$  为触发二极管,  $S_1$  为 SDK-2 型石英电力定时控制器的常开触点, 当时钟走到人为调定的时间时, 便自动启、闭路灯, 如 19:00 时开灯, 次日 7:00 时关灯, 一经调定, 每日如此。  $S_2$  为定时控制器中轴上换日开关的常闭触点(出厂时定在 24:00, 现调在 23:00 换日)。

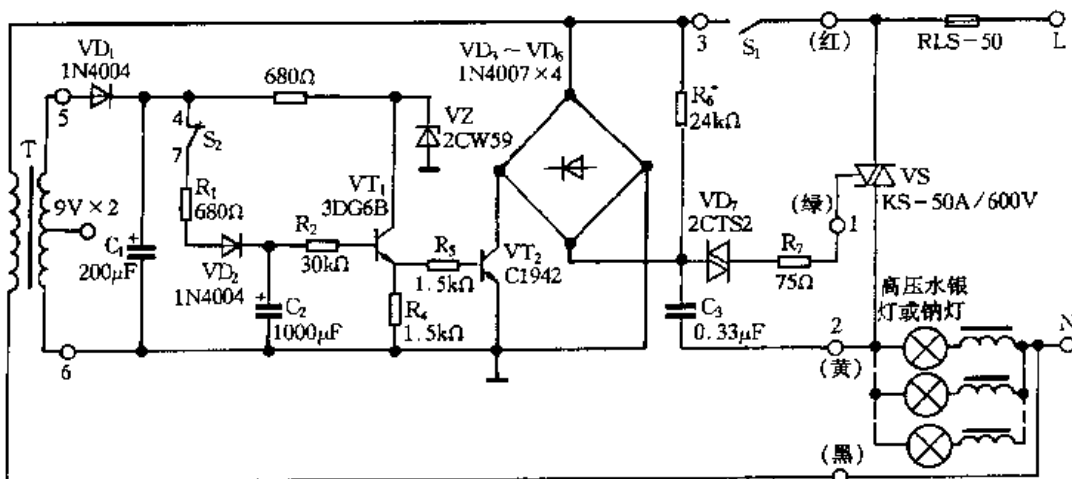


图 1.7.23 路灯节电控制电路

当调定时间到时, 闭合  $S_1$ , 电源变压器  $T$  接通电源, 其二次侧电压经  $VD_1$  整流、 $C_1$  滤波, 再经  $S_2$ 、 $R_1$ 、 $VD_2$  向  $C_2$  充电, 继而使  $VT_1$ 、 $VT_2$  饱和导通,  $VT_2$  的集电极和发射极间的等效电阻

( $R_{CE2}$ )很小,相当于一只低阻值电阻经桥式整流并联于 $R_6$ ,并和 $C_3$ 串联,此时 $VS$ 的移相角最小,路灯在全压(220V)下被点燃。

到23:00时, $S_2$ 打开, $C_2$ 的充电回路被断开, $VT_1$ 的基极电流只能靠 $C_2$ 上储存的电能提供,将随时间逐渐推移, $VT_2$ 的基极电位下降, $R_{CE2}$ 将不断增加。 $VS$ 的触发移相角也随着增大。由于 $R_4$ 的负反馈作用, $C_2$ 上的电压下降过程是缓慢、均匀的。经十几分钟后, $C_2$ 上的电压很低了, $VT_2$ 的 $R_{CE2} \rightarrow \infty$ , $VS$ 只有靠移相元件 $R_6$ 、 $C_3$ 上的移相电压来触发导通,此时的移相角达到最大。并一直保持到 $S_1$ 打开(即路灯熄灭)。调整 $R_6$ (或 $C_3$ )就能调整 $VS$ 上的压降,即后半夜灯泡上的电压。调整 $R_4$ 使高压水银灯(或钠灯)的工作电压为200V。

高压水银灯在交流电一周内电压跌落超过5%时会造成自灭,而且自灭后需经3~5min才能重新点燃,这对行路人和治安保卫工作是不利的。为了克服这缺点,才加设 $C_2$ 、 $R_2$ 、 $VT_1$ 、 $VT_2$ 等一套延时电路,使灯泡在降压过程中不至于熄灭和对人们眼睛引起不适应感。 $R_7$ 为保护 $VS$ 控制板的限流电阻; $VD_2$ 、 $VZ$ 为提供较稳定的电压。

### 2. 单线入网的光控路灯开关电路

电路如图1.7.24所示。220V交流市电通过照明灯EL,经 $VD_1 \sim VD_4$ 整流,向控制电路提供直流电源,当天色较亮时,光敏电阻 $RG$ 阻值较小, $R$ 与 $RG$ 分压使晶闸管 $VS$ 不能触发而关断,照明灯EL熄灭。当天色变暗时, $RG$ 阻值变大,晶闸管 $VS$ 获得较高的触发电压而导通,EL点亮,天色越暗,EL越亮,直到全电压工作,EL点亮全过程是一个软启动过程,无冲击电流,因而灯丝寿命长。安装时,光敏电阻可装入 $\Phi 5\text{mm}$ 的黑色塑料套筒中,置于受光面斜向下方,电路中 $C$ 为抗干扰电容,选用 $10\mu\text{F}/10\text{V}$ 电解电容。 $VS$ 选400V耐压的单向晶闸管,容量视EL瓦数大小选择,在100W以下时, $VS$ 可选1A/400V晶闸管。 $RG$ 选亮阻为 $5\text{k}\Omega$ 左右,暗阻为 $500\text{k}\Omega$ 左右的任何型号的光敏电阻即可。 $R$ 可用来调节光控灵敏度,一般在 $1 \sim 3\text{M}\Omega$ 之间选取。 $VD_1 \sim VD_4$ 为1N4007即可。

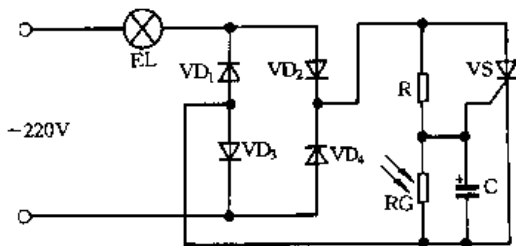


图 1.7.24 单线入网光控路灯开关电路

### 3. 光控路灯开关电路

电路如图1.7.25所示,由1只时基电路555为核心组成。在夜间无光照时,光敏电阻 $RG$ 呈高阻, $U_A$ 电压较低, $U_A < 1/3 U_C$ ,此时555的③脚输出呈高电平,晶闸管 $VS$ 导通,路灯通过整流桥交替导通的两对二极管及晶闸管 $VS$ 组成的导通回路与电源接通,路灯亮。这时若要路灯与电源断开,必须满足 $U_A > 2/3 U_C$ ,使555的输出状态发生翻转,才能使晶闸管 $VS$ 截止,断开路灯与电源的通路。正是由于555电路输出状态发生翻转必须满足 $U_A > 2/3 U_C$ 或 $U_A <$

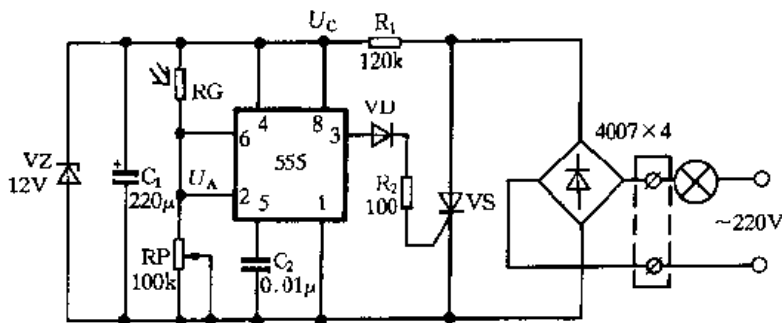


图 1.7.25 光控路灯开关电路

$1/3 U_C$ , 因此, 路灯不会因刚点亮或其它原因引起的光敏电阻  $R_G$  所受光照强度发生变化时, 555 输出状态发生翻转, 而引起闪烁现象。黎明时, 由于光照增加, 光敏电阻  $R_G$  逐渐呈现低阻, 这时  $U_A$  逐渐升高, 当  $U_A > 2/3 U_C$  时, 555 的③脚输出呈低电平“0”, VS 截止, 路灯与电源的通路断开, 路灯熄灭。

#### 4. 双向晶闸管组成的光控路灯电路

图 1.7.26 所示光控路灯电路, 用双向晶闸管 VS 驱动小型 220V 继电器 K, 再用该继电器常闭触点控制接触器 KM, 来实现对路灯的控制。光敏电阻  $R_G$  和电阻 R 串联, VS 采用本相触发方式。在接线时需注意, 从晶闸管控制极 G 引出的电阻 R 不可直接接到继电器 K 前面的火线上, 因为这样会使触发电路的功耗增大, 造成光敏电阻  $R_G$  发热, 特别是在白天,  $R_G$  受光照阻值减小, 触发电流增大, 发热较严重。

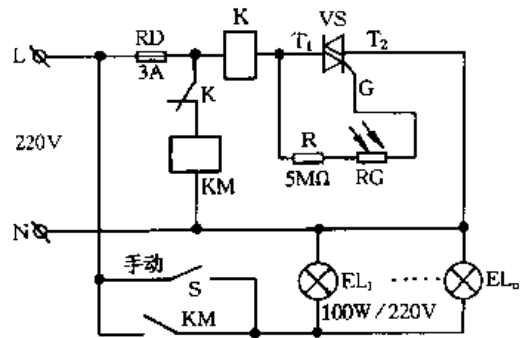


图 1.7.26 双向晶闸管组成的光控路灯电路

在白天,  $R_G$  受光照阻值减小, VS 被触发, K 得电吸合, 其常闭触点断开, 使接触器 KM 失电释放, 接触器常开触点断开路灯电源, 灯不亮。到了晚上,  $R_G$  因无光照阻值增大, 触发电流减小, 使 VS 截止, K 失电释放, 其常闭触点恢复闭合, 使接触器 KM 得电吸合, 其常开触点闭合, 接通路灯电源, 路灯点亮。

#### 5. 单向晶闸管组成的光控路灯电路

图 1.7.27 所示为用单向晶闸管 VS 组成的路灯控制电路。此处晶闸管 VS 起无触点开关的作用。继电器 K 的线圈电压为交流 220V, 因此把它串接在整流桥的交流输入端。若用 220V 直流继电器或中间继电器, 则把它串在晶闸管 VS 阳极回路中。

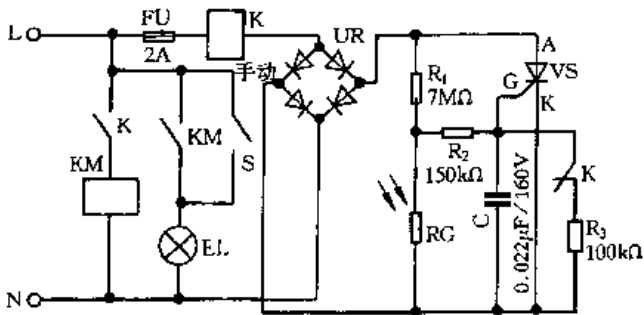


图 1.7.27 单向晶闸管组成的光控路灯电路

220V 交流电经继电器 K 降压、桥式整流把直流电压加到由  $R_1$ 、 $R_G$  串联组成的分压电路上, VS 控制极 G 的触发电压取自  $R_G$  上的分压,  $R_2$  为限流电阻, C 为抗干扰电容, 用于消除夜晚来临或雷电时光照达到  $R_G$  临界状态使继电器 K 触点发生抖动, 灯光闪烁。K 常闭触点和  $R_3$  组成 C 的放电回路。天亮时,  $R_G$  阻值减小, 其上压降减小, VS 因触发信号减小而截止, K 失电释放, 其常开触点断开接触器线圈电源, 接触器 KM 不得电, 灯灭。天黑时,  $R_G$  阻值增高, 其上压降增高, VS 导通, K、KM 相继得电吸合, 路灯亮。当晚上有闪电时, 虽然  $R_G$  阻值减小, 但由于电容 C 早已充电, 因此可维持 VS 继续导通, K、KM 始终得电吸合, 路灯不会闪烁。白天 K 不得电, 其常闭触点闭合, 接通 C 的放电回路, 把残余电荷释放掉。

#### 6. 集成电路组成的光控路灯电路

图 1.7.28 所示为用功率集成开关 TWH8778 组成的控制电路。220V 交流电经变压器 T 降压、桥式整流、三端稳压器稳压后得到 12V 直流电压。白天光敏电阻  $R_G$  阻值减小, 其上压降小于 1.6V, 8778 不导通, 继电器 K 不动作, 路灯灭。晚上  $R_G$  阻值增大, 其上压降大于 1.6V, 8778 导通, K、KM 得电吸合, 路灯亮。电容  $C_2$  为抗闪电干扰用。

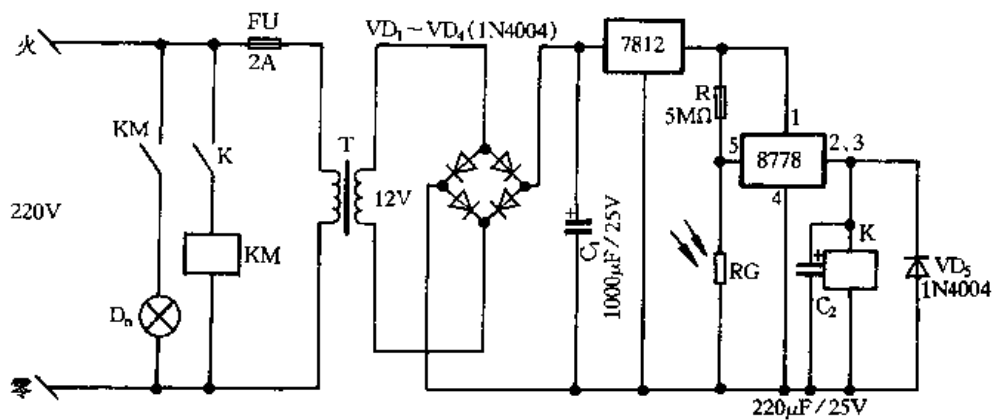


图 1.7.28 集成电路组成的光控路灯电路



## 第二章 基础电工电路

本章介绍由继电器、接触器组成的较复杂电气控制电路,以及由晶体管、晶闸管和集成电路组成的电气控制电路。

### 第一节 低压电器电路

#### 一、断路器控制电路

##### 1. 低压断路器瞬间失压延时电路

DZ 系列、DW 系列和 ME 系列断路器都设有失压保护机构。该机构采用电磁铁驱动,平时电磁铁得电,当失压或电压低于电磁铁释放电压时,电磁铁释放,驱动机械机构使断路器跳闸,切断电路。

但是断路器装上欠电压脱扣器后,在电网电压有较大波动时(这种波动在很多电力不足的地方会经常发生)电磁铁便立即动作,这样便使系统增加很多不必要的麻烦。为避免这种不是失压的跳闸,可选用具有延时功能的失压机构,即只有当电压波动超过一定时间失压脱扣器才动作。

如果能在交流线圈上并接一只平时不放电的电容充电待命,一旦在电网电压上跌到一定数值,电容才自动接通通向线圈的电路,并向线圈放电(见图 1.1.4)。那么前述的缺陷都可避免。

图 2.1.1 所示为电子开关控制电容与交流线圈通路的电路,延时时间约 2~3s,动作可靠,长期接在电网中损耗极微,整个电路中除 R 为发热元件外,其它都为微电流回路。通电后,220V 交流电源通过  $VD_2$  半波整流及 R 向主电容器  $C_2$  充电,容器  $C_2$  上的充电电压达到一定值时发光二极管 VL 亮,指示电路工作正常。同时 220V 交流电源通过  $VD_1$  整流向  $C_1$  充电,充电电压方向即与  $C_2$  所充电压方向相反,三极管 VT 基极电位被  $C_1$  反向电压下拉,使其可靠地截止,晶闸管 VS 控制极没有触发电压而截止,从而阻断  $C_2$  的放电通路,平时便呈现稳定状态。当 220V 交流

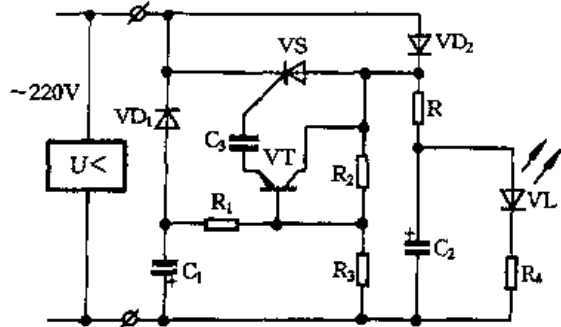


图 2.1.1 直接与交流欠压脱扣器并联的电子延时器电路

电源电压低于一定值或失电时,由于  $C_1$  容量很小,所存电荷极易放完,而  $C_2$  容量很大,VT 基极失去  $C_1$  两端的钳位电压后,其基极电位迅速上升,VT 导通,立即有一个脉冲电压通过  $C_3$  送至 VS 的控制极,使 VS 也同时导通,由于这时 VS 两端加的是正向电压,因此 VS 只要一导通便一直要导通到  $C_2$  放电电流低于其维持电流时为止。顺利地让放电电容  $C_2$  与交流线圈并联并向其放电,以维持欠压脱扣线圈欠压(或失压)后再吸合一会儿的时间。如果在放电任一瞬间电源电压又恢复了正常, $C_1$  立即又恢复了充电,使 VT 基极电位下拉,VT 截止,使 VS 控制极得不到正向电压,在电源向  $C_2$  充电瞬间 VS 将得不到正向偏压而截止,一切又回到原先所述的稳定状态。

延时器可在电源电压瞬间跌落时向所并联的交流线圈提供继续吸持 1.5 ~ 3s 的能量,这是用时间继电器所不能达到的功能。它不仅可直接用于 ME、DW、DZ 系列低压断路器的欠电压脱扣交流线圈上,而且可广泛用于需更可靠吸合的交流接触器线圈上,作为避开电源电压瞬时跌落而不致误动作的补偿元件。

## 2. 又一种低压断路器瞬间失压延时电路

图 2.1.2 所示的低压断路器瞬间失压延时电路,采用交流高电压启动,直流低电压保持。在直流低电压保持回路中并入电容  $C_4 \sim C_6$ ,并充电待命。一旦失压,电容立即向断路器线圈放电,使线圈仍保持吸持状态,直到电容中电压低于释放电压为止。电容上的电压高低(即直流吸持电压的高低)、电容量大小都能影响放电时间,为此电路中设有使直流低电压可调的电位器 RP 和并入切出电容的开关  $S_1 \sim S_3$ (2 只 1.5s,1 只 0.5s,当全部合上时,总延时可达 3.5s),以满足对延时时间的要求。

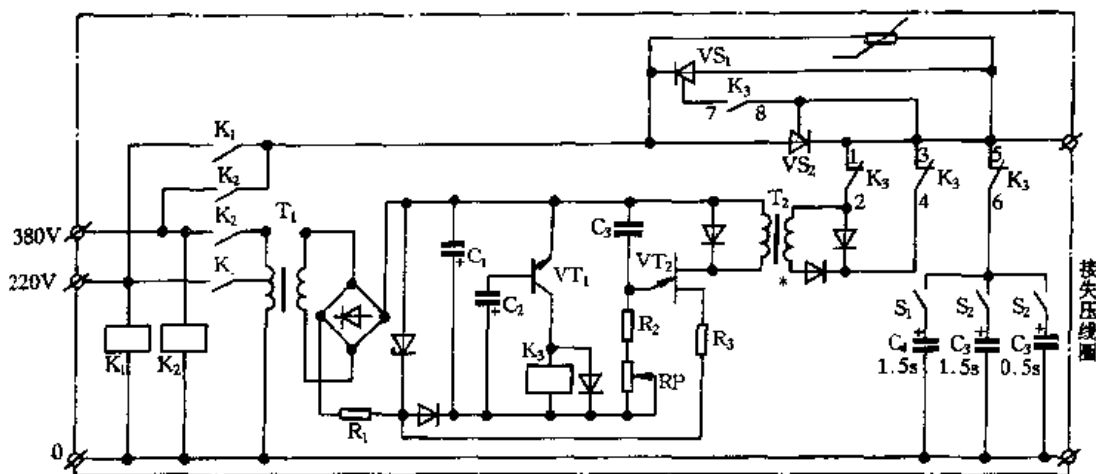


图 2.1.2 又一种低压断路器失压延时电路

接通 220V 或 380V 电源,使相对应的电压检测继电器  $K_1$  或  $K_2$  得电吸合,其常开触点闭合,接通变压器  $T_1$  和两只反向并联晶闸管电路,并提供晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  移相触发脉冲电路和继电器  $K_3$  的电源。电源接通后, $C_2$  充电使  $VT_1$  导通, $K_3$  得电吸合,其常闭触点  $K_3$ (1-2)、 $K_3$ (3-4)断开,将晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  的控制极与其触发脉冲输出回路断开;其常闭触点  $K_3$ (5-6)断开,使  $C_4 \sim C_6$  回路也断开,避免高压对它们的冲击;同时其常开触点  $K_3$ (7-8)闭合,将两只反向并联的晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  控制极互相接通,利用  $VS_1$ 、 $VS_2$  漏电流使它们导通,此时相当于导通的  $VS_1$ 、 $VS_2$  将经过  $K_1$ (或  $K_2$ )已闭合的常开触点引入的交流电送入失压线圈,使失压线圈吸合。 $C_2$  充电完毕, $VT_1$  截止, $K_3$  失电释放,其常开触点  $K_3$ (7-8)断开,使晶闸管  $VS_1$  控制极断

开,常闭触点  $K_3(1-2)$ 、 $K_3(3-4)$ 、 $K_3(5-6)$  闭合,接通晶闸管  $VS_2$  的控制极、触发脉冲变压器  $T_2$  的输出回路以及  $C_4 \sim C_6$  储能放电回路,晶闸管  $VS_2$  将输出一个由  $RP$ 、 $R_2$ 、 $C_3$  决定的低直流电压到失压线圈,同时  $C_4 \sim C_6$  回路并入失压线圈并充电待命。

当欠压或失电时,继电器  $K_1$  (或  $K_2$ ) 失电释放,  $VS_2$  截止,将电容  $C_4 \sim C_6$  与失压线圈并联并向其放电,使低压断路器欠压或失压延时释放。

该电路加装十分方便,只要将该延时器的输出端与失压线圈并联,如图 2.1.3 所示,不需要任何外部资源(如辅助触点等);适用于 3WE、ME、DW、DZ 系列断路器;直流运行,无噪声;电路与整个系统隔离,不会相互影响。

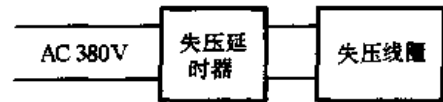


图 2.1.3 失压延时电路接线

## 二、继电器电路

### 防止 JY-30 系列欠压继电器误动电路

JY-30 系列集成型静态欠压继电器主回路由集或电路组成,其准确度高、返回系数极小、整定范围宽、维护方便;并且不存在振动、触点粘连等导致误动或拒动的问题,完全可以替代更换同类型电磁式继电器,因此被电网广泛采用。但必须提供直流辅助工作电源,在工作状态下,一旦失去辅助工作电源,将发生误动,这是其隐患。

电路如图 2.1.4 所示,被测量的交流电压经隔离变压器  $T$  后,在其二次得到与被测电压成正比的电压  $U_1$ 。  $U_1$  由整流器  $N_{1A}$  进行全波整流并同时经  $N_{1B}$  进行整定,整定回路靠改变运算放大器的放大倍数来改变整定值。整定后的脉动电压,经  $N_{1C}$  滤波后,得到与  $U_1$  成正比的直流电压  $U_0$ ,在电平检测器  $N_{1D}$  中,与直流参考电压  $U_R$  比较,若  $U_0$  高于  $U_R$ ,电平检测器输出正信号,  $VT$  导通,驱动出口继电器  $K$ ,则继电器处于工作状态;反之,若  $U_0$  低于  $U_R$ ,电平检测器输出负信号,  $VT$  由导通变为截止,使  $K$  失电释放。

从电气原理可以看出,在该继电器处于工作状态下时,出口继电器  $K$  处于励磁状态,当该继电器切除辅助工作电源时,其内部集成电路也失去电源,  $K$  失磁,于是继电器误动。

试验结果也正是这样:当工作电压大于整定值时,失去辅助工作电源继电器将发生误动,即继电器处于工作状态时都将发生误动。

继电器误动的基本原因在于驱动回路由导通变为截止,出口继电器失磁造成。要从根本上消除误动,就必须解决驱动回路的工作状态。在工作时由导通改为截止,出口继电器由励磁变为失磁。这样,出口继电器即使失去工作电源也不会误动,从而消除误动的根本原因。为此,将运算放大器  $N_{1D}$  的  $\pm$  输入端对调(即将电平检测器的输入端对调)即可,这就从根本上消除误动的原因。

## 三、熔断器电路

### 1. 电子熔断器电路

图 2.1.5 所示为用音乐集成电路组成的电子熔断器电路。电阻  $R_0$  为 30W 线绕电阻,是串接在用户中性线  $N$  上的检测电阻,通过  $R_0$  的电流是用户各用电器电流的总和。当电流有效值达 10A(设熔体电流为 10A)时,  $R_0$  两端的交流电压经  $VD_1$  整流、  $C_6$  滤波和  $VZ_2$  稳压后,输出电压基本为稳定的 3V。稳压管  $VZ_1$  稳压值选取在 3.5V,因此,用电器的总电流在 10A 以下时,  $VZ_1$  不会击穿,音乐集成电路  $N$  (CW9300、KD9300) 触发端②脚无高电平触发信号,  $N$  不工作,电子熔断器不动作,正常给用电器供电。

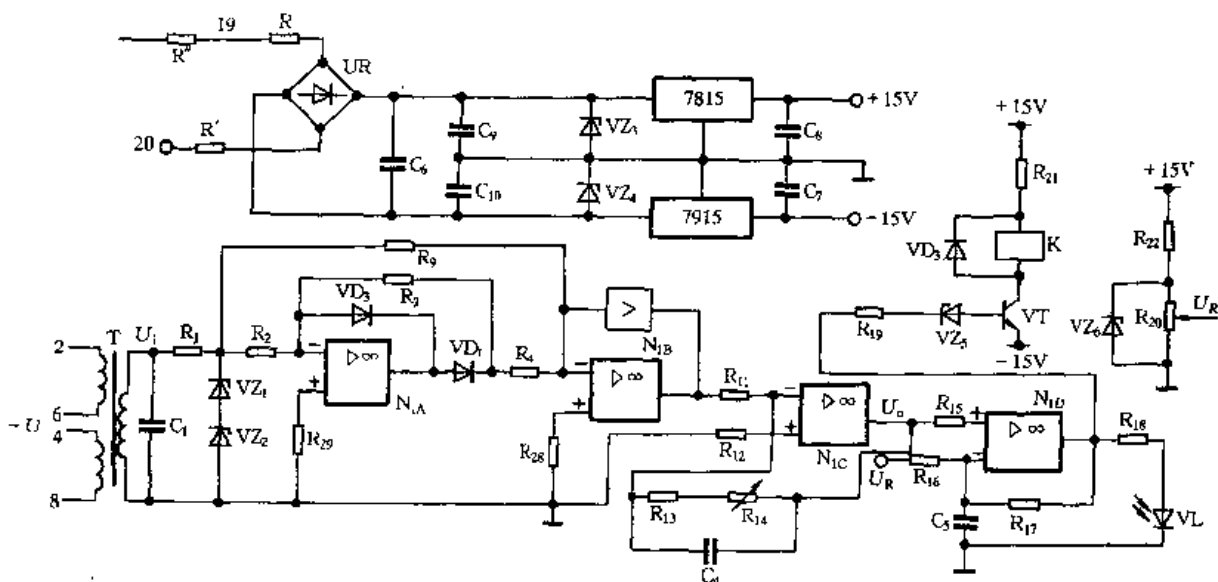


图 2.1.4 防止 JY-30 系列欠压继电器误动电路

当用电器使用电流过大或某种原因导致总电流超过 10A 时,则使  $VZ_1$  击穿, N 的②脚获得高电平触发信号而工作,其④脚输出音乐信号,同时,使晶体管 VT、晶闸管 VS 导通,大功率继电器 K 吸合,其常闭触点(1-2)断开,切断用电器电源,起到了熔断器的作用;其常开触点(3-4)闭合,使 N 的②脚继续获得高电平触发信号而继续工作,并起 K 的自锁作用。故障排除或减轻负载后,再按启动按钮 SB 重新接通电子熔断器。

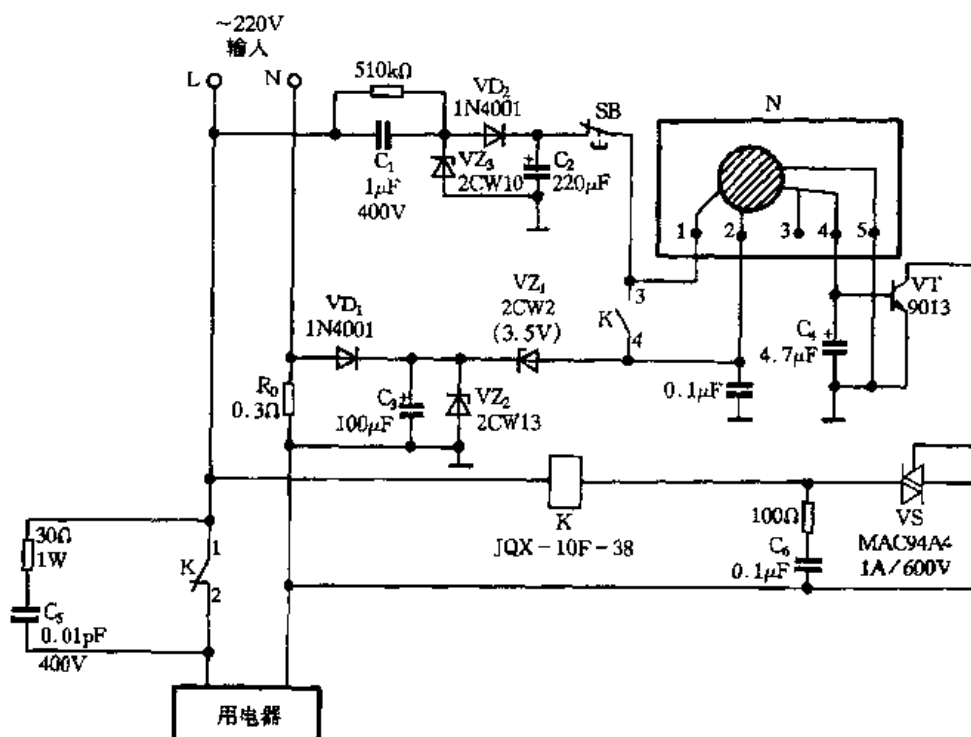


图 2.1.5 电子熔断器电路

## 2. 限流快速保护电路

在电路中,常因过流或短路使半导体器件,特别是大功率晶体管、晶闸管及集成电路等损

坏。其主要原因是过流短路保护熔断器的熔断速度太慢,即使是快速熔断器也需 30ms 左右,不能完全有效地起到保护作用。图 2.1.6 所示的快速限流保护电路,其动作时间仅为 100 $\mu$ s 左右,实践证明该电路能有效地起到保护作用。

正常工作时,晶体管 VT<sub>1</sub>、VT<sub>2</sub> 导通,VT<sub>3</sub> 的 E、B 两端压降不足以使 VT<sub>3</sub> 导通,VT<sub>3</sub> 截止,晶闸管 VS 也截止。当电路负载过大时,VT<sub>3</sub> 的 E、B 两端压降加大,使 VT<sub>3</sub> 由截止变为导通,电阻 R<sub>2</sub> 两端产生 2.5V 左右的压降,该电压加在晶闸管 VS 的控制极,使 VS 快速导通。VS 导通后,使 VT<sub>1</sub> 的基极电位接近 0V,VT<sub>1</sub>、VT<sub>2</sub> 立即截止,起到快速保护作用。同时指示灯 HL 点亮。

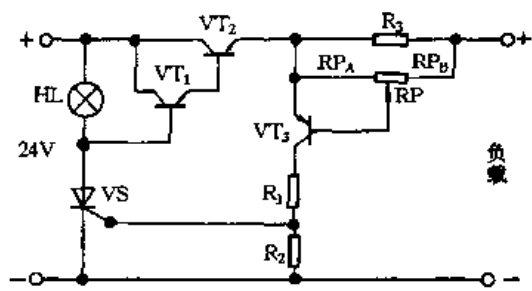


图 2.1.6 限流快速保护电路

R<sub>3</sub> 的阻值很小,以减少电路中的损耗。调 RP 的抽头,使负载电流达到所限值时,VT<sub>3</sub> 的发射极与基极之间有 0.7 ~ 1V 的电位差,使 VT<sub>1</sub> 进入导通状态。HL 既作为指示,又作为 VT<sub>1</sub> 的基极电阻,其冷态电阻为 12 ~ 100 $\Omega$ 。

#### 四、其它电工电器电路

##### 1. 门电路多地开关控制电路

图 2.1.7 所示为由异或门构成的多地控制电路。各控制点只需设置一只单刀单掷开关 S,当 S(S<sub>1</sub> 或 S<sub>2</sub>、……S<sub>N</sub>) 接通时,相连的输入线接地,向门电路的输入线送入低电平(逻辑“0”);当 S 置于断开状态时,经电阻 R(R<sub>1</sub> 或 R<sub>2</sub>、……R<sub>N</sub>) 由电源向门电路的输入线送入高电平(逻辑“1”)。该电路是一个由异或门构成的“判奇”电路。其逻辑功能是,当所有输入线中出现奇数个高电位时,最后一级门电路输出端输出高电平,该高电平使晶体管 VT 饱和导通,继而使继电器 K<sub>1</sub> 得电吸合,其常开触点接通负载 R<sub>L</sub> 的电源。由于任一只开关状态的变化,均会引起整个输入线群高电平个数“奇偶”关系的转换,使最后一级输出电平发生转换,从而实现“多控 1”的逻辑功能。

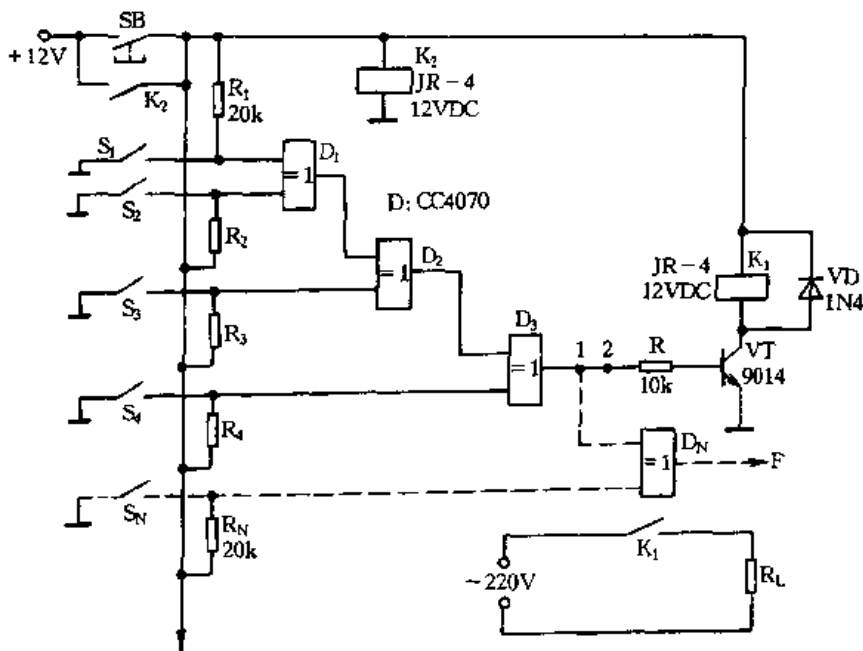


图 2.1.7 门电路多地控制电路

电路需要扩展时,只要从电路中的1、2两点间断开,然后将扩展门的输出端F接在2点处即可。

由于采用集成门电路,因此该电路体积较小,可靠性高,并且每只开关只需引一根导线,这使外部布线成本大大降低。若以主电路为中心,开关连线可以向空间任意位置辐射,而且允许存在较大的接地电阻及开关触点电阻。

### 2. 时序逻辑多地开关控制电路

图 2.1.8 所示为由触发器构成的多地控制电路,各地的按钮开关 SB(SB<sub>1</sub> 或 SB<sub>2</sub>、……SB<sub>N</sub>)只需按动一下,D 触发器的 CP 端都将收到一个负脉冲,使它翻转一次,从而改变 Q 端的输出电平,进而通过晶体管 VT,使继电器 K<sub>1</sub> 接通或断开负载 R<sub>L</sub> 的电源。

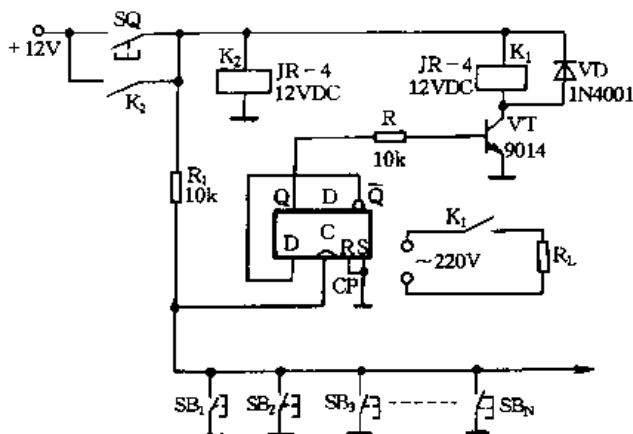


图 2.1.8 时序逻辑多地控制电路

在图 2.1.7、图 2.1.8 中,电阻 R 的阻值为继电器 K<sub>1</sub> 线圈直流电阻值的 30 至 50 倍即可;SQ 为启动按钮,它与继电器 K<sub>2</sub> 配合,使电路具有失压保护功能。

### 3. 低压开关柜防潮去湿电路

电路如图 2.1.9 所示,用双运放对电阻桥路进行检测放大,通过晶体管 VT,驱动继电器 K。可根据用户要求,在 15~30℃ 范围内设定一个控温点,为避免在整定值附近反复接通、断开而产生振荡,电子电路保证其有 2℃ 回差,即断开到再接通之间有 2℃ 范围的灵敏度。RT 为温度传感器,采用 SWF12-B 负温度系数型,K 选用 HG4115,交流 220V 时,常开触点负载电流可达 20A。面板上装有两只开关,一只为手动、自动选择,另一只为手动时用以开、停热风机。

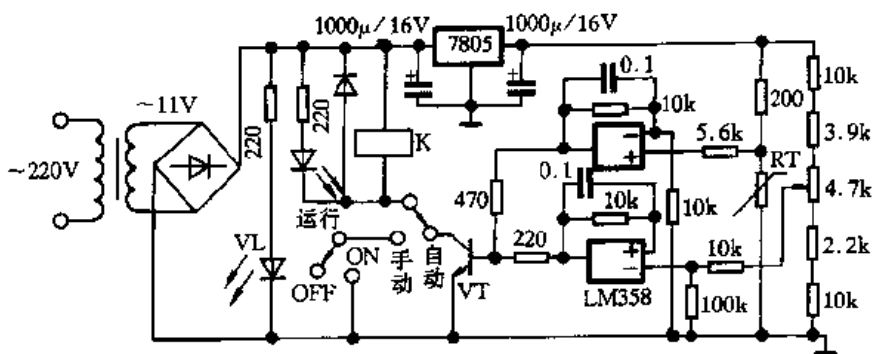


图 2.1.9 电子温控器电路

## 第二节 电动机控制电路

### 一、电动机多点、多地及远地控制电路

#### 1. 带“自锁”功能的一机多地控制电路

大功率用电设备有很多是需要用冷却水降温的,而且冷却水回收后再循环使用。当需要降温的设备台数较多时,可以只安装一台共用水泵供给多台设备用水。如果将各设备操作点的启动按钮并接、停止按钮串联,则当任一操作点按“停止”按钮时或有故障时,将导致全系统停泵,使其它设备的供水中断。采用“一机多地”控制方式,则每个操作点既可以单独开泵、停泵,而当其中任何一点正在用水时,又能防止由于其它点关系而断水。

一机多地控制电路如图 2.2.1 所示。主回路总控制部分安装在泵房,其上设有检修试验用的起停按钮。1#控制点、2#控制点……是各使用点所装结构相同的控制板。总控制部分与各控制点之间仅用 3 根公用控制线连接,当需要增加冷却设备时,只需将公用线延伸至该点的控制板上,无需更改其它点的接线。总开关 QF 平时在合闸位置。

当 1#控制点需要开泵时,可先合上本点控制开关  $S_1$ ,然后按启动按钮  $SB_{11}$ ,则中间继电器  $K_1$  得电吸合并自锁,其触点  $K_1(3-4)$  接通,使接触器  $KM$  得电吸合,水泵电动机  $M$  启动; $K_1(5-6)$  接通,使进水阀  $YV_1$  打开,为设备供水。红色信号灯  $HR_1$  亮,表示该点已投入,绿灯  $HG_1$  亮,表示水泵电源已接通。而  $K_1$  的常开触点  $K_1(3-4)$  闭合,使  $KM$  锁住,以防止其它控制点关系而使  $KM$  失电释放。

假如 2#控制点也要用水,则合上开关  $S_2$  后灯  $HG_2$  亮(通过已闭合的触点  $K_1(3-4)$ ),表示水泵已被别人启动。这时,只要按  $SB_{21}$ ,继电器  $K_2$  得电吸合并自锁,其触点  $K_2(5-6)$  闭合,使水阀  $YV_2$  开阀供水,同时使  $K_2$  的常开触点  $K_2(3-4)$  闭合使  $KM$  锁住,以防别人关系造成  $KM$  失电。假如 1#控制点不用水时,只要按自己的停止按钮  $SB_{12}$ ,断开  $S_1$ , $K_1$  失电释放,则 1#控制点的灯熄、阀关、水停。在断开  $S_1$  前,若  $HG_1$  未熄灭,表示别处尚在用水。这时,由于 2#控制点的  $K_2(3-4)$  仍处于接通状态,因此 1#控制点关掉后并不切断 2#控制点的供水。

这就实现了每个控制点都可以单独开泵、停泵,而当多台设备都正在用水时,每个控制点都能防止别的控制点关系,形成“自锁”,只有最后一个控制点关掉时,循环泵才会停止。

为检修试验方便,泵房装有总控制部分。接触器  $KM$  线圈通过中间继电器  $K_0$  的常开触点控制而不用  $KM$  的常开触点自锁,否则各控制点使  $KM$  吸合后无法关系。

## 2. 低压电源远控开关电路

电路如图 2.2.2 所示。

对图 2.2.2(a)所示电路,合上开关 QF 与控制开关 QC,变压器 T 得电,为时间继电器  $KT$  提供电源。晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  的控制极通过交流接触器  $KM$  的两个常闭触点和电动机  $M$  的定子绕组而相互连接,使  $VS_1$ 、 $VS_2$  导通, $KT$  得电吸合,其延时断开常开触点  $KT(1-2)$  闭合,使  $KM$  得电吸合。 $KM$  动作后,其主触点闭合,使电动机  $M$  投入运行;同时,其常闭触点断开,防止

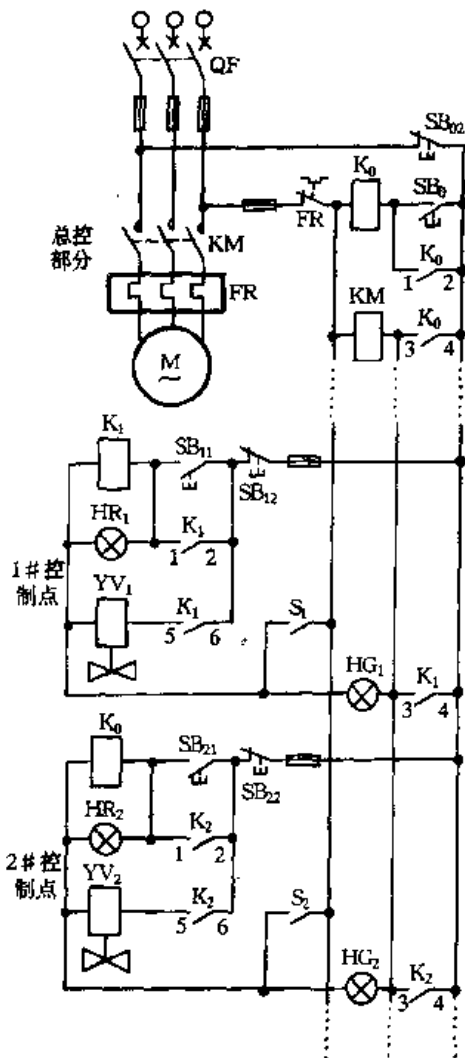


图 2.2.1 带“自锁”功能的一机多地控制电路

380V 电压串入  $VS_1$ 、 $VS_2$  控制极而将其烧坏。M 接通后,也使电流继电器在 KA 得电吸合,其常闭触点闭合,保证  $VS_1$ 、 $VS_2$  继续导通。

当需要停机时,只要拉开 QC,KA 马上释放,KT 失电。经一定时间后,KT 延时断开的常开触点  $KT(1-2)$  断开,使 KM 失电释放。KM 释放后,其两个常闭触点闭合,为下次开机做好准备。

对图 2.2.2(b)所示的电路。合上开关 QF,变压器 T 得电,为时间继电器 KT、接触器 KM、灵敏继电器 K 吸合提供了电源。

合上控制开关 QC,晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  控制极通过电动机 M 的定子绕组、KM 的两个常闭触点而导通,使 K 得电吸合。K 吸合后,KT、KM 相继得电吸合,电动机 M 运转。M 运转后,电流继电器 KA 吸合,其触点  $KA(1-2)$  吸合,保证 KT、KM 得电与 M 的正常运转。KM 吸合后,其常闭触点还将  $VS_1$ 、 $VS_2$  控制极断开,从而防止了 380V 电压串入  $VS_1$ 、 $VS_2$  控制极而将其烧毁。同时 K 失电释放。停机时,原理与图 2.2.2(a)相同,不再赘述。

该电路的特点是:① QF 可采用带过流保护的漏电开关,这样对临时线路和流动电器就更加安全。② 采用了晶闸管做通断信号元件,由于电流极小,不受电动机阻抗影响,只要选择合适的电流继电器就能适用于大小不同的电动机和手持电动工具。

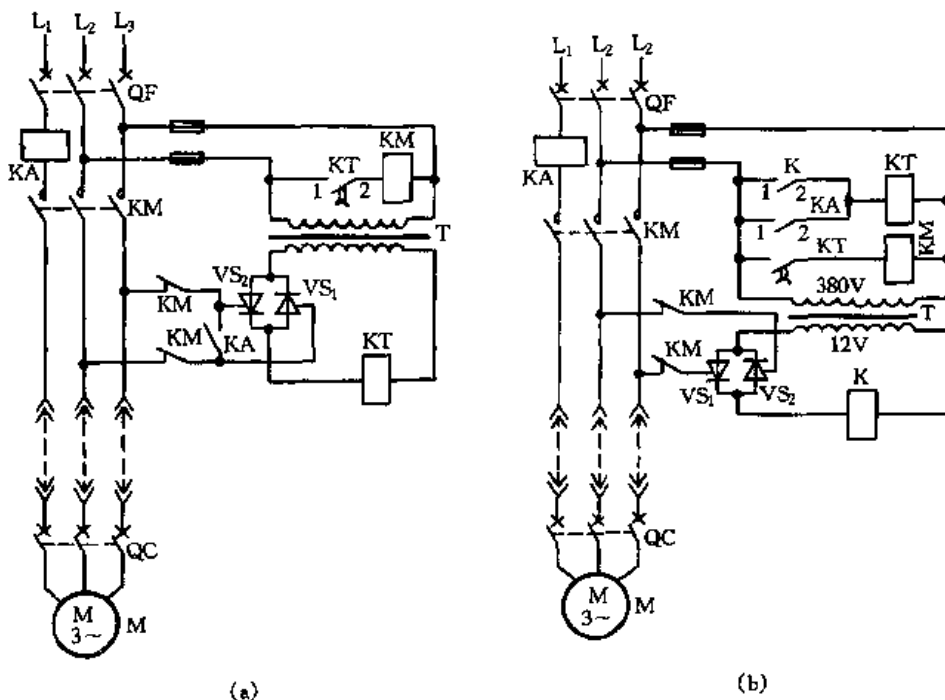


图 2.2.2 低压电源远控开关电路

### 3. 电气设备的远动控制电路

电路如图 2.2.3 所示。由于启动、停止及指示部分的电源为直流,电缆的分布电容、电感对其无影响,只需考虑导体的电阻,这对远距离控制尤为重要。

#### (1) 初始状态

初始状态时各继电器均失电。虽然  $K_1$  的右端通过  $K_3$  的辅助常闭触点  $K_3(1-2)$  接 N 线,左端通过  $VD_3$ 、 $R_2$ 、 $K_3$  的常闭辅助触点  $K_3(3-4)$ 、 $VD_1$ 、 $R_1$  接电源,但由于  $VD_1$ 、 $VD_3$  为反向接法,电流无法通过,因此  $K_1$  不动作。电源的正向只能通过 L、Q、FU、 $R_1$ 、 $VD_1$ 、 $K_3$  的常闭触点  $K_3(3-4)$ 、 $R_2$ 、 $VD_5$ 、 $HG_2$ 、 $K_3$  的常闭触点  $K_3(5-6)$ 、电容  $C_2$ 、N 形成回路, $HG_2$  亮。 $HR_2$  却由于  $VD_6$  为反



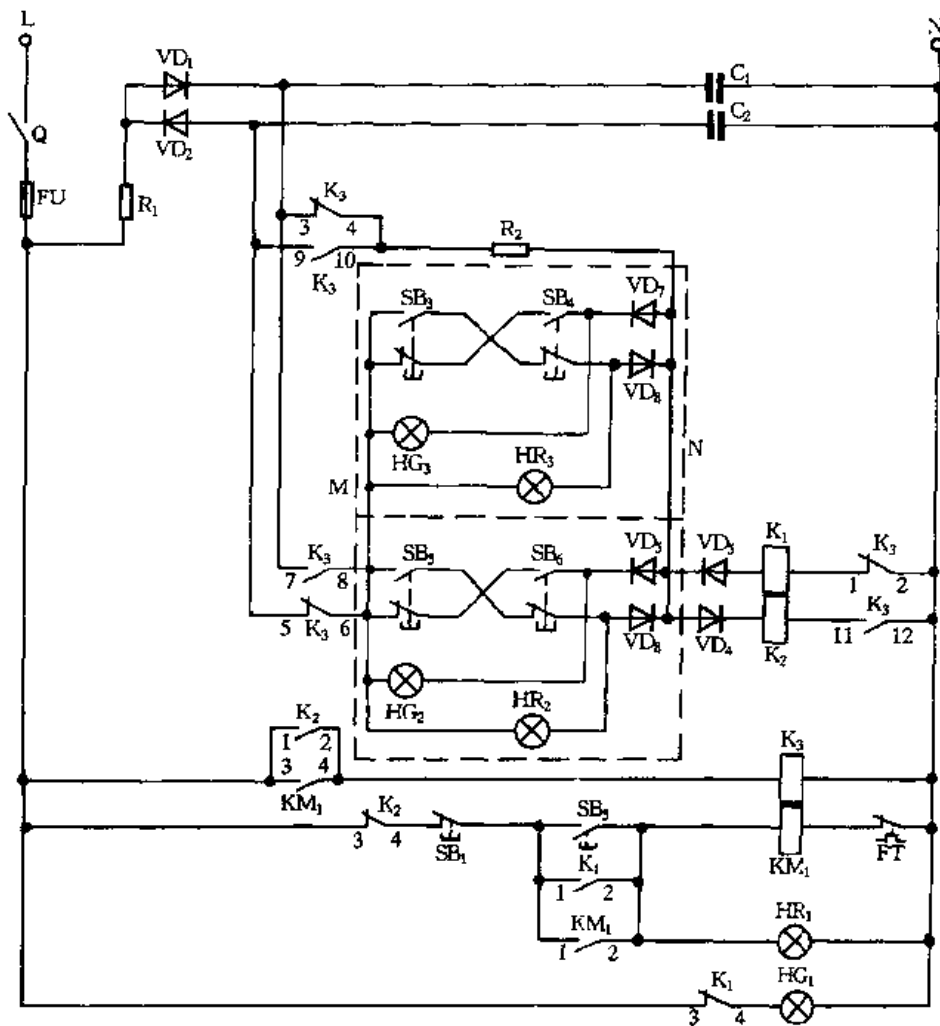


图 2.2.3 电气设备的远动控制电路

向接法,电流无法通过而处于熄灭状态(HG<sub>3</sub>、HR<sub>3</sub> 同理)。表示设备处于停止状态。

### (2) 启动状态

按下 SB<sub>6</sub>,电源的反向通过 L、Q、FU、R<sub>1</sub>、VD<sub>2</sub>、K<sub>3</sub> 的常闭触点 K<sub>3</sub>(5-6)、SB<sub>5</sub> 的常闭触点、SB<sub>6</sub> 的常开触点(已闭合)、VD<sub>5</sub>、VD<sub>3</sub>、K<sub>1</sub> 的线圈和 K<sub>3</sub> 的常闭触点 K<sub>3</sub>(1-2)至 N 线,形成回路,使 K<sub>1</sub> 得电吸合,K<sub>1</sub> 的常开触点 K<sub>1</sub>(1-2)闭合,使 KM<sub>1</sub> 得电吸合并自锁。同时 KM<sub>1</sub> 的触点 KM<sub>1</sub>(3-4)闭合,使 K<sub>3</sub> 得电吸合。K<sub>3</sub> 得电后,其所有触点的工作状态均变换。这时就是一直接着 SB<sub>6</sub>,K<sub>1</sub> 也由于 K<sub>3</sub> 的常闭触点 K<sub>3</sub>(1-2)的断开而失电,即 K<sub>1</sub> 只是瞬间吸合一次,完成启动使命。由于 K<sub>3</sub> 结点工作状态的转换,电源的正向通过 L、Q、FU、R<sub>1</sub>、VD<sub>1</sub>、K<sub>3</sub> 的常开触点 K<sub>3</sub>(7-8)(已闭合)、HR<sub>2</sub>、VD<sub>6</sub>、R<sub>2</sub>、K<sub>3</sub> 的常开触点 K<sub>3</sub>(9-10)(已闭合)、电容 C<sub>2</sub> 至 N 形成回路,HR<sub>2</sub> 亮。HG<sub>2</sub> 由于 VD<sub>5</sub> 的反向阻挡作用熄灭,表示设备处于工作状态(HG<sub>3</sub>、HR<sub>3</sub> 同理)。

### (3) 停止状态

若仅有一处远动控制点,则 K<sub>2</sub> 的触点 K<sub>2</sub>(1-2)可去掉。当按下 SB<sub>5</sub> 时,电源的正向通过 L、R<sub>1</sub>、VD<sub>1</sub>、K<sub>3</sub> 的常开触点 K<sub>3</sub>(7-8)(已闭合)、SB<sub>5</sub> 的常开触点(已闭合)、SB<sub>6</sub> 的常闭触点、VD<sub>6</sub>、VD<sub>4</sub>、K<sub>2</sub> 的线圈、K<sub>3</sub> 的常开触点 K<sub>3</sub>(11-12)(已闭合)至 N 线,形成回路,使 K<sub>2</sub> 得电吸合,其触点 K<sub>2</sub>(3-4)断开;同时使 K<sub>1</sub> 失电释放,其触点 K<sub>1</sub>(3-4)断开;K<sub>3</sub> 失电释放,K<sub>3</sub> 所有触点工作状态转换,K<sub>2</sub> 失电释放,电路回到初始状态,为下一次启动作好准备。

(4) 同时按下启动、停止按钮时的状态

从图 2.2.3 中看出,在同一点若同时按下启动和停止按钮,电路不动作,只有分别按动按钮时,电路才动作,但当远动控制点多于 1 处时,则  $K_2$  的触点  $K_2(1-2)$  触点必不可少。假设甲按下  $SB_6$  启动设备并未抬起手时,乙随后按下  $SB_3$ ,则相当于 M、N 接点间短路。读者可自行分析出  $K_1$  和  $K_2$  将轮流得电与失电,电路进入振荡状态。 $KM_1$  主触点的振荡是绝对不允许的,轻则烧坏触点,重则损坏电器设备,应避免。有了  $K_2$  的触点  $K_2(1-2)$  则不会出现上述现象。当甲按下  $SB_6$  启动设备,乙随后按动  $SB_3$ ,此时  $K_2$  得电。 $K_2$  的常闭触点  $K_2(3-4)$  断开使  $KM_1$  失电的同时, $K_2$  的常开触点  $K_2(1-2)$  闭合,使  $K_1$  继续保持得电状态,设备保持在停止工作状态。这时 M、N 接点间被短路,因此红绿指示灯均不亮(不包括  $HR_1$ 、 $HG_1$ ,它们只有在按动停止按钮时才有此现象)。这是该电路的一点不足,但只要放松停止按钮,灯即刻亮。

上述线路,在整个工程过程中,巧妙地利用了二极管的单向导电性使线路达到了所需的要求。只要在 M、N 结点间并联上虚线框内相应元件,就可扩充控制点,十分方便。

二、电动机全压启动控制电路

1. 一控十电动机启动电路

一控十电动机启动电路由一组可逆运转的启动电路和十选一的选控电路组成,其主电路、控制电路分别如图 2.2.4(a)、(b)所示。启动电路用于启动电动机运转及控制其转向;选控电路的任务是选择所需要启动的电动机。该电路适用于只允许电动机单台运行的场合。

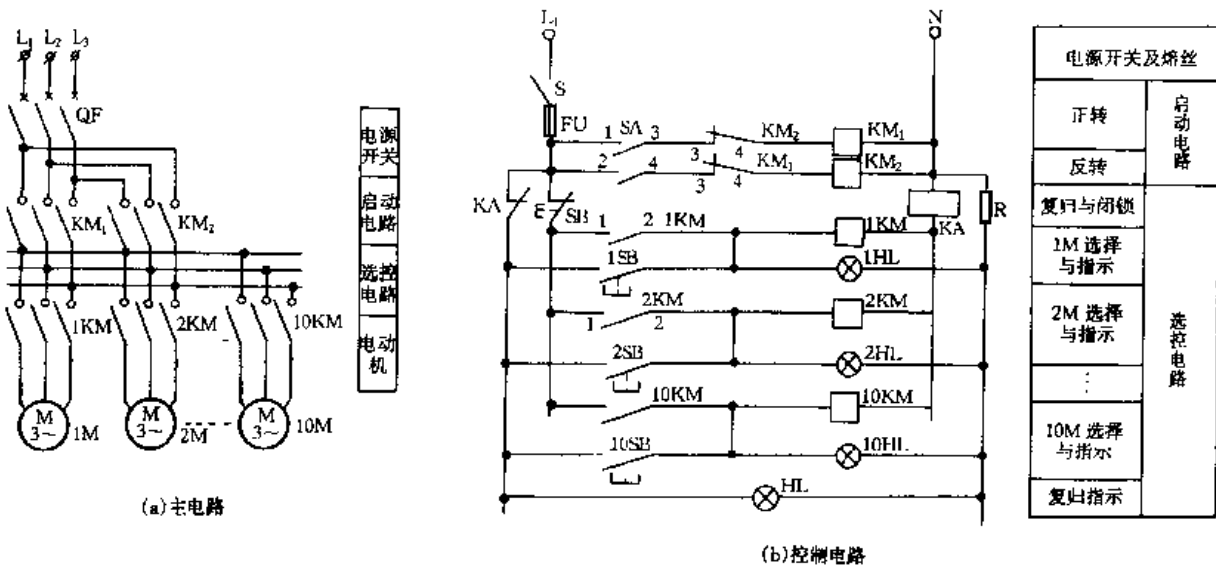


图 2.2.4 一控十电动机启动电路

在图 2.2.4(a)中,  $QF$  为电源开关,同时也是电动机的过载和短路保护元件; $KM_1$  和  $KM_2$  分别为正、反转启动的执行元件; $1KM \sim 10KM$  为选择启动对象的执行元件。如选择启动电动机 1M,首先,按下选择按钮 1SB,选择回路  $L_1 \rightarrow$  开关  $S \rightarrow FU \rightarrow KA$  的常闭触点  $\rightarrow 1SB$  (已闭合)  $\rightarrow 1KM$  线圈  $\rightarrow KA$  线圈  $\rightarrow N$  接通,选控电路将发生以下变化:① 接触器 1KM 得电吸合,其主触点闭合,使电动机 1M 接通电源电路;② 1KM 的常开辅助触点 1KM(1-2)闭合,保持回路  $L_1 \rightarrow$  开关  $S \rightarrow FU \rightarrow SB \rightarrow 1KM$  常开辅助触点 1KM(1-2) (已闭合)  $\rightarrow 1KM$  线圈  $\rightarrow KA$  线圈  $\rightarrow N$  接通,使 1KM 自锁;③ 指示灯 1HL 点亮,表示 1M 已接入启动电路;④ 电流闭锁继电器  $KA$  得电,其常闭触点  $KA$  断开,切断选择回路的电源并保持闭锁,保证每次操作只能选择和启动一台电动机。

机;⑤ 指示灯 HL 熄灭,表示选择操作结束。此时,可操作控制开关 SA 使 1M 启动。当 SA 的把手左旋 45°时,触点 SA(1-3)闭合,接触器 KM<sub>1</sub> 得电,其主触点接通正相序电源,1M 得电正转,一号闸门开始“开启”,当 SA 把手右旋 45°时,触点 SA(2-4)闭合,接触器 KM<sub>2</sub> 得电,其主触点接通反相序电源,1M 得电反转,一号闸门开始“关闭”。当闸门启闭到预定的位置时,应立即操作 SA 使 1M 停转,并及时按下复归按钮 SB,使保持回路断开,选控电路又恢复到起始状态。

为防止接触器主触点粘连后所引起的事故,除了在 KM<sub>1</sub>、KM<sub>2</sub> 的线圈回路中分别串入 KM<sub>2</sub>、KM<sub>1</sub> 常闭辅助触点外,同时还在的 KM<sub>1</sub>、KM<sub>2</sub> 衔铁上安装了机械闭锁机构。通过采取电气、机械双重闭锁以及在操作程序中规定必须由 KM<sub>1</sub> 和 KM<sub>2</sub> 接通和切断负荷电流等措施,可有效避免发生此类事故。

## 2. 两台压油泵的电子自动轮流启动电路

两台压油泵为一组,采用一台启动、另一台备用运行工作方式。为了防止设备老化,提高设备的运行寿命,运行人员每周需手动切换一次运行方式。采用图 2.2.5 所示的电子自动轮流启动电路,除具有自动、手动双泵同时启动及任意一台油泵启动运行功能外,还具有压力不正常时报警功能。该电路工作电源是由交流 220V 经电容 C<sub>1</sub> 降压,电阻 R<sub>12</sub> 限流降至 12V 左右,再经二极管 VD<sub>1</sub> 整流、C<sub>2</sub> 滤波及稳压管 VZ 稳压后供给。

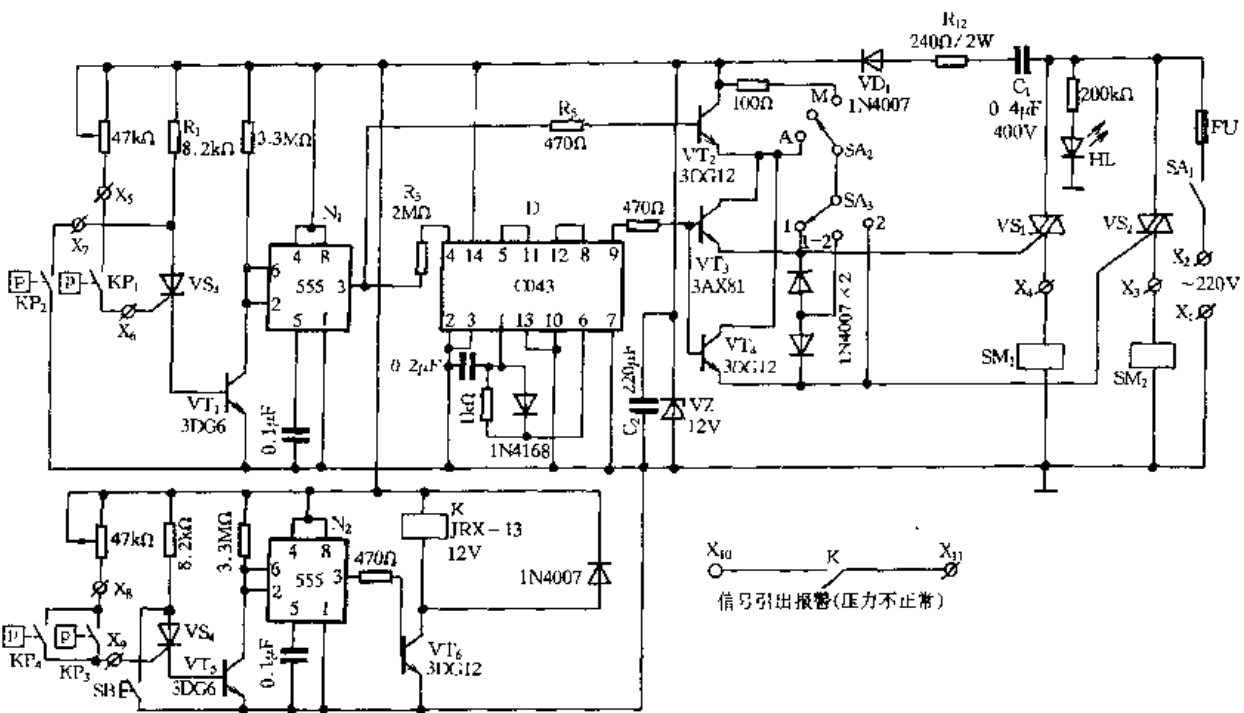


图 2.2.5 电子自动轮流启动电路

当压力降低时,压力继电器 KP<sub>1</sub> 的触点闭合,触发晶闸管 VS<sub>3</sub> 并使其导通,三极管 VT<sub>1</sub> 也导通,时基集成电路 N<sub>1</sub>(NE555)的②、⑥脚都变为低电平,③脚输出呈高电平,经 R<sub>5</sub> 限流后使 VT<sub>2</sub> 导通,为 VT<sub>3</sub>、VT<sub>4</sub> 提供了工作电源。同时,N<sub>1</sub> 的③脚输出信号经 R<sub>3</sub> 限流后,向双 D 触发器 D(C043)的④脚输入一脉冲,使 D 的⑨脚输出呈高电位,VT<sub>4</sub> 导通,双向晶闸管 VS<sub>2</sub> 导通,电磁启动器 SM<sub>2</sub> 励磁,2 号压油泵(图中未画出)开始工作。随着压力的升高,KP<sub>1</sub> 的触点断开,但流过 VS<sub>3</sub> 的电流不过零是不会关断的,一直保持到压力继电器 KP<sub>2</sub> 接通为止。压力达到额定值,KP<sub>2</sub> 的触点接通,使流过 VS<sub>3</sub> 的电流为零而自行关断,VT<sub>1</sub> 截止,N<sub>1</sub> 的②、⑥脚变为高电位,③

脚变为低电位,  $VT_2$  截止, 停止向  $VT_4$  供电,  $VS_2$  因失去控制信号而关断, 2 号压油泵即停止运行, 完成一个起、停工作周期。

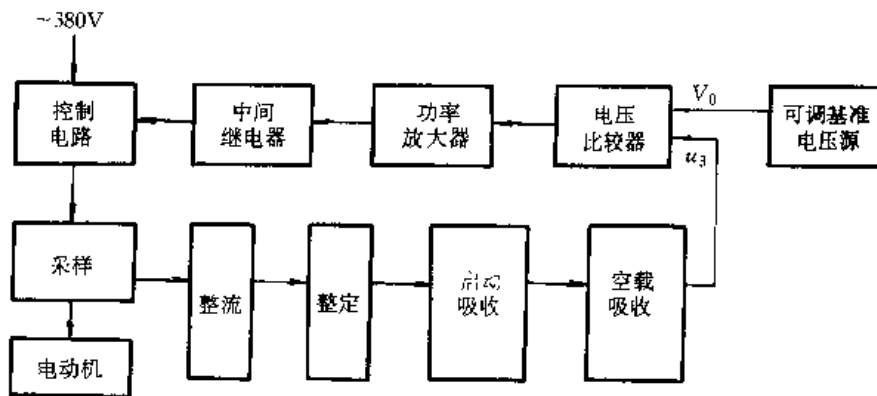
当下一次启动信号触发时, 由于 D 的另一半电路组成计数输入式双稳态触发器, 使 D 的 ⑨脚输出呈低电位,  $VT_2$ 、 $VT_3$  导通, 双向晶闸管  $VS_1$  导通,  $SM_1$  励磁, 1 号压油泵(图中未画出)工作。停泵原理同上。这样周而复始, 两台泵就实现了自动轮流启动运行工作。

为了满足试验及特殊运行方式的需要, 增设了手动启动、停止回路。将选择开关  $SA_2$  置于“M”位置、 $SA_3$  置于 1、2 及(1-2)号位置, 就可实现手动起、停任意一台泵以及同时两台泵的运行方式。若  $SA_2$  置于“A”位置、 $SA_3$  置于任意位置, 则只能自动起停。

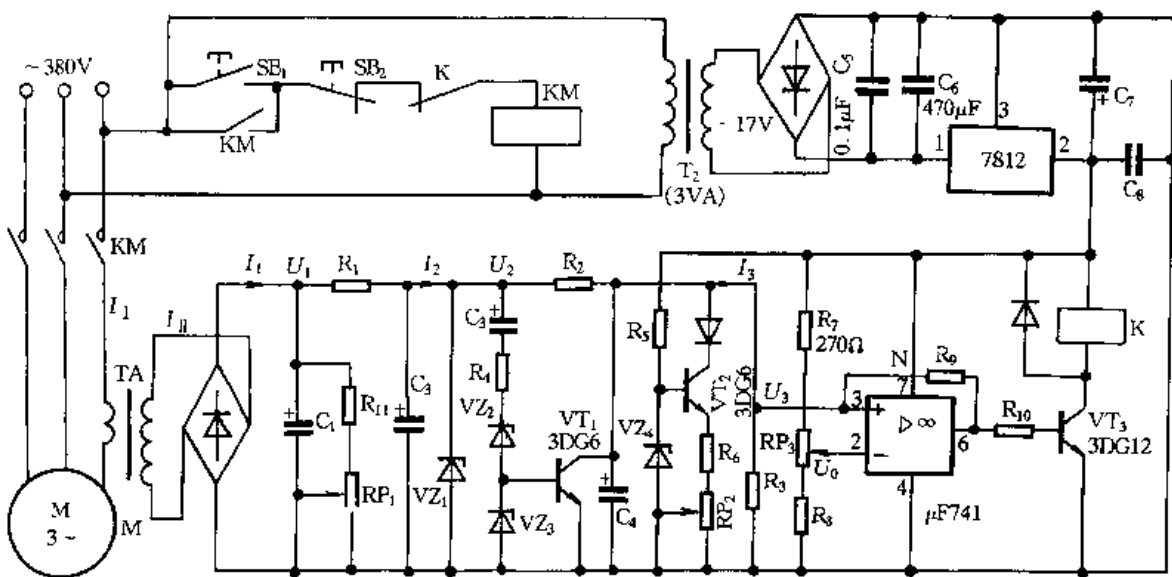
若出现压力过高(即压力继电器  $KP_4$  接通)或过低(即  $KP_3$  接通)时, 则通过  $VS_4$ 、 $VT_5$ 、 $N_2$  使 K 得电工作, 并发出报警信号(只画出引出触点)。按下按钮 SB 就可以解除报警。

### 3. 电动机负载力矩控制电路

图 2.2.6 所示电动机负载力矩控制电路, 用在电动螺丝刀、自动机床的电动轧盘等专用自动化设备上。当电动机的负载力矩达到规定值(螺钉被拧紧或轧盘将工件轧紧)时, 控制电路即自动切断电动机电源。



(a) 电路方框图



(b) 控制电路

图 2.2.6 电动机负载力矩控制电路

按下按钮  $SB_1$ , 接触器  $KM$  得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 电动机  $M$  转动, 相电流  $I_1$  在电流互感器  $TA$  副边产生电流  $I_{II}$ , 经桥式整流后得到直流电流  $I_1$ 。随着电动机负载力的增大,  $I_1$  增大,  $I_3$  也增大,  $I_3$  在  $R_3$  上的电压  $U_3$  也相应增加。当电动机负荷达到规定值时,  $U_3$  大于所设的基准电压  $U_0$ , 比较器  $N$  的输出变为高电平, 使  $VT_3$  饱和导通, 继电器  $K$  得电吸合, 其常闭触点断开, 切断控制电路电源, 而使  $KM$  失电释放, 其主触点断开, 电动机停转。通过调节  $U_0$  的大小就可调节电动机的最大负载力矩。

由于电动机的启动电流很大, 在启动瞬间会引起误动作, 为此设置了  $VT_1$  启动电流吸收电路。在启动瞬间,  $VZ_1$  被击穿,  $U_2$  被限制在  $VZ_1$  的击穿电压以内,  $I_2$  的一部分被  $VZ_1$  吸收; 同时,  $C_3$  的充电电流使  $VT_1$  导通,  $U_3 \approx 0$ , 在启动阶段  $U_3 < U_0$ , 这样就防止了电动机误动作。启动完毕后  $VT_1$  截止。

为了得到较高的控制精度, 要求取样电压  $U_3$  随负载变化的灵敏度要高, 为此设置了  $VT_2$  空载吸收电路。

#### 4. 由磁敏传感器和晶闸管组成的自动往复行程控制电路

由磁敏传感器和晶闸管组成的自动往复行程控制电路, 适用于气动、液压驱动等短行程快速往复自动控制。自动往复行程限位电路由完全相同的 A、B 两组电路组成, 其中 A 组电路如图 2.2.7 所示。

当霍尔传感器  $SP(UGN3020)$  没有感应到永久磁铁的磁场时,  $SP$  的③脚呈高电平, 三极管  $VT_1$  饱和导通, 其集电极输出低电平, 使集成电路  $D_1(CA4013)$  的⑥、①脚为低电平, 三极管  $VT_2$  截止, 继电器  $K_1$  不得电。当  $SP$  感应到永久磁铁的磁场(磁感应强度  $\geq 8 \times 10^{-2}T$ )时,  $SP$  的③脚变为低电平,  $VT_1$  截止, 其集电极呈高电平,  $D_1$  的⑥脚为高电平, 使  $D_1$  置位, 即①脚由低电平变为高电平, 使  $VT_2$  饱和导通,  $K_1$  得电吸合,  $K_1$  用于控制其它器件工作,  $D_1$  的①脚输出信号还经集成电路  $D_2$  的与非门 1、2 及  $R_6$ 、 $C_2$  组成的积分延时电路(图中延迟时间数值为 0.3s), 保证永久磁铁在  $SP$  点偏离后,  $D_1$  的①脚输出的高电平信号有一延迟时间,  $VT_2$  继续导通, 使  $K_1$  有足够的时间吸合。经一定延迟时间后,  $D_2$  的④脚才发出一个复位电平加到  $D_1$  的④脚, 使  $D_1$  复位,  $K_1$  也复位。

$D_2$  的与非门 3、4 及  $C_3$ 、 $R_7$  用作开机自动复位。在开机瞬间,  $D_1$  的④脚为高电平状态, 使  $D_1$  复位, 开机过后, 电容充电, 由于  $C_3$  一端接 +12V 电源, 另一端经电阻  $R_7$  接地, 因此  $D_1$  的④脚变为低电平状态, 为电路准备工作待命。

自控电磁阀转换液流加压驱动电路如图 2.2.8 所示, 根据图 2.2.7 电路工作原理, 工作时, 液压泵启动准备给液路加压, 合上开关  $S$ , 永久磁铁固定在喷涂枪上, 按动按钮  $SB_1$  或  $SB_2$ , 启动喷涂枪滑行。如按下  $SB_1$ , 控制继电器  $K_2$  得电吸合并自锁, 其常开触点  $K_2(3-4)$  闭合, 使晶闸管  $VS_1$  控制极有电流通过, 因此被触发导通, 电磁阀  $YV_1$  吸合, 使甲液回路阻塞, 甲液回路迅速升压使油驱动器驱动喷涂枪正向滑行, 喷涂枪滑行到  $SP$  限位点时,  $D_1$  置位,  $VT_2$  饱和导通, 但在控制器件开始动作瞬间, 喷涂枪的快速滑行会使喷涂枪走过  $SP$  限位点很小一段距离, 这时, 延迟电路已将  $D_1$  置位锁定 0.3s, 使喷涂枪偏离  $SP$  后不使  $D_1$  出现复位,  $K_1$  得电吸合, 使  $K_2$  失电释放,  $VS_1$  控制极无电流通过而截止,  $YV_1$  释放, 甲液回路开路降压,  $K_1$  在吸合 0.3s 后复位, 而在吸合的同时,  $K_1$  的触点  $K_{1A}$  点动了  $K_3$ ,  $K_3$  得电吸合并自锁, 其常开触点  $K_3(3-4)$  闭合, 使  $VS_2$  触发导通,  $YV_2$  得电吸合将乙液回路(图中未画出)封锁, 乙液回路迅速升压使油驱动器反向驱动喷涂枪滑行, 到达 B 组电路  $SP'$ (图中未画出 B 组电路, 与 A 组电路, 相应元件加“'”)限位点时,  $K_1'$  动作吸合,  $K_3$  失电释放,  $YV_2$  也释放, 乙液回路开路降压(第一轮往复行程结

束),同时,由于  $K_1'$  吸合,  $K_1'$  的触点又点动了  $K_2$ ,  $K_2$  得电吸合并自锁,喷涂枪开始第二轮的行程运行。如此周期性地自动控制喷涂枪循环往复运行。

为使图 2.2.7、图 2.2.8 电路中  $K_1 \sim K_3$  能可靠工作,  $D_1$  设置了延迟复位电路,延迟时间应考虑到复位状态必须在下一个行程到来之前完成,否则将会造成失控。如不设延时复位电路,则永久磁铁会附在设施上快速运行。

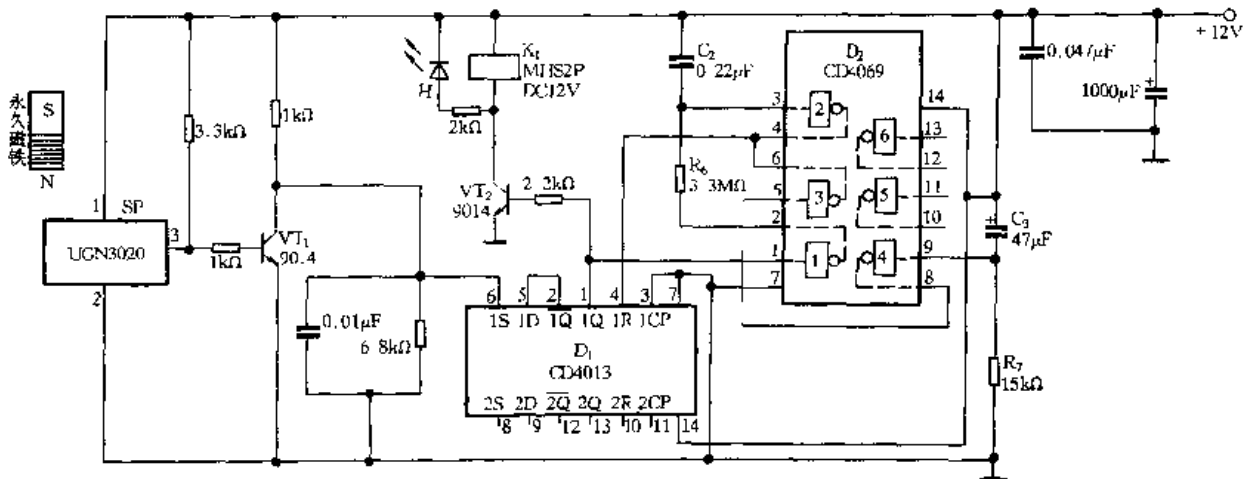


图 2.2.7 自动往复控制电路

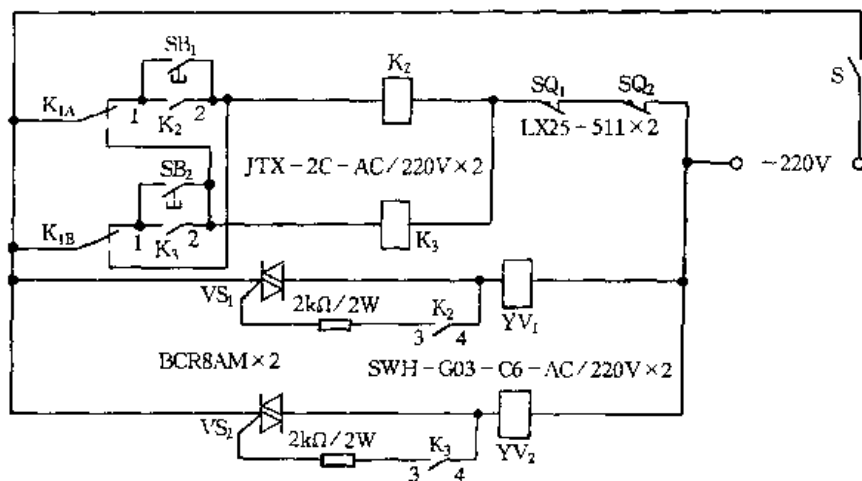


图 2.2.8 自控电磁阀换液加压驱动电路

### 5. 电动机事故连锁及报警电路

在事故连锁报警电路中,当某台电动机因故堵塞或过载时,控制电路应使其工艺流程的前路设备停机,停止继续运行,并进行事故报警,其控制电路如图 2.2.9 所示。

当电动机  $M_2$  因堵塞或过载时,引起热继电器  $FR_2$  跳闸,其常闭触点断开,使接触器  $KM_2$  失电释放,电动机  $M_2$  停转,接着接触器  $KM_3 \sim KM_N$  相继失电释放,电动机  $M_3$ 、 $M_4 \dots M_N$  先后停转。同时  $FR_2$  的常开触点接通,经接触器  $KM_2$  的常闭触点使中间继电器  $K_2$  得电吸合并自锁,  $K_2$  常开触点闭合,信号继电器线圈  $KS$  得电吸合,其常开触点闭合,使故障指示灯  $HL$ 、电笛  $HA$  接通发出一闪一灭故障信号指示及报警信号,指示出电动机  $M_2$  出现故障。当热继电器  $FR_2$  自动复位时,由于  $K_2$  自锁,仍然发出事故闪光指示及事故报警信号。待维修人员赶到现场排除故障后,按一下信号复位按钮  $SB_2$ ,即可解除声光事故报警信号。

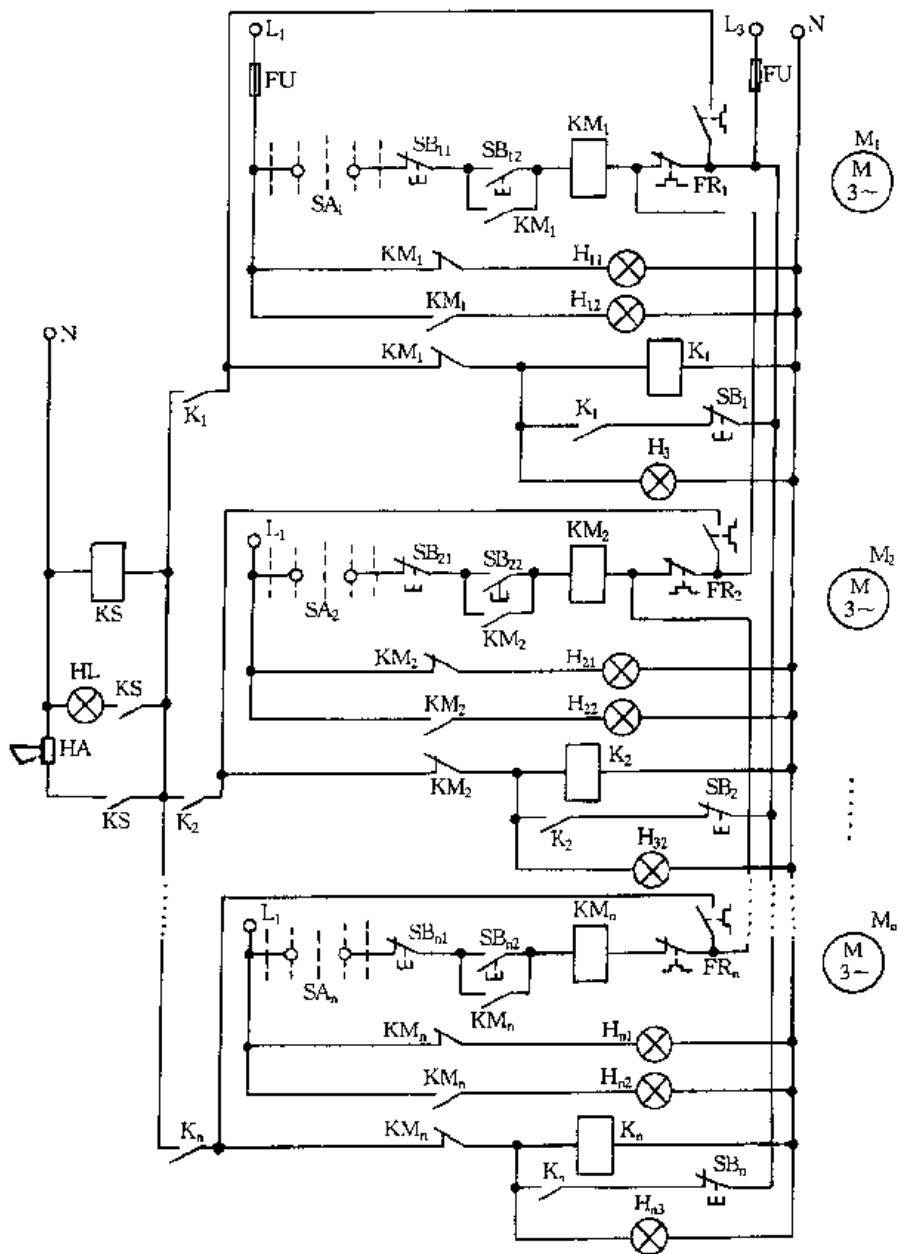


图 2.2.9 电动机事故连锁及报警电路

### 三、电动机降压启动控制电路

#### 1. 利用时间继电器的电动机 Y- $\Delta$ 降压启动电路

在电动机 Y- $\Delta$ 降压启动过程中,为避免从 Y 形连接到 $\Delta$ 形转换时电弧短路,转换时必须要有休止时间,即必须在电弧消除后才能转换。这一休止时间由 Y- $\Delta$ 启动用的时间继电器来实现,使 Y 形连接接触器有足够的断开时间,通常这一时间设定为 50ms,称之为转换时间。

电路如图 2.2.10 所示。按启动按钮  $SB_2$ ,时间继电器  $KT$  得电吸合,其常开延时断开的常开触点  $KT(17-18)$  闭合;Y 形连接接触器  $KM_1$  得电吸合,其主触点闭合,使电动机定子绕组为 Y 形连接,其常开触点  $KM_1(1-2)$  闭合,使线路接触器  $KM$  得电吸合并自锁,电动机启动,经过 7s(根据实际情况整定)延时后,电动机达到额定转速时,时间继电器  $KT$  的触点  $KT(17-18)$  断开,使  $KM_1$  失电释放,再经过 50ms, $KT$  延时闭合的常开触点  $KT(27-28)$  闭合,接通 $\Delta$ 形连接接

触器  $KM_2$ , Y 形接触器  $KM_1$  已经断电, 电动机绕组为  $\Delta$  形连接, 完成启动过程。

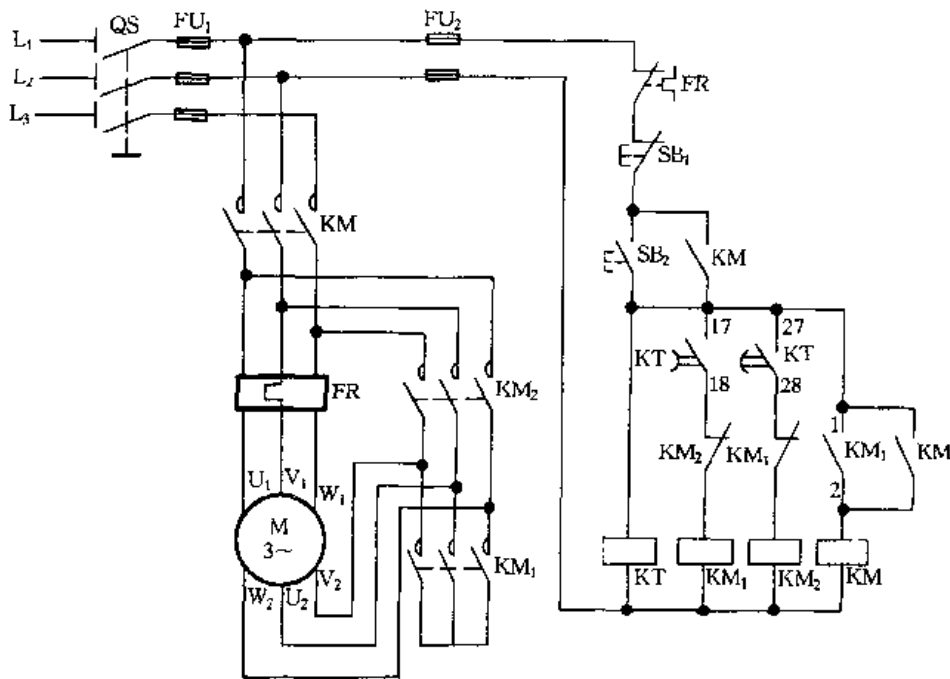


图 2.2.10 电动机 Y- $\Delta$  启动电路

根据电动机的启动过程, 可确定时间继电器的工作时序如图 2.2.11 所示。由于电气控制系统对机械的控制过程, 实际上是配合机械完成动作的各种程序, 也就是保证各动作对时间的确定关系。因此, 以纵坐标表示控制电器的工作状态, 称为状态坐标; 以横坐标作为控制作用时间, 称为时间坐标。这样, 可以画出各电器工作状态对时间的关系, 即电气控制过程图。这种过程图画法是: 从原始状态画起, 在发出控制指令后, 按动作顺序逐一画出各电器元件的状态变化, 并可用箭头表示各元件间的控制关系。这种过程图能清楚地看出整个系统的动作程序以及各步程序中哪些元件动作。先将图中各电器元件的工作状态分别作为纵坐标, 时间坐标公用, 这样便于了解同一时刻所有电器元件的状态情况。

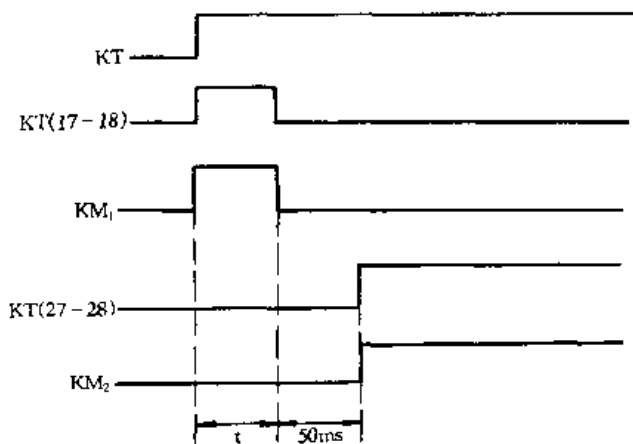


图 2.2.11 时间继电器的工作时序

图 2.2.12 所示为由集成电路 D(CC4541) 组成的具有图 2.2.11 工作时序的电子式时间继电器。CC4541 为可编程计时器, 由 16 级二进制计数器和一个集成振荡器组成, 振荡器外接 1 只电容和两只电阻, 具有接通电源自动复位电路和输出控制逻辑功能。这里只选择自动复位计时器操作功能, 采用复位到高电平、信号周期工作方式。

接通电源, D 复位被启动, 其输出端 ⑧ 脚为高电平, 使  $VT_1$  导通, A 点电位为低电平, 继电器  $K_1$  得电吸合, 其常开触点  $K_1(17-18)$  即图 2.2.10 中的触点  $KT(17-18)$  闭合; 并使  $VD_2$  导通, B 点的电位为  $1V(0.7V + 0.3V)$ ,  $VT_2$  截止, 继电器  $K_2$  不动作。



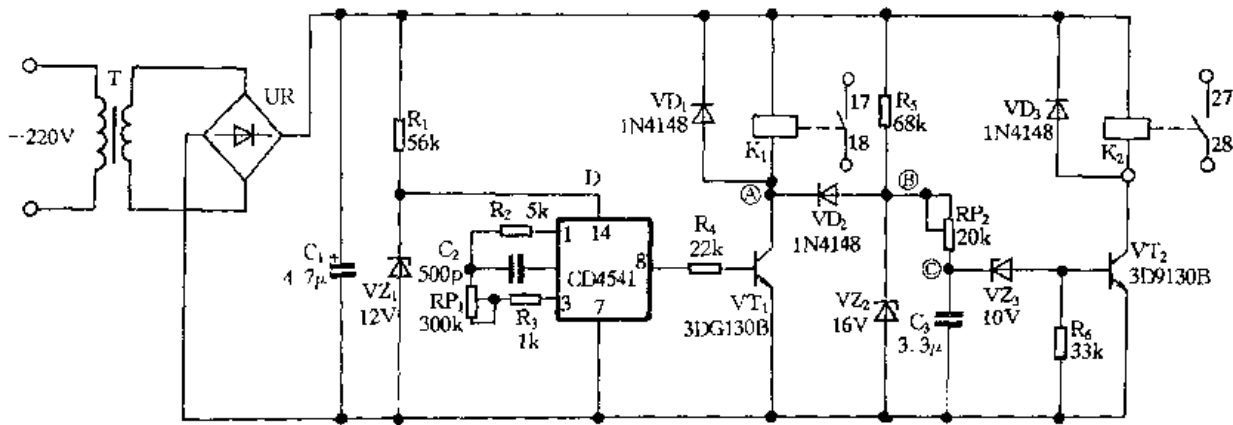


图 2.2.12 由集成电路 N(CD4541)组成的电子式时间继电器

电源接通后, D 开始计时, 经过  $t$  秒(通过调节  $RP_1$ ), D 输出为低电平, 使  $VT_1$  截止。A 点电位为高电平, 继电器  $K_1$  失电释放, 其触点  $K_1$  (17 - 18) 即图 2.2.10 中的触点  $KT$  (17 - 18) 断开。这时 B 点为高电平, 并钳位在 16V。电容  $C_3$  充电, C 点电位升至 10.7V(通过  $RP_2$  调整)。当  $U_C \geq 10.7V$  时,  $VT_2$  导通, 使继电器  $K_2$  得电吸合, 其触点  $K_2$  (27 - 28) 即图 2.2.10 中的触点  $KT$  (27 - 28) 闭合, 并保持这种工作状态直至电源断电。

当重新接通电源时, 又重复上述过程。

电动机 Y 形接通时间  $t$ , 通过调节  $RP_2$  可以得到 Y -  $\Delta$  转换时间 50ms, 因此该时间继电器能够满足电动机 Y -  $\Delta$  启动的需要。

选择  $RP_2$  阻值为 20k $\Omega$  的可调电位器, 当  $RP_2$  为 14.6k $\Omega$  时, 即可得到 Y -  $\Delta$  转换时间为 50ms。

## 2. 多台电动机逐一进行 Y - $\Delta$ 降压启动电路

某设备有 8 台 7.5kW 电动机驱动的风机, 为了减小启动电流对电网的冲击, 8 台风机电动机应逐一启动。其中一台风机电动机的主电路如图 2.2.13 所示。其控制电路如图 2.2.14 所示, 其中循环定时器如图 2.2.15 所示。该循环定时器得电后, 其中间继电器 K 的输出触点呈循环通断状态, 失电后该触点为常开。其时间周期通过改变电阻  $R_1$ 、 $R_2$  的参数来自行调节, 通常取 1 ~ 10s, 一般设定在 8s 左右。

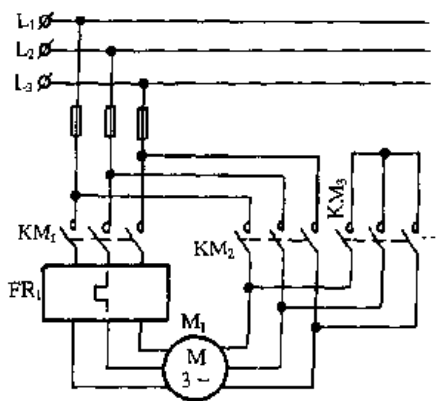


图 2.2.13 一台风机电动机的主电路

对于图 2.2.14 和图 2.2.15, 合上手控开关 SA, 循环定时器得电, 继电器 K 得电吸合, 其常开触点 K (7 - 8) 闭合, 并维持 8s, 使中间继电器  $K_1$  得电吸合, 其常开触点  $K_1$  (3 - 4) 闭合, 于是接触器  $KM_3$  得电吸合, 其主触点闭合, 使电动机  $M_1$  接成 Y 形连接, 其常开触点  $KM_3$  (1 - 2) 闭合、常闭触点  $KM_3$  (3 - 4) 断开, 接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 使电动机  $M_1$  以 Y 形方式启动运转(见图 2.2.13)。循环定时器经 8s 延时后, K 失电释放, 其触点 K (7 - 8) 断开, 使  $K_1$  失电释放, 其触点  $K_1$  (3 - 4) 断开, 使  $KM_3$  失电释放, 其常闭触点  $KM_3$  (3 - 4) 闭合, 使接触器  $KM_2$  得电吸合, 其主触点闭合,  $M_1$  转为  $\Delta$  形接线形式运行。同时,  $KM_2$  常开辅助触点  $KM_2$  (3 - 4) 闭合, 为  $M_2$  启动、运行作好准备; 另外, 由于  $KM_2$  常闭辅助触点  $KM_2$  (1 - 2) 断开, 进一步确保  $KM_3$  失电, 因此以后

$K_1$  反复通断将不再对  $KM_3$  起作用。就这样,  $K$  常开触点通断每历时一个周期, 一台电动机就投入运行, 并且一台一台向后递进。当第 8 台电动机也以  $Y - \Delta$  方式转换后投入正常运行,  $KM_{23}$  得电, 由于  $KM_{23}$  有一副常闭辅助触点  $KM_{23}(1 - 2)$  串入循环定时器回路, 因此将其电源切断而退出工作状态;  $K$  常开触点断开,  $K_1$  失电退出工作, 整个启动过程至此全部结束。

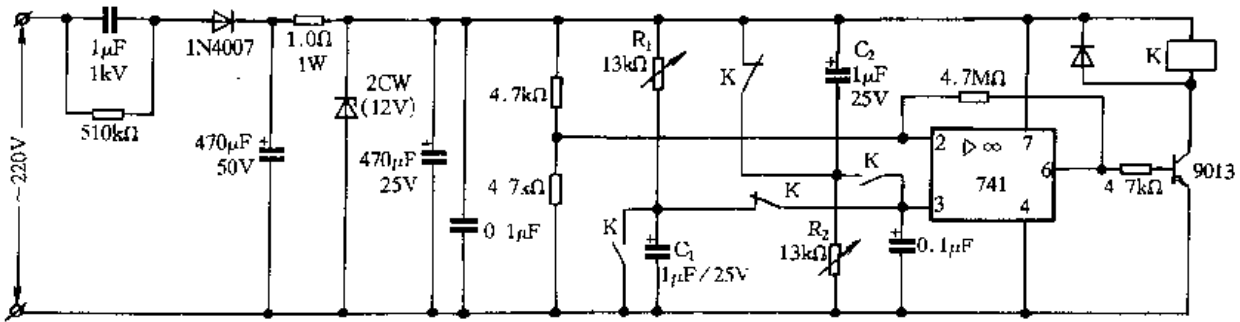


图 2.2.14 多台电动机逐一启动的 Y-Δ 降压启动控制电路

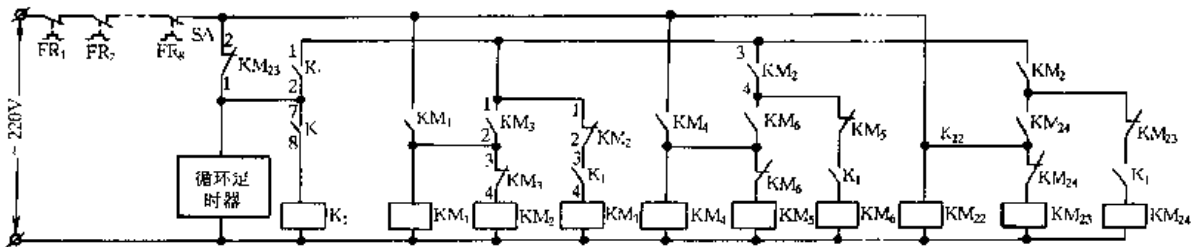


图 2.2.15 循环定时器电路

图 2.2.14 所示控制电路将每台电动机热继电器的保护触点  $FR_1 \sim FR_8$  串联后接入控制电源进线处, 当任一电动机因工作电流过大而造成热继电器动作, 则将控制电源切断, 使 8 台电动机全部退出工作。如果由于设备的特殊要求, 一旦风机停转即须令整套系统也退出工作, 那末还应另设连锁控制环节, 该电路未给出。

### 3. JKT-125 型自耦减压启动电路的改进电路

电路图如图 2.2.16 所示, 转换开关  $SA$  置于自动位置, 按下启动按钮  $SB_1$ , 接触器  $KM_2$  和  $KM_3$  得电吸合并自锁,  $KM_3$  的常开触点  $KM_3(33 - 34)$  闭合, 使电流时间转换装置  $KT$  得电, 电动机经自耦变压器降压启动。  $KM_3$  的另一常开触点  $(23 - 24)$  闭合, 当  $KT$  的整定电流和整定时间到, 其常闭延时闭合的触点  $KT(5 - 6)$  闭合, 使  $KA$  得电吸合并自锁,  $KA$  的常开触点  $KA(33 - 34)$  闭合, 使  $KM_1$  得电吸合并自锁; 其常闭触点  $KA(11 - 12)$  断开, 使  $KM_2$  失电释放, 同时  $KM_1$  的常闭触点  $KM_1(21 - 22)$  断开, 使  $KM_3$  失电释放, 自耦变压器退出运行, 电动机转入正常工作状态。  $KM_1$  的常闭触点  $KM_1(31 - 32)$ 、 $(41 - 42)$  打开, 使过载保护起作用, 常开触点  $KM_1(23 - 24)$  闭合, 将  $KT$  电流线圈及过流保护回路短接。电动机启动完毕后,  $KM_1$  的常闭触点  $KM_1(21 - 22)$  断开, 使  $KM_2$ 、 $KM_3$  失电释放,  $KM_3$  失电,  $KM_3$  的常开触点  $KM_3(33 - 34)$  打开,  $KT$  电压线圈失电, 同时  $KM_3$  的常开触点  $KM_3(23 - 24)$  也打开, 从而使  $KA$  失电,  $KT$ 、 $KA$  全部退出运行。

增加指示灯  $HY$  以观察启动过程。该电路在运行过程中仅接触器  $KM_1$  和热继电器  $FR$  工作。在启动过程中, 如  $KT$  损坏, 还可手动操作使电动机转入正常运行, 因此它具有很高的可靠性和实用性。

### 4. 自耦变压器降压启动控制电路

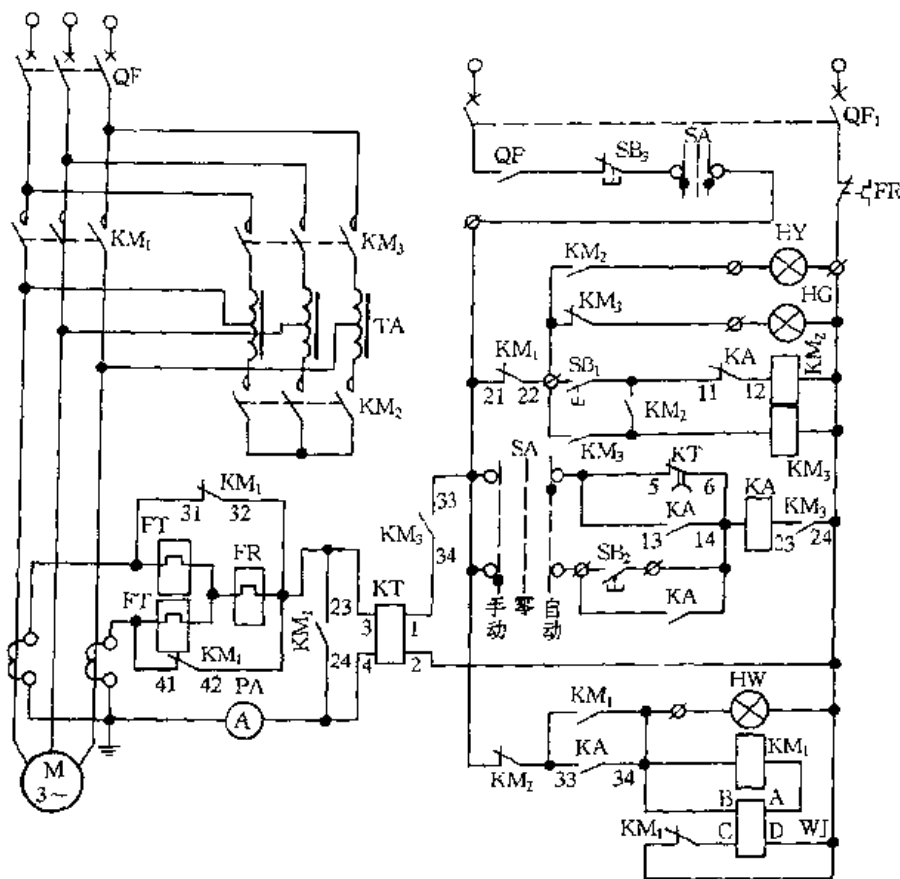


图 2.2.16 JKT-125 型自耦减压启动电路的改进电路

图 2.2.17 所示控制电路,从启动到运转的转换采用电流转换方式,缩短了启动时间;从启动到运转的转换采用闭路转换方式,可有效地避免在转换过程中产生的对电动机、运转接触器主触点和电网的二次电流冲击。

该电路特点:停机后只要将 SA 置于断开位置,即可切断控制电路的电源,减少不必要的电能损耗;将 TM 的 Y 形连接接触器  $KM_1$  的主触点由 Y 形接法改为  $\Delta$  形接法,使接触器  $KM_1$  减小一个容量等级,缩小占用空间,降低设备费用;电动机的启动过程增加音响信号,从而提醒操作者对启动过程的注意,如启动过程进行“手动”控制时,操作者按了启动按钮  $SB_2$  后,忘记按运转按钮  $SB_3$  时,系统将不停地发出音响报警信号;改进后的控制电路,在启动阶段任何一个环节发生故障,电动机都将无法启动。

### (1) 电路工作原理

合上开关 QF,将 SA 置于“自动”位置,指示灯  $HL_2$  亮,按下启动按钮  $SB_2$  后,时间继电器  $KT_1$  得电吸合,其延时断开的常开触点瞬时闭合,使 KA、 $KM_1$ 、 $KM_2$  相继得电吸合,指示灯  $HL_2$  灭、 $HL_1$  亮,蜂鸣器 HA 发出启动音响信号。 $KM_1$  得电后,其常闭触点断开,使  $KT_1$  失电释放,经一定延时后,其延时断开的常开触点断开,当电动机启动电流下降到 1.5 倍额定工作电流时,欠电流继电器 KI 释放,其常开触点断开,使 KA、 $KM_1$  线圈相继失电释放, $KM_3$  得电吸合,其主触点闭合,使电动机转接至全电压运行,其辅助常闭触点断开,使  $KM_2$  失电释放,其主触点断开,使得自耦变压器 TM 被切除。与此同时, $HL_1$  灭、HA 音响停止、 $HL_3$  亮。停机时,只需按下  $SB_1$ , $KM_3$  失电释放,电动机将停止运行。

### (2) 改进后控制电路的可靠性分析

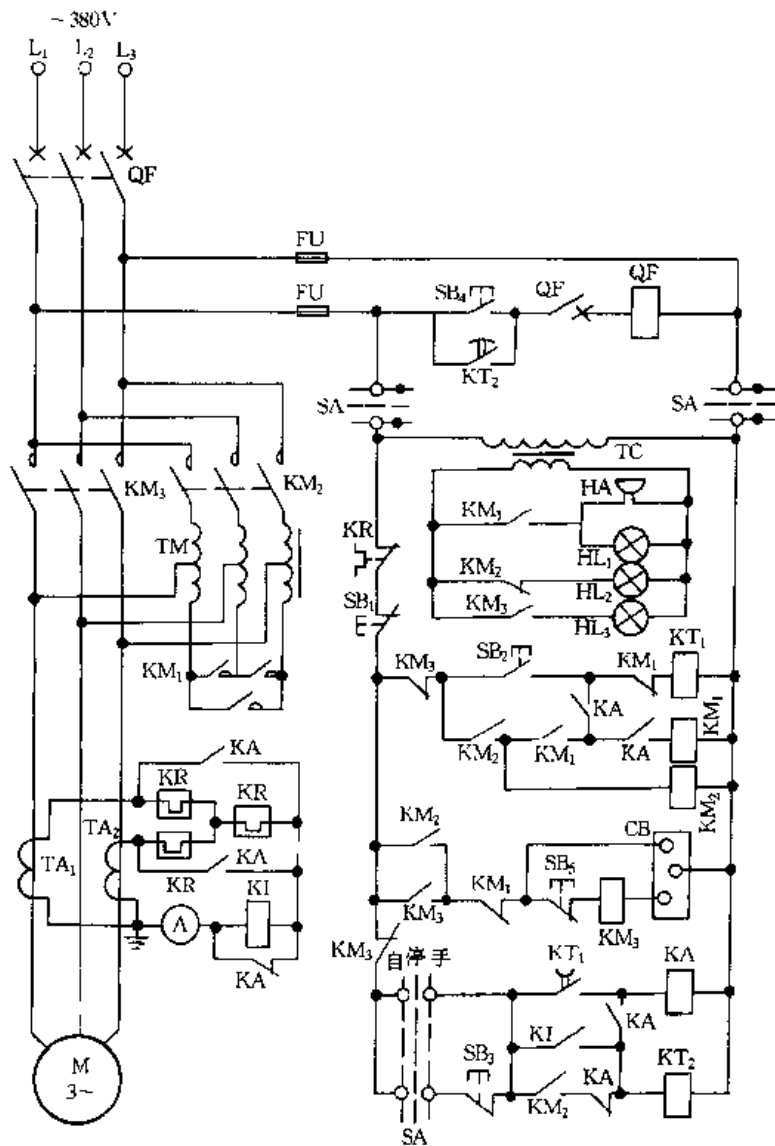


图 2.2.17 自耦减压启动控制电路

① 在启动时,若电动机长时间启动电流下降不到 1.5 倍额定工作电流,即电动机达不到 80% 额定转速,超过  $KT_2$  的设定时间,其延时闭合的常开触点闭合,使断路器 QF 分励脱扣,切断总电源,电动机停止运转。

② 如果  $KT_1$  的线圈因断线等故障而拒动,其延时断开的常开触点不能闭合, $KA$ 、 $KM_1$  及  $KM_2$  的就不能得电吸合,电动机无法启动。

③ 如果  $KM_1$  熔焊或卡住不能复位,即常开触点闭合,常闭触点断开,不受线圈控制, $KT_1$  由于  $KM_1$  常闭触点断开而无法得电吸合, $KA$ 、 $KM_2$  的也就不能得电吸合,电动机也无法启动。

④ 如果  $KM_3$  线圈因断线等故障而拒动,电动机启动电流降到 1.5 倍额定工作电流, $KI$  失电释放,常开触点断开, $KA$ 、 $KM_1$  相继失电释放, $KM_1$  常闭触点闭合, $KM_3$  得电吸合,此时  $KM_3$  由于线圈断线等故障而拒动,电动机无法换接到全电压运行。该控制电路利用  $KM_2$  常开辅助触点及  $KA$  常闭触点作为  $KM_3$  是否拒动的信号反馈,电动机由启动向运行转换时,若  $KM_3$  拒动, $KT_2$  线圈失电后又再次得电吸合。设定时间一到,延时闭合的常开触点闭合,QF 分励脱扣,切断总电源,电动机停止运转。

⑤ 只要  $KM_1$ 、 $KM_2$  及  $KA$  任何一个元件发生线圈断线等故障而拒动, $KM_1$ 、 $KM_2$  都不能自

锁,电动机都将无法启动。

#### 四、电动机制动电路

##### 1. 单向运转的全波整流点动能耗制动控制电路

在具有能耗制动的电动机控制电路中,增加1只时间继电器及两只中间继电器,使电动机不仅在正常停车时有制动作用,而且在点动过程中也有较好的制动效果,其电路如图2.2.18所示,图中虚线框内的电路为增加部分。

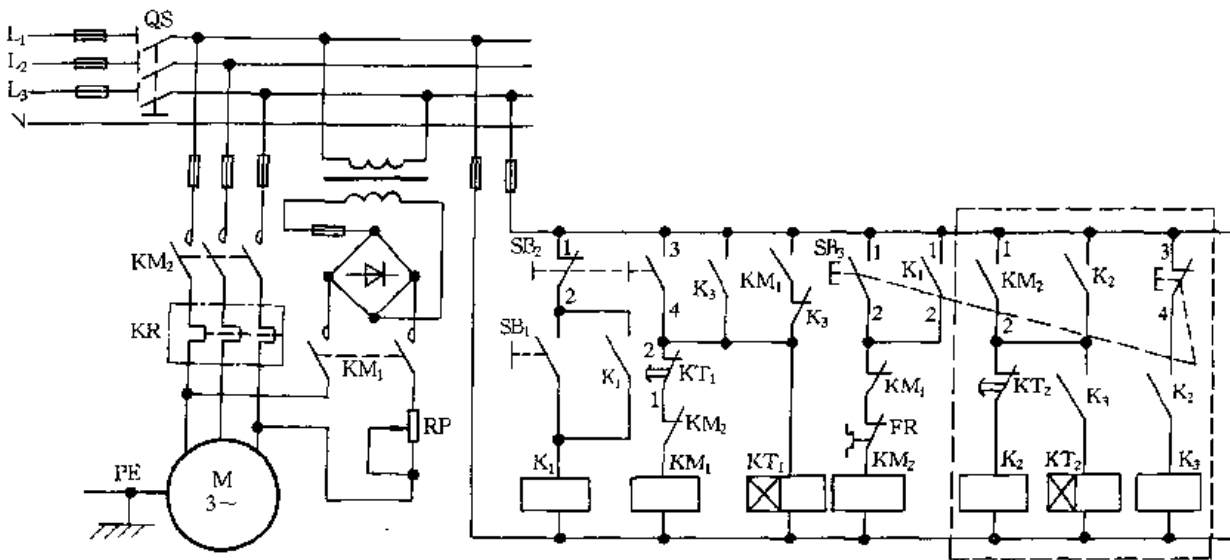


图 2.2.18 单向运转的全波整流点动能耗制动控制电路

##### (1) 启动控制

按下启动按钮  $SB_1$ , 继电器  $K_1$  得电吸合并自锁, 同时, 其常开触点  $K_1(1-2)$  闭合, 使接触器  $KM_2$  得电吸合, 使电动机  $M$  启动运行;  $KM_2$  的常闭辅助触点断开, 使接触器  $KM_1$  不能得电。

##### (2) 正常停车控制

按下复合停止按钮  $SB_2$ , 其常闭触点  $SB_2(1-2)$  断开, 使  $K_1$  失电释放, 其常开触点  $K_1(1-2)$  断开, 使  $KM_2$  失电释放, 其主触点断开, 使电动机  $M$  脱离三相电源;  $KM_2$  的常闭辅助触点复位, 而  $SB_2$  的常开触点  $SB_2(3-4)$  又闭合, 使接触器  $KM_1$  与时间继电器  $KT_1$  同时得电吸合并自锁,  $KM_1$  主触点将直流电通入电动机两相绕组内, 进行能耗制动, 经  $3 \sim 4s$  延时后,  $KT_1$  的延时释放触点  $KT_1(1-2)$  打开, 使  $KM_1$  失电释放, 从而切断直流回路, 电动机停止运转。

##### (3) 点动控制

按下复合点动按钮  $SB_2$ , 其常开触点  $SB_3(1-2)$  闭合, 使  $KM_2$  得电吸合, 将主回路接通, 电动机运转。同时  $KM_2$  的常开辅助触点  $KM_2(1-2)$  闭合, 使继电器  $K_2$  得电吸合并自锁。而继电器  $K_3$  则由于  $SB_3$  的常闭触点  $SB_3(3-4)$  断开没有复位而不得电, 松开  $SB_2$ , 接触器  $KM_2$  失电释放, 电动机  $M$  失电。  $K_3$  得电吸合, 其常开触点  $K_3(3-4)$  闭合, 使制动接触器  $KM_1$  得电, 进行能耗制动。同时, 时间继电器  $KT_2$  得电并处于等待状态。如果两次点动的间隔时间小于  $KT_2$  的整定时间(为  $2 \sim 3s$ ), 其常闭延时触点不打开, 这时按下  $SB_3$  即为点动, 松开  $SB_2$  即为制动; 若两次点动的间隔时间大于  $KT_2$  的整定时间或点动定位结束,  $KT_2$  常闭触点定时打开, 自动将  $KM_1$  主触点断开, 使制动结束。

在调试过程中, 应从大到小地调电位器  $RP$ , 使通入电动机绕组内的直流电流值既能满足

制动要求又不会使电动机过分发热,一般调整在电动机空载电流的 3~5 倍范围内,效果最佳。

## 2. 双向运转反接制动控制线路

电路如图 2.2.19 所示。合上总电源开关 QS,按下正向启动按钮 SB<sub>2</sub>,中间继电器 KA<sub>3</sub> 得电吸合并自锁,其常闭触点 KA<sub>3</sub>(9-10)断开,使 KA<sub>4</sub>、KM<sub>2</sub> 不能得电,实现连锁;其触点 KA<sub>3</sub>(4-7)闭合,使接触器 KM<sub>1</sub> 得电吸合。KM<sub>1</sub> 吸合后,其触点 KM<sub>1</sub>(11-12)断开,确保 KM<sub>2</sub> 不能得电,实现连锁;其主触点闭合,电动机 M 启动;触点 KM<sub>1</sub>(13-14)闭合,为 KA<sub>1</sub> 得电作准备。KA<sub>3</sub> 得电吸合后,其触点 KA<sub>3</sub>(19-18)闭合,为 KM<sub>3</sub> 得电吸合作准备。此时电动机 M 开始降压启动,当转子速度大于一定值时,速度继电器的触点 KV-1 闭合,使中间继电器 KA<sub>1</sub> 得电吸合并自锁,其触点 KA<sub>1</sub>(3-11)闭合,为 KM<sub>2</sub> 得电吸合作准备。此时 KM<sub>3</sub> 得电吸合,其主触点闭合,短接电阻 R,电动机 M 以额定电压运转。

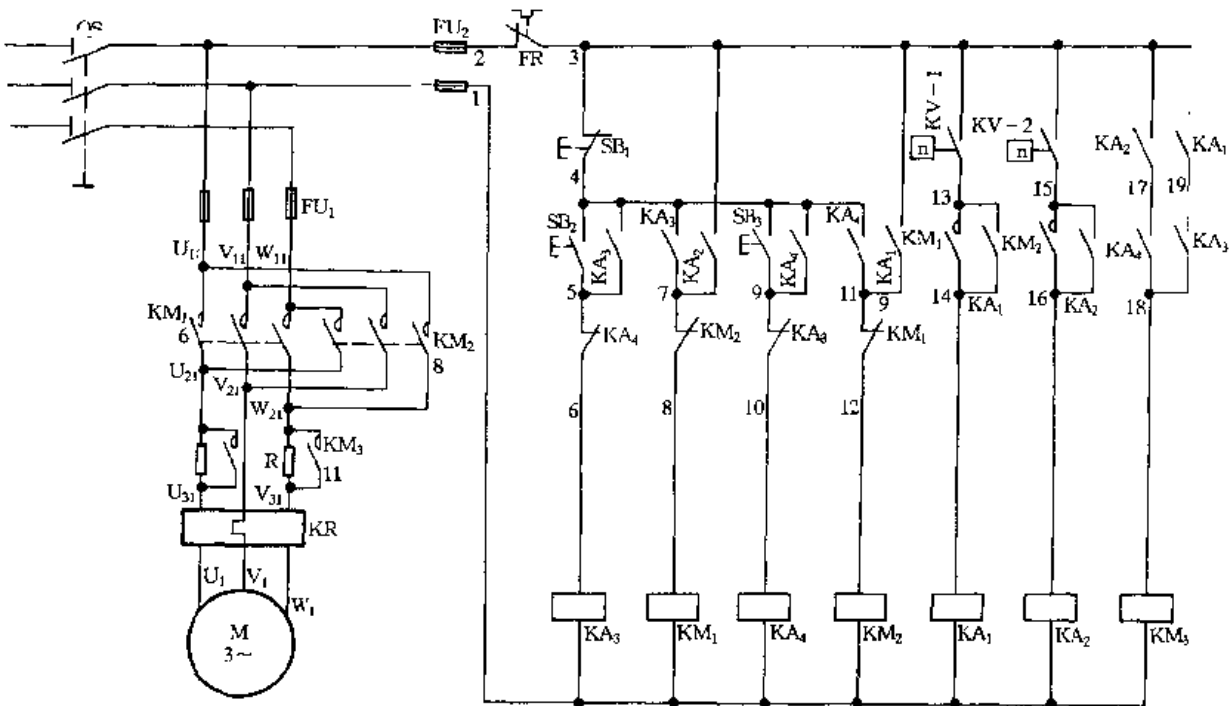


图 2.2.19 双向启动反接制动控制电路

按下停止按钮 SB<sub>1</sub>,中间继电器 KA<sub>3</sub> 失电释放,其常闭触点 KA<sub>3</sub>(9-10)恢复闭合,常开触点 KA<sub>3</sub>(4-5)断开,KA<sub>3</sub>(4-7)断开,使接触器 KM<sub>1</sub> 失电释放,此时触点 KM<sub>1</sub>(13-14)断开,触点 KM<sub>1</sub>(11-12)恢复闭合,KM<sub>1</sub> 的主触点断开,电动机 M 失电以惯性运转。由于 KA<sub>3</sub> 失电释放,因此触点 KA<sub>3</sub>(19-18)断开,又使 KM<sub>3</sub> 失电释放,电阻 R 又接入,此时触点 KA<sub>1</sub>(3-11)已闭合,接触器 KM<sub>2</sub> 得电吸合,其主触点闭合,电动机 M 开始反接制动;触点 KM<sub>2</sub>(7-8)断开,使 KM<sub>1</sub> 不能得电,实现连锁;触点 KM<sub>2</sub>(15-16)闭合,当转子速度接近于零时,速度继电器的触点 KV-1 断开,使中间继电器 KA<sub>1</sub> 失电释放,于是触点 KA<sub>1</sub>(13-14)、KA<sub>1</sub>(3-19)、KA<sub>1</sub>(3-11)均断开,接触器 KM<sub>2</sub> 失电释放,电动机 M 制动结束。

电动机反向启动反接制动,工作过程和正向时相同,不再赘述。

## 五、三相异步电动机保护电路

### 1. 具有显示功能的电动机断相保护电路

电路如图 2.2.20 所示,采用电流信号对电动机断相进行保护,且具有断相显示功能。

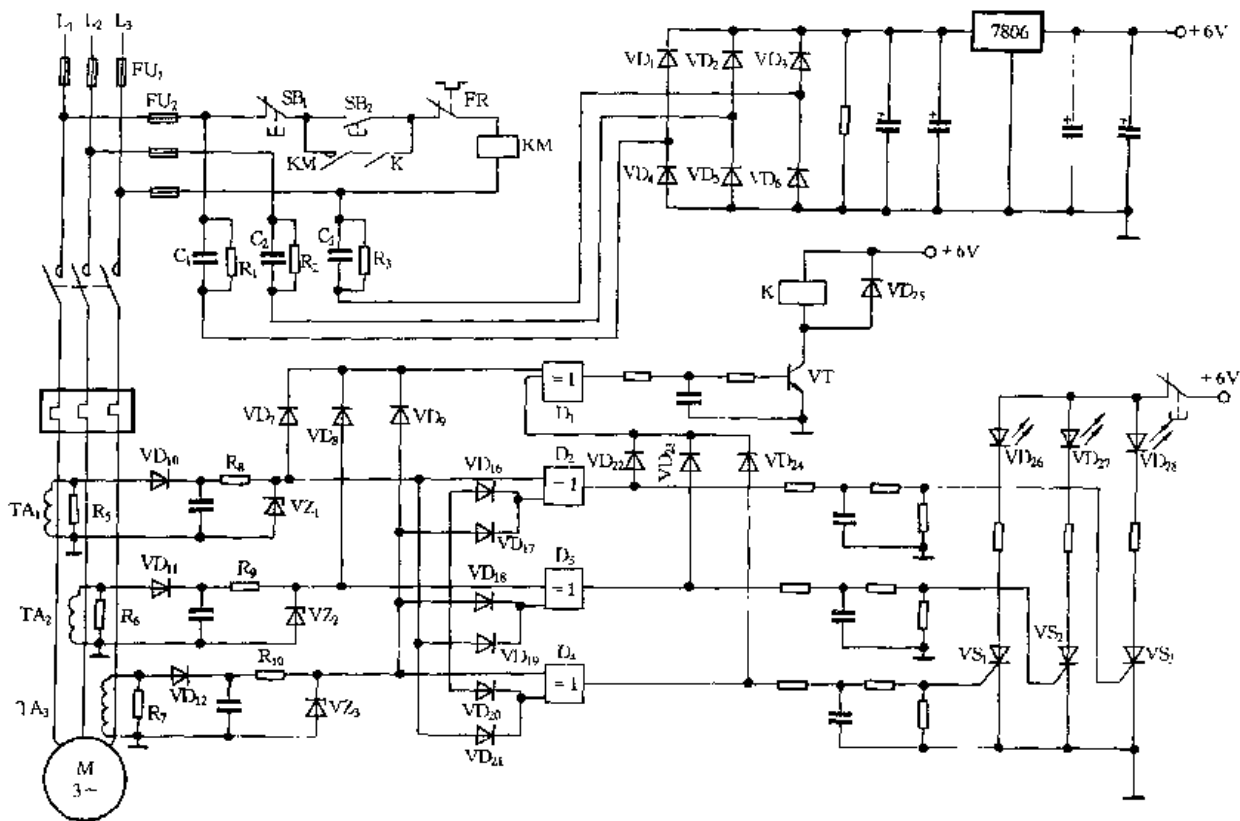


图 2.2.20 具有显示功能的电动机断相保护电路

在主回路电源的每一相上均接有 1 只电流互感器  $TA_1$ 、 $TA_2$ 、 $TA_3$ 。当电动机启动后,电流流经互感器,在其副绕组两端的取样电阻  $R_5$ 、 $R_6$ 、 $R_7$  上产生电压降,该电压经整流、滤波、稳压后得到直流电压信号,通过  $VD_7 \sim VD_9$ 、 $VD_{16} \sim VD_{17}$ 、 $VD_{18} \sim VD_{19}$  以及  $VD_{20} \sim VD_{21}$  所组成的或门后,分别加到四个异或门  $D_1 \sim D_4$  的一个输入端。或门的逻辑关系是:只有一个输入信号为高电平,则其输出就为高电平;只有输入信号全为低平时,其输出才为低电平。异或门的逻辑关系是:若两个输入信号均为低电平或高电平,则其输出为低电平;只有一个输入信号为低(或高)电平而另一个输入信号为高(或低)电平时,其输出则为高电平。在三相电源正常时,异或门  $D_2 \sim D_4$  的两个输入端均为高电平,因此其输出端为低电平,经或门  $VD_{22} \sim VD_{24}$ ,使异或门  $D_1$  的一个输入端为低电平,而异或门  $D_1$  的另一输入端为高电平,使异或门  $D_1$  输出高电平,导致 VT 导通,继电器 K 得电吸合,电动机保持正常工作状态。当三相电源某相断相时,与该相对应的异或门的一个输入端将变为低电平,而另一输入端仍为高电平,该异或门的输出将由低电平变为高电平,该高电平信号一路去触发晶闸管,使发光二极管发光,作断相显示,另一路则通过或门  $VD_{22} \sim VD_{24}$  送至异或门  $D_1$  的一个输入端,使该输入端为高电平,异或门  $D_1$  的另一输入端信号来自或门  $VD_7 \sim VD_9$  仍为高电平,因此异或门的  $D_1$  的输出由高电平变为低电平,VT 由导通变为截止,继电器 K 失电释放,切断主回路电源,保证了电动机的安全。

为了提高抗干扰能力,在异或门  $D_1 \sim D_4$  的输出端均设置了延时电路。 $D_1$  输出端的延时电路不仅保证了电动机的可靠启动,还保证了在断相情况下断相信号先触发晶闸管,使故障显示电路工作后,再切断主电源电路。 $D_2 \sim D_4$  输出端的延时电路可保证在电动机启动过程中不使晶闸管误触发。稳压电路  $R_8 \sim R_{10}$ 、 $VZ_1 \sim VZ_3$  的作用是限制电动机启动时的启动电流在电

流互感器次级所产生的过电压,以免保护电路误动作。

供电电源由  $C_1 \sim C_3$  降压,经三相桥式整流,并由二端稳压器 7806 稳压供给,使外电路发生断相故障时,保护电路仍能正常工作。

## 2. 空压机电动机的断相保护电路

空气压缩机电动机的断相保护电路与一般电动机断相保护电路不同。因为空气压缩机(以下简称空压机)都装有气压自动开关,根据压缩空气的压力变化情况,自动断开或闭合电动机电路,达到自动调节压力的目的,以保持空压机储气罐内的气体压力,使压缩机安全运行。因此空压机电动机的断相保护电路必须把正常的电路无电流和由断相造成的无电流区分开来,图 2.2.21 所示电路就是空压机电动机断相保护电路,GY 为气压自动开关。

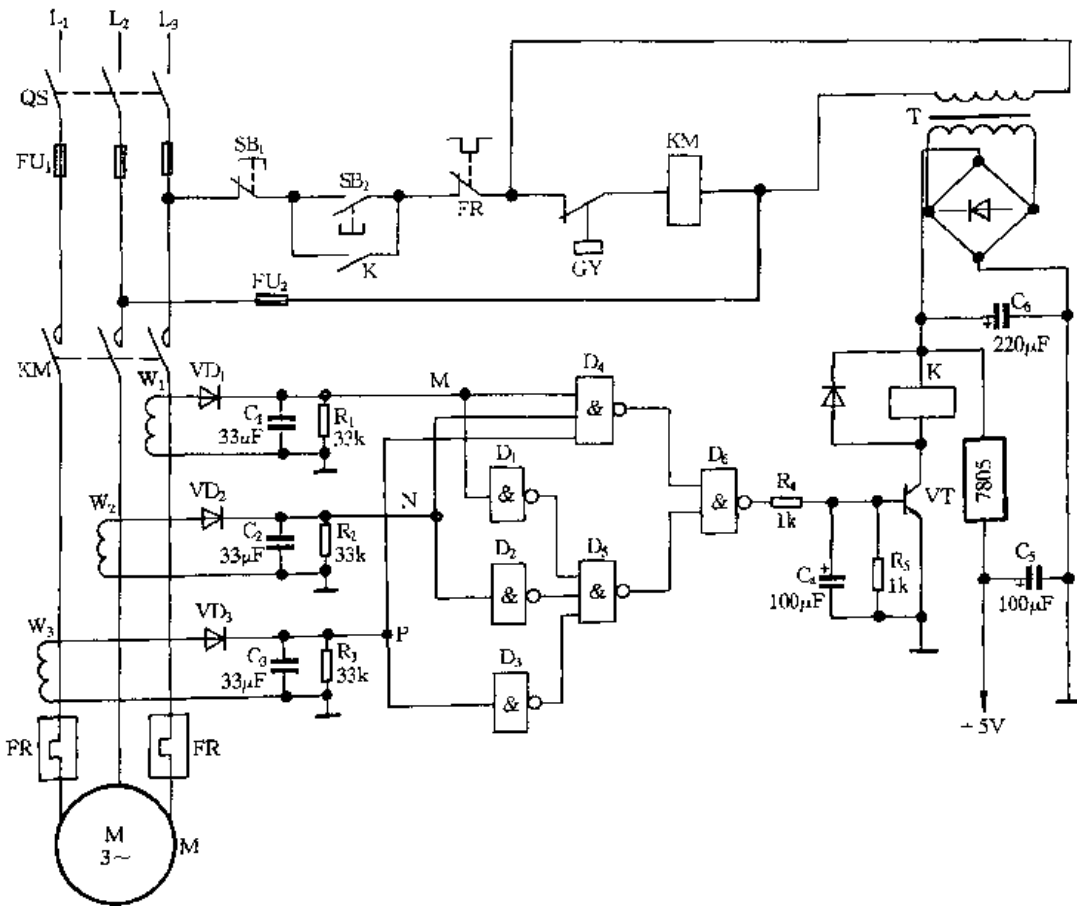


图 2.2.21 空压机电动机断相保护电路

按下启动按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM$  得电吸合,其主触点闭合,使电动机  $M$  启动运转,空压机开始工作。由于分别穿过 3 个磁环的电源线中都有交流电流通过,线圈  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  就会感应出电压,经  $VD_1$ 、 $VD_2$ 、 $VD_3$  整流及  $C_1R_1$ 、 $C_2R_2$ 、 $C_3R_3$  滤波,使  $M$ 、 $N$ 、 $P$  点分别输出高电平电压 ( $>3V$ ),使 4 个与非门  $D_1 \sim D_4$  的输入均为高电平,其输出均为低电平,使与非门  $D_5$  输出高电平。与非门  $D_6$  的输入,一个为低电平,另一个为高电平,其输出为高电平,致使晶体管  $VT$  导通,继电器  $K$  得电吸合,其常开触点闭合,对接触器  $KM$  进行连锁。使电动机  $M$  正常运转,空压机正常工作。

电动机正常运转后,使空气压力逐渐增高,当储气压力超过上限额定工作压力时,气压自动开关  $GY$  的常闭触点断开,接触器  $KM$  失电释放,电动机  $M$  停止运转。此时因穿过三个磁环



的导线均无电流通过,  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  中无感应电压,  $M$ 、 $N$ 、 $P$  点均输出低电平电压, 与非门  $D_1 \sim D_4$  均输出高电平, 与非门  $D_5$  输出低电平。与非门  $D_6$  的输入, 一个为高电平, 另一个为低电平, 其输出仍为高电平, 晶体管  $VT$  仍导通, 继电器  $K$  仍吸合, 其常开触点仍闭合。待储气罐内压力低于下额定工作压力时, 气压自动开关  $GY$  的常闭触点复位, 接触器  $KM$  得电吸合, 电动机  $M$  启动运转。

当发生断相运行时, 如  $L_1$  相断相, 则  $L_1$  相无电流流通, 此时  $M$ 、 $N$  点电压为高电平,  $P$  点电压为低电平, 与非门  $D_3$ 、 $D_4$  输出高电平, 与非门  $D_1$ 、 $D_2$  输出低电平。与非门  $D_5$  输出高电平。因此与非门  $D_6$  输出低电平, 晶体管  $VT$  截止, 继电器  $K$  失电释放, 其常开触点复位, 接触器  $KM$  失电释放, 切断电动机  $M$  电源, 以保护电动机。

由上述分析可看出, 当电动机由正常工作到停止或由停止到正常工作的转换过程中均能确保继电器  $K$  始终得电吸合, 而发生断相运行时, 才使继电器  $K$  失电释放。

在使用该断相保护电路时, 应调整  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  的匝数, 使  $M$ 、 $N$ 、 $P$  三点电压在最轻负载时达到  $3V$  左右, 以确保门电路的正常转换。还要注意, 当  $M$ 、 $N$ 、 $P$  三点电压超过  $4.5V$  时, 应进行分压, 使  $D_1 \sim D_4$  的输入电压不能超过  $4V$ 。

### 3. 电流型三相电动机断相保护电路

电路如图 2.2.22 所示, 通过 3 个自制的小电流互感器  $TA_1$ 、 $TA_2$  及  $TA_3$  对电动机运行中的三相电流进行检测, 采集到的信号分别经  $VD_1$ 、 $VD_2$  及  $VD_3$  整流,  $C_1$ 、 $C_2$  及  $C_3$  滤波, 经  $VD_4$ 、 $VD_6$  及  $VD_8$  组成的“或门”电路, 再经  $R_4$ 、 $R_5$  分压送到电压比较器  $N_1$  的同相端; 由  $VD_5$ 、 $VD_7$  及  $VD_9$  组成的“与门”电路作为三相电流有无的识别电路, 其输出电压送入电压比较器的反相端。

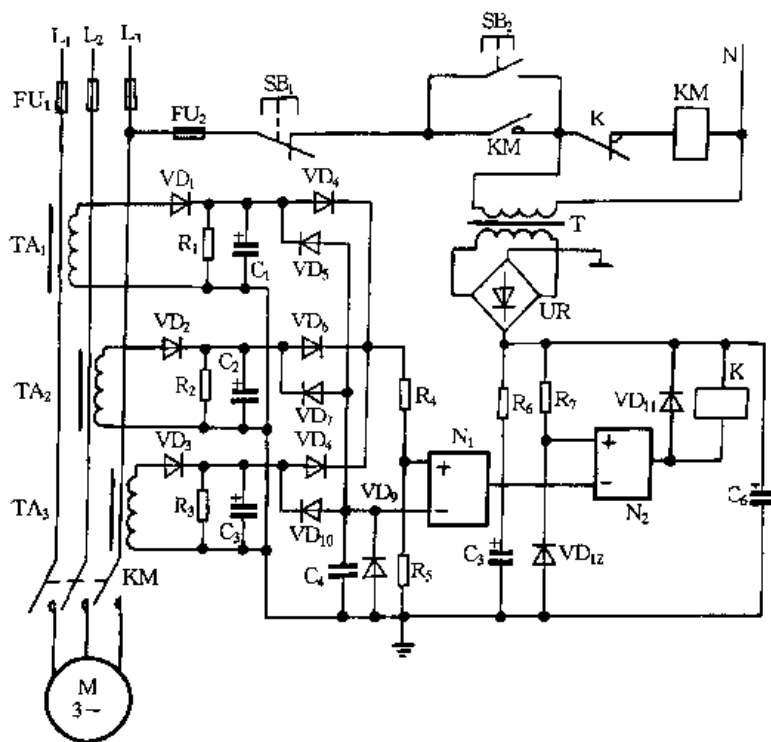


图 2.2.22 电流型三相电动机断相保护电路

当主回路无断相时, 由于  $N_1$  的两输入端电位为  $U_{1+} < U_{1-}$ ,  $N_1$  输出端为低电平,  $N_2$  是由三个电压比较器并联而成, 作为功率驱动级,  $N_2$  的输入端电平为  $U_{2+} > U_{2-}$ ,  $N_2$  输出高电位, 使继电器  $K$  失电而不吸合, 维持主回路的正常工作。

当电动机出现断相时,主电路中有一相电流为零,相应地电流互感器的信号电压为零,另两相电流增大,信号电压上升,送入  $N_1$  同相端的信号电压基本不变。由于  $R_1$ 、 $R_2$  及  $R_3$  中的一个电压降为零,而  $R_1$ 、 $R_2$  及  $R_3$  的电阻值又较小( $1.2\text{k}\Omega$ ),因此经“与门”电路,使  $N_1$  的反相端电位接近于零电位, $N_1$  满足输入端电压  $U_{1+} > U_{1-}$  的条件, $N_1$  输出高电位,使得  $N_2$  翻转输出低电位,继电器 K 得电吸合,K 的常闭触点断开,使接触器 KM 失电释放,电动机停止运行,达到断相保护的目。三相严重不平衡时的工作过程大致相同。

#### 4. 全电子三相交流电动机断相运行保护电路

电路如图 2.2.23 所示。当三相电压对称时,a、b 两点的电压大小相等,相位相反,因此检测单元中光电耦合器不工作,控制单元不产生控制信号。当有断相或存在严重的相电压不平衡时, $U_{ab} \neq 0$ ,检测单元有信号输出,如果输出信号超出门限电平,则产生控制信号,断开电动机控制电路的继电器,使电动机与电网脱离。

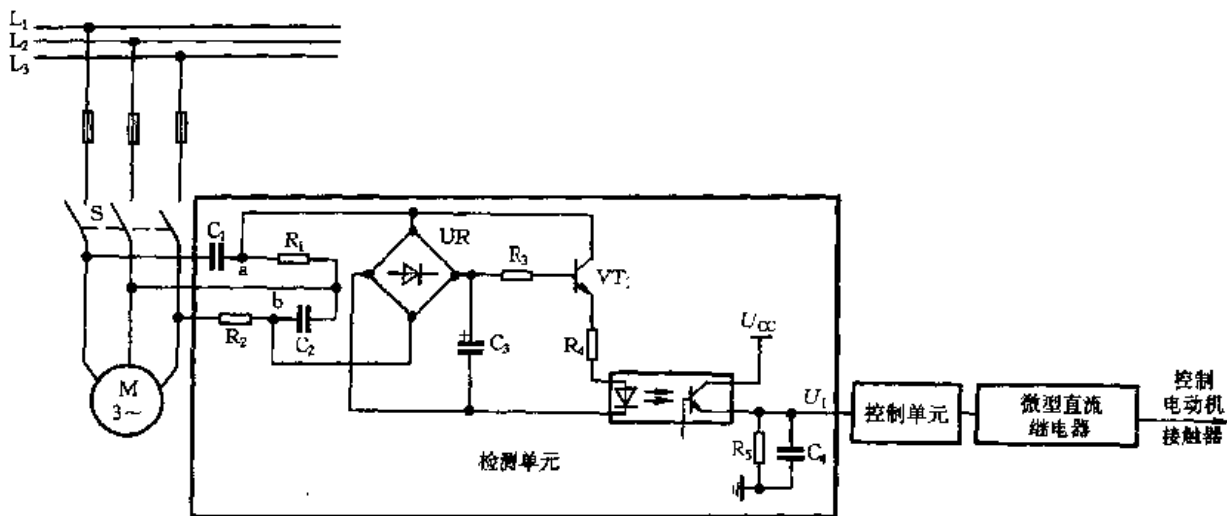


图 2.2.23 三相电动机断相运行保护电路

##### (1) 检测单元

为保证检测单元中 a、b 两点在三相电压对称时  $U_{ab} = 0$ ,  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  应满足以下要求: $R_1$  ( $\text{k}\Omega$ ) =  $0.0055 \times 1/C_1$  ( $\mu\text{F}$ )、 $R_2$  ( $\text{k}\Omega$ ) =  $0.0055 \times 1/C_2$  ( $\mu\text{F}$ )。

##### (2) 控制单元

控制单元如图 2.2.24 所示。RP 用以调节门限电平; $R_6$ 、 $C_5$  组成积分电路,用来消除因突发及启动时干扰的影响;计数器  $D_2$  (CD4013) 初始时置 0;执行元件为灵敏小型继电器 K (DC 12V)。

当没有断相或相电压不对称度不严重时, $U_1 < U_2$  ( $U_2$  可根据需要进行调整),运放 N 输出为高电平,没有信号加到  $D_2$  上,当存在断相或相电压严重不平衡时, $U_1 > U_2$ ,此时运放 N 输出由高电平变为低电平。经  $R_6$ 、 $C_5$  延时后,有信号加到  $D_2$  上,其输出使继电器得电吸合,其常闭触点断开,使控制电动机的接触器失电释放,使电动机停止转动,同时启动声、光报警。声、光报警电路如图 2.2.25 所示。

每台电动机的故障情况由对应的发光二极管指示。该电路的计数器能防止出故障后未经检查确认而重新启动电动机,只有待检查确认后,经手动复位(或重新上电)才可重新工作。

#### 5. 电动机相敏保护电路

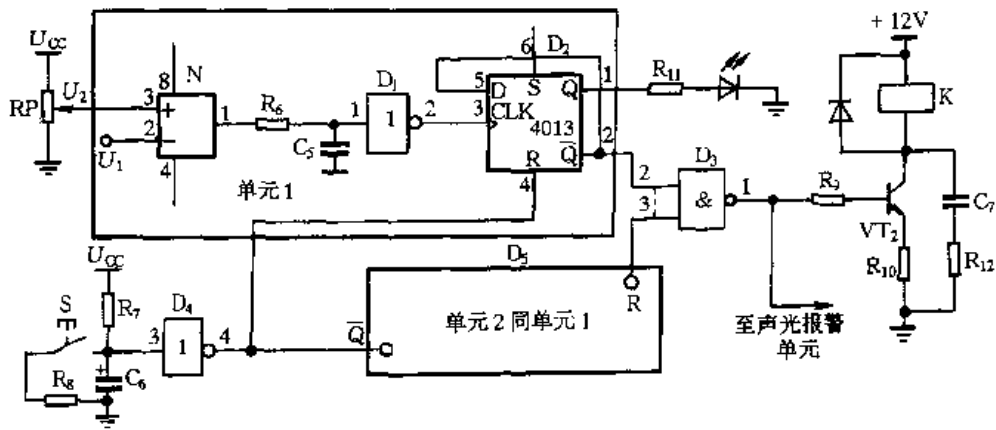


图 2.2.24 控制单元电路

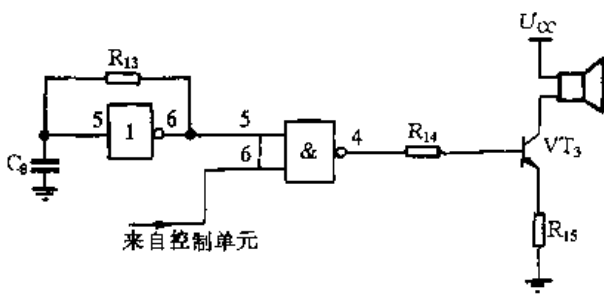


图 2.2.25 报警单元电路

煤矿井下使用的三相鼠笼型电动机，随着井下供电线路的加长，线路上正常的启动电流与线路的短路电流十分接近，因而使短路保护电路电流值的整定产生困难。为此，有些矿井采用加大电缆截面积，但效果并不明显，而且使故障电流人为地增加，对安全不利；有些矿井将短路电流动作值整定在 10 倍额定电流值左右，从而引起短路保护拒动现象。

由此看出，仅以电流的大小来区分电动机启动电流与短路电流是困难的。但三相鼠笼型电动机启动时的电流虽大，而启动时的功率因数却很低，一般在 0.3 ~ 0.5；而在线路末端短路时，其功率因数仍较高，接近于 1。因此，若在检测电流  $I$  大小的同时，再检测功率因数角  $\varphi$ ，利用电流与功率因数的乘积  $I \cdot \cos\varphi$  作为短路保护的动参量，就可十分明显地区别启动电流与短路电流，这就是相敏保护的基本原理。

电动机启动时的低功率因数是供电系统中的一种独特的特性。同时，从保护元件看，如短路故障出现在元件与电动机之间的供电电缆上，其功率因数总是接近于 1，即使在最坏的情况下，也不会跌到 0.9 以下，这是因为除变压器外，限流阻抗几乎全部是电阻性的，如果有电弧出现，则更是如此。

图 2.2.26 所示为利用相敏电路实现的电动机断相保护电路。电流互感器 TA 的二次输出电压  $u_1$  经运放  $N_1$  后，送至相敏电路  $N_2$ 。电网电压  $u$  经变压器 T 降压后，送到运放  $N_5$ ， $N_5$  为反相过零检测电路，在电网电压的负半周，输出  $u_v$  为正电平，三极管 VT 导通。此时  $N_2$  为反相放大器，其输出  $u_d$  和输入  $u_1$  反相；当  $u$  为正半周时， $u_v$  为负电平，三极管 VT 截止，此时  $N_2$  为同相放大器，输出  $u_d$  和  $u_1$  同相，这样， $N_2$  输出为半波信号。

$C_3$ 、 $R_{13}$  构成一超前移相电路，其作用是为了补偿电流互感器二次输出电压超前于一次电压的角度，并使超前移相网络输出电压滞后电流互感器二次输出电压一个角度  $\theta$ ，以便人为地减小余弦值。设电网的功率因数角为  $\varphi$ ，则对  $u_d$  进行付氏分解后，可得到其中的直流分量为  $u_d = 0.9AU_1 \cos(\varphi + \theta)$ ，式中  $A$  为相敏电路  $N_2$  的放大倍数， $U_1$  为电流互感器二次输出电压  $u_1$  的有效值。

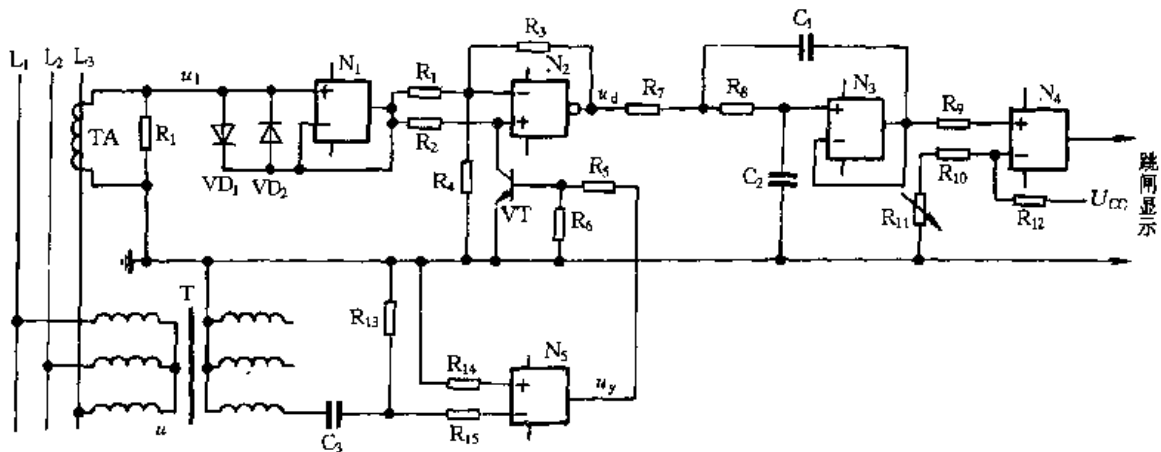


图 2.2.26 电动机相敏保护电路

利用低通滤波器  $N_7$  将  $u_d$  中的交流成分滤去,便得到直流分量。

从上式可看出,滤波器输出直流分量完全能反映电网电流与功率因数的乘积。将此直流分量送入后级动作值比较电路  $N_4$ ,即可很好地区分电动机的启动电流与短路电流,从而实现相敏保护。其出口可实现跳闸与显示。 $N_4$  中电阻  $R_{11}$  用作调节动作电流整定值。

### 6. 三相鼠笼型电动机综合保护电路

图 2.2.27 所示为电动机综合保护电路,能对电动机断相、过载、堵转、短路等故障,进行报警和切断控制回路电源从而实现保护。

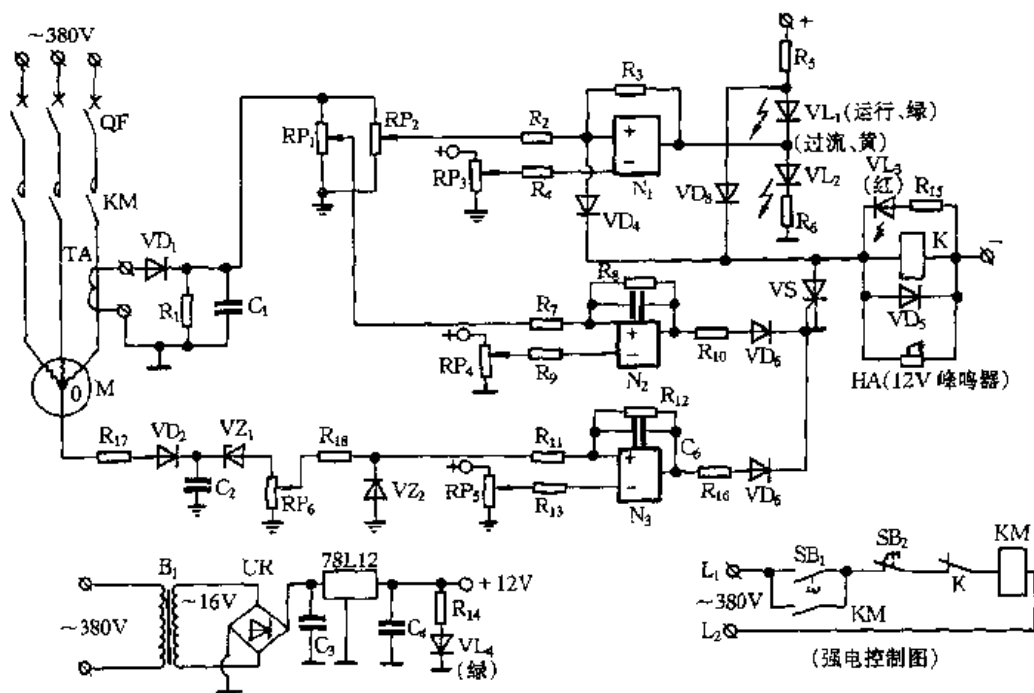


图 2.2.27 三相鼠笼型电动机综合保护电路

电动机的运行状态用 3 只发光二极管显示,正常运行时绿灯  $VL_1$  亮;当电流超过正常值的 1.3 倍后,绿灯灭,黄灯  $VL_2$  亮,表示过流警告(因少量过流短时间还不会引起大故障,因此黄灯亮时不停电动机);当电动机严重过负荷(如发生短路、断相、过载、堵转)时,绿、黄灯灭,红灯  $VL_3$  亮,表示有故障,并且切断电动机控制回路,达到保护电动机的目的。红灯继续亮,等工作

人员处理。

运算放大器  $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$  接成有正反馈放大形式的施密特电路,即输入电压达到一定值时,其输出为正,当输入电压下降到一定电压时,输出才为零,形成一定的回差。该电路中回差设置得不很大,一定的回差起到了抗干扰作用,但太大的回差降低了灵敏度,因此要综合考虑。回差大小取决于3个运算电路中的反馈电阻  $R_3$ 、 $R_8$ 、 $R_{12}$ ,电阻越大,回差越小;电阻越小,回差越大。对电流互感器 TA 的精度、线性度要求较低,可自制。

电流互感器 TA 的输出电流经二极管  $VD_1$  整流,  $R_1$ 、 $C_1$  滤波和电位器  $RP_2$  分压后,加到运放  $N_1$  的输入端。 $RP_3$  提供运放  $N_1$  的比较基准电压。电动机正常运行时,  $N_1$  输出为低电平,使  $VL_1$  灯亮,  $VL_2$  灯灭;当电动机电流大到一定程度时,运放  $N_1$  输出为高电平,黄色发光管  $VL_2$  亮,绿色发光管  $VL_1$  灭,发出过流警告,过流动作程度可由电位器  $RP_3$  调整(一般设定在 1.1 ~ 1.2 倍额定电流时为好)。当发生故障时,电流互感器输出电流增大,取样电压高,运放  $N_2$  输出高电平,其输出电压经  $R_{10}$ 、 $VD_6$ , 触发晶闸管 VS,使继电器 K 得电吸合,其常闭触点断开,切断电动机控制回路的电源,使接触器 KM 失电释放,电动机停止转动,此时  $VL_2$  (红灯)亮。这时由于  $VD_4$ 、 $VD_8$  的作用,运放  $N_1$  输出为零,  $VL_2$  灭,而  $VL_1$  由  $VD_8$  的作用也灭,即故障时绿黄灯灭,只有红灯亮。运放  $N_2$  的动作用  $RP_4$  来调整,一般可调到电动机额定电流 4 ~ 6 倍。电动机停转后,电流互感器输出虽为零,红灯还会亮,但由于晶闸管 VS 已导通,会保持该状态不变。在继电器 K 的两端接上 12V 的声音报警器 HA,这时还有声音报警,以引起工作人员注意。在电动机运行过程中,由于某种原因引起单相运行时,电动机的中性点零点电位升高,通过  $R_{17}$ 、 $VD_2$  在  $C_2$  上产生一电压,经  $VZ_1$ 、 $RP_6$ 、 $R_{18}$ 、 $VZ_2$ 、 $R_{11}$  送到运放  $N_3$  的输入端,使  $N_3$  输出为 +12V 电压。该输出电压通过  $R_{16}$ 、 $VD_7$  触发晶闸管 VS,达到保护电动机的目的(动作同短路、堵转时的情况)。稳压管  $VZ_1$  起提高运放输入阈值电压的作用,以防止电动机轻微不平衡时引起误动作。 $VL_4$  为保护器电源指示灯。该电路先经 380V/16V 变压器变压后,再经过 UR 桥式整流、 $C_3$  滤波、78L12 稳压、 $C_4$  再滤波,产生稳定的 12V 直流电压供保护电路用。当电动机保护器动作后,电动机停转,保护器红灯一直亮。处理好故障以后,拉下 380V 总开关,保护器复位,绿灯亮,又进入工作状态。依电动机容量选择电流互感器。

### 7. 电动机故障区域指示电路

图 2.2.28 所示为电动机故障区域指示电路。如果热继电器  $FR_1$  动作,其常开触点闭合,使集成电路  $D_1$  (CD4044) 的③脚为“0”(低电平),其⑬脚( $Q_1$ ) 输出为“1”(高电平),经电阻  $R_{18}$ , 驱动三极管  $VT_1$ , 点亮对应的发光二极管  $VL_1$ , 表示该区域( $M_1$ ) 的电动机发生故障(对每个发光二极管所对应的电动机所处区域事先编号,即  $VL_1 \sim VL_2$  对应  $M_1 \sim M_8$ ), 操作人员就可根据点亮的发光二极管,及时去处理故障。

由于热继电器采用手动复位方式,因此在故障未排除前,  $VL_1$  将一直处于发光指示状态,故障排除后,应先按一下  $FR_1$  的手动复位按钮,然后再按一下 SB。此时,  $Q_1$  为“0”,  $VL_1$  熄灭,恢复到初始状态。

### 8. 电动机过扭矩保护电路

近年来兴起的如图 2.2.29 所示的摩擦片传动法,主动轮与从动轮之间有调整螺钉,用以调整摩擦力的大小,从而调整传递力矩。正常情况下,电动机带动主动轮,主动轮通过摩擦力带动从动轮。当负荷过大时,会使从动轮堵转或转动“吃力”,由于摩擦片之间允许相对滑动,从而避免了电动机堵转或过负荷。

如果长期严重过负荷,摩擦片传动并不能保证电动机不因过载而烧坏。而且长期过负荷,

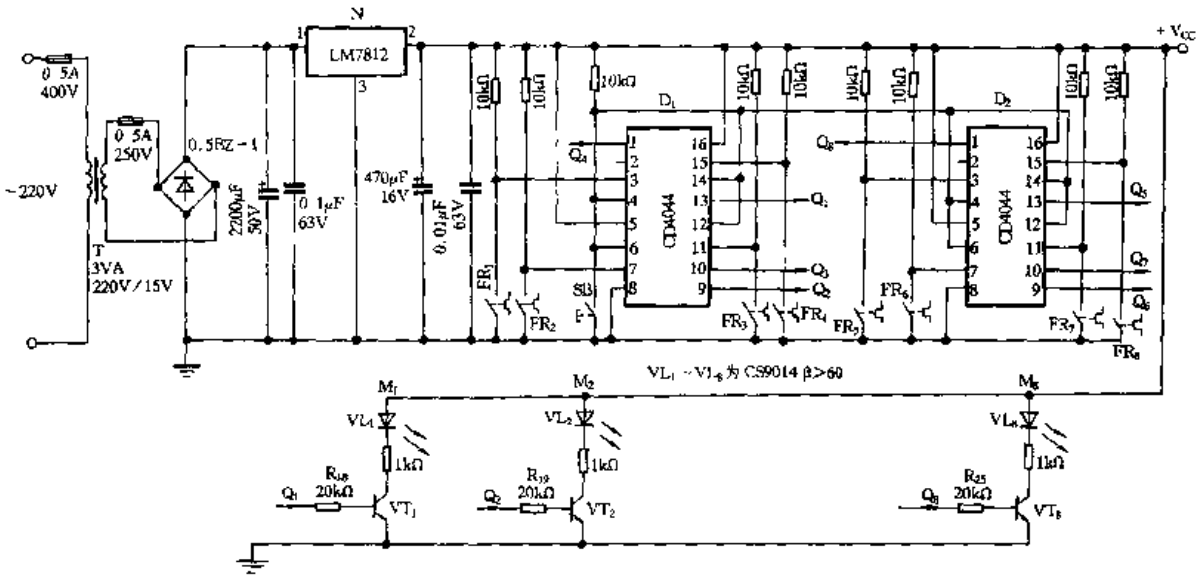


图 2.2.28 电动机故障区域指示电路

摩擦片之间长期相对滑动也会引起自身过热而损坏。为此,可采用图 2.2.30 所示的电动机过扭矩保护装置。在主动轮和从动轮上各装设一只“接近片”,与之相应的是两只接近开关 SQ<sub>1</sub>、SQ<sub>2</sub>。当接近开关的检测端与接近片相遇时,其信号输出端为高电平信号,也就是说,主(从)动轮每转动一周,SQ<sub>1</sub>、SQ<sub>2</sub>就各输出一个脉冲。这两个脉冲数分别表征两个轮的转动周数,它们由信号电缆送到保护电路。

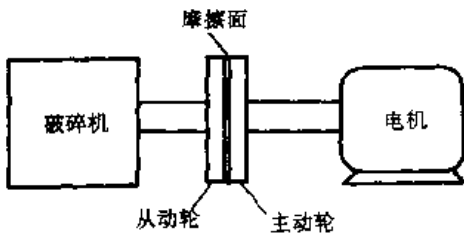


图 2.2.29 摩擦片传动法示意图

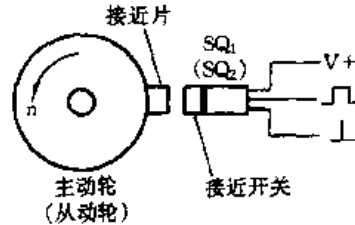


图 2.2.30 电动机过扭矩保护装置

保护电路如图 2.2.31 所示。由 SQ<sub>1</sub>、SQ<sub>2</sub> 送来的脉冲先经施密特触发器 D<sub>1</sub>(CD4093)整形,整形后主、从动轮的计数脉冲分别送入二进制计数器 D<sub>2</sub>(CD4520)的计数端(CP)、清零端(CR)。主动轮每转一周,计数器计一个数;从动轮每转一周,计数器清一次零。因此,在正常情况下,主、从动轮间没有相对滑动,计数器所计的脉冲数不会超过 1。从计数值的这一变化就可以判断是否发生了过负荷或堵转。

D<sub>2</sub> 的输出端 Q<sub>0</sub> ~ Q<sub>3</sub> 以二进制的形式表示计数值,即计数值的范围是 0 ~ 15。开关 S<sub>0</sub> ~ S<sub>3</sub> 与二极管 VD<sub>5</sub> ~ VD<sub>8</sub> 组成了可控的与门电路。与门的输出电平取决于 Q<sub>0</sub> ~ Q<sub>3</sub> 的电平和 S<sub>0</sub> ~ S<sub>3</sub> 的开合状态。如 S<sub>0</sub> ~ S<sub>3</sub> 状态为 0110 时,则 D<sub>2</sub> 的输入从 0000 到 0110 时,与门输出由“0”变为“1”。“1”电平经三极管 VT<sub>1</sub> 同相放大后去触发晶闸管 VS,VS 导通后,继电器 K 得电吸合,由此去控制电动机使其失电。

开关 S<sub>0</sub> ~ S<sub>3</sub> 的不同组合,可以设定主、从动轮之间的允许相对滑动的转数,设定值在 0010 ~ 1111(即十进制 2 ~ 15)之间。具体的取值决定于负荷的性质、大小、传动系统的总惯量

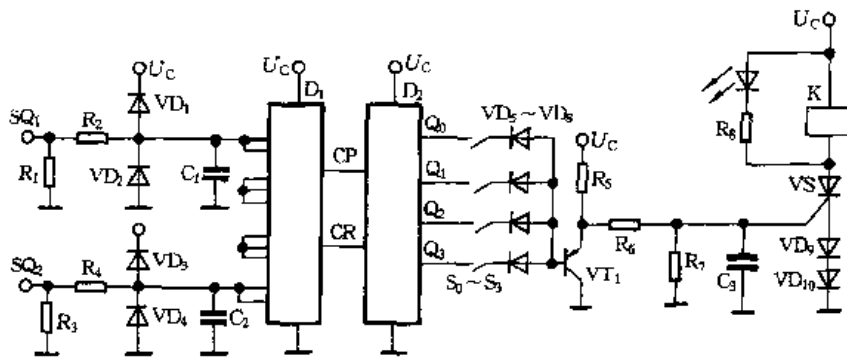


图 2.2.31 电动机过扭矩保护电路

以及摩擦片之间的最大静摩擦力。

输入端并联电阻  $R_1$ 、 $R_3$ ，以降低电路的输入电阻，由  $R_2$ 、 $C_1$  和  $R_4$ 、 $C_2$  组成的输入滤波电路，以此提高输入端的抗干扰能力。

$VD_1 \sim VD_4$  构成输入端钳位电路，以限制输入端可能出现的过电压和负压。

除在晶闸管控制极并联  $R_7$ 、 $C_3$  外，还在其阴极串入二极管  $VD_9$ 、 $VD_{10}$ ，从而使  $VS$  触发电压由 1V 左右提高到接近 3V，大大提高了抗干扰能力。

该电路也可以应用于皮带传动系统中，只是此时要考虑两只皮带轮的直径不同所引起的两轮转数差。

### 9. Y- $\Delta$ 启动的三相异步电动机堵转保护电路

电路如图 2.2.32 所示， $TA$  为电流互感器、 $R_1$  为取样电阻，二极管  $VD_5 \sim VD_8$  及电容器  $C_1$  对取样信号进行整流、滤波。经电位器  $RP$  和  $R_2$  对取样信号分压，供给后续的执行元件放大、整形，从而触发晶闸管  $VS$  导通，使继电器  $K$  得电吸合，其串入接触器  $KM_1$  控制回路的常闭触点断开，使接触器  $KM_1$  失电释放，电动机失电停转。

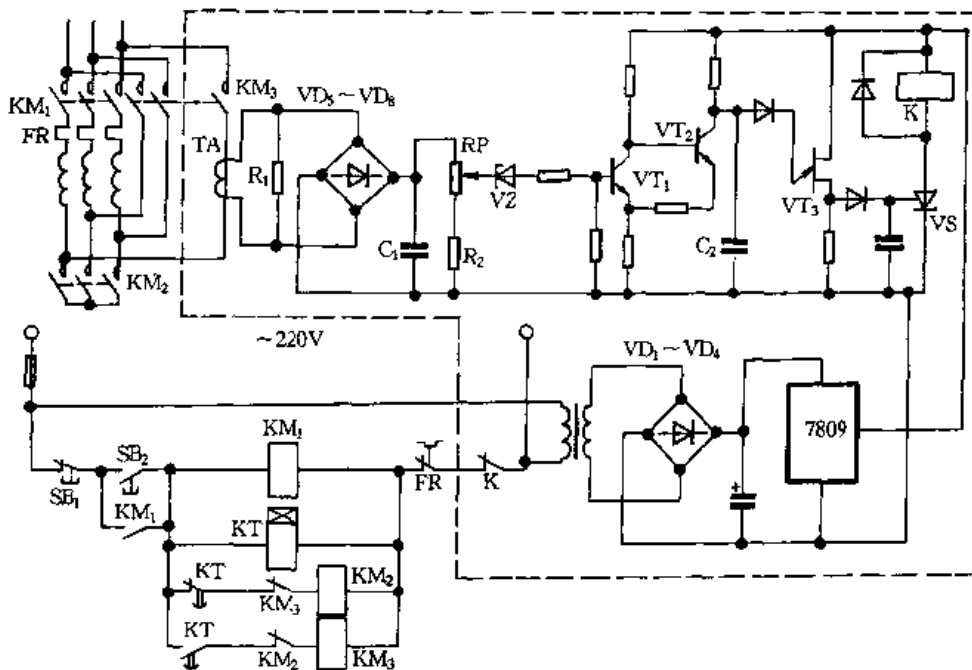


图 2.2.32 Y- $\Delta$ 启动的三相异步电动机堵转保护电路

正常情况下  $VT_1$ 、 $VT_2$ 、 $VT_3$ 、 $VS$ 、 $K$  不工作。当稳压管  $VZ$  击穿后,它们进入工作状态, $K$  得电吸合,使电动机失电停转。

电流互感器  $TA$  串在接触器  $KM_3$  主触点上。使电动机启动时新增电路无输入信号,电子电路不工作;电动机启动过程结束进入运行后,取样回路有信号,这才进入工作状态。这样解决了因电动机启动电流可能引起的  $K$  误动作的问题。

按照电动机堵转电流调整  $R_1$  值,单独调整  $R_1$  有困难时,可配合  $VZ$  进行调整。 $C_2$  电容值较小,以保证电动机堵转时  $K$  瞬时吸合。

## 六、单相交流电动机控制电路

### 1. 单相交流电动机简易调速电路

图 2.2.33 所示为利用双向晶闸管进行相位控制的小容量单相电动机调速电路。

合上开关  $S$ , 220V 交流市电通过  $R_1$  和  $RP_2$  向电容  $C_1$  充电。当充电电容  $C_1$  两端电压  $u_{c1}$  的峰值达到发光氖管  $VG$  的阻断电压后,发光氖管明亮,从而使晶闸管  $VS$  被触发导通。 $VS$  的触发角的大小是通过改变  $C_1$  充电时间常数  $(R_1 + RP_2) \cdot C_1$  来控制的。通过改变  $RP_2$  的大小可以控制在某相位范围内对

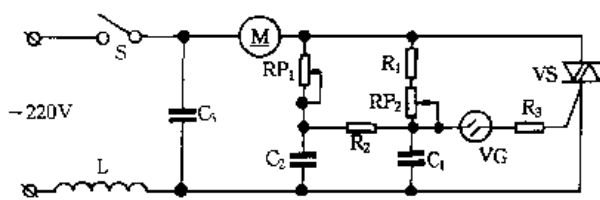


图 2.2.33 单相交流电动机简易调速电路

$VS$  进行触发控制。当  $RP_2$  太大时,将使电容  $C_1$  两端电压达不到要求,此时电容  $C_1$  两端电压上升缓慢,在整个电源正或负半周期间无法达到使氖管发亮的状态,即  $VS$  不能导通,即通过改变  $RP_2$  大小的方法来控制电动机转速或其它用电设备能量变化时,会有某一极限值。为避免出现这种现象,采用调节  $RP_1$  或  $C_2$  使电容  $C_1$  两端电压上升(即  $C_2$  上的电压可经  $R_2$  向  $C_1$  充电),使其达到氖管的阻断电压。由此可知, $RP_2$  是用来控制负载的平均电流即控制电动机的最高速度(或灯光最高亮度)的,而调节  $RP_2$  可调节电动机的最低转速(或灯光最低亮度)。实际运行证明此种方法简单易行,运行可靠。该电路还可以用于温度控制及舞台灯光照明亮度控制等场合。

### 2. 小型单相交流电动机无触点直流能耗制动电路

电路如图 2.2.34 所示,由三部分组成。光电耦合器  $N_1$ 、双向晶闸管  $VS_1$  及电动机组成交流运行电路, $N_1$  控制  $VS_1$ , $VS_1$  控制电动机交流电源的开与关。 $VS_3$ 、 $R_{12}$  及电动机或直流制动电路。晶闸管  $VS_3$  导通时,将 220V 交流电整流后与电动机接通,使电动机瞬时制动;导通后的  $VS_3$  在定时电路设定的时间控制下重又阻断,电动机终止制动。光电耦合器  $N_2$  及  $VD_2$ 、 $VZ$ 、 $C_2$ 、 $RP_1$ 、 $VD_4$ 、 $R_9$ 、 $R_{10}$ 、 $VS_2$  组成定时电路,调整电位器  $RP_1$  可改变制动时间。 $C_1$ 、 $R_5$ 、 $C_3$ 、 $R_{13}$  等用来抑制杂波和保护晶闸管。由于  $N_1$  和  $N_2$  采用光耦合,绝缘耐压高,大大提高了隔离能力和制动系统的抗干扰能力。

该电路用于图 2.2.35 所示皮带传送装置的电动机制动控制,光传感器  $RG$  可等效为一个电阻。当传送带上的工件未接近传感器时,在光的照射下,等效电阻  $RG$  减小,三极管  $VT$  导通, $N_1$  便导通,使  $VS_1$  也导通,电动机两端接交流电源正常转动。这时, $N_2$  也导通, $a$  点电位很低, $VS_2$  与  $VS_3$  都处于阻断状态。当传送带上的工件挡住光传感器时(即工件定位点),等效电阻  $RG$  增大,三极管  $VT$  截止, $N_1$  变为关断状态, $VS_1$  也阻断,电动机交流电源断开。同时, $a$  点电位上升(因  $N_2$  变为关断状态), $VS_3$  和  $VS_3$  的控制极在电容  $C_2$  的耦合作用下,电位迅速上升,



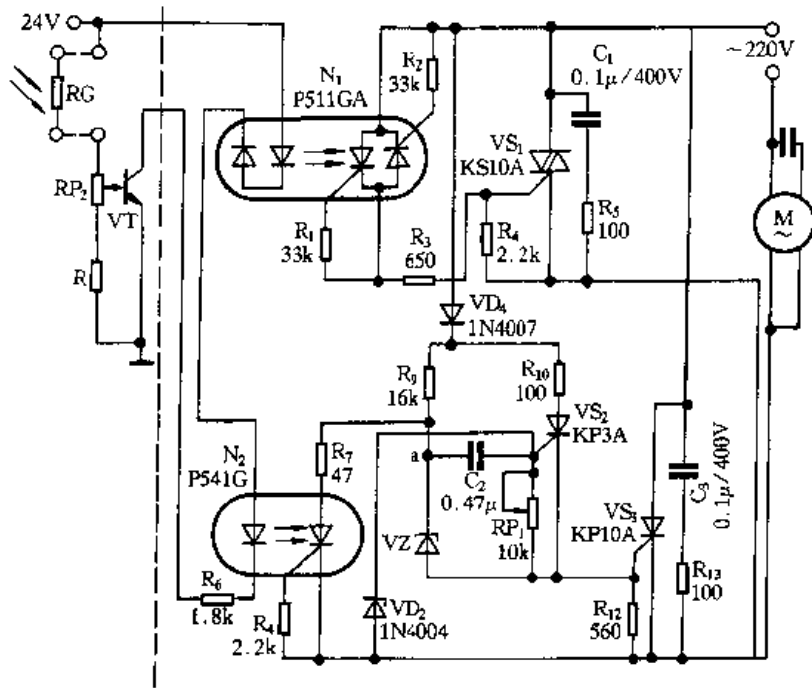


图 2.2.34 单相电动机无触点直流制动电路

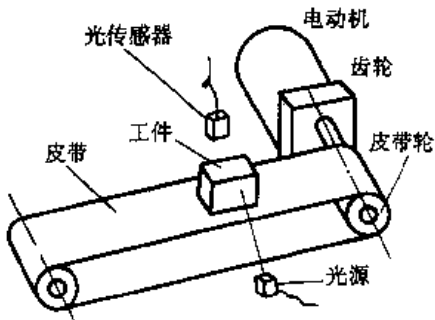


图 2.2.35 皮带传送装置示意图

$VS_2$  及  $VS_3$  快速导通。电动机由于  $VS_3$  整流的作用被接入直流电流,得以瞬间制动。 $N_2$  关断时,定时电路中的电容  $C_2$  开始充电(充电回路:电源 $\rightarrow$  $VD_4 \rightarrow R_9 \rightarrow C_2 \rightarrow RP_1 \rightarrow R_{12} \rightarrow$ 电动机 $\rightarrow$ 电源), $RP_1$  压降逐渐减小, $VS_2$  控制极电位开始下降,经数十毫秒, $RP_1$  压降近似于零, $VS_2$  阻断, $VS_3$  也阻断。电动机直流电源断开,终止制动。

这种制动电路可广泛应用于传送带式自动生产线上工件的定位控制、螺杆式进给装置的位移控制、装配机械手的转位控制等自动机械上。

## 七、电磁调速电动机控制电路

电磁调速电动机由三相交流异步电动机、电磁转差离

合器(又称滑差离合器)和测速电动机组成,其电路如图 2.2.36 所示。通常与其调速控制器配合后,组成一套具有测速负反馈自动调节系统的交流调速驱动装置,能在比较宽的转速范围内进行平滑的无级调速。

电磁调速电动机控制器的工作原理见图 2.2.37,它由晶闸管主回路、给定电路、触发电路、测速负反馈电路等环节组成。给定电压和测速负反馈电压进行比较后的信号作为控制信号给脉冲触发电路去控制晶闸管主回路,实现电动机的无级调速。

在使用时先启动交流电动机,然后在其离合器励磁绕组中通以直流电。在某一负载时,励磁绕组内电流大小决定了输出轴转速的高低。励磁电流越大,转速越高;反之则转速低。

### 1. 电磁调速电动机控制电路的改进电路

电路如图 2.2.38 所示,只有在拖动电动机启动几秒(由时间继电器  $KT$  决定)后,控制器才可得电进行调速,而且保证在切断主机前,能预先断开控制器开关  $S$ ,并把调速电位器调回零

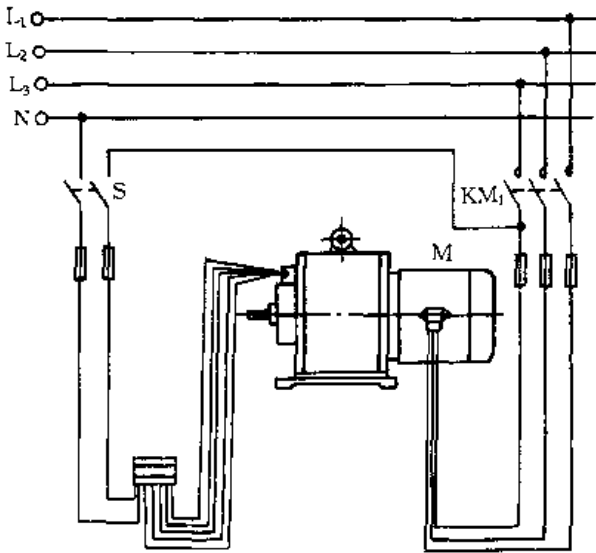


图 2.2.36 电磁调速电动机的组成

位。解决了拖动电动机带负载启动的问题。

(1) 把中间继电器 K 的常开触点 K(1-2) 与控制开关 S 的多余触点 S(1-2) 串联后再并接于 SB<sub>1</sub> 两端。这样它就具备了只有先切断控制器电源才能按下 SB<sub>1</sub> 切断拖动电动机的特点。

当按下 SB<sub>2</sub> 并且调速电位器回到零时,接触器 KM<sub>1</sub> 得电吸合并自锁,电动机启动。KM<sub>1</sub> 常开触点 KM<sub>1</sub>(1-2) 闭合,使时间继电器 KT 得电吸合,延时 4~6s 后,其延时闭合的常开触点闭合,使中间继电器 K 得电吸合并自锁,其常开触点 K(1-2)、K(3-4) 闭合,常闭触点断开,使 KT 失电释放。当合上 S 时,控制器便得电进行调速。

停机时,由于 S 触点(1-2)、K 触点 K(1-2) 都处于闭合状态,当操作员直接按下 SB<sub>1</sub> 时,KM<sub>1</sub> 及 K 都不失电,达不到停机的目的。只有先断开 S 后,再按下 SB<sub>1</sub>,KM<sub>1</sub> 才能失电释放。从而保证了设备的正常停机程序。

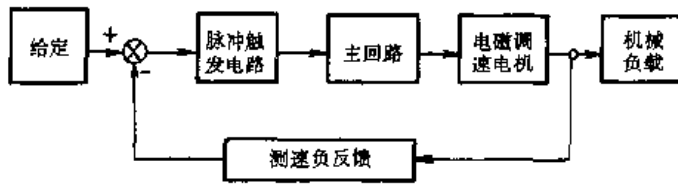


图 2.2.37 电磁调速电动机的工作原理

(2) 利用相同阻值的带开关电位器来代替原调速电位器,并将其触点 S<sub>1</sub>(在零位时触点接通,离开零位后触点断开)与 SB<sub>2</sub> 串联后再与 KM<sub>1</sub> 常开触点并联。这样,当电动机下次启动时,只有调速电位器回到零位,电动机才可能启动。如不是这样设置的话,电动机每次启动时,机械装置(负载)便会立即升速到原先停机时的转速,给电动机带来较长时间的电流冲击。

## 2. JZT<sub>1</sub> 型滑差电动机控制电路的改进电路

滑差电动机 JZT<sub>1</sub> 控制器是采用速度负反馈的晶闸管调压电路,如图 2.2.39 所示,虚线框内为改进部分。电磁离合器的励磁绕组的直流供电是采用带续流二极管的半波可控整流电路。调节 RP<sub>1</sub> 可以改变晶闸管的导通角,以控制电动机的转速。控制电路由测速反馈给定电压环节、比较和放大环节、移相触发环节等组成。实际发现滑差电动机在启动时,转速的起调量很大。譬如在控制器预选 20r/min 或者从零开始起调,发现启动瞬间转速会急骤升到

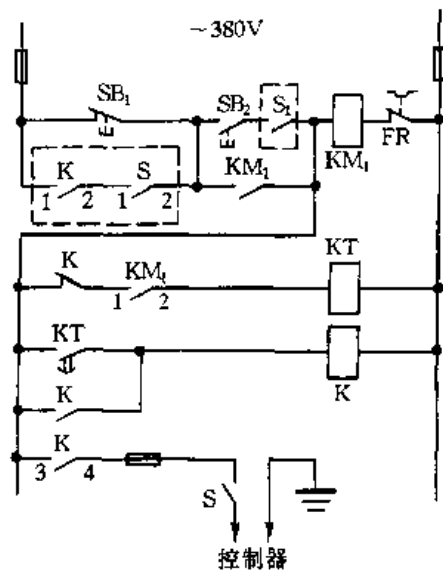


图 2.2.38 电磁调速电动机控制电路的改进电路

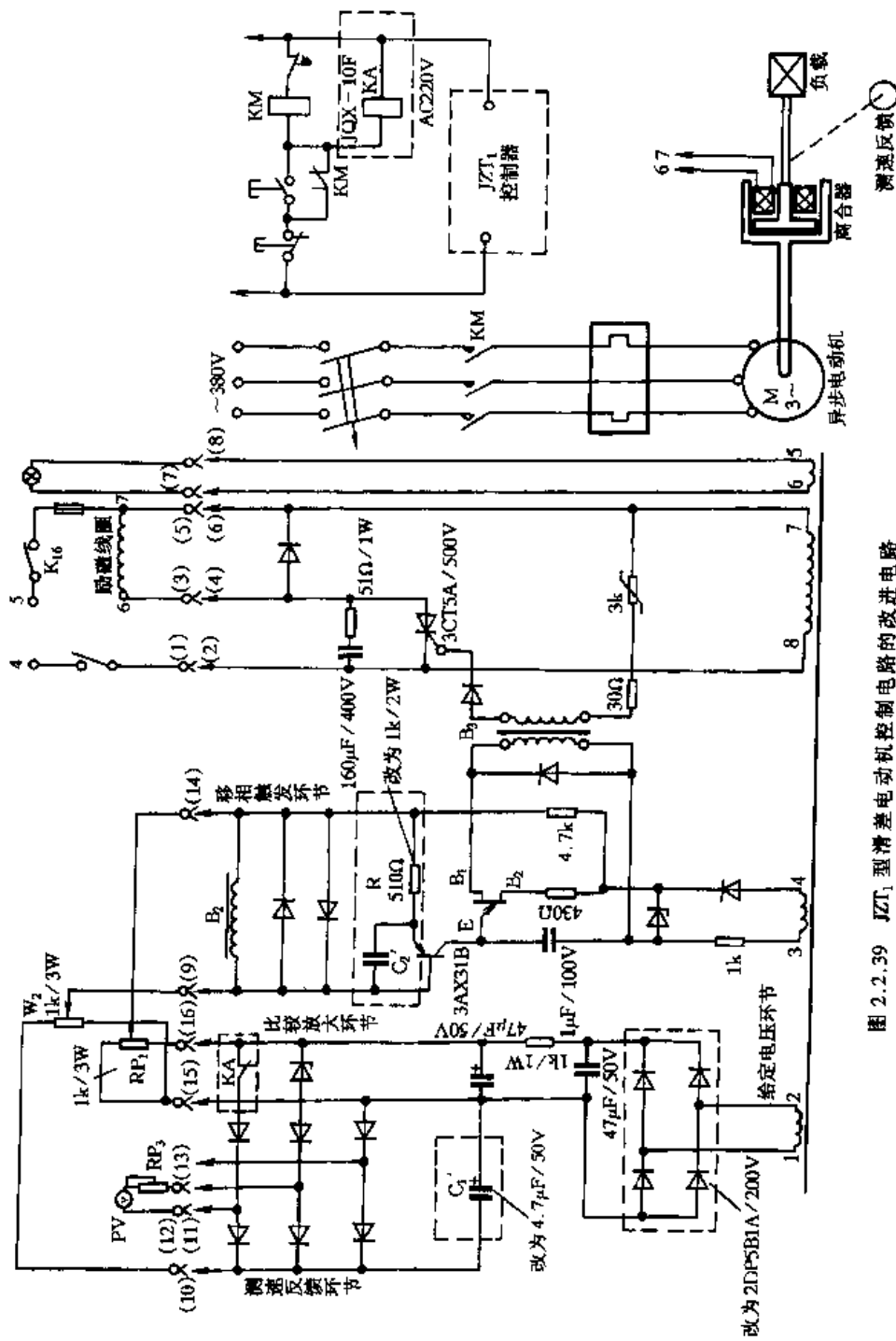


图 2.2.39 JZT<sub>1</sub> 型调速电动机控制电路的改进电路

1500r/min,然后缓慢地降到20r/min,整个过程需6~7s。在此期间,影响产品质量。此外,使用不当会烧毁励磁线圈。

晶闸管的控制信号是给定电压  $U_g$  和反馈电压  $U_f$  的差值。对应某一个预选定值,有一个  $(U_g - U_f)$  差值。刚接通电源时,  $U_f = 0, U_g > 0 (U_g \gg U_f)$ 。此时给定电位器  $RP_1$  两端有一个很高的起始电压。只要稍微调一下  $RP_1$ , 转速就会猛升到预选值以上。待反馈电压随电动机转速升高而逐渐增大后,  $(U_g - U_f)$  也逐渐下降到预选值, 此时转速稳定在预选值。为解决这一问题, 把测速反馈环的滤波电容  $C_1$  由  $47\mu\text{F}/50\text{V}$  改为  $4.7\mu\text{F}/50\text{V}$  即为  $C_1'$ 。在移相触发环节中, 在三极管的 B、E 极两端并联  $C_2'$  ( $2.2\mu\text{F}/50\text{V}$ ), 发射极电阻  $R$  ( $510\Omega$ ) 改为  $1\text{k}\Omega$ 。以此来达到增加反馈信号的速度, 延缓触发时间的目的。启动前,  $U_g = 0, U_f = 0$ ; 启动后, KA 得电吸合, 其常闭触点断开, 给定电压延时加入 ( $U_g > 0$ )。当电动机运转起来后, 由于  $C_1'$  加入, 反馈信号很快加入 ( $U_f > 0$ ), 转速立即稳定在预选值 ( $U_g - U_f$ ), 并且可以从零开始平滑地调节, 从而完全消除了起调冲动。

为了防止烧毁励磁绕组, 滑差电动机正确的操作方法是: 给定电位器调零 → 启动异步电动机 → 调高给定电位器的输出电压 → 异步电动机停止转动 → 给定电位器回零。原电路中控制器的电源不受启动按钮控制, 在停机后又没有及时断开电源, 电位器也未调零。电动机励磁绕组将在无电磁力矩输出的情况下承受 85V 直流高压, 时间一长则会烧毁励磁线圈。为此在接触器 KM 线圈的两端并联一只微型继电器 KA, 启动交流电动机的同时 KA 得电吸合, 其常闭触点断开, 给定电压加入, 此时系统进入正常工作状态。如操作误动作, 即关掉电动机后给定电位器仍然在调高的位置时, 此时由于 KA 失电释放, 其常闭触点封死了给定电压。即使电位器调得再大, 励磁绕组也不会承受电压, 从而根本上解决了烧毁励磁线圈的问题。另外由于在给定电源处加入了 KA 的常闭触点, 使得流过整流二极管的工作电流增大, 因此把原来的 4 只二极管由 2CZ82C 改为 2DP5B (1A/200V)。

### 3. JD<sub>1</sub>A 型滑差电动机控制电路的改进电路

采用 JD<sub>1</sub>A 型滑差电动机无级调速, 启动过程中虽没有急骤升到 1500r/min 的现象, 但很大的启动冲击力, 对产品质量和操作都有影响。为此, 对 JD<sub>1</sub>A 型滑差电动机控制电路进行改进, 如图 2.2.40 所示 (虚线框内为改进部分)。由  $VT_3$ 、 $RP_4$ 、 $C_6$ 、 $R_8$  组成的延时电路加在给定电位器  $RP_3$  的前面, 启动时, 给定电压经延时电路缓慢加上, 经移相触发环节使晶闸管导通角逐步增大, 励磁电流逐步加大, 转速稳定缓慢地上升, 经一定时间达到设定转速, 从而使其在任何设定速度下都能达到缓冲启动的目的。一方面简化了操作规程, 另一方面防止了启动冲击造成的各种影响。缓冲启动时间由  $RP_4$  在 0.5 ~ 15s 内任意设定。但是, 这种电路必须用接触器在启动与停止时控制整个控制器的 220V 交流电源输入。另外, 对于小功率电动机, 原动机与励磁可以同时启动, 大功率电动机则应先启动原动机后再启动励磁, 短时停机一般不停原动机。

该电路中缓冲时间的可调使滑差电动机具有了广泛的适应性, 扩大了滑差电动机的应用范围。

## 八、直流电动机控制电路和调速电路

### 1. 直流电动机双向运行控制电路

电路如图 2.2.41 所示。由于其控制端 A 点经电阻  $R_1$  接至工作电源  $U_{CC}$  端, 因此在通常情况下, 当控制端 A 点无控制信号输入或所输入的控制信号为高电平时, 则 A 点将保持在高

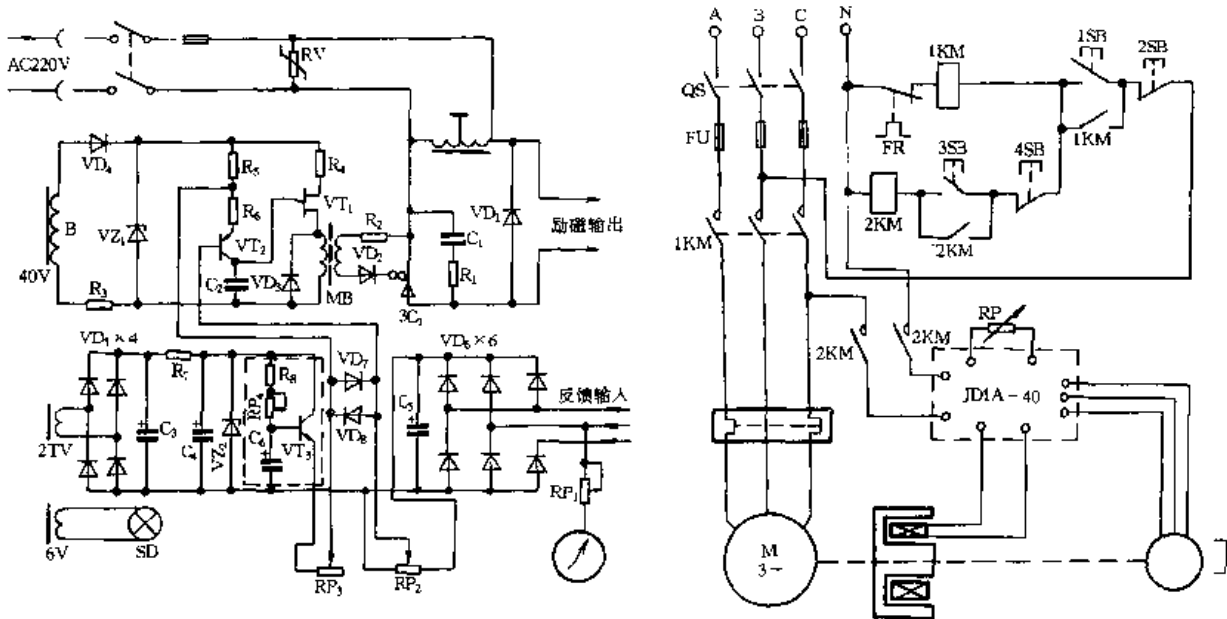


图 2.2.40 装有电动机 JD1A 控制器电路(虚线内为改进部分)和控制电路

电平状态,此高电平经  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  组成的反相器后,使得电路中 B 点为高电平;经  $D_4$ 、 $D_5$  组成的反相器后,C 点为低电平。于是三极管  $VT_1$  和  $VT_4$  导通, $VT_2$  和  $VT_3$  截止,电源电压经  $RP_1$ 、 $VT_1$  和  $VT_4$  加至电动机 M 的两端,电动机 M 中的电流由 E 端流向 D 端,设它为正向旋转。此时,如调整电位器  $RP_1$  的阻值,则电动机两端的电压值将随之改变,从而可达到调整电动机正向转速的目的。

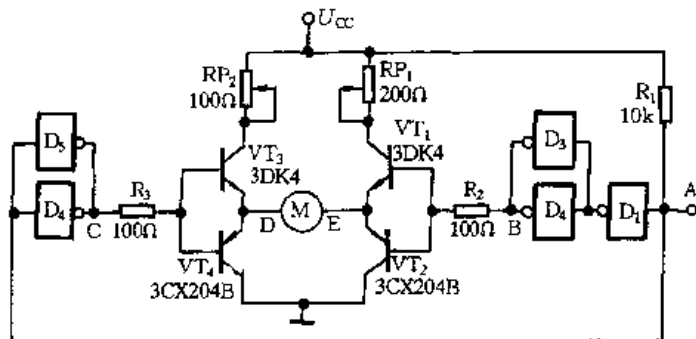


图 2.2.41 直流电动机双向运行控制电路

当需要使直流电动机 M 反向旋转时,则把其控制端 A 点变为低电平(或接地),此低电平经反相器  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_4$  和  $D_5$  后,使得电路中 B 点为低电平,C 点为高电平,三极管  $VT_1$  和  $VT_4$  截止, $VT_2$  和  $VT_3$  导通,电源经  $VT_3$  和  $VT_2$  及  $RP_2$  加至电动机 M 两端,电动机 M 中的电流由 D 端流向 E 端,电动机反向旋转。此时如改变电位器  $RP_2$  的阻值,则电动机两端的电压也将随之改变,从而可达到调整电动机反向转速的目的。

为了使相应的三极管能可靠地饱和导通,因此把反相器  $D_2$  和  $D_3$ 、 $D_4$  和  $D_5$  分别并联使用,以增加驱动能力。

反相器  $D_1 \sim D_5$  可选用 CMOS 六反相缓冲器 CD4049B 或 CMOS 六反相器 CD4069B 中的任意 5 个,4 个三极管则应根据被控电动机工作电流的大小来选择,通常对于额定工作电流在 500mA 以下的微型直流电动机,三极管  $VT_1$  和  $VT_3$  可选用 3DK4 等 NPN 型中功率管, $VT_2$  和

VT<sub>4</sub> 可选用 3CX204B 等 PNP 型中功率管。电位器 RP<sub>1</sub> 和 RP<sub>2</sub> 最好选用阻值为 200Ω 左右的线绕式电位器。

电路得电后,当其控制端既没接地也没有低电平控制信号输入时,其直流电动机 M 应正向旋转,此时调整 RP<sub>1</sub>,其转速应有所变化。此后,可把其控制端 A 点对地短接或输入一个低电平的信号,此时电动机 M 应立即变为反向旋转,调整 RP<sub>2</sub>,其转速应有所变化。

## 2. 电动自行车无级调速电路

电路如图 2.2.42 所示,由 PWM 电路和电动机驱动电路组成。PWM 电路由时基电路 N (NE555) 组成,调速范围为 0 ~ 100%, 适宜于用直流电动机的自行车使用。电动机驱动电路采用 MOSFET 功率管。

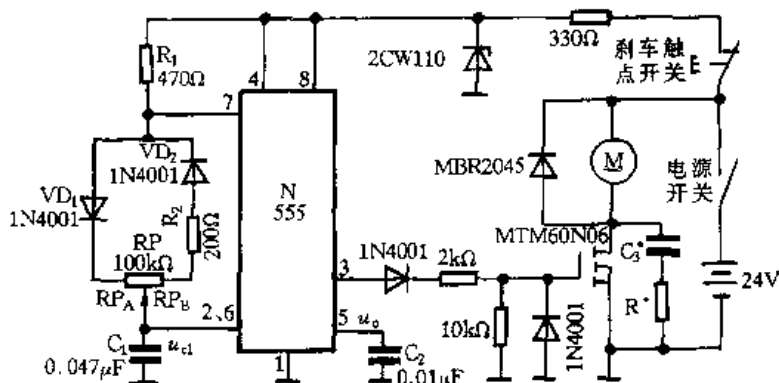


图 2.2.42 电动自行车无级调速成电路

PWM 电路由 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、C<sub>1</sub>、RP、VD<sub>1</sub>、VD<sub>2</sub> 和 N (NE555) 组成。通电瞬间,电容器 C<sub>1</sub> 上的电压 U<sub>C1</sub> = 0, N 触发器被置位,③脚、⑦脚均为高电平。电源 U<sub>CC</sub> 通过 R<sub>1</sub>、VD<sub>1</sub> 和 RP 中 RP<sub>A</sub> 向 C<sub>1</sub> 充电, U<sub>C1</sub> 逐渐上升,当 U<sub>C1</sub> ≥ 2/3 U<sub>CC</sub> (t = t<sub>1</sub>) 时, N 触发器被复位,③脚、⑦脚由高电平转变为低电平。电容器 C<sub>1</sub> 通过 RP<sub>B</sub>、R<sub>2</sub>、VD<sub>2</sub> 和 N 放电, U<sub>C1</sub> 逐渐降低;当 U<sub>C1</sub> < 1/3 U<sub>CC</sub> (t = t<sub>2</sub>) 时, N 触发器又被置位,③脚、⑦脚又变为高电平, C<sub>1</sub> 又被充电,这样重复循环,在 N 的③脚便有稳定的脉冲电压输出。图 2.2.43 给出了③脚的电压 U<sub>o</sub> 与 C<sub>1</sub> 两端电压 U<sub>C1</sub> 的对应关系。

由理论推导和实验证明: t<sub>1</sub> ≈ 0.693 (R<sub>1</sub> + RP<sub>A</sub>) C<sub>1</sub>、  
t<sub>2</sub> ≈ 0.693 (R<sub>2</sub> + RP<sub>B</sub>) C<sub>1</sub>、T = t<sub>1</sub> + t<sub>2</sub> ≈ 0.693 (R<sub>1</sub> + R<sub>2</sub> + RP<sub>A</sub> + RP<sub>B</sub>) C<sub>1</sub> ≈ 0.693 (R<sub>1</sub> + R<sub>2</sub> + RP) C<sub>1</sub>。

从上述各式可见,调节电位器 RP, 改变 RP<sub>A</sub> 和 RP<sub>B</sub>, 便可改变脉冲的占空比, 正确地选择 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、RP 和 C<sub>1</sub>, 占空比变化范围可达 0.1% ~ 99%。由于 RP = RP<sub>A</sub> + RP<sub>B</sub> 不变, 因此脉冲频率不变。但实验表明: 由于二极管压降和其他元件的非线性, 在调节脉冲占空比时, 脉冲频率还是有些轻微的变化。

电动机驱动采用 MOSFET 功率管。为保证功率管能够可靠地工作, 对器件应降额使用。同时必须根据散热条件, 配备合适的散热器。

为防止电动机电枢自感电势对功率管的冲击和保证电动机电枢电流的连续性, 在电动机两端必须并联续

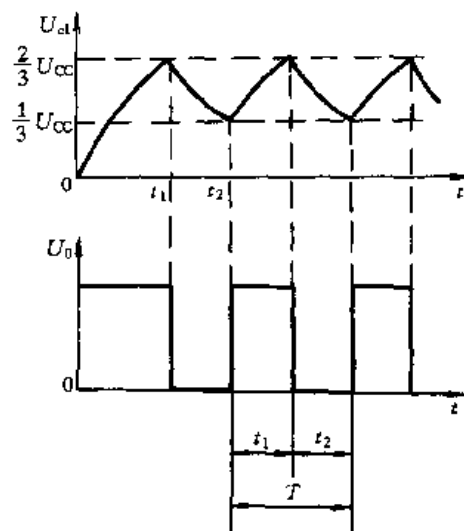


图 2.2.43 图 2.2.42 电路有关点波形

流二极管。续流二极管可根据脉冲频率和续流大小选用超快恢复整流二极管或肖特基整流二极管。

由于电动机是感性负载,功率管导通时电流以指数形式上升,为此需在该管输出端并联 RC 补偿网络,使负载呈阻性,以改善电动机的力矩特性。R、C 值需根据实验决定。

### 3. 电动机晶闸管脉冲调速电路

图 2.2.44 所示的脉冲调速电路,采用晶闸管作主电路开关,控制功率大,可广泛地应用于电瓶铲车及蓄电池搬运车等大功率电动车辆上。

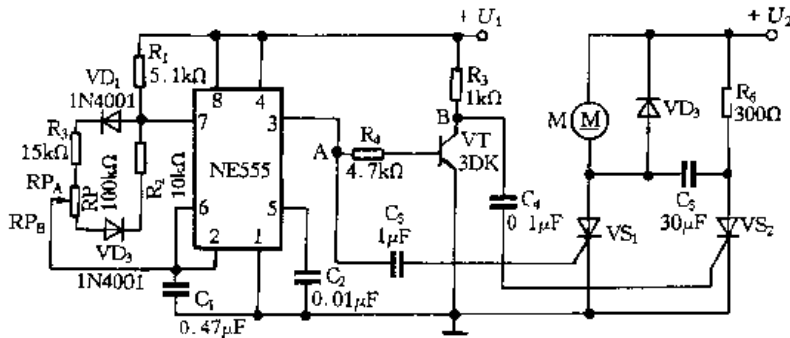


图 2.2.44 电动车晶闸管脉冲调速电路

该电路由方波发生器、倒相器和主控电路三部分构成。时基电路 N (NE555) 组成占空比可调的方波信号发生器。改变  $C_1$  参数可改变其振荡频率,调节 RP 可改变输出方波信号的占空比。当电路中元件参数确定后,调节占空比时,其振荡频率不变。N 的③脚为方波信号  $u_A$  的输出端。晶体管 VT 组成倒相器,将 N 输出的方波信号  $u_A$  倒相后在其集电极输出另一方波信号  $u_B$ 。上述两信号波形如图 2.2.45(a)、(b)所示。它们是晶闸管调速的控制信号。其中  $u_A$  为开通信号, $u_B$  为关断信号。两信号分别经  $C_3$  和  $C_4$  送主控电路。

$VS_1$ 、 $VS_2$ 、 $C_5$ 、 $R_6$  和  $VD_3$  组成主电路,假设方波信号由  $t_1$  时刻开始,在  $t_1$  时刻, $u_A$  为高电平,通过  $C_3$  给  $VS_1$  控制极一个正向触发脉冲,使  $VS_1$  导通,直流电动机 M 得电,同时, $C_5$  通过  $R_6$  和  $VS_1$  充电,充电电压为左负右正。在  $t_1$  到  $t_2$  期间, $u_B$  保持低电平, $VS_2$  无触发信号,保持关断状态。

在  $t_2$  时刻,由于  $u_A$  开始变为低电平, $u_B$  变为高电平, $u_B$  通过  $C_4$  给  $VS_2$  控制极一个正向脉冲, $VS_2$  被触发导通。并且此时, $C_5$  上的电压经  $VS_2$  反向加在导通的  $VS_1$  上,使其截止。同时  $C_5$  又经电动机 M 和  $VS_2$  反向充电,充电电压为左正右负。因此在  $t_2$  到  $t_3$  期间, $VS_2$  导通、 $VS_1$  截止,电动机中无电流。

到达  $t_3$  时刻时, $u_B$  重新变为低电平、 $u_A$  变为高电平。 $u_A$  通过  $C_3$  再次给  $VS_1$  控制极一个正向触发脉冲使其导通,同时  $C_5$  上的电压经  $VS_1$  反向加在  $VS_2$  上使其截止。当  $VS_1$  导通、 $VS_2$  截止后,

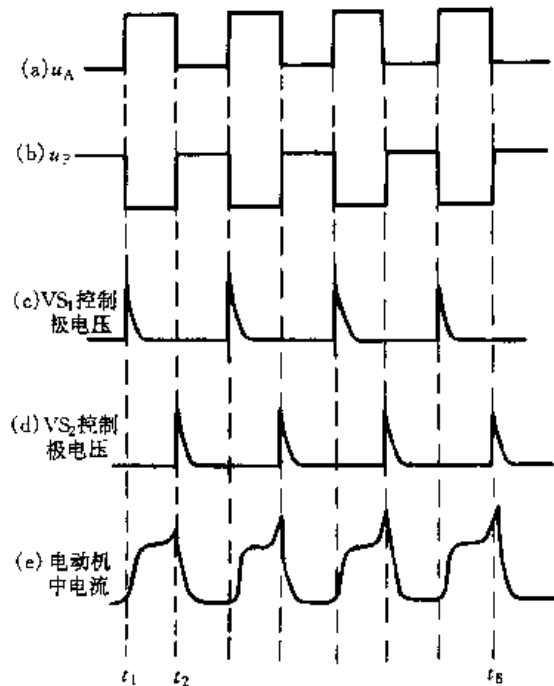


图 2.2.45 图 2.2.44 所示电路有关点波形

$C_5$  再次通过  $VS_1$  和  $R_6$  充电,充电电压为左负右正,主控电路状态变到与初始状态相同,完成一个周期变化,以后重复上述变化。

由以上分析可见,在每一周期的  $u_A$  为高电平期间,电动机有电流;在  $u_A$  为低电平期间,电动机无电流。电动机中得到的是单向脉冲电流,其波形如图 2.2.45(e)所示。调节  $u_A$  信号的占空比,电动机中电流脉冲的占空比随之变化。因此,调节  $u_A$  占空比可改变电动机中电流的平均值,从而达到电动机调速之目的。

#### (1) 关于调速范围

使用该电路调速时,电动机转速最小不可能为零,其原因是:① 关断主晶闸管  $VS_1$  是利用  $C_5$  上的反向电压。在  $VS_1$  导通期间, $C_5$  开始充电,按图 2.2.45 的参数,其充电时间常数  $\tau = R_6 C_5 \approx 0.009s$ ,只有  $C_5$  充得足够的电压,在  $VS_2$  导通时才能可靠关断  $VS_1$ ,因此直流电动机电流脉冲最小宽度必然大于  $C_5$  充电时间。② 直流电动机属电感性负载,电动机越大,电感量也越大,在  $VS_1$  突然关断瞬间,电动机会感应出反向电动势,该电动势经二极管  $VD_3$  在电动机中形成续流。因此电动机中电流数值不可能调整到很小,转速也不可能调整为零。但由于电动机功率与电流平方成正比关系,使用该电路仍能获得可观的调速范围。

#### (2) 关于触发信号

在 N 构成的振荡电路中,当短路  $R_3$  时,在 A 点可得到占空比几乎从 0 ~ 100% 连续可调的方波脉冲,由以上分析可知要保证电路可靠工作, $u_A$  高电平最短持续时间必须大于  $C_5$  充电时间。否则, $VS_1$  将不能关断,主控电路会出现失控现象。为此,电路中串入  $R_3$ ,其目的就是保证  $u_A$  信号高电平最短持续时间能大于  $C_5$  充电时间。设  $C_5$  充电所需最短时间为  $T_0$ ,设方波周期为  $T$ ,当  $T$  越大于  $T_0$  时,电动机调速范围越大。一般选择  $T$  在 0.05s 以内。

### 4. 可保护 VMOS 管的电瓶车调速电路

电动自行车及电动三轮车调速均采用串联调压方法,功耗大,元器件较易损坏。当电动车在启动和重负荷时,实测瞬时电流可达 35A 以上,极易烧坏功率元件。采用图 2.2.46 所示带过流保护的开关型调速电路,经有关电动车生产厂家试用后,无一发生烧管事件。

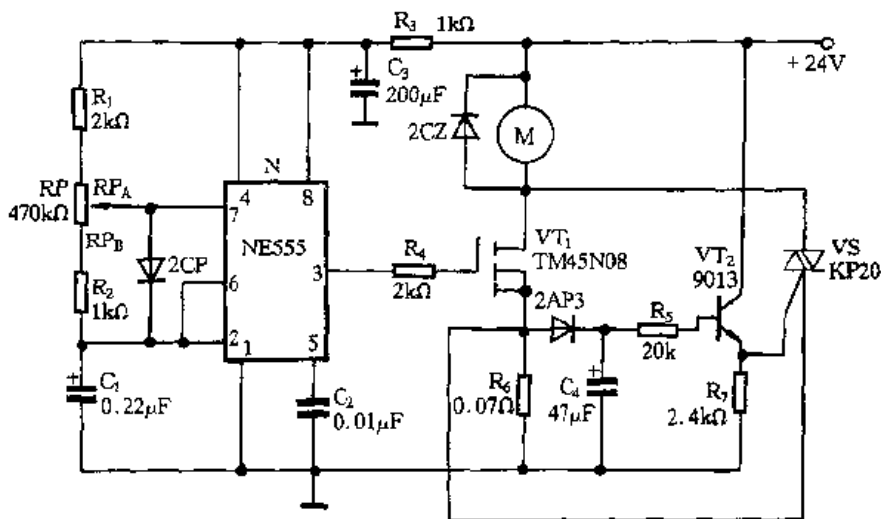


图 2.2.46 可保护 VMOS 管的电瓶车调速电路

时基电路 N(NE555)组成占空比可调的脉冲发生器,该电路在占空比发生变化时,其振荡频率不变。脉冲的占空比可调范围为 5% ~ 98%,用该脉冲去控制  $VT_1$ (VMOS 场效应管)的导



通和截止,以控制电动机的转速。

$R_6$  是过流取样电阻(可采用  $\Phi 0.8\text{mm}$  的漆色线绕制),当电流超过 VMOS 管的最大允许电流时,三极管  $VT_2$  导通,晶闸管 VS 也导通,部分负载电流流过晶闸管,从而保护了 VMOS 管。当电流恢复正常后,取样电阻  $R_6$  两端的电压下降,但由于有电容  $C_4$  的延时作用,晶闸管仍保持导通状态。延时时间的长短由  $C_4$ 、 $R_5$  决定,经实验取  $2 \sim 5\text{s}$  为好。当超过延时时间后,三极管  $VT_2$  截止,晶闸管无触发电流,但时基电路 N 一直在工作,因此 VMOS 管一直处于截止、导通交替工作状态,当 VMOS 管再一次导通时,晶闸管由于失去了维持电压而截止。

从以上的分析可知,该电路对晶闸管的要求较低,大多数副品晶闸管均是由于触发电流大、维持电压高而作为副品的,而在此电路中恰好得到了利用。

### 5. 简单的 PWM 直流电动机调速电路

图 2.2.47 所示的 PWM 直流电动机调速电路,适用于小型直流电动机调速,调速比能达到  $1:30$ 。

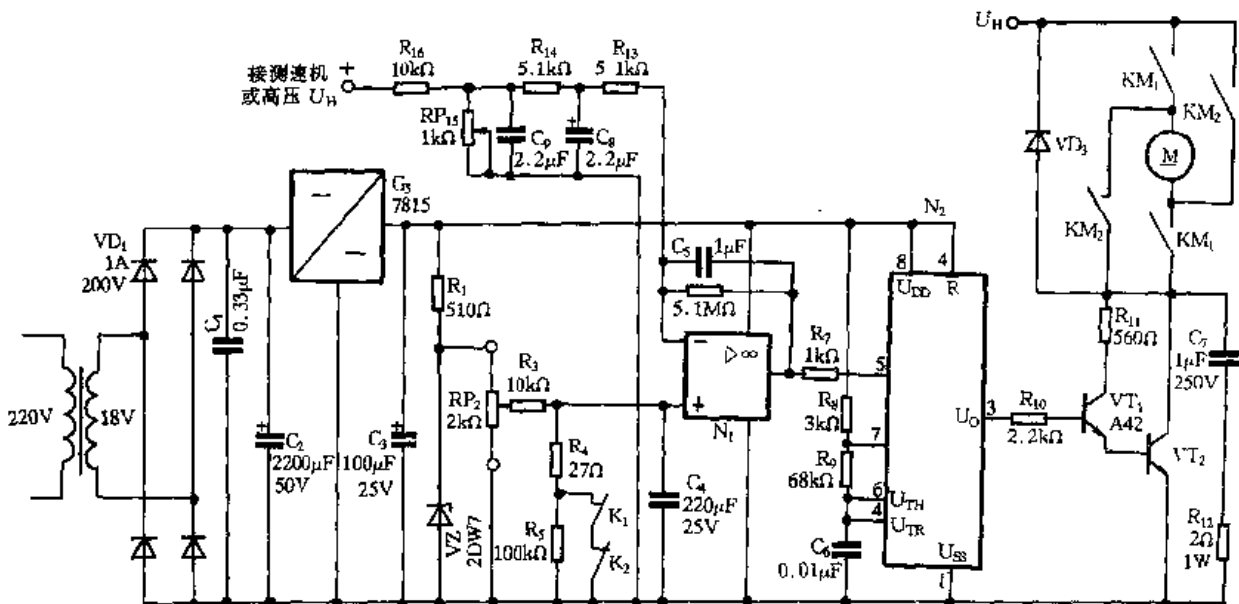


图 2.2.47 简单的 PWM 直流电动机调速电路

$RP_2$  为调速电位器,提供给定信号,由稳压二极管 VZ 提供的稳压电源接于  $RP_2$  两端,以使给定信号更加稳定。运放  $N_1$  (LM324N 或 CA3140E 等单电源的运放)接成 PI 调节器,这是双端输入形式的比例积分调节器,具有较高的静态放大倍数和较小的动态放大倍数,以实现良好的动态特性和较硬的机械特性。给定电压经  $R_3$ 、 $C_4$  积分,加于  $N_1$  同相输入端,使得加于调节器的电压是缓慢上升的,从而基本上避免了超调与速度振荡。停机时  $C_4$  上的电荷通过  $R_4$  及  $K_1$ 、 $K_2$  常闭触点迅速放电,为下一次启动作好准备。 $N_1$  的反相输入端引入速度负反馈电压或电压负反馈电压, $RP_{15}$  用来调整负反馈电压,使之与给定电压匹配, $R_{14}$ 、 $C_8$ 、 $R_{13}$  用来对脉动的负反馈电压滤波。

时基电路  $N_2$  (NE555)接成脉宽可调的自激方波振荡器,其振荡频率约为  $1\text{kHz}$ ,当输入到  $N_2$  的⑤脚的电压变化时, $N_2$  的③脚的输出脉冲宽度随之变化,但其频率变化不大。当⑤脚的电压为零时,③脚的输出电压也为零,没有脉冲,当⑤脚的电压为  $N_2$  的电源电压时,③脚输出接近电源电压的直流电压,在这二者之间则是输出宽度可变的脉冲,因此其脉冲宽度变化范围

为 0~100%，这就奠定了有较大调速范围的基础。

$VT_1$  用高反压三极管 A42,  $VT_2$  是大功率达林顿管, 其电流容量及耐压等级要根据其驱动的直流电动机而定。VD<sub>3</sub> 是续流二极管, 其规格也根据直流电动机容量而定, 在  $KM_1$  或  $KM_2$  触点断开时, 电动机的反电动势引起的电流通过触点电弧经 VD<sub>3</sub> 构成回路, 从而保护  $VT_1$  及  $VT_2$ 。  $U_H$  为直流高压, 应根据所用电动机而定, 一般来说比直流电动机的电枢额定电压高约 10V, 只要将交流电用二极管整流后再用 LC 或 C 滤波电路滤波即可, 不需严格地稳压。

$KM_1$ 、 $KM_2$  为电动机正反向接触器, 它们之间应有互锁, 直流电动机激磁电源在图中未画。

#### 6. 采用集成电路 LZ210 的直流电动机脉宽调制调速电路

电路如图 2.2.48 所示, 它主要用于电流不大于 2A 的 9~12V 小型直流电动机。它采用脉宽调制来控制电动机转速, 可将输入电压幅度的变化转换成相应输出脉冲宽度的变化, 使电动机保持大的转矩, 因此, 是一种理想的调速、稳速电路。

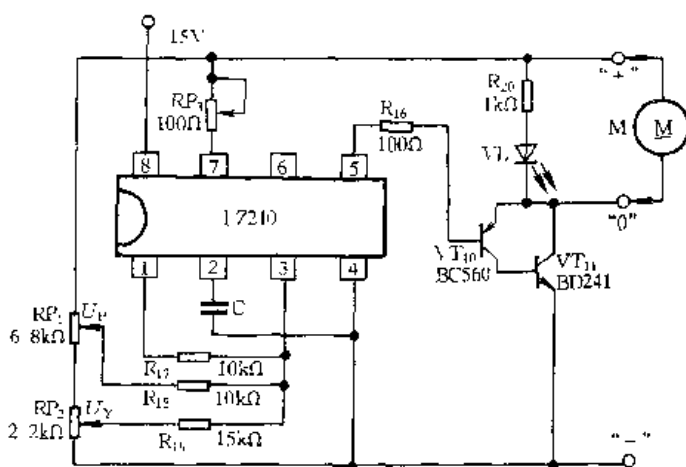


图 2.2.48 采用集成电路 LZ210 的直流电动机脉宽调制调速电路

图 2.2.49 为集成电路 LZ210 的引脚排列和内部结构图。由 LZ210 内的  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $VT_3$  以及其⑦脚外接电位器  $RP_3$  组成恒流源。恒流源对 LZ210 的②脚外接电容器 C 进行充电。LZ210 的内部电阻  $R_3$ 、 $R_4$  和  $VT_1$ 、 $VT_2$  组成放电回路。当电容 C 上的电压高于  $VT_2$  的基极电位 0.7V 时,  $VT_2$  导通,  $VT_1$  也随之饱和导通, 对电容 C 迅速放电, 使  $VT_1$  和  $VT_2$  截止。这样, 电容 C 充放电重复进行, 在 C 上形成锯齿波电压。锯齿波电压的周期由外接电位器  $RP_3$  及电容 C 决定。LZ210 内的复合管  $VT_4$ 、 $VT_5$  组成射极输出器; 而  $VT_6 \sim VT_9$  及相关元件组成波形整形电路, 它将锯齿波电压变成方波电压, 由其⑤、⑥脚分别输出负、正脉冲, 然后去控制外接的复合管  $VT_{10}$ 、 $VT_{11}$  的导通或截止。

由 LZ210 内的  $VT_5$  射极即 LZ210 的①脚输出锯齿波和偏移电压  $U_y$ 、控制电压  $U_p$ , 经 LZ210 的③脚送至其内部的  $VT_6$  的基极并进行比较。改变外接电位器  $RP_1$  和  $RP_2$  的比例, 可调节相应的偏移电压  $U_y$ 、控制电压  $U_p$ , 就可以得到不同的控制电压范围。

使用时, 直流电动机 M 接在图 2.2.48 中的“+”和“0”两端。发光二极管 VL 及限流电阻  $R_{20}$  跨接在电动机两端。当外接复合管为低电位控制时, 则接 LZ210 的⑤脚; 若复合管为高电位控制时, 则接 LZ210 的⑥脚。当  $RP_3$  为 0~100Ω, C 为 200pF~220μF 时, 则锯齿波周期 T 为 0.06ms~ $1.2 \times 10^5$ ms。

#### 7. KJZ-1 型直流电动机调速板电路

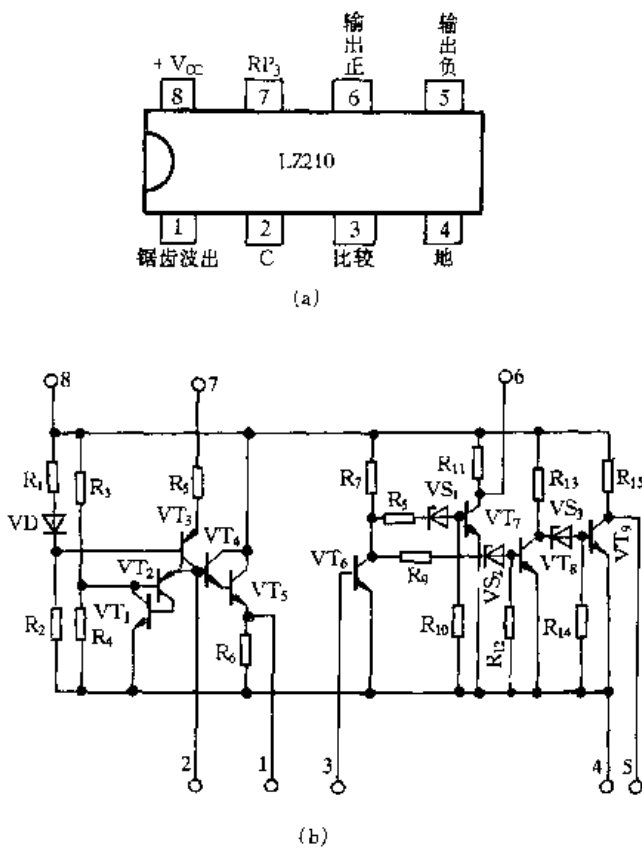


图 2.2.49 LZ210 的引脚排列和内部电路

图 2.2.50 为 KJZ-1 电路及其应用电路,  $A_1 \sim A_8$  和  $B_1 \sim B_8$  为电路板引出插脚端, 分别位于板的两面(图中未全标出)。它是移相集成电路 KJ005 为核心组成的小功率直流电动机调速电路, 适用于 200V 直流电动机调速。其特点是带有电压负反馈、电流限制反馈以及电动机励磁驱动, 调速平滑稳定。最大输出功率达 1kW, 限流范围在 1~5A 内可调, 输出电压可调范围为 0~200V。电动机调速比达 1:20, 励磁电流为 0.5A, 工作温度为  $-10 \sim 50^\circ\text{C}$ 。

KJ005 的 ①、⑪和 ⑬脚为空脚, ⑫脚为同步电流(3~4mA 为宜)输入端, 只有在其电流(电压)接近零时, ②、③脚才有过零脉冲出现, 这时 ④脚给  $47\mu\text{F}$  电容充电, 其余时间该电容放电, 从而形成锯齿波电压, 它与 ⑥脚电压比较后产生移相脉冲, 在 ⑫脚以及 ⑬脚得到放大后的移相脉冲, ⑬脚的脉冲下跳时, 经微分电路在 ⑩脚产生窄脉冲, 这个窄脉冲放大后在 ⑨脚输出负跳变触发脉冲。⑨脚吸入最大电流可达

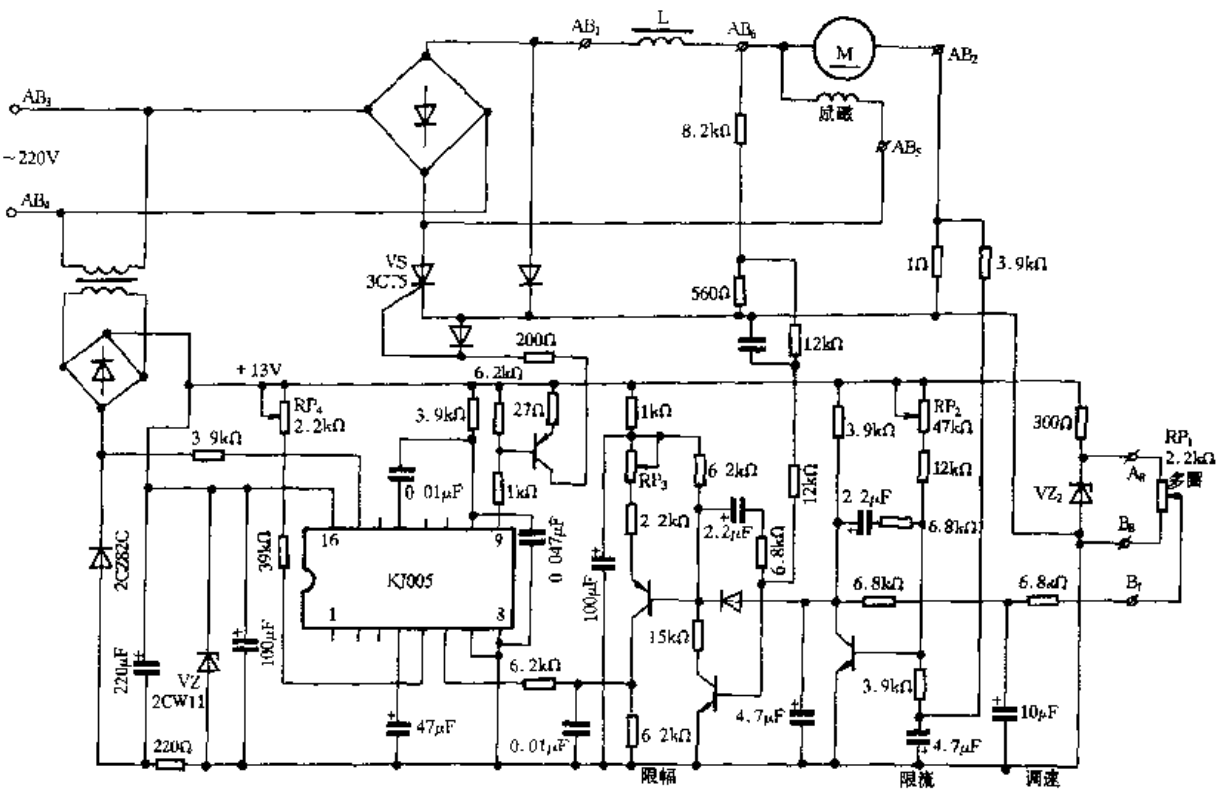


图 2.2.50 KJZ-1 型直流电动机调速板电路

200mA,可用于直流触发 10A 的晶闸管。改变⑥脚电压就可改变触发脉冲的相位,这就是移相控制方式。⑬脚为电源端,⑧、⑨脚接地。

$AB_4$  和  $AB_3$  加 220V 交流电压。 $AB_1$  和  $AB_6$  之间连接适当电感 L 用以改善电动机电流特性。 $AB_2$  和  $AB_6$  之间连接电动机。 $AB_5$  和  $AB_6$  供给电动机励磁电压(电流)。 $A_8$ 、 $B_8$  之间连接调相(调速)电位器  $RP_1$ ,中心抽头连  $B_1$  调相。稳压管  $VZ_1$ (2CW11)提供 13V 的稳定电压供给 KJ005 部分工作, $RP_1$  两端恒定电压由 10V 左右的稳压管  $VZ_2$  提供。

$RP_1$  用多圈式 2.2k $\Omega$  电位器,改变其中心活动端位置,就使 KJ005⑥脚电压变化,⑨脚输出脉冲移相,VS 导通角随之改变,结果电动机平均电流变化引起转速改变。 $RP_1$  使  $B_1$  端电压升高,KJ005⑥脚电压下降,触发脉冲相位后移,VS 导通角减小,电动机平均电流减小,转速变慢。反之, $B_1$  端电压降低,电动机转速变快。

$RP_2$  用于限流调整。 $RP_3$  用于限压调整。当电动机电流超过限流值或电动机电压超过限压值后,都会使 KJ005⑥脚电压降低到接近零值,从而使 VS 接近截止,起到限流限压的保护作用。

### 第三节 机床和起重机械电气控制电路

#### 一、机床电气控制电路

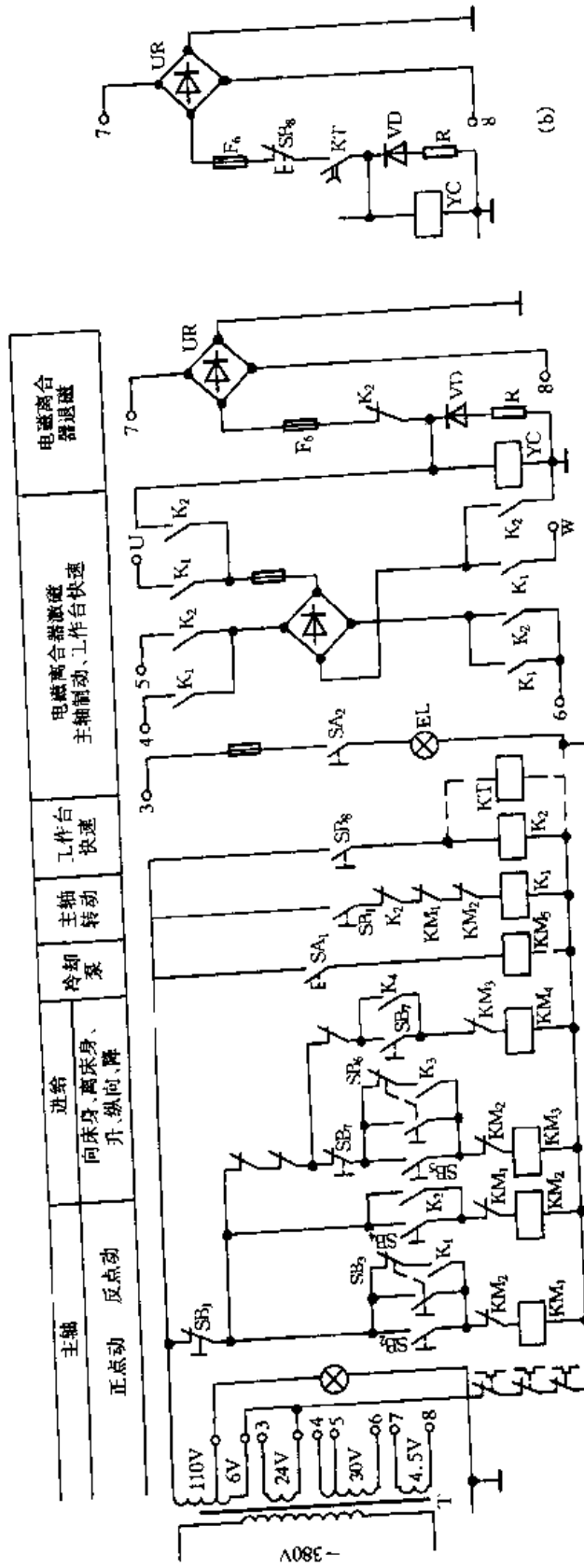
##### 1. XQ-6225 型万能回转头铣床去磁回路的改进电路

XQ-6225 型万能回转头铣床电气控制电路如图 2.3.1(a)所示。该铣床工作台快速进给及去磁回路工作原理:按下所需工作台进给运动方向的按钮  $SB_5$  或  $SB_7$ ,接触器  $KM_3$  或  $KM_4$  得电吸合,接通进给电动机(主电路未画出),工作台即按所需方向作进给运动。当需要工作台按进给方向作快速移动时,再按下快速按钮  $SB_8$ ,中间继电器  $K_2$  得电吸合,其常开触点闭合、常闭触点断开,接通电磁离合器 YC,工作台即按原方向作快速移动。松开  $SB_8$ ,工作台仍按原方向继续作进给运动。为了消除 YC 中的剩磁,设置由 UR、VD 及 R 组成的反向电流退磁和加速释放回路。当快速回路停用时, $K_2$  失电释放,其常开触点断开、常闭触点闭合,接通反向退磁电路,去磁回路电源始终接通。由于长时间通电过热导致 UR 击穿及变压器 T 的副绕组 7、8 的绝缘击穿,造成短路,引起整只控制变压器烧毁,导致整台铣床电控回路不能正常工作。

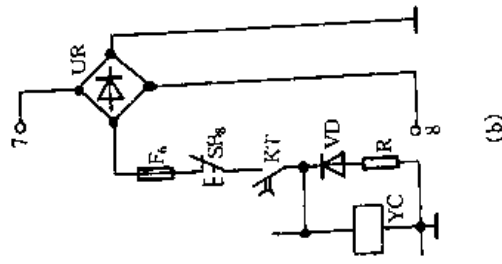
为了解决上述问题,在不改动原来接线的前提下,增加了一只时间继电器 KT(JS11 型)与  $K_2$  的线圈并联,如图 2.3.1(a)虚线部分所示。再利用 KT 延时断开触点断开去磁回路(见图 2.3.1(b)),同时在去磁回路中串联  $SB_6$  常闭触点,保证在快速回路工作时去磁回路断开。KT 延时时间整定为 5s。

##### 2. 龙门刨床主传动系统中行程开关的改进电路

龙门刨床主传动系统以往使用的 LX2 及 LX26 型行程开关,都是利用机械硬撞滚轮(轴承轮)来带动机械传动机构,最终达到电气系统运行要求的。滚轮极易磨损,使动作失灵,故障率高。要想彻底解决存在的问题,就必须改用无碰撞的无触点接近开关。



(a)  
图 2.3.1 XQ-6225 型万能回转床头床去磁回路的改进电路



但接近开关一般无记忆功能,一旦信号消失,接近开关立即复位。为此,选用有记忆功能的集成电路模块与无记忆功能的接近开关组合在一起,进行一步信号转换。

改造一台“A”系列刨床(调压调速系统均相同),采用同样的电路、元器件制作成四套部件(图 2.3.2 为每套部件的电气控制电路),分别代替前进减速行程开关、前进换后退行程开关、后退减速行程工关、后退换前进行程开关,由于前进和后退用限位行程开关在使用时碰撞机会较小,因此仍用 LX2 - 232 和 LX2 - 212 行程开关。

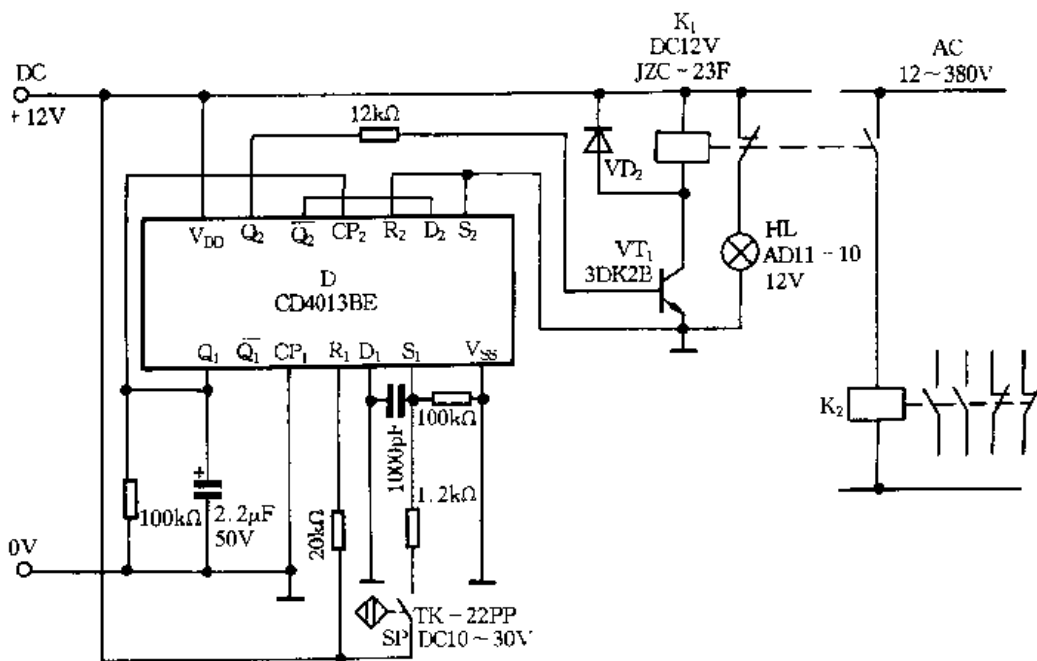


图 2.3.2 龙门刨床主传动系统电气控制电路(部分)

### (1) 初始状态

合上电器控制柜上总电源开关,集成电路 D(双上升沿 D 触发器 CD4013)上应有直流 12V 工作电压,这时各点的电平应是  $S_1 = "0"$ 、 $CP_2 = "0"$ 、 $Q_2 = "0"$ ,因此开关三极管  $VT_1$  不导通,指示灯 HL 亮,小型继电器  $K_1$  和中间继电器  $K_2$ (型号及额定电压视刨床控制回路电压而定)线圈不得电。四套部件的初始状态均相同。

### (2) 工作过程

以工作台前进为例。当前进用行程制子作用于接近开关 SP(直流电感式接近开关)时,其常开触点闭合,使 D 的  $S_1$ 、 $CP_2$ 、 $Q_2$  各端点由低电平变为高电平, $VT_1$  导通, $K_1$  得电吸合,其常闭触点断开,切断 HL 回路,HL 熄灭;其常开触点闭合,使  $K_2$  得电吸合(相当于原图上减速行程开关在工作状态)。 $K_2$  的常闭触点断开、常开触点闭合,接通前进减速回路,工作台以减速度前进。当制子离开接近开关时,SP 复位断开,但  $Q_2$  端仍维持高电平不变,工作台继续减速前进。工作台前进用行程制子作用于前进换后退接近开关和离开它时的动作过程,同前进减速时的动作过程一样。所不同的仅是最后一级中间继电器吸合时,动作的是前进换后退行程开关触点。工作台开始后退,后退至前进用制子再次作用于前进减速接近开关时,SP 闭合,D 的  $S_1$ 、 $CP_2$  端由低电平变为高电平, $Q_2$  端则由高电平变为低电平,使  $VT_1$  截止,继电器  $K_1$  失电释放,HL 亮, $K_2$  失电释放,其常闭触点闭合、常开触点断开。当制子再次离开此接近开关时,SP 触点断开,D 的  $S_1$ 、 $CP_2$  端由高电平变为低电平,而  $Q_2$  端仍维持低电平不变。使工作台前进减速这一套部件回复到初始状态(相当于原图上前进减速开关复位),为下一次工作做准备。至于工

作台前进换向、后退减速、后退换向的动作过程与其相同,不再赘述。

### 3. X2012A 龙门铣床晶闸管触发电路的改进电路

X2012A 龙门铣工作台的进给电动机(X2-62 直流电动机,7.5kW,220V,1000r/min)系采用晶闸管半控整流桥供电,无级调节电枢电压,实现调速。晶闸管触发部分均系分立元件,使调速系统工作不稳定,机床故障率高。为此,对该机床的晶闸管触发部分选用 KC11 集成晶闸管触发器,替代原分立元件组成的晶闸管触发部分,如图 2.3.3 所示。

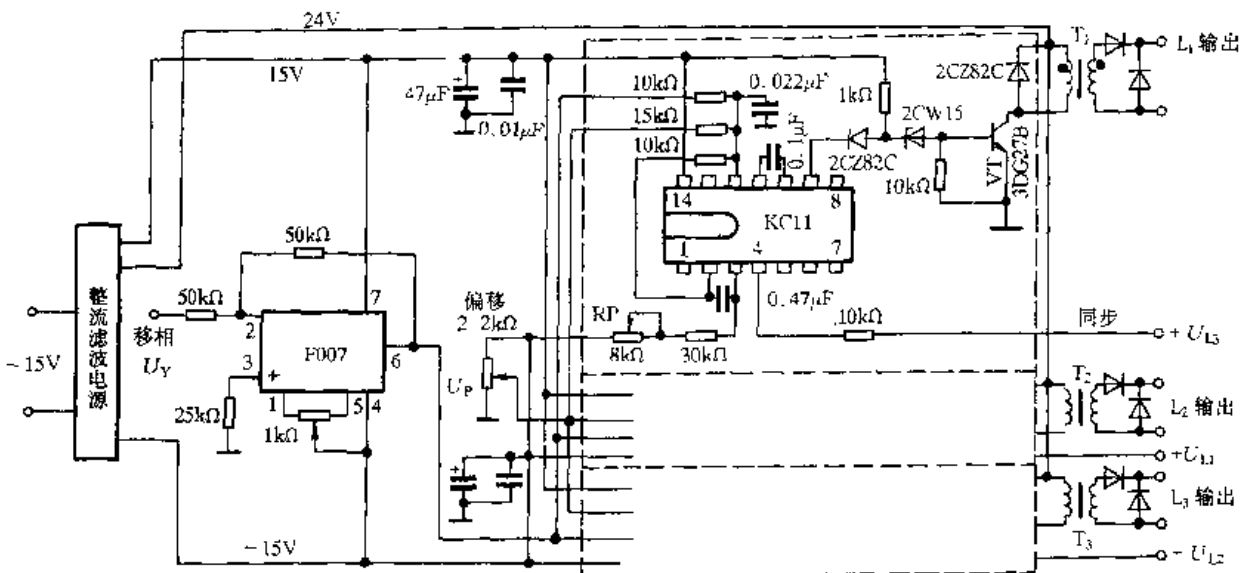


图 2.3.3 X2012A 龙门铣床晶闸管触发电路的改进电路

改造后的整个电路板由 3 只集成电路 KC11、1 只运放 F007 组成。同步电压送入 KC11 的 ④脚,在其 ②脚形成锯齿波电压。锯齿波电压、移相控制电压  $U_Y$  和偏移电压  $U_P$  在 KC11 的 ⑫脚进行综合比较放大,在其 ⑨脚输出一定宽度的触发脉冲,经三极管 VT 功率放大,由脉冲变压器输出。KC11 各脚的波形如图 2.3.4 所示。KC11 的 ⑩、⑪脚间外接电容决定触发脉冲的宽度。由于 KC11 为正极性型,即移相控制电压增加,输出导通角就越大。而原晶闸管触发系统要求为负极性型。因此在 KC11 移相电压之前,采用 F007 运放组成 1:1 倒相器。对不同的移相电压  $U_Y$ ,调节相应的偏移电压  $U_P$ ,同时调整锯齿波斜率电位器 RP,就可以使不同的移相控制电压获得整个移相范围。KC11 在同步信号的负半周有脉冲输出,在正半周时无效, $L_1$  相晶闸管的同步信号必须取  $+U_{L3}$ 。同样, $L_2$  相晶闸管的同步电压必须取  $+U_{L1}$ , $L_3$  相晶闸管的同步电压应取  $U_{L2}$ 。

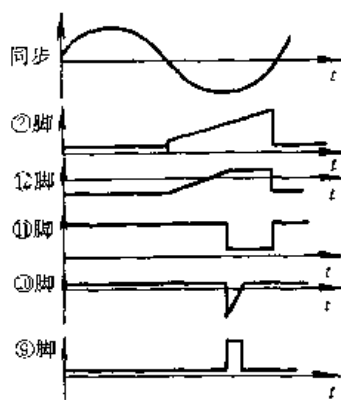


图 2.3.4 KC11 各引脚波形

### 4. 铣床电磁吸盘快速退磁电路

图 2.3.5 所示电路,专门增加快速自动退磁线路,在电磁吸盘工作时,工件被吸持,开动铣床进行切削加工,加工完毕吸盘停止工作,同时对吸盘和工件自动进行快速退磁。

#### (1) 电磁吸盘工作原理

电气控制电路的电源取自铣床的电源开关下端。合上铣床的电源开关,再合上控制开关 S,控制电路得电,红色指示灯 HR 亮,表示控制电路可以开始工作。按下启动按钮  $SB_2$ ,继电器

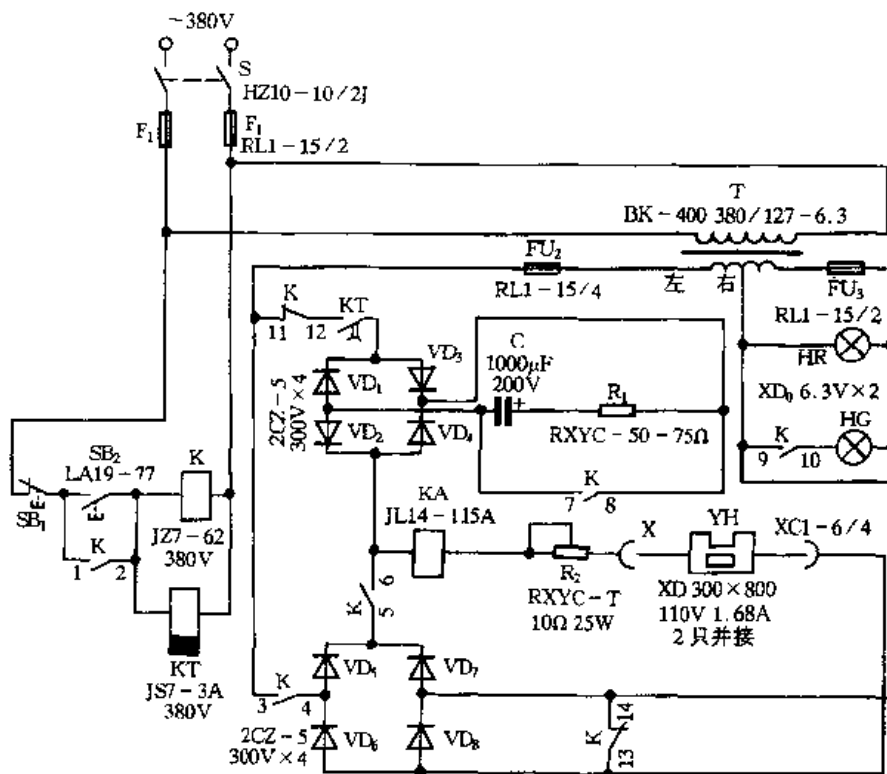


图 2.3.5 铣床电磁吸盘快速退磁电路

K 得电吸合并自锁,其常开触点 K(9-10)闭合,绿色指示灯 HG 亮,表示电磁吸盘工作;其常闭触点 K(13-14)和 K(11-12)断开、常开触点 K(3-4)和 K(5-6)闭合,使控制变压器 T 的二次侧的 127V 交流电经  $VD_5 \sim VD_8$  整流,经欠电流继电器 KA 线圈及限流电阻  $R_2$  给电磁吸盘 YH 提供 110V 直流电源,电磁吸盘吸持工作。为铣床切削加工做好准备。在 K 得电吸合的同时,时间继电器 KT 也得电吸合,其延时断开的常开触点闭合,为退磁做好准备。流过继电器 KA 的电流若为吸盘的额定电流,则 KA 吸合,它的一对串接在铣床主轴启动控制回路中的常开触点闭合,为铣床主轴启动做好准备。即只有在电磁吸盘工作于额定电流时,主轴才能启动,进行切削加工;如果工作电流没有达到额定值,KA 就不吸合,铣床主轴就无法启动工作。铣床在正常切削加工时,由于某种原因,电磁吸盘断电或者欠电流工作,KA 就失电释放而切断主轴控制电路,使主轴停止切削。从而避免工件飞出,保证安全运行。

## (2) 快速退磁工作原理

工件切削加工完毕,先切断主轴控制回路,使主轴停转。为了取下工件,必须先切断电磁吸盘的直流回路。此时可按停止按钮  $SB_1$ ,K 失电释放,切断了由  $VD_5 \sim VD_8$  整流桥提供的直流电源,时间继电器 KT 也失电释放。与此同时,K 的常闭触点 K(11-12)闭合,控制电路中的快速退磁回路开始工作。在电源正半周时,电流从 T 的二次侧左端经  $FU_2 \rightarrow K$  的触点 K(11-12)  $\rightarrow$  KT 的触点  $\rightarrow VD_3 \rightarrow R_1 \rightarrow C \rightarrow VD_2 \rightarrow$  KA 线圈  $\rightarrow R_2 \rightarrow YH \rightarrow K$  的触点 K(13-14) ( $VD_8$ ) 到 T 的二次侧右端。在电源负半周时,电流从 T 的二次侧右端经 K 的触点 (13-14)  $\rightarrow YH \rightarrow R_2 \rightarrow$  KA 线圈  $\rightarrow VD_4 \rightarrow R_1 \rightarrow C \rightarrow VD_1 \rightarrow$  KT 的触点  $\rightarrow K$  的触点 K(11-12)  $\rightarrow FU_2$  到 T 的二次侧左端。从上述的电流流向过程不难看出,流过 YH 的电流方向是随时间而改变的交变电流。但不管电源是正半周还是负半周,通过  $R_1$  和 C 上的电流始终是同一方向,即从右流向左。使电容 C 处于充电状态。C 的充电电流大小是按指数曲线形式下降的,直到 C 上电压充到电源电压,充电电



流下降到零为止。该充电电流就是流过 YH 的电流。由上述可看出,流过 YH 上的电流是一个随时间按指数曲线形式、从大到小直到零的电流。

KT 的延时时间(可调)到,其已闭合的延时断开的常开触点断开,断开退磁回路,退磁自动结束。YH 再次工作时,K 的常开触点 K(7-8)闭合,给 C 提供放电回路,为下次退磁做好准备。这样就实现了电磁吸盘每工作一次,就自动快速退磁一次,较好地解决了电磁吸盘造成的剩磁问题。

### 5. 电动葫芦遥控电路

现有的电动葫芦都采用悬挂按钮,使用者必须站在行车下边手持按钮随行车的运行而走动操作,这样既不方便又不安全。用无线电遥控组件 TWH9236、TWH9238 制作的电动葫芦无线遥控装置,控制距离远(大于 50m),抗干扰性能强,使用者站在安全的地方(甚至电葫芦附近的室内)通过按动发射器便可操作电葫芦的运行。图 2.3.6 为电动葫芦的主电路。

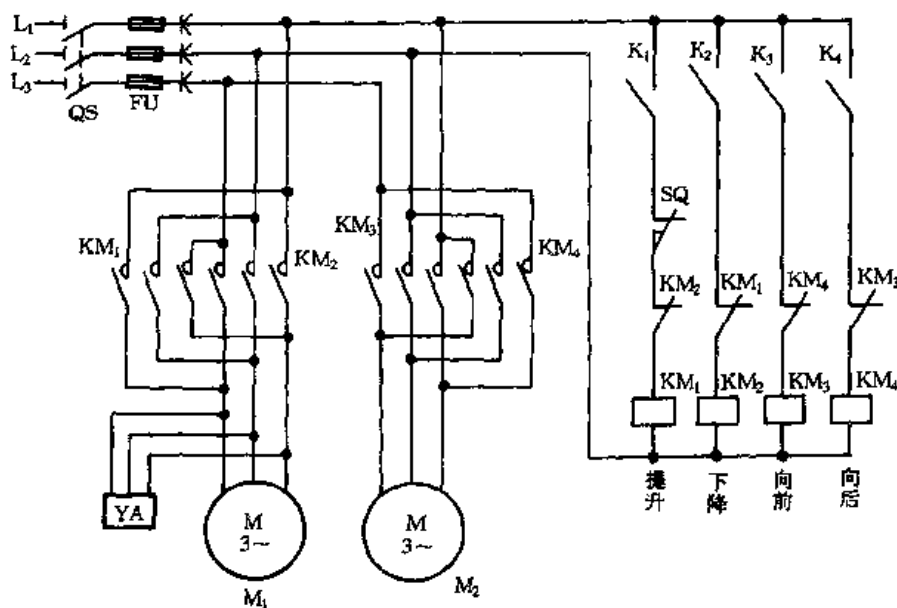


图 2.3.6 电动葫芦主电路

图 2.3.7(a)所示是控制器的微型匙扣式发射机的按键图。当分别按动 A、B、C、D 键时,就可使电动葫芦上升、下降、左行、右行。图 3.1.17(b)所示为接收及控制电路。当按住发射器上的某键时,接收器 TWH9238 将接收到编码的无线电信号,在其内部经过一系列的处理转换成与发射端相同的编码输入到 16 路选一的模拟开关 CD4067 的 A、B、C、D 端,同时 TWH9238 的 ⑩脚也输出高电平至 CD4067 的输出/输入的公共端 L/O,该端的高电平被接通到哪一路,由 BCD 码所决定。如按动发射器上的 A 键时,输入到 CD4067 的 BCD 码为“0001”,此时 CD4067 的第一路将与公共端接通,即 ⑧脚将输出高电平,三极管  $VT_1$  导通,继电器  $K_1$  得电吸合,其常开触点闭合,使交流接触器  $KM_1$  得电吸合,电动机  $M_1$  将按某一方向转动使物体上升;当松开 A 键时,TWH9238 的 L/O 端变为低电平,CD4067 的 ⑧脚输出也变为低电平,  $K_1$  失电释放→ $KM_1$  失电释放→ $M_1$  电动机停止转动。这种操作相当于悬挂按钮的点动控制,保证当操作者离开发射器时(即手离开按钮),电动葫芦失电,以免继续运行而发生危险,其它功能的操作与 A 键相同。

由于该无线电遥控组件没有外露的发射、接收天线,且用编码形式发送指令,因此安装方便,抗干扰性强,是实现电动葫芦遥控控制的理想装置。

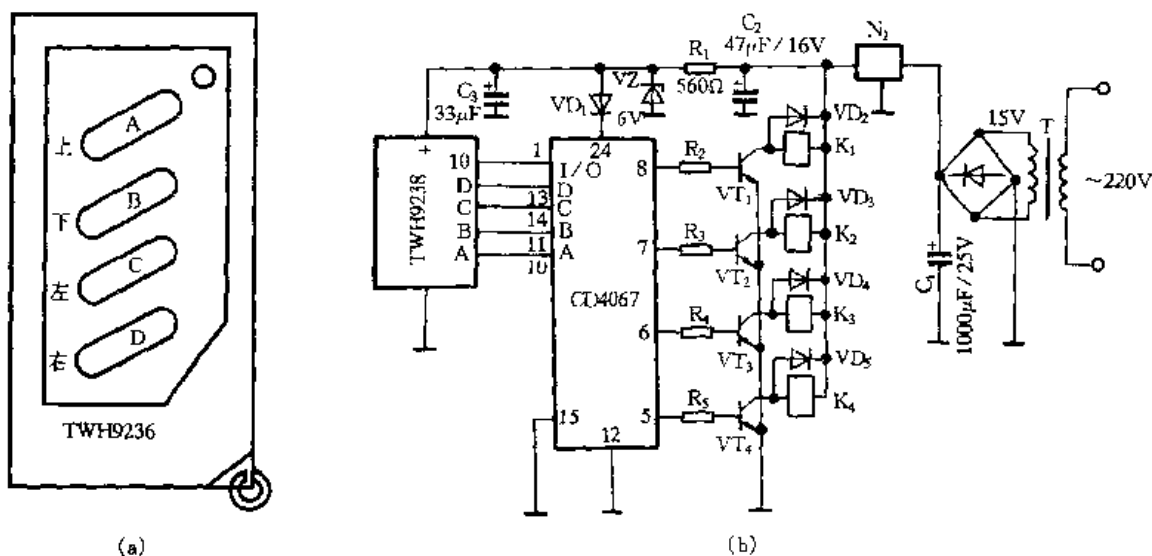


图 2.3.7 电动葫芦遥控电路

### 6. 立式磨床电气控制电路的改进电路

立式磨床一旦出现堵磨现象,电动机就会空载运行。为了确保磨机在正常情下不出现堵磨或出现堵磨时能得到及时处理,应对堵磨问题采取保护措施,其电气控制电路如图 2.3.8 所示。

自动控制时,合上低压断路器 QF,将自转换开关 SA 右旋 45°,电气控制电路进入自动控制状态,此时,电源指示绿灯 HG 亮,指示可以启动。按下启动按钮 SB<sub>1</sub>,使接触器 KM<sub>1</sub> 得电吸合,其常闭触点 KM<sub>1</sub>(5-6)断开, HG 失电熄灭;常闭触点 KM<sub>1</sub>(7-8)断开,防止串联在运行接触器 KM<sub>2</sub> 线圈回路的其他常开触点意外闭合而造成 KM<sub>2</sub> 得电吸合,使其触点误动作而发生短路,实现 KM<sub>1</sub> 对 KM<sub>2</sub> 的安全互锁;常开触点 KM<sub>1</sub>(1-2)闭合, HY 亮,指示电动机 M 已进入启动状态;常开触点 KM<sub>1</sub>(3-4)闭合,使继电器 K 和时间继电器 KT 得电吸合, K 的常开触点 K(1-2)闭合。通过已闭合的常开触点 K(1-2)、KM<sub>1</sub>(3-4),使 KM<sub>1</sub> 线圈回路自锁。时间继电器 KT 得电吸合后开始计 M 的启动时间。又由于中间继电器 K 得电吸合,与热继电器 FR 并联的两对常开触点 K(3-4)和 K(5-6)闭合,短接 FR,防止 M 启动大电流的热量积累造成 FR 动作而不能启动 M。KM<sub>1</sub> 主触点闭合,使 M 的定子绕组通过自耦变压器 T 得电,实现降压启动。

当 M 启动过程完成后,串接在 KM<sub>1</sub> 线圈回路中的 KT 延时断开触点 KT(1-2)断开,使 KM<sub>1</sub> 失电释放,其主触点断开, T 退出, M 失电而惯性运转;常开触点 KM<sub>1</sub>(1-2)断开, HY 熄灭,指示 M 启动过程已完成;同时 KM<sub>1</sub> 线圈失去自锁;其触点 KM<sub>1</sub>(5-6)复位, HG 又瞬间得电点亮,指示 M 由完成启动过程在向运行状态过渡;触点 KM<sub>1</sub>(7-8)断开,解除对 KM<sub>2</sub> 线圈的互锁,使 KM<sub>2</sub> 作好得电准备。紧接着 KT 延时闭合的触点 KT(3-4)闭合,使 KM<sub>2</sub> 得电吸合并自锁,其触点 KM<sub>2</sub>(3-4)断开,使 HG 熄灭;触点 KM<sub>2</sub>(1-2)断开,使 KT、K 失电释放, K 的常开触点 K(3-4)、K(5-6)断开,解除对 FR 短接,使 FR 投入,对 M 起保护作用;触点 KM<sub>2</sub>(5-6)闭合, HR 得电点亮,指示 KM<sub>2</sub> 工作和 M 处于运行状态;KM<sub>2</sub> 的主触点闭合,使 M 重新得电,进入正常电压和转速运行状态。

手动控制时,将 SA 左旋 45°, HG 亮;接下 SB<sub>1</sub>, KM<sub>1</sub>、K 相继得电吸合, FR 退出, T 工作, HG 熄灭, HY 亮, M 降压启动。待电流表 PA 的指针从启动电流位置倒回到正常运行电流位置时,

按下手动升压复合按钮  $SB_2$ , 其常闭触点  $SB_2(1-2)$  断开, 使  $KM_1$ 、 $K$  失电释放,  $T$  退出,  $M$  失电靠惯性运转,  $HY$  灭;  $K$  的常开触点断开, 解除对  $FR$  的短接。同时  $SB_2$  的常开触点  $SB_2(3-4)$  闭合, 使  $KM_2$  得电吸合并自锁,  $M$  二次接入电网而得电运行,  $HR$  亮。

停机时, 按下停止按钮  $SB_3$  即可。

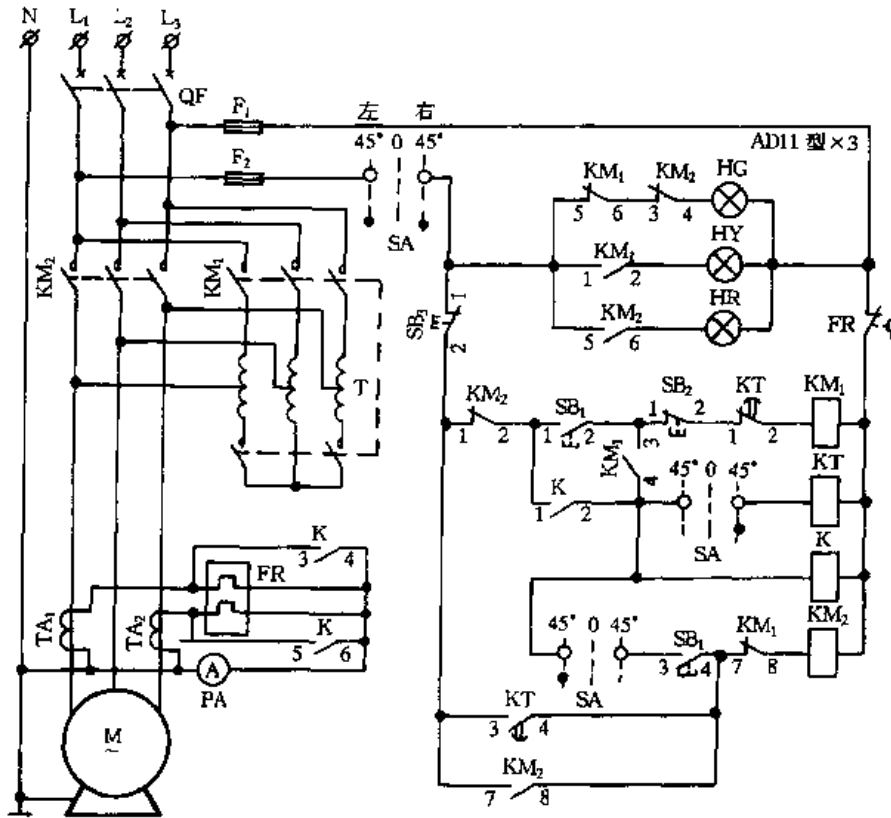


图 2.3.8 立式磨床控制电路的改进电路

### 7. X62W 型万能铣床主轴制动电路的改进电路

早期生产的 X62W 型万能铣床主轴电动机的制动采用的是反接制动。图 2.3.9 所示为主轴电动机的控制电路, 电动机的制动采用简单的电容制动, 省去了不少元件和接线, 主电路中, 利用  $KM_1$  的常闭触点与电容器  $C$  串联, 然后再并接到电源的相线之间。制动时, 按下停止按钮  $SB_1$  或  $SB_2$ , 接触器  $KM_1$  失电释放, 其主触点(常开)断开, 切断电动机电源, 这时电动机转子靠惯性继续运转, 转子剩磁将切割电动机定子绕组, 产生剩磁感应电动势, 由于此时  $KM_1$  的常闭触点已经闭合, 定子绕组同电容器形成闭合回路, 因此定子绕组内将会产生感应电流, 此电流建立的磁场产生一个与旋转方向相反的制动转矩能使电动机很快停下。这种简单的电容制动, 所用元件少, 能量损耗小, 改装简单易行, 可以改善反接制动的缺点, 并且能用于制动频繁的场所。图中电容的电容量, 据实验, 对于主轴电动机功率为  $7.5\text{kW}$ 、 $1450\text{r/min}$  的铣床来说, 选取  $200\mu\text{F}$  以上的电容量为宜, 一般电容量越大, 制动效果越好, 电容器的耐压值最好选取电源电压最大值以上的, 一般为  $600\text{V}$  左右, 以免击穿影响制动效果。对于功率较小的电动机, 电容器的电容量可酌情减小。

图 2.3.9 所示简单的电容制动电路同样也能用在其他需要制动的设备中。

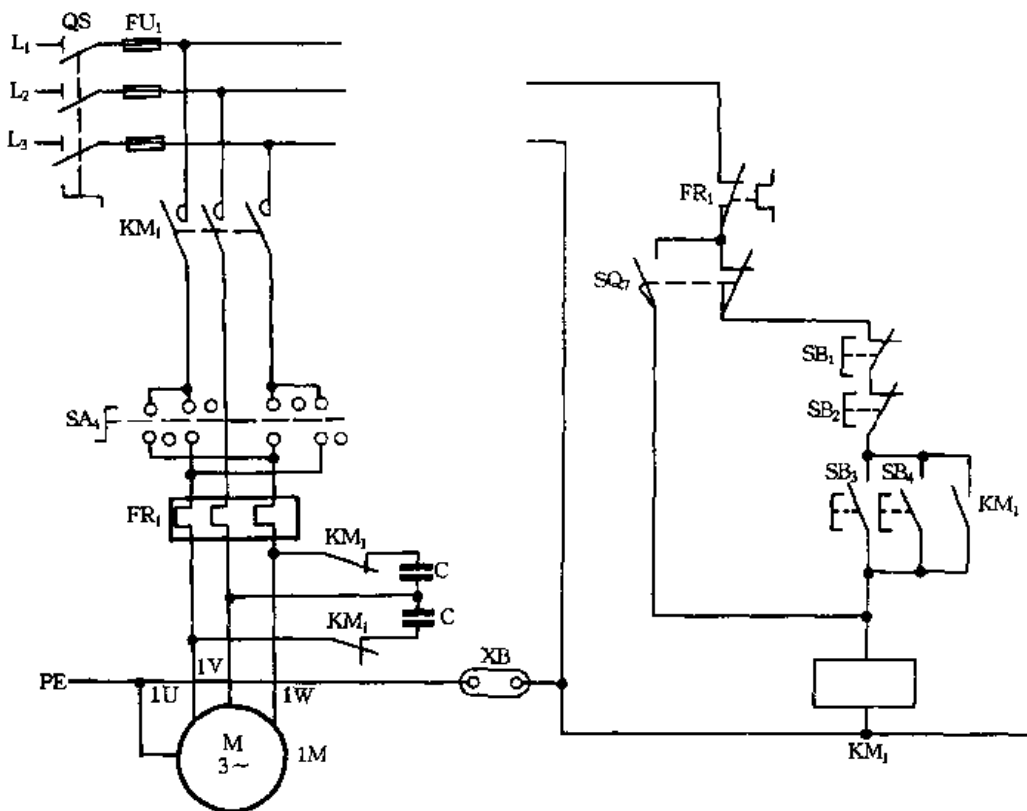


图 2.3.9 改进后的 XW62 主轴电动机控制电路

## 二、起重机械电气控制电路

### 1. 矿用提升机松绳信号电路及安全回路

矿用缠绕式提升机,使用在斜井用车场系统,在其控制电路中增设松绳信号电路,并要接入安全回路,达到信号和安全保护双重目的。其电路如图 2.3.10 所示。

由于提升机滚筒以及大绳均与大地相接触,只要在滚筒下敷设一根与地绝缘的导线(可采用 8 # 号线),即图 2.3.10 中的 W 线。当司机操作不慎产生松绳子时,大绳、滚筒以及整个机身都与 W 线相接触的一瞬间,使先导回路构成通路,三极管  $VT_1$  基极有正偏电压而导通,依次使  $VT_2$ 、 $VT_3$  导通,继电器  $K_1$  得电吸合,其常开触点  $K_1(1-2)$  闭合,使红灯闪亮,以提醒司机应采取紧急措施紧绳;当司机未作出相应处理或出现意外时,在延时回路中,由于  $K_1$  的常开触点  $K_1(3-4)$  闭合,并给电容 C 充电,当充电到单结晶体管  $VT_4$  的峰点电压时,在所需的延时时间内(在某并约为 2.5s)  $VT_4$  导通,在电阻  $R_2$  上产生一尖脉冲,触发晶闸管 VS,整个电路导通。VS 导通后二极管  $VD_1$  处于正偏,电容 C 通过  $VD_1$ 、VS 放电,瞬间即可放完,防止 C 中积累电荷造成时间误差。继电器  $K_2$  得电吸合,在中间继电器  $K_3$  回路中  $K_2$  的常闭触点断开,使  $K_3$  失电释放,其串在提升机安全回路的安全继电器  $K_4$  中的  $K_3$  常开触点随之断开,使  $K_4$  失电释放,提升机抱闸制动。

当恢复通电时,需转动万能转换开关 S,短接  $K_3$  的常开触点,提升机解除制动,才可运转;并且 S 的另一触点断开下放回路中的方向继电器(未画图),从而使得司机只能上提紧绳而不致于出现继续下放再松绳的情况。紧绳后,警示红灯当即熄灭,司机转动 S,恢复正常的提升和下放。该电路简单、实用,当无松绳情况时,电控系统同原先一样,并不影响和改变原来的功能。

调试时,首先测量  $R_2$  两端电压,以检查漏电流的压降,减小误触发。若测得漏电流使得  $R_2$  两端电压超过  $V_S$  触发电压时,要适当增加  $R_1$  的阻值,直到合格为止。断开  $V_S$  的控制极触发回路,串入精度较高的毫安表,测试控制极触发电流,小于  $15\text{mA}$  为宜;否则要适当调小  $R_2$  的阻值,降低控制极电压。

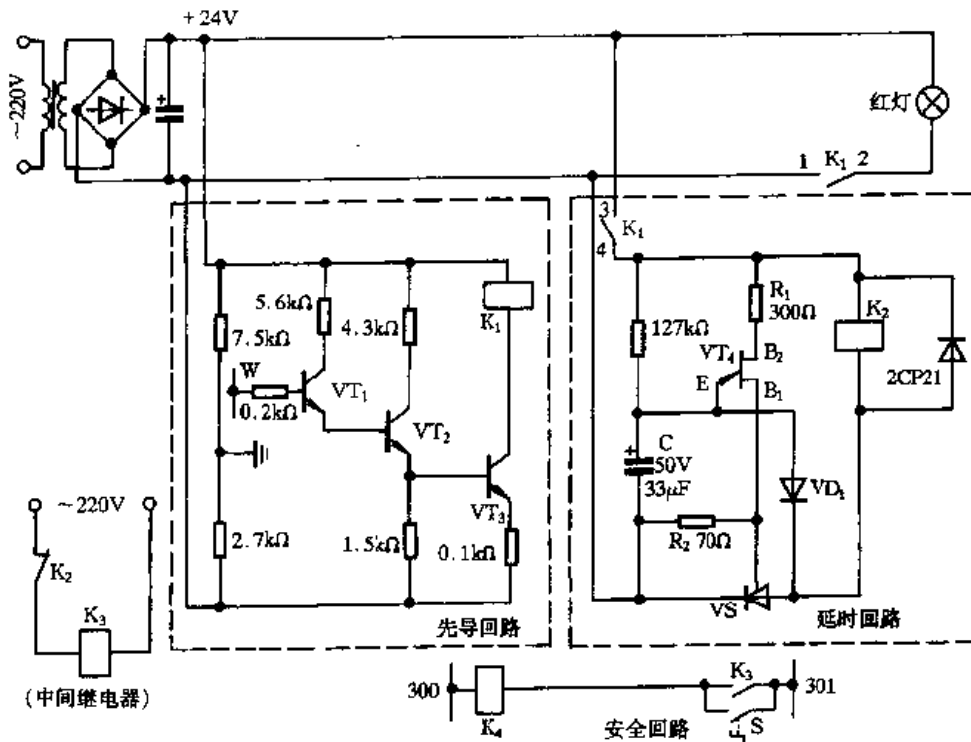


图 2.3.10 矿用提升机松绳信号及安全电路

## 2. 桥式起重机起升机构磁力控制屏电控制电路

大吨位桥式起重机的起升机构的电气控制采用主令开关与磁力控制屏。这种电气控制系统较采用凸轮控制器的控制系统有了一定改进,但其联锁关系繁锁,若不弄清其联锁关系将直接影响桥式起重机的正确操作与及时维修。

### (1) 工作原理

起升机构的主电路及控制电路如图 2.3.11 所示。时间继电器  $KT_1 \sim KT_4$  得电、失电的情况是分析该系统动作原理的一个关键。

主令开关 SA 置于 0 位时:零压继电器 KZV 得电吸合并自锁。此时,时间继电器  $KT_2 \sim KT_4$  得电。

上升 1 挡时:接触器  $KM_F$ 、 $KM_4$ 、 $KM_5$  得电吸合,电动机启动,慢速上升。

上升 2 挡时; $KM_1$  得电,切除第一级加速电阻,使电动机加速。

上升 3 挡时: $KM_2$  得电,切除第二级加速电阻,电动机再加速。同时靠  $KT_4$  失电释放,其常闭触点延时闭合,使  $KM_3$  自动得电吸合,电动机进一步加速。

下降 1 挡时:SA 由 0 位置于该挡,无动作。但由下降 2 挡或 3 挡置于该挡时,由于  $KT_1$  得电吸合,其触点  $KT_1(1-2)$  闭合,使  $KM_F$ 、 $KM_5$  得电。此时,电动机转矩是上升方向。若负载引起的阻力矩大于  $55\% M_N$ ,即重载时,则电动机被负载倒拉着向下降方向运动,这就是反接制动状态。此时,能量消耗在转子回路中,电动机发热严重,因而不允许长期接电,仅适用于重载短距离下降。

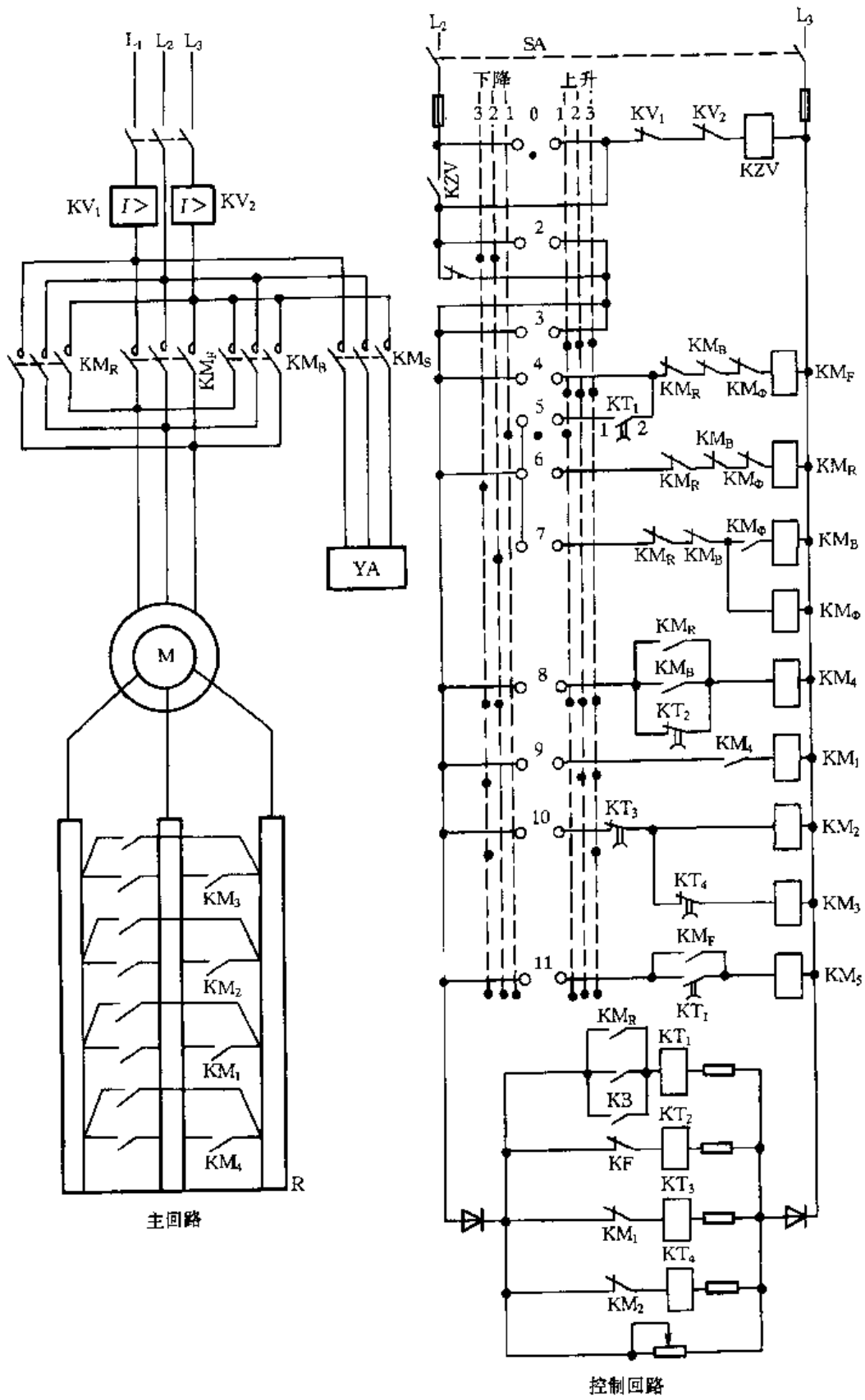


图 2.3.11 桥式起重机起升机构磁力控制屏电控制电路

下降 2 挡时:  $KM_{\Phi}$ 、 $KM_B$ 、 $KT_1$ 、 $KM_4$ 、 $KM_5$  得电吸合,使电动机不对称两相运行,即所谓单相制动。单相制动不仅克服了反接制动出现轻载上升的缺点,而且由于选择了合适的转子附加电阻,得到轻载慢速下降特性,弥补了再生发电制动没有低速段的不足。但能量消耗在转子回路中,长时间单相制动运行将使电动机与电阻器严重发热,因此仅适用于轻载短距离下降。

下降 3 挡时:  $KM_R$ 、 $KM_4$ 、 $KM_1$  得电吸合。  $KT_2$  失电释放,其常闭触点延时后闭合,  $KM_2$ 、 $KM_3$  分别得电。由于  $KM_R$  得电,电动机转矩为下降方向。如下降空钩和轻负载(轻得不足以克服驱动装置的摩擦阻力)时,电动机工作在第三象限,将空钩和轻负载送下去,为强力下降状态;如下降较重负载时,由于电动机转矩已为下降方向,因此较重的负载将拖着电动机,使其转速不断增加,当转速超过同步转速时,电动机工作在第四象限,为再生发电制动状态。该挡适用于各种负载的快速下降,效率高,使用广泛。

各继电器、接触器的触点的通、断表如表 2.3.1 所示。

表 2.3.1 各继电器、接触器的触点的通、断表

主令开关		继电器、接触器线圈													
		KZV	$KM_F$	$KM_R$	$KM_B$	$KM_{\Phi}$	$KM_1$	$KM_2$	$KM_3$	$KM_4$	$KM_5$	$KT_1$	$KT_2$	$KT_3$	$KT_4$
0 位		×											×	×	×
上升	1	×	×							×	×	×		×	×
	2	×	×			×			×	×					×
	3	×	×			×	×	×	×	×	×	×			
下降	1	×											×	×	×
	2	×			×	×			×	×	×	×	×	×	×
	3	×		×			×	×	×	×	×	×	×		
由下降 2 或 3 挡 置于下降 1 挡		×	×										×	×	

## (2) 电路特点

① 电动机转子回路中接有一级反接电阻,三级加速电阻和一级软化电阻。反接电阻在上升过程中起预备作用,在下降 2、3 挡(单相制动与再生发电制动)时,不起作用,被  $KM_4$  触点切除。由于触点的联锁关系,使得 3 级加速电阻依次切除,保证电动机逐段平稳加速,即使一下把 SA 置于 3 挡也无妨。

② 当 SA 由 0 位置于下降 1 挡时,电动机无动作,仅当由下降 2 或 3 挡再置于 1 挡才使电动机动作,其目的是为了下降轻负载时发生上升现象。

③ 增加了换相继电器  $KM_{\Phi}$ 。由图可知,  $KM_F$ 、 $KM_R$ 、 $KM_B$  三者需要互锁,以避免电源短路。 $KM_{\Phi}$  延时动合时间为 0.1 ~ 0.6s,动断时间为 0.15 ~ 0.2s。在  $KM_F$ 、 $KM_R$  线圈回路中,串联  $KM_{\Phi}$  的常闭触点,而在  $KM_B$  线圈回路中串联  $KM_{\Phi}$  的常开触点,这样增加了可逆转换时间,以避免弧光短路。同时利用  $KM_{\Phi}$  的短暂延时,当 SA 由 0 位快速置于下降 3 挡或由下降 3 挡快速置于 0 位时,  $KM_B$  不动作,从而减轻了  $KM_R$  的工作。

④ 当手柄由上升 1 挡或下降 1 挡置于 0 位时,  $KM_5$  失电释放,  $KT_1$  因此失电释放,但其常开触点  $KT_1(1-2)$  仍闭合,与 SA 的触点 5 串联给  $KM_F$  供电,虽然  $KM_F$  得电吸合仅 0.6s,却避免了停车时负载溜钩现象的发生。

### (3) 操作要领

上升时操作与普通桥吊一样。

下降方向的3个挡位是独立工作的,操作时不必遵循1→2→3的次序,而应根据负载重量、下降速度和下降距离的要求,正确选择挡位,果断地操作:

各种负载的快速下降,SA置于3挡;

轻负载、短距离、慢速下降,SA置于2挡;

重负载、短距离、慢速下降,SA先置于下降2挡或3挡,再置于1挡。

例如,有一负载距离放落地点较高时,正确的操作应是,先利用3挡快速下降,当负载接近放落地点时,再根据负载的轻重决定利用2挡或1挡。这样满足了单相制动与反接制动不能长时间运行的要求。

## 第四节 一般生产机械装置电气控制电路

### 一、电焊机电路

#### 双向晶闸管控制的微型点焊机控制电路

图2.4.1所示的点焊机主电路及控制电路,双向晶闸管控制的负载是一台用于焊接薄金属片的微型点焊机。工作时,焊接变压器 $T_2$ 副边与焊接工件组成闭合回路。上百安培的电流瞬间通过焊条,并集中在极小的焊点上,从而产生高热,熔化金属,完成焊接。点焊机在电特性方面为感性负载,动作时间短,瞬间输出功率较大,并且这一输出功率应能随焊接工件厚薄程度的不同进行调节。由此决定了脉冲产生电路采用运算放大器以产生较宽的脉冲;加晶体管组成推动级,以使脉冲有足够的功率来触发晶闸管VS。

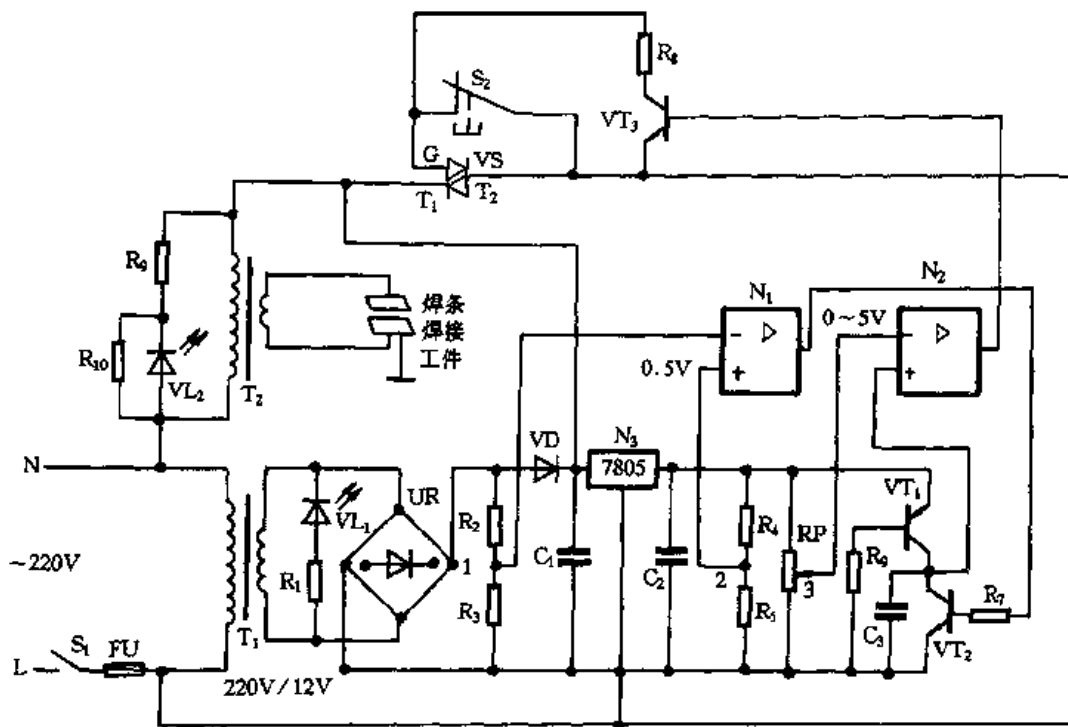


图 2.4.1 微型点焊机控制电路



脉冲产生电路由运放  $N_1$ 、 $N_2$ 、晶体管  $VT_2$  及电容  $C_3$  组成。 $VT_1$  是  $VT_2$  的动态负载。当开关  $S_1$  闭合时,直流电源通过  $VT_1$  向  $C_3$  充电,使  $N_2$  同相端加有锯齿波电压。当此电压高于反相端基准电压时, $N_2$  输出高电平,经  $VT_3$  推动,加于双向晶闸管  $VS$  控制极  $G$ 。若  $S_2$  断开,则  $VS$  导通,使  $T_2$  得电,点焊机工作( $S_2$  可控制焊接启动和焊接时间)。

在  $N_1$  的反相端加有峰值为 5V 的全波整流电压,它和同相端 0.5V 直流电压相比较,使  $N_1$  输出一系列过零脉冲。该过零脉冲电压使  $VT_2$  在交流电压过零处附近导通, $C_3$  迅速放电,使  $N_2$  输出低电平, $VS$  关断。过了零点附近, $C_3$  又开始充电……,如此反复进行。 $N_1$ 、 $N_2$  各点波形如图 2.4.2 所示。 $VS$  则在交流电压的每半个周期内开通、关断一次。

移相电路主要由  $N_2$ 、电位器  $RP$  组成。调节  $RP$ ,使  $N_2$  反相端基准电压电平移动,就可调节  $N_2$  输出端脉冲电压的相位,即控制  $VS$  的导通角,实现对电流、电压的调节,从而达到控制点焊机输出功率的目的。

另外,触发脉冲电压宽度达 ms 级,似乎过宽,增加了  $VS$  控制极的耗散功率。但因负载呈感性,电流落后于电压,若脉冲过窄,容易使  $VS$  在电流过零点时因得不到触发电压而自动关断或不能及时触发。因此脉冲较宽正适合于点焊机这种感性负载。

该触发电路的特点是,触发脉冲幅度恒定、功率大、脉冲宽度宽。相位调节利用了运算放大器的比较特性,调节精细平稳,在交流电的半个周期内无调节死角,不会产生失控现象。电路的核心为运算放大器,既参与产生脉冲,又参与调节相位。

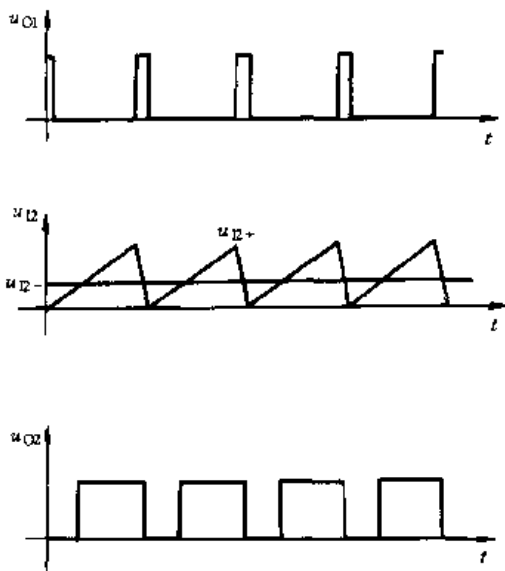


图 2.4.2 图 2.4.1 所示电路有关测试点波形

## 二、纺织机械电气控制电路

### 1. A734 型双面摇纱机电气电路的改进电路

改进电路如图 2.4.3 所示。开车时脚踏下行程开关  $SQ_1$ ,接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,使电动机  $M$  启动运转。同时  $KM_1$  的常开触点闭合、常闭辅助触点断开,使延时电容  $C_2$  被充电至 12V,为停车制动作好准备。当有纱断头时,工艺触点  $SQ_2$  接通,三极管  $VT_6$  饱和导通,继电器  $K_4$  得电吸合,其常闭触点断开,使  $KM_1$  失电释放,电动机  $M$  停转;其常开触点闭合,使  $HL_1$  点亮,指示发生断头。同时  $KM_1$  的常开、常闭辅助触点复位,使  $C_2$  通过  $KM_1$  的常闭触点对三极管  $VT_8$  的  $B-E$  结放电,使  $K_5$  得电吸合,其常开触点闭合,使  $KM_2$  得电吸合,直流电源(由  $VD_1$  和  $VD_2$  组成两相半波整流提供)加到电动机  $M$  的定子绕组产生制动力矩。 $C_2$  放电完毕, $VT_8$  截止, $K_5$  失电释放,使  $KM_2$  失电释放,制动结束。当纱线满绞时,工艺触点  $SQ_3$  接通,使  $K_3$  得电吸合并自锁,其常开触点闭合, $HL_2$  点亮,指示纱线满绞,其常闭触点断开,使  $KM_1$  失电释放,电动机  $M$  停转。由于  $K_3$  自锁,在不按复位按钮  $SB_2$  时,脚踏  $SQ_1$  不能开车。按钮  $SB_1$  用于手动停车。

运转后表明,其制动及断头自停均能达到工艺要求,小包合格率明显提高,故障减少。

### 2. 有梭织机电机无触点开关控制电路

纺织厂的 1511、1515 型有梭棉织机,其电动机采用接触器控制。采用连杆拖动带刹住制

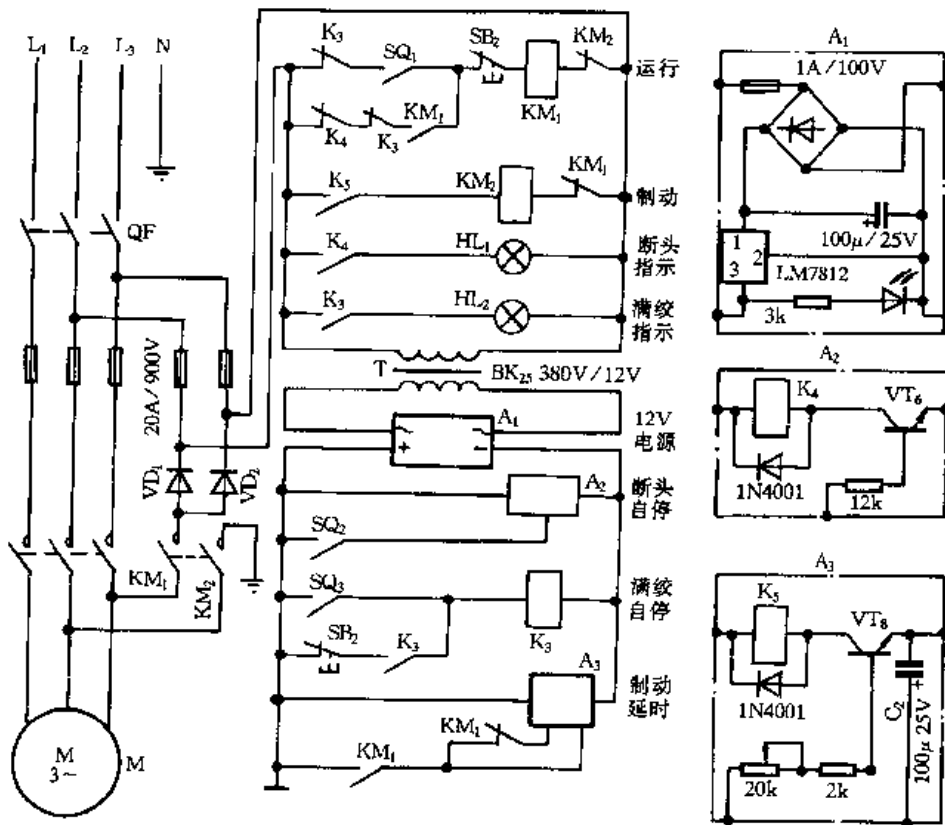


图 2.4.3 A734 型双面摇纱机电气控制改进电路

动盘,因而存在刹车速度慢、停车角度不准、布面容易出现织疵等问题。图 2.4.4 所示控制电路,应用晶闸管交流开关取代接触器主触点对电动机实现无触点控制,采用霍尔开关元件取得开车与关车的控制信号,无飞弧现象,非常适宜在温、湿度都较高的车间使用,灵敏度高、运行可靠。该电路采用直流能耗制动,制动效果明显,还具有电动机断相保护功能。

图 2.4.4(a)为电动机主回路、断相保护及直流能耗制动电路。图 2.4.4(b)为无触点开关与延时控制电路。电动机 M 主回路采用双向晶闸管代替接触器主触点。为了同步控制三相电源,选用小型中间继电器  $K_1$  实现对晶闸管  $VS_1 \sim VS_3$  的同步触发。

B 为霍尔开关。时基电路 N(NE555)组成单稳态电路,平时,单稳电路处于复位状态,③脚输出低电平。

电子开关安装示意图如图 2.4.5 所示。接触块装在布机开关手柄上,将磁钢装在朝霍尔开关 B 那一端的接触块上。开车时,按下按钮  $SB_1$ ,向右推动开关手柄,磁钢离开 B, B 输出高电平,晶体管  $VT_1$  导通,继电器  $K_1$  得电吸合,其三对常开触点闭合,使双向晶闸管  $VS_1 \sim VS_3$  触发导通,接通三相电源,电动机 M 启动运转。

关车时,开关手柄向左运动,磁钢靠近 B, B 输出低电平,  $VT_1$  截止,使  $K_1$  失电释放,  $VS_1 \sim VS_3$  阻断,切断三相电源, M 停止运转。与此同时,当 B 输出低电平,  $VT_1$  截止时,其集电极呈高电位,使稳压管  $VZ_2$  击穿,晶体管  $VT_2$  导通,时基电路 N 的②脚瞬间呈低电平,③脚立即输出高电平,使  $K_2$  得电吸合,其三对常开触点闭合,使  $VS_4 \sim VS_6$  触发导通,将直流电源通入 M 定于回路进行能耗制动,此时发光二极管 HL 点亮。同时,12V 直流电源通过  $R_4$  向  $C_1$  充电,当  $C_1$  两端电压升到电源电压 2/3 时,致使 N 单稳电路复位,③脚输出低电平,  $K_2$  失电释放,其常开触点断开,晶闸管阻断,切断向电动机定子回路供给的直流电源,制动结束。电容  $C_1$  充电这段时

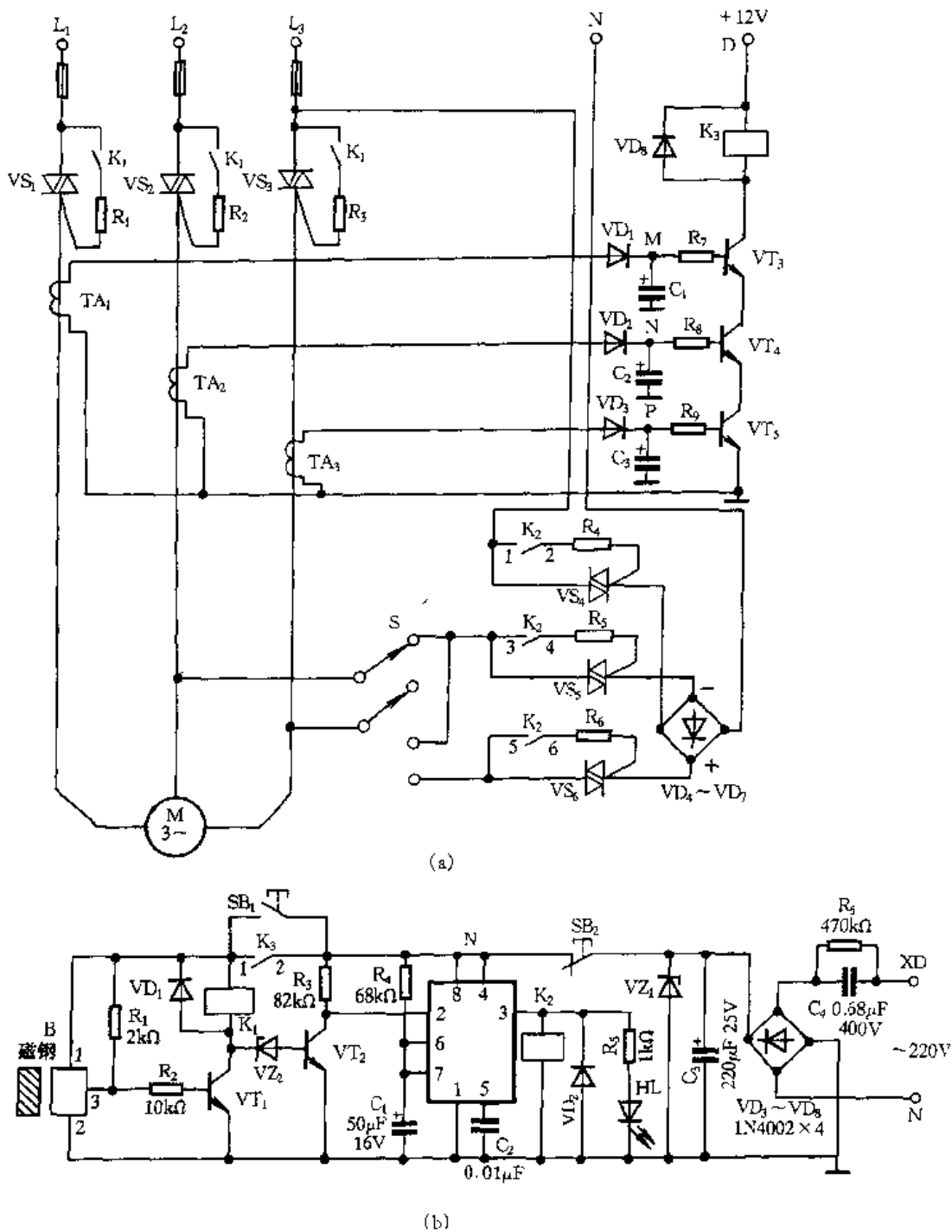


图 2.4.4 有梭织机电动机无触点开关控制电路

间就是电动机 M 的制动时间,由  $R_4$ 、 $C_1$  时间常数决定。同时 HL 熄灭,表示此时可以再一次开关布机。

断相保护采用电流互感器  $TA_1 \sim TA_3$ , 分别将三相电流变换成三个电压信号, 经过整流滤波后加到晶体管  $VT_3 \sim VT_5$  的基极。 $VT_3$ 、 $VT_4$ 、 $VT_5$  组成三个输入端的“与门”电路。当电动机 M 的三相电流均正常时, M、N、P 三端的对地电压均在 3V 左右, 此时三个晶体管都导通, 继电器  $K_3$  得电吸合, 其常开触点  $K_3(1-2)$  闭合(见图 2.4.4(b)), 在磁钢离开或靠近霍耳开关 B 时, 使继电器  $K_1$  能一直接通 12V 直流电源, 使电动机 M 正常动转或停止。当由于某种原因使任一相断相时, 该相的信号电压为零, 则相应的那一个晶体管截止, “与”的条件被破坏,  $K_3$  失

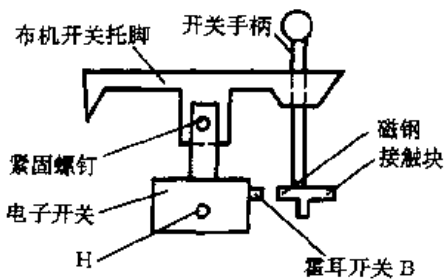


图 2.4.5 电子开关示意图

电释放,  $K_1$  也失电释放,  $M$  停止转动, 从而保护了电动机。

图 2.4.4(a) 中电子开关及图 2.4.4(b) 中断相保护电路的 12V 直流电压由 220V 交流电经电容  $C_4$  降压限流、 $VD_3 \sim VD_6$  整流、 $C_3$  滤波、 $VZ_1$  稳压后提供。

### 3. H212 型毛织机加装的全自动节电控制电路

电路如图 2.4.6 所示。QS 为全自动节电控制电路的电源开关, 其闭合后自动节电装置工作, 断开则退出工作状态。电动机的启动、停止由原随机开关手动控制。

稳压电源电路由阻容降压元件  $R_1$ 、 $C_1$ 、整流桥 UR、滤波电容  $C_2$  及稳压管 VZ 等组成。开关 QS 闭合后, VZ 两端输出稳定的 6V 直流电压, 向后续的控制电路供电。

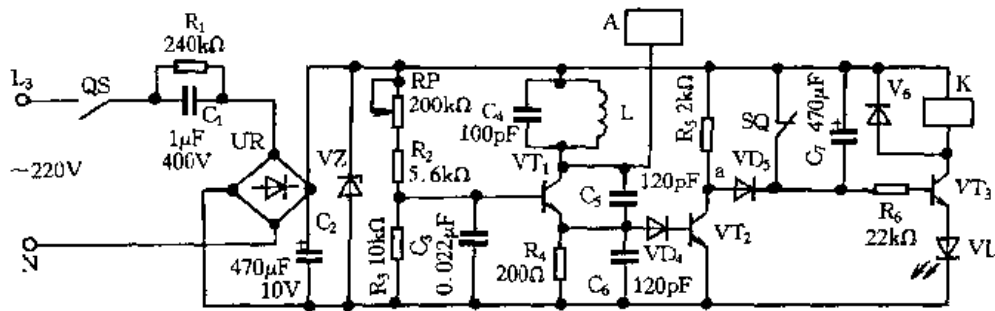


图 2.4.6 H212 型毛织机加装的全自动节电控制电路

人体感应控制电路由  $RP$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $C_4$ 、 $L$ 、 $VT_1$ 、感应板 A 等组成的高频振荡器以及由  $R_5$ 、 $VT_2$  组成的反相器两部分组成。当人接近感应板 A 时, 由于人体分布电容的存在, 相当于在振荡回路中加了一个电容, 使正常谐振状态被破坏,  $VT_1$  立即停振, 其发射极无电压输出,  $VD_4$  负端电压为 0V, 从而使  $VT_2$  截止, 其集电极呈高电位。  $VT_3$  饱和导通, 继电器 K 得电吸合。当无人靠近感应板 A 时,  $VT_1$  振荡, 发射极的输出电压经二极管  $VD_4$  整流供给  $VT_2$  的基极,  $VD_4$  负端电压约为电源电压的 2/3 (若电压低得较多, 应调整电位器 RP), 使  $VT_2$  饱和导通, 其集电极呈低电位, 失去对具有延时断开功能的继电器电路的控制作用。该电路主要由常闭微型行程开关 SQ、阻容元件  $R_6$ 、 $C_7$ 、三极管  $VT_3$  和继电器 K 等组成。SQ 闭合, 电压通过  $R_6$  加到  $VT_3$  基极, 使  $VT_3$  饱和导通, K 得电吸合。SQ 断开后, 由于  $R_6$ 、 $C_7$  的延时作用, 10s 后  $VT_3$  截止, K 失电释放, 其触点断开。

全自动节电装置电路整个工作过程是: 合上开关 QS, 稳压直流电源向后级电路供电。由于操作工的人体感应作用, 电动机启动。操作工排除织造故障或作好开车前的准备工作后开车, 开关拉杆曲柄回位, 同时释放 SQ,  $VT_3$  饱和导通, 此时即使操作工巡视其他机台, 该机仍处于工作状态。当由于断经、缺纬等织造故障而导致自动关车时, 拉杆曲柄将 SQ 压住, SQ 断开延时断开的继电器电路, 经  $R_6$ 、 $C_7$  延时 10s 后,  $VT_3$  截止, K 失电释放, 其主触点断开, 电动机停止空转, 控制电路处于等待状态。若织机自动关车时, 操作工恰好在该机巡视, 由于人体感应控制电路的作用, 电源经  $VD_3$  加到  $VT_3$  基极,  $VT_3$  仍饱和导通, K 不失电。如操作工在 10s 内排除故障重新开车, K 也不失电, 电动机处于空转状态, 等待重新开车。

该电路具有电动机空载延时停机功能。在织造过程中, 由于织造故障 (如断经、缺纬、轧梭等) 关车时, 如操作工在 10s 内排除故障重新开车, 则电动机不停机。否则, 10s 后自动停止空

转。

采用人体感应控制电路,具有提前启动电动机功能。在操作工走到织机开关手柄侧的瞬间,由于人体感应控制电路的作用,电动机立即启动运转,从而解决了开车启动力矩不足问题,减少了出现夹梭现象。该电路灵敏度高,且控制距离可调。

对原织机机械部分、电气开关部分不做任何改造,只是与原随机电气开关并联,实现手动或自动启动、停止电动机功能,且具有修机锁定功能。

适应范围广,可推广应用于其他类型有梭织机,如棉、麻、丝绸等织机。

#### 4. 有梭织机电动机全自动节电保护器电路

电路如图 2.4.7 所示,具有电动机空载节电功能,地灯无效照明节电功能,电动机过载、断相、欠压保护功能,以及工作状态指示功能。采用电动机工作状态检测控制电路替代原节电装置中的行程开关 SQ,克服了行程开关与开、关车手柄安装精度要求高,易出现接触不良、火花、噪声等缺点,性能更稳定、工作更可靠。

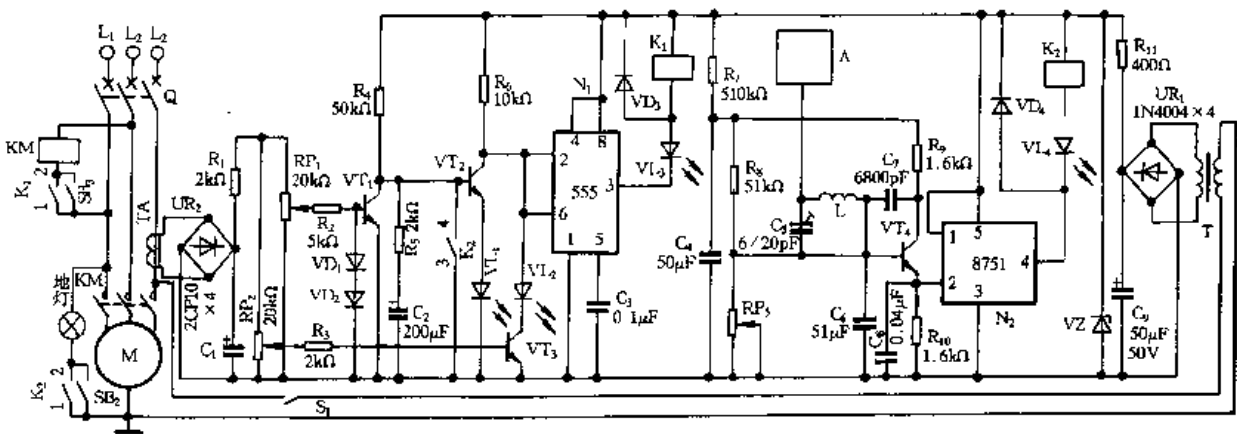


图 2.4.7 有梭织机电动机全自动节电保护器电路

##### (1) 电路组成

电路由四部分组成。

① 直流稳压电源电路:由电源开关  $S_1$ 、变压器 T、整流桥  $UR_1$  和稳压二极管 VZ 等组成,提供 12V 稳定直流电压。也可采用图 2.4.8 所示的阻容降压电路来代替。

② 电动机工作状态检测与保护控制电路:电流互感器 TA、整流桥  $UR_2$ 、电位器  $RP_1$ 、 $RP_2$  等组成电动机工作状态检测电路,三极管  $VT_1 \sim VT_3$  组成关闭与启动电动机控制电路,时基电路  $N_1$  (NE555)、继电器  $K_1$  组成延时控制电路,发光二极管  $VL_1 \sim VL_3$  组成指示电路。

③ 人体感应启动控制电路:由感应板 A、线圈 L、三极管  $VT_4$ 、运放  $N_2$  (8751)、继电器  $K_2$ 、发光二极管  $VL_4$  等组成,其中  $R_7$ 、 $C_4$ 、 $RP_3$ 、L、 $VT_4$ 、 $R_9$ 、 $R_{10}$ 、运放  $N_2$  等组成人体感应信号检测与控制电路, $K_2$ 、 $VL_4$  等组成电动机、地灯启动控制电路。

④ 执行电路:由接触器 KM  $K_1$  的触点(1-2)、 $K_2$  的触点(1-2)及按钮开关  $SB_2$ 、 $SB_3$  等组成,其中 KM  $K_1$  的触点(1-2)组成关闭与启动电动机的执行电路, $K_2$  的触点(1-2)、 $SB_2$  组成地灯明灭执行电路。

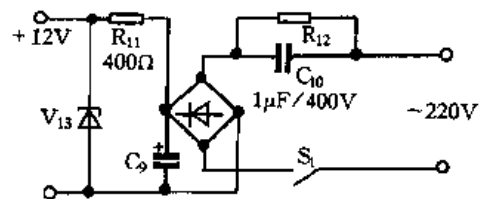


图 2.4.8 阻容降压整流电路

## (2) 节电保护工作原理

初次开车,首先合上开关 $S_1$ ,节电保护器投入工作。此时电动机不转动, $L_3$ 相无电流,TA二次侧不产生电动势, $VT_1$ 截止, $VT_2$ 饱和导通, $N_1$ 的②、⑥脚呈低电位,使 $N_1$ 的③脚输出高电位, $K_1$ 无电流流过,其触点(1-2)处于常开状态,KM失电,电动机不能启动。但当操作者来到织机开关手柄侧,由于人体感应信号的输入,人体感应信号检测与控制电路的 $VT_4$ 的发射极输出一个高于1.5V的电压,使 $N_2$ 的④脚输出呈低电位,使 $K_2$ 得电吸合,其常开触点 $K_2(1-2)$ 和 $K_2(3-4)$ 闭合。 $K_2$ 的触点(1-2)闭合,接通地灯供电电路实现地灯照明; $K_2$ 的触点(3-4)闭合,强制 $VT_2$ 的基极呈低电位,使其由饱和导通变为截止, $N_1$ 的②、⑥脚呈现高电位,输出③脚呈低电位,使 $K_1$ 得电吸合,其触点 $K_1(1-2)$ 闭合,使KM得电吸合,其主触点闭合,接通电动机电源,使电动机进入空转状态。当操作者准备就绪拉动开关手柄开车后,由于电动机带负载工作, $L_3$ 相电流增大,TA二次侧产生较高的电动势,经整流、滤波和 $RP_1$ 分压后,使 $VT_1$ 饱和导通,使 $VT_2$ 基极呈低电位而截止, $N_1$ 的②、⑥脚呈高电位, $N_1$ 的③脚呈低电位,确保 $K_1$ 得电吸合,其主触点闭合。此时,即使操作者离开该织机,织机也处于开车工作状态,但由于失去人体感应信号, $N_2$ 的④脚呈高电位,使 $K_2$ 失电释放,其触点 $K_2(1-2)$ 由闭合变为常开,地灯失去电源而熄灭,从而减少了无效照明耗电。当织机处于开车织造工作时,绿色发光二极管 $VL_3$ 发光指示。地灯亮时,绿色发光二极管 $VL_4$ 发光指示。

当织机由于断经、缺纬、轧梭等织造故障而自行关车时,电动机进入空转状态。由于负载减小,电动机 $L_3$ 相电流相应减少,TA二次侧产生的电动势随之降低,经 $RP_1$ 分压使 $VT_1$ 的基极呈低电位而截止,电源电压经 $R_4$ 、 $R_5$ 对 $C_2$ 充电延时约10s后,使 $VT_2$ 饱和导通, $N_1$ 的②、⑥脚呈低电位,③脚输出呈高电位,使 $K_1$ 失电释放,其已闭合的常开触点(1-2)断开,使KM失电释放,其主触点断开,电动机停转。由于 $VT_2$ 饱和导通,黄色发光二极管 $VL_1$ 发光,指示电动机关闭,等待操作者排除织造故障重新开车。如在织机关车后10s内操作者来到该机排除织造故障,由于人体感应信号检测与控制电路的作用,不仅使地灯及时接通电源点亮,而且使 $K_2$ 的常开触点(3-4)闭合,强制 $VT_2$ 截止,如前所述,电动机仍处于空转待开车状态。操作工排除织造故障后,随时可开车。

当电动机出现断相故障时,如 $L_3$ 相断相,则TA二次侧感应电动势为零,使 $VT_1$ 截止,等同于电动机空转延时关闭的情况。即使操作者在织机旁,也难以使织机长时处于开车工作状态。实践证明10kW以下电动机断相运行10s,也不致损坏。若 $L_1$ 、 $L_2$ 两相中任一相断相,TA线圈两端将产生一个较正常值大1.73倍的感应电动势。经 $RP_2$ 直流分压后,使 $VT_3$ 饱和导通,红色发光二极管 $VL_2$ 发光指示, $N_1$ 的②、⑥脚呈低电位,③脚输出呈高电位,使 $K_1$ 立即失电释放,KM也失电释放,其主触点断开,电动机停转,从而保护电动机不致烧坏。此时,即使操作工开车也无法使电动机转动。

## 5. 改三相工业缝纫机为单相运转的电路

大多数工业缝纫机为三相运转形式,电动机功率为370W,在不具备三相电源时很不方便,因此,将电动机改为单相运转很有必要,其电路如图2.4.9所示。合上开关 $S_1$ ,220V交流市电分两路,一路给电动机供电, $C_3$ 为运转工作电容, $C_4$ 为启动电容,受控于控制电路;另一路经变压器T降压、整流桥UR整流、 $C_1R_1$ 滤波后向控制电路供电。由 $C_2$ 、 $R_2$ 、晶体管VT、继电器K、开关 $S_2$ 等组成启动控制电路。当 $S_1$ 闭合后,A点为高电位,VT导通,K得电吸合,其常开触点闭合,使 $C_4$ 和 $C_3$ 并联后接入电动机绕组,电动机迅速启动。数秒后 $C_2$ 充满电,A点变为低电位,VT截止,K失电释放,已闭合的常开触点断开,由于电动机转子的惯性和 $C_3$ 的存在,电动

机继续运转,处于空转状态。 $S_2$  为水银开关,受控于缝纫机脚踏板,当踩下脚踏板时, $S_2$  闭合, K 得电吸合,其常开触点闭合, $C_4$  被接入电动机绕组,电动机得到较大的驱动电流,从而提高了带动负载的能力。 $R_1$ 、 $R_3$  为放电电阻。

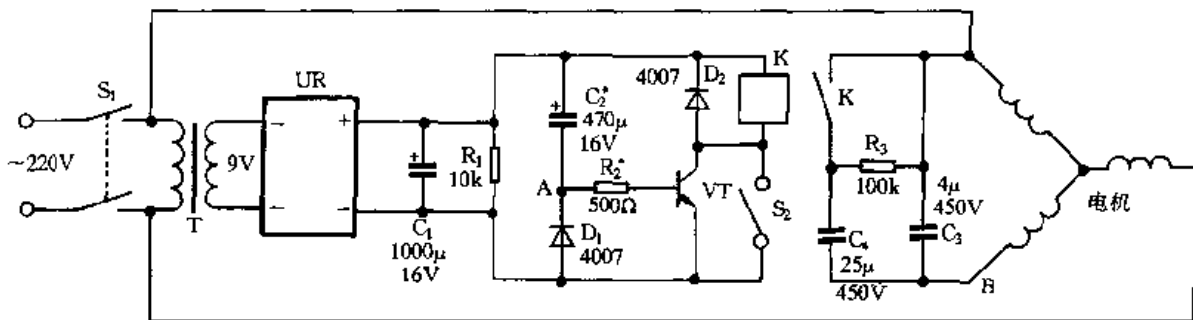


图 2.4.9 改三相工业缝纫机为单相运转的电路

T 为 9V、5W 变压器。K 用 12V 继电器,触点容量应在 12A 以上。 $S_2$  为容量 1A 的水银开关。

使用时,将原机电源开关中任意一根通往电动机绕组的导线拆下,接于 B 点,其它两组接开关  $S_1$ 。将水银开关固定在离合器动杠杆上,调节水银开关的倾斜角度,使脚踏板踩下时开关接通即可。若  $S_1$  闭合后电动机反转,将电动机上的插头拔下,反转  $180^\circ$  后再插入,即可变为正转。

### 三、水泵电气控制电路

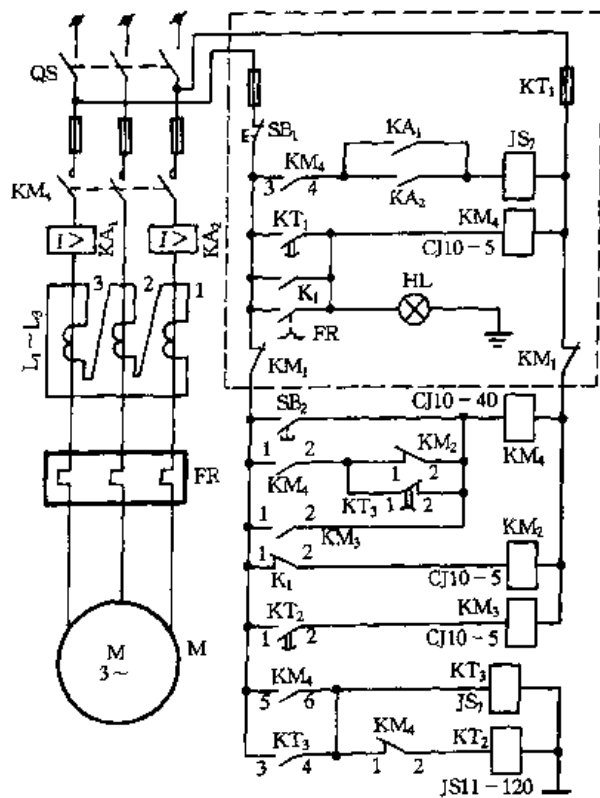
#### 1. 深井潜水泵的抽空自动控制电路

节能型深井潜水泵,其电动机和泵同潜于近百米深的水中,必须设置设备故障状态显示和自动停机控制,以确保其正常工作。由于这类泵靠水润滑,抽空运转易损坏设备。图 2.4.10 所示电路,根据电动机抽水负荷电流远大于抽空电流的特点实现深井潜水泵自动控制。

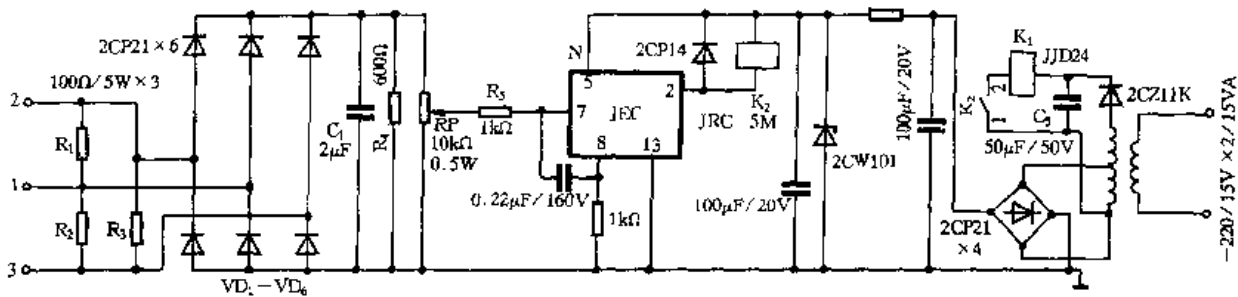
当设备处于故障萌芽状态(如机械原因导致过载电流、断相或短路时将会有较大过电流)时,产生的过电流会使继电保护动作而停机。当地下水匮乏,深井潜水泵发生抽空时,电动机负载电流迅速减小会自动停机;当地下水升起后又自动开机。

合上开关 QS,按下按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM_4$  得电吸合并自锁,其主触点闭合,电动机 M 启动运转开始抽水。 $KM_4$  的常开辅助触点(3-4)闭合,与过流继电器  $KA_1$  和  $KA_2$  的常开触点配合,为时间继电器  $KT_1$  得电作准备。 $KM_4$  的另一常开触辅助触点(5-6)闭合,使时间继电器  $KT_3$  得电吸合并自锁,同时延时断开  $KM_4$  线圈回路的常闭触点  $KT_3$ (1-2)。由于  $KM_4$  的常闭辅助触点  $KM_4$ (1-2)断开,因此在  $KT_2$  的线圈回路中,虽然  $KT_3$  的常开触点闭合,也不会使时间继电器  $KT_2$  得电。

启动前由于继电器  $K_1$  失电(见图 2.4.10(b)),其常闭触点  $K_1$ (1-2)为闭合状态(见图 2.4.10(a)),使接触器  $KM_2$  得电吸合;在  $KM_4$  回路中的  $KM_2$  常闭触点  $KM_2$ (1-2)为断开状态;在  $KT_3$  常闭触点延时断开这段时间,使电动机 M 能正常启动。当电动机运转后,电流互感器  $L_1 \sim L_3$  产生的交流电流信号在图 2.4.10(b)电路中经电阻  $R_1 \sim R_3$  变为交流电压信号,经二极管整流、电容  $C_1$ 、 $R_4$  和 RP 滤波,变成直流电压信号,经电阻  $R_5$  送至施密特集成电路 N 的⑦脚,使 N 翻转导通,则继电器  $K_2$  得电吸合,其常开触点  $K_2$ (1-2)闭合,使  $K_1$  得电吸合; $K_1$  常闭触



(a)



(b)

图 2.4.10 深井潜水泵的抽空自动控制电路

点  $K_1(1-2)$  断开,使  $KM_2$  失电释放(见图 2.4.10(a)),则  $KM_2$  常闭触点恢复闭合状态,启动结束。

当地下水被抽至泵头处时,电动机空载,电流迅速下降。 $L_1 \sim L_3$  感应电流信号迅速减小。当降至  $N$  的截止电压时,则  $N$  截止,图 2.4.10(b)中  $K_2$  失电释放,其常开触点  $K_2(1-2)$  断开,使  $K_1$  失电, $K_1$  的常闭触点  $K_2(1-2)$  闭合,使  $KM_2$  得电吸合,其常闭触点  $KM_2(1-2)$  断开,使  $KM_4$  失电释放,电动机停转。在  $KT_2$  回路中,由于  $KM_4$  失电释放,其常闭触点  $KM_4(1-2)$  闭合。 $KT_3$  在启动时又自锁,因此延时继电器  $KT_3$  得电开始计时。当预置时间到(地下水也升起来了)  $KT_2$  常开触点(1-2)闭合,使  $KM_3$  得电吸合,其常开触点  $KM_3(1-2)$  闭合,使  $KM_4$  得电吸合,电动机又启动抽水。 $KT_2$  回路由于  $KM_4$  常闭触点(1-2)断开而失电释放,其常开触点(1-2)瞬时断开,使  $KM_3$  失电释放。接触器  $KM_3$  触点(1-2)断开,为下一次抽空自停作准备。这样便实现深井潜水泵抽空自停,待有水时又自动启动电动机抽水的循环。

## 2. 机井群集中遥控电路



图 2.4.11 所示的机井群集中遥控电路,控制距离远,被控设备容量大,控制台数可随意组合;利用自耦变压器降压启动,改善了大功率电动机启动时对电网的影响;既能遥控又能近控;具有过载、短路、断相保护功能等特点。

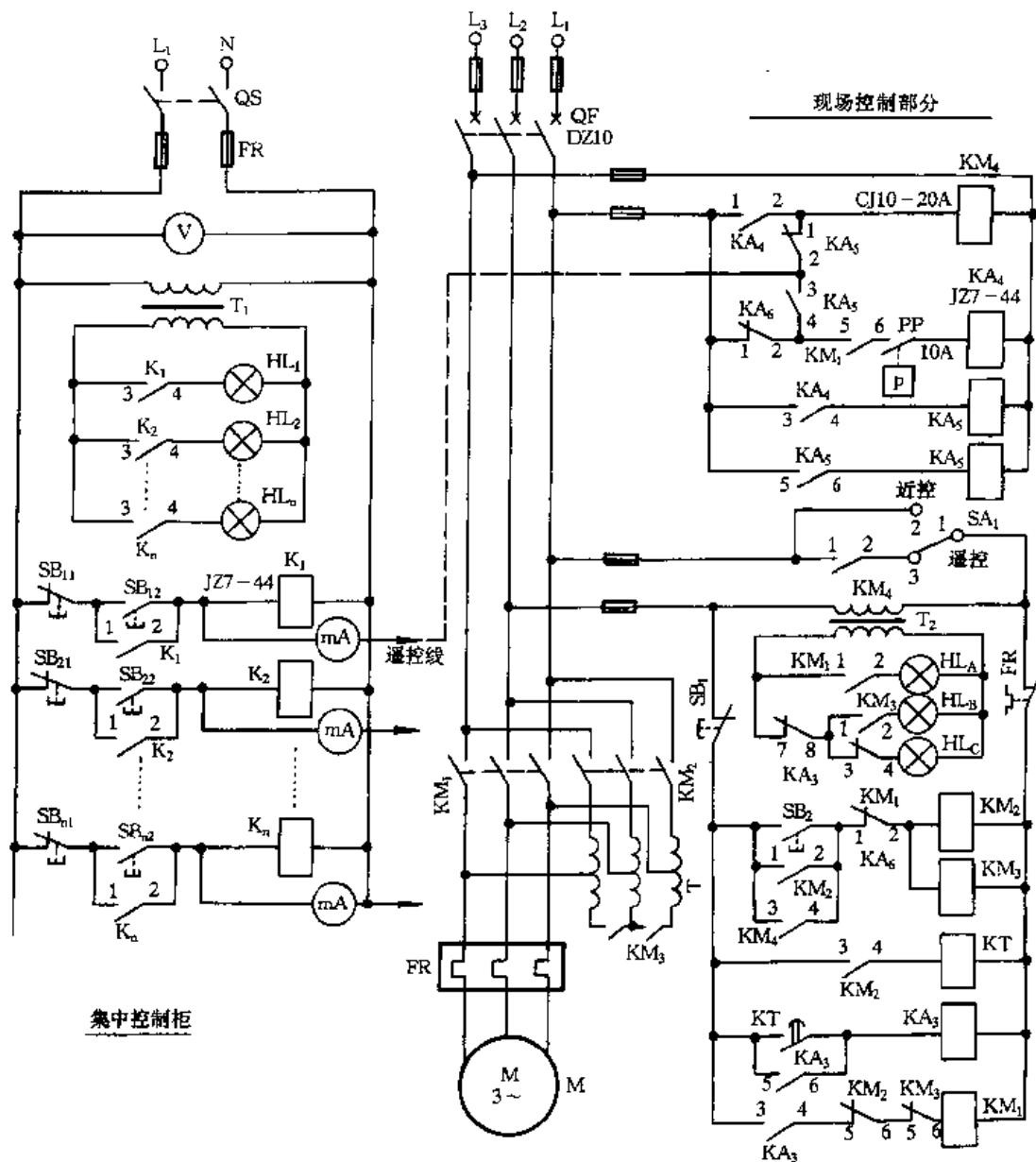


图 2.4.11 机井群集中遥控电路

合上电源开关 QS 和低压断路器 QF,选择开关 SA<sub>1</sub> 置于遥控位置(即触点(1-3)接通)。按下集中控制柜中遥控启动按钮 SB<sub>12</sub>,使中间继电器 K<sub>1</sub> 得电吸合并自锁,经遥控线发出控制信号;其常开触点 K<sub>1</sub>(3-4)闭合,使指示灯 HL<sub>1</sub> 亮,表示 1# 机井已抽水。在得到遥控指令后,现场控制柜的接触器 KM<sub>4</sub> 得电吸合,其常开触点 KM<sub>4</sub>(1-2)闭合,接通现场控制电路下部分电源,指示灯 HL<sub>C</sub> 亮。KM<sub>4</sub> 的触点(3-4)闭合,使接触器 KM<sub>2</sub> 和 KM<sub>3</sub> 同时得电吸合, KM<sub>2</sub> 的常开触点(1-2)闭合而自锁。KM<sub>2</sub> 和 KM<sub>3</sub> 的主触点闭合,使主电源经自耦变压器 T 的中间抽头加到电动机 M 上, M 开始得电启动。同时, KM<sub>2</sub> 的常开辅助触点(3-4)闭合,使时间继电器 KT 得电吸合,经几秒钟后,KT 的延时闭合的常开触点闭合,使中间继电器 KA<sub>3</sub> 得电吸合并自锁,其常闭触点 KA<sub>3</sub>(1-2)断开,使 KM<sub>2</sub> 和 KM<sub>3</sub> 同时失电释放,变压器 T 退出工作。KA<sub>3</sub> 的常开触

点(3-4)闭合,使运行接触器  $KM_1$  得电吸合。此时,主电源经  $KM_1$  的主触点直接加到 M 上,使电动机全压运行。经几秒钟后,水管出水达到一定的压力后,使压力表 PP(或压力继电器)的电接点接通,中间继电器  $KA_4$  得电吸合,其常开触点  $KA_4(1-2)$  闭合,将  $KM_4$  直接接到现场  $L_1$  相电源上。 $KA_4$  的常开触点(3-4)闭合,使中间继电器  $KA_5$  得电吸合,其常闭触点  $KA_5(1-2)$  断开,使  $KM_4$  脱离遥控线;其常开触点  $KA_5(3-4)$  闭合,使  $KA_4$  与遥控线接通;触点  $KA_5(5-6)$  闭合,使中间继电器  $KA_5$  得电吸合。 $KA_4$  的常闭触点(1-2)断开,使  $KA_4$  脱离现场  $L_1$  相电源。此时遥控器启动全过程结束。遥控线控制  $KA_4$ 。

按下集中控制柜停止按钮  $SB_{11}$ ,  $K_1$  失电释放,其所有常开触点断开,指示灯  $HL_1$  熄灭。遥控线失去控制信号,使  $KM_4$  失电释放,其常开触点  $KM_4(1-2)$  断开,使现场控制柜下半部电路失去电源,所有电器失电释放,电动机 M 停转。

#### 四、水位、液位电气控制电路

##### 1. CMOS 集成电路液位自动控制电路

图 2.4.12 所示的 CMOS 集成电路液位自动控制电路,采用主用、备用双通道电路控制,当主水泵运行不能满足排水要求时,备用水泵能自动投入运行,同时进行水位报警;当主回路发生故障时,备用回路自动投入,同时发出水泵故障报警信号;当电源发生断相时,水泵自动停止。

当集水井水位上升到探针 1 时,第一通道工作,MC4069 反相器 D 的①脚由原来的高电位突然变成低电位,使②脚输出呈高电位,经③、⑤脚输入后,④、⑥脚则变为低电位,再经四运放 N(MC14573)的  $N_A$  反比例放大、 $N_B$  电压跟随,将信号送至三极管  $VT_1$  基极使其导通,使继电器  $K_1$  得电吸合,其常开触点闭合,使继电器  $K_3$ 、接触器  $KM_1$  得电吸合并自锁, $KM_1$  的主触点闭合,1#水泵电动机工作投入排水。在  $K_1$  得电吸合的同时,探针 1 的常闭触点即  $K_1$  的常闭触点断开、探针 3 的常开触点即  $K_1$  的常开触点闭合。待水位下降低于探针 3 时,D 的①脚又回到高电位,电路无信号输出,继电器  $K_1$  失电释放,接触器  $KM_1$  失电释放,1#水泵自动停止排水,待下一次水位上升到探针 1 时又重复上述工作。

若 1#水泵已投入排水运行后,集水井水位仍然继续上升,待水位升至探针 2 时,第二通道自动投入工作,工作原理与第一通道相似,2#水泵也自动投入排水。由于继电器  $K_3$ 、 $K_4$  同时得电吸合,控制室将接到“集水井水位过高”的声光报警信号。若是属于 1#水泵电气故障,2#水泵自动投入排水时,控制室将接到“水泵故障”的声光报警信号。

##### 2. 霍尔开关液位自动控制电路

图 2.4.13 所示的液位控制电路,采用霍尔开关集成电路的输出信号,控制电动机的开、关,从而控制液位及对液源作出反应,因此能应用于不导电液体的液位控制,也适用于一般导电液体的液位控制。图中 a、b、c、d 信号来自塔中的霍尔传感器,图 2.4.14 为传感器在塔中的分布,e 信号来自液源中的霍尔传感器。 $D_1 \sim D_5$  反向器用来驱动  $VL_1 \sim VL_5$ ,组成液位显示电路, $D_6 \sim D_{10}$  及  $K_1$ 、 $KM$  组成驱动电路,在塔内高、低液位时,控制电动机的停止或运转。

控制信号由霍尔开关集成电路产生,它不受环境光的影响,不存在触点粘连问题,也不受机械磨损,因此用它来检测液位。当液面上升时,液体浮力使浮子磁钢浮起(见图 2.4.14 中 a 处磁钢位置),霍尔元件的磁场强度随之增大,当超过  $B_{RP}$  点时,其输出为高电平;当液面下降时,浮子磁钢随之下落,直到停在螺栓上(如图 2.4.14 中 b、c、d 处磁钢位置)。此时磁场强度低于  $B_{RP}$  点,输出为低电平。

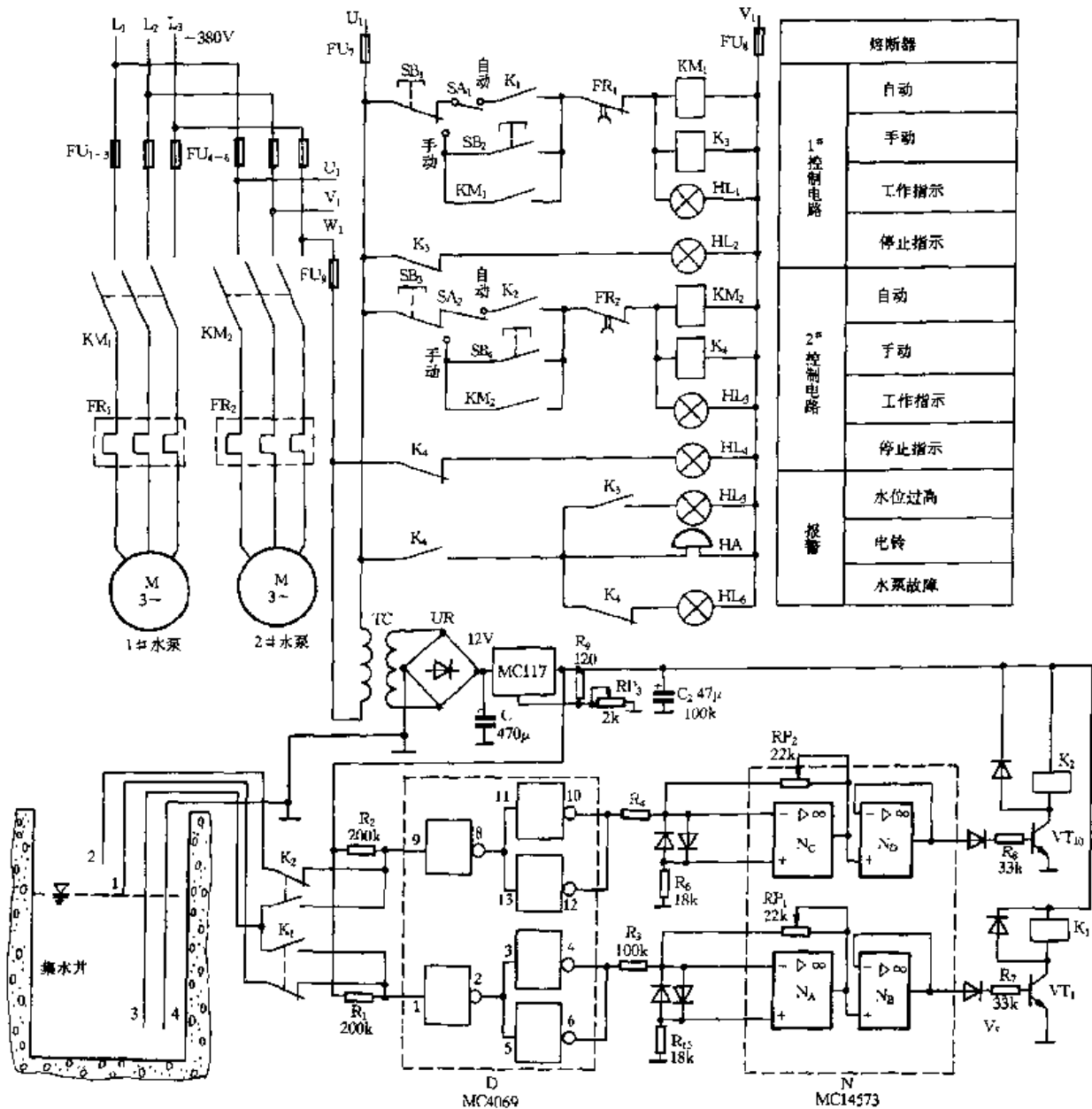


图 2.4.12 CMOS 集成电路液位自动控制电路

首先闭合同隔离开关 QS, 将选择开关 S<sub>1</sub> 置于自动位置, 220V 交流电经过降压、整流、滤波和稳压后得到 12V 直流电压供给控制电路。

(1) 液位上升

当液位低于塔内的液位最低点 a 时, 霍尔传感器 a、b、c、d 输出为低电平, 经 D<sub>1</sub> ~ D<sub>5</sub> 后输出为高电平, VL<sub>2</sub> ~ VL<sub>5</sub> 熄灭。D<sub>1</sub> 输出的高电平使 VT 导通, VL<sub>1</sub> 发光。同时 D<sub>6</sub> 输出的低电平, 使 D<sub>7</sub> 的输出端为高电平。此时, D<sub>8</sub> 的两个输入端均为高电平, 因此输出为低电平, 经过 D<sub>9</sub> 输出变为高电平。当液源充足时, 霍尔传感器 e 输出为高电平, D<sub>10</sub> 的两输入端均为高电平, 其输出为低电平, 继电器 K<sub>1</sub> 得电吸合, 其常开触点闭合, 使接触器 KM 得电吸合, 补给泵的电动机开始向塔中供液。

当塔内液体上升至 a 时, 霍尔传感器 a 输出为高电平, D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 输出为低电平, VT 截止, 使 VL<sub>1</sub> 熄灭, VL<sub>2</sub> 发光, 显示塔内当前液位。同时 D<sub>6</sub> 的输出为高电平, D<sub>7</sub> 的一个输入端随之变为

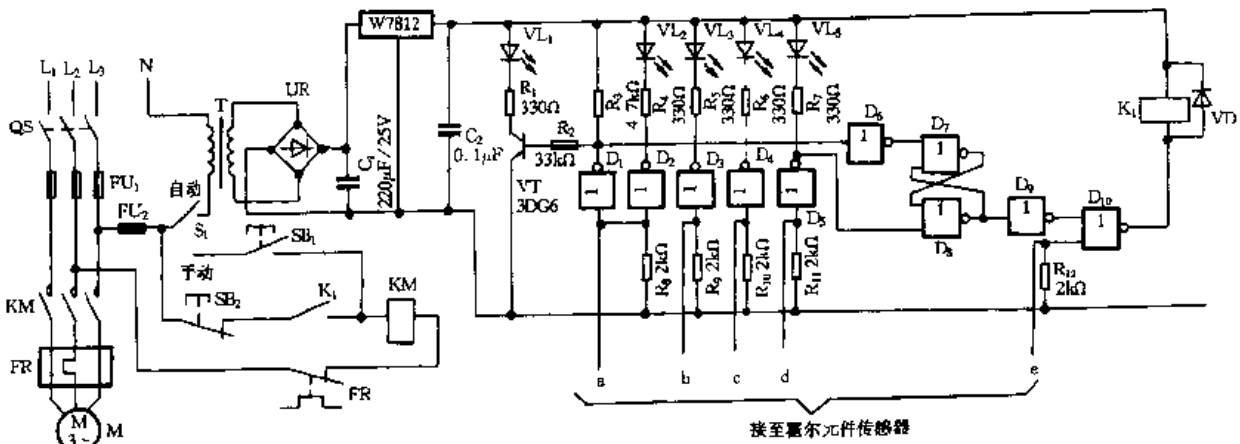


图 2.4.13 液位控制器电路

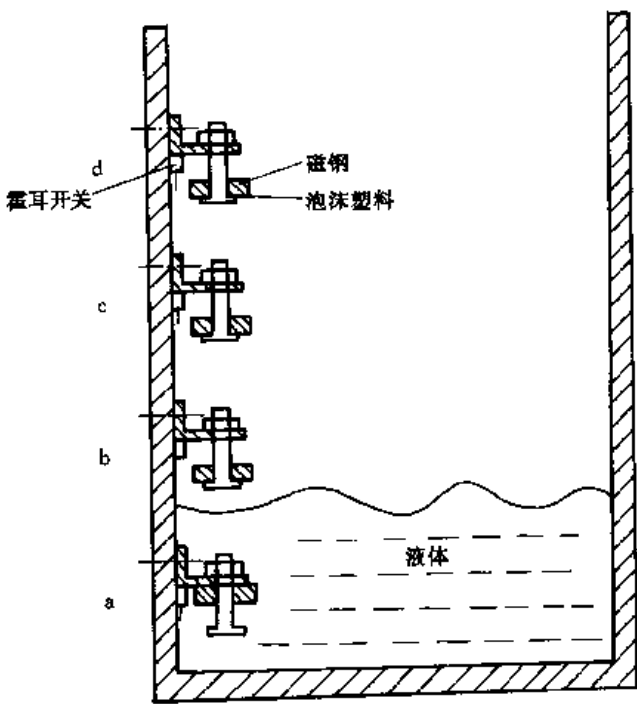


图 2.4.14 传感器在塔中的分布

高电平,但由于另一输入端连着  $D_8$  的输出端,而  $D_8$  输出这时仍为低电平,因此  $D_7$  的输出仍为高电平。 $D_8$  输出维持原状态,电动机继续运转。液位继续上升至 b、c 点时, b、c 传感器相继输出高电平,使  $VL_3$ 、 $VL_4$  相继发光。液位上升至 d 处时, d 处传感器输出高电平,  $D_5$  的输出由高电平变为低电平,  $VL_5$  发光,  $D_8$  的一个输入端随之由高电平变为低电平,因此  $D_8$  的输出由低电平变为高电平,  $D_7$  输出翻转为低电平,  $D_9$  输出变为低电平,因此  $D_{10}$  的输出变为高电平,使继电器  $K_1$  失电释放,接触器  $KM$  失电释放,电动机停止转动,供液停止。

### (2) 液位下降

液位由 d 点逐渐下降,当浮子磁钢脱离 d 时,磁场撤消,霍尔传感器 d 输出由高电平变为低电平,  $D_5$  的输出由低电平变为

高电平,  $VL_5$  熄灭,相应  $D_8$  的一个输入端由低电平变为高电平,而  $D_8$  的另一个输入端仍维持在低电平,因此  $D_8$  输出保护高电平,  $K_1$  仍失电释放,电动机不运转。

液位继续下降至 c、b 时,  $VL_4$  和  $VL_3$  相继熄灭。当液位下降至 a 以下时,补给泵电动机开始重新工作。如此重复进行上述过程,从而使塔内液位保持在一定范围内。

由以上分析可知, a、d 两传感器之间的距高差就是液位控制的范围; a、d 之间不能距离太近,以避免电动机频繁启动、停车。另外,以上分析只考虑液源充足的情况。当液源不足时, e 传感器输出为低电平,相应  $D_{10}$  的一个输入端为低电平,无论塔中是否有液体,  $D_{10}$  输出都为高电平,继电器  $K_1$  失电释放,补给泵电动机停转,这样可避免电动机空转。

$VL_1$ 、 $VL_5$  采用红色发光二极管,也可接压电陶瓷片,对液位低于 a 点或高于 d 点时起报警作用;  $VL_5 \sim VL_4$  采用绿色发光二极管。如需精确显示液位则可多加几个传感器及非门驱动发光二极管。手动功能主要适用于紧急情况或人为干预。

### 3. 水塔群的水泵的自动控制电路

图 2.4.15 所示的水塔群的水泵的自动控制电路,以液位控制和时间控制相结合,其功能有:① 自流供水,当管网供水的水压较高时,水塔能自流进水则水位由浮球阀控制;② 水泵抽水,通过 24h 多段程控定时器,设定用水高峰期时间段,以避免高峰期启动水泵,即在高峰期水位低于低水位时,不启动水泵;在非高峰期水位低于低水位时,启动水泵。

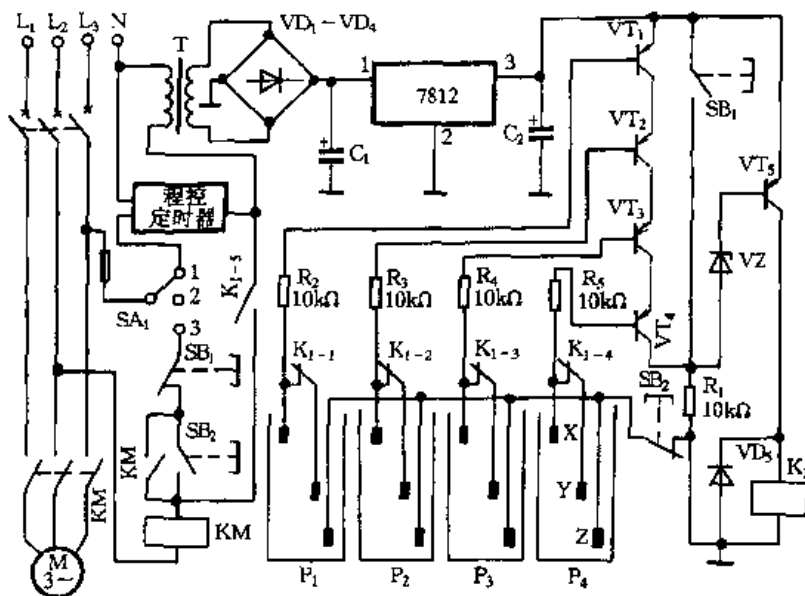


图 2.4.15 四水塔控制原理图

$SA_1$  为手动/自动切换开关,置于位置 1 为自动、位置 2 为停机、位置 3 为手动, $SB_1$  为复合停机按钮, $SB_2$  为复合启动按钮。当在自动状态( $SA_1$  置于位置 1)且非高峰时段时,程控定时器的触点接通,使变压器 T 得电,如果水塔  $P_1 \sim P_4$  有一个水位低于 Y 探头,对应的三极管  $VT_1 \sim VT_4$  都截止,使  $VT_5$  导通,继电器  $K_1$  得电吸合,其常开触点  $K_{1-5}$  闭合,使接触器 KM 得电吸合并自锁,水泵开始抽水;同时  $K_1$  的常闭触点  $K_{1-1} \sim K_{1-4}$  都断开,直到水塔的水都满到 X 位置时,三极管  $VT_1 \sim VT_4$  都导通, $VT_5$  截止,  $K_1$ 、KM 相继失电释放,水泵停止抽水。

当在自动状态时,按下复合启动按钮  $SB_2$ ,其常闭触点断开,使  $VT_1 \sim VT_4$  截止, $VT_5$  导通,继电器  $K_1$  得电吸合,水泵开始抽水;松开  $SB_2$ ,当水都满时自动停止;如果水位都高于 Y 探头,此时,按下  $SB_1$  复合停止按钮,其常开触点接通,使  $VT_5$  截止而水泵停止抽水。

在抽水时水塔的水不可能同时抽满,先满的水塔因浮球阀而停止供水,保证水不溢出。X 探头不高于浮球阀控制水位,Y 探头选择闭锁时段能确保用户用水的高度,Z 探头不高于 Y 探头。

24h 多段程控定时器可选用 TS510A 自动定时开关。由于探头 X、Y、Z 用金属材料会被电解,因此用碳棒制作为宜。

该电路能最大限度地减小对直供水用户的影响;可以扩充多个水塔,水塔多而继电器  $K_1$  的常闭触点不够时,可以用多个继电器并联。

## 五、供水、断水控制电路

### 1. 自动限时供水电路

图 2.4.16 所示的自动限时供水电路,供水时间可随时调节,它由定时器与供水分配电路

所组成。

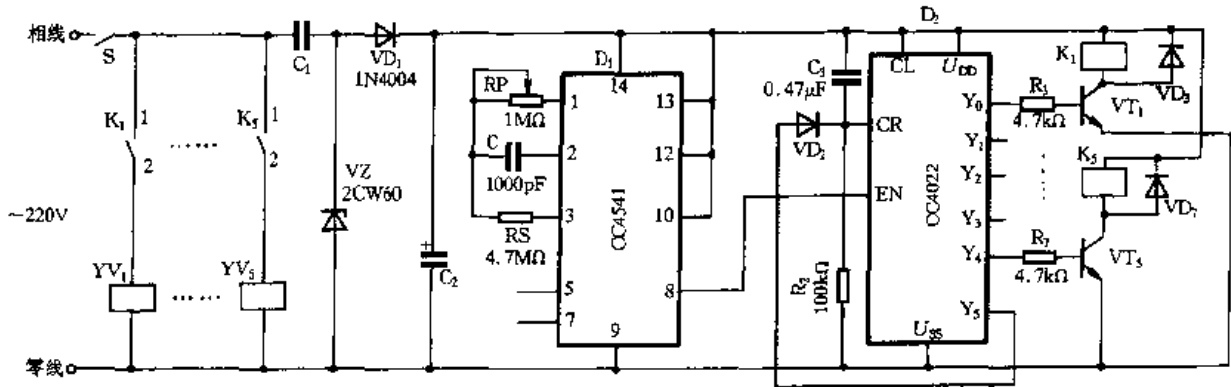


图 2.4.16 自动限时供水电路

$D_1$  为 CMOS 可编程定时电路 CD4541, 定时时间由电位器 RP、电容 C 决定。当  $D_1$  的⑩脚接至高电平时, 其输出端⑧脚电平将按设定的定时时间作周期性跳变, 即取循环输出方式。⑨脚接地时, 输出端的初始电平为高电平。

$D_2$  为 CMOS 八进制计数器/脉冲分配集成电路 CC4022, 其负脉冲触发计数端 EN 接至  $D_1$  的输出端⑧脚, 另一正脉冲触发计数端 CL 接至高电平, 使  $D_1$  的⑧脚每输出一负脉冲, 就使  $D_2$  触发计数一次。

220V 交流电经电容  $C_1$  降压、二极管  $VD_1$  整流、电容  $C_2$  滤波、稳压二极管 VZ 稳压后获得约 12V 直流电压供给控制电路。

合上开关 S, 在电源刚接通瞬间, 有一经电容  $C_3$ 、电阻  $R_2$  微分后的尖峰脉冲作用于  $D_2$  的复位端 CR, 迫使  $D_2$  复位, 输出端  $Y_0$  为高电平, 晶体管  $VT_1$  导通, 继电器  $K_1$  得电吸合, 其常开触点  $K_1(1-2)$  闭合, 电磁阀  $YV_1$  接通电源, 开始给一楼用户供水; 同时  $D_1$  的输出端⑧脚为高电平。经过一段时间后,  $D_1$  的输出端跳变为低电平,  $D_2$  触发计数,  $Y_0$  为低电平,  $VT_1$  截止,  $K_1$  失电释放,  $YV_1$  失电, 一楼停止供水。同时  $D_2$  的  $Y_1$  端转为高电平,  $VT_2$  导通, 继电器  $K_2$  (图中未画出) 得电吸合, 电磁阀  $YV_2$  (图中未画出) 接通电源, 给二楼供水。当又经过一定时时间,  $D_1$  又输出一负脉冲,  $D_2$  触发计数,  $D_2$  的  $Y_1$  端为低电平, 使二楼停止供水,  $D_2$  的  $Y_2$  端转为高电平, 向三楼供水。如此周而复始, 使楼房由底层向高层水路循环供水, 从而达到自动限水供水的目的。

该电路以 5 层厂房为例, 1~5 层分别限时供水。当  $D_2$  输入第 5 个计数脉冲后,  $D_2$  的  $Y_5$  端转为高电平, 经二极管  $VD_2$  反馈至  $D_2$  的 CR 端, 迫使  $D_2$  复位,  $D_2$  的  $Y_0$  为高电平又向一楼开始供水。

这样, 每天限时供水, 可大大减少水的浪费, 同时又满足各层楼的用水需要。

## 2. 柴油机断水报警电路

图 2.4.17 所示为柴油机断水报警电路。当机组处于断水状况下运行时, 能及时发出声、光信号报警, 提醒值班人员作出迅速处理, 保护机组避免事故发生。检测信号直接取自机组出水口, 在水泵故障、电动机过载或其他情况下影响正常供水时, 均能立即报警。

在柴油机冷却水出口处安装 1 只流量发信器 B, 以检测出水量。变压器 T、电容器  $C_1 \sim C_4$ 、三端稳压器 W7812 等组成输出 12V 的直流稳压电源。按下  $SB_2$ , 接触器 KM 得电吸合并自锁, 其主触点闭合; 同时其常开辅助触点闭合, 接通断水报警电路的供电电路。水泵开始启动, 从

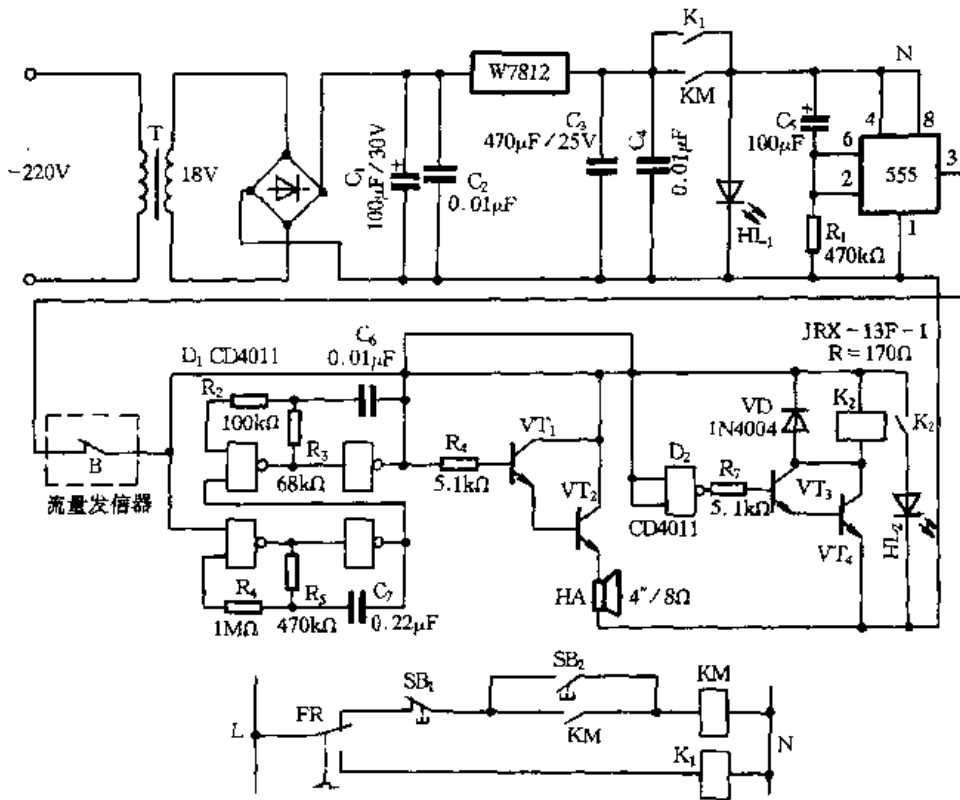


图 2.4.17 柴油机断水报警电路

水泵吸水进机腔到出口处,水流时间约需 20s,为避免开机这段时间误报警,因此设置由时基电路 N(NE555)、电容  $C_5$ 、电阻  $R_1$  组成的延时电路,延时时间 30s ~ 1min,以躲过水流从进水口到出水口所需时间为宜。

当水泵正常运行时,出水口正常出水,流量发信器 B 动作,其常闭触点断开,切断报警电路,黄色发光二极管  $HL_1$  点亮。当水泵发出故障引起断水时, B 的触点闭合,接通报警电路发出声光报警。双二端输入与非门  $D_1$  (CD4011)、电阻  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$  电容  $C_6$ 、 $C_7$  组成超低频振荡电路,晶体管  $VT_1$ 、 $VT_2$  和  $VT_3$ 、 $VT_4$  组成两个达林顿管以提高输出功率,分别用以推动喇叭 HA 及继电器  $K_2$ 。集成电路  $D_2$  的介入在于提高  $D_1$  输出端的扇出。电源接通报警电路时,喇叭发出“嘟嘟……”响亮的声音;继电器  $K_2$  继续接通,红色发光二极管  $HL_2$  闪亮。

当水泵电动机过载时,热继电器 FR 动作,其常闭触点断开,使接触器 KM 失电释放,水泵停转, B 因断水而闭合;FR 的常开触点闭合,使  $K_1$  得电吸合,其常开触点闭合,接通报警电路的供电电路。由于此时 B 的常闭触点闭合,因此可接通报警电路电源,发出声光报警。

### 3. 电蒸馏水器断水保护电路

电路如图 2.4.18 所示。集成电路 N(U LN2429A)为液用专用检测电路,内部由稳压器、振荡器、检测器及放大单元组成,并设有反压保护、温度补偿、抗噪声电路。由于在水中通过的是高频振荡信号,从而有效地防止了电极的电解腐蚀。

$C_1$  为振荡电容,  $C_2$  为耦合电容,  $C_3$  为退耦电容,  $C_4$  为高频旁路电容。电极 A 与 N 的检测输入端⑨脚相连。当电极 A、B 与水接触时,振荡信号被水旁路, N 的输出端①、⑭脚输出为高电平,使晶体管 VT 导通,继电器 K 得电吸合,接触器 KM 也得电吸合,电蒸馏水器得电工作。当停水时,  $C_2$  将⑧脚输出的振荡信号送到 N 的检测输入端⑨脚,其①、⑭脚输出为低电平,晶体管 VT 截止, K 和 KM 相继失电释放,电蒸馏水器停止工作。

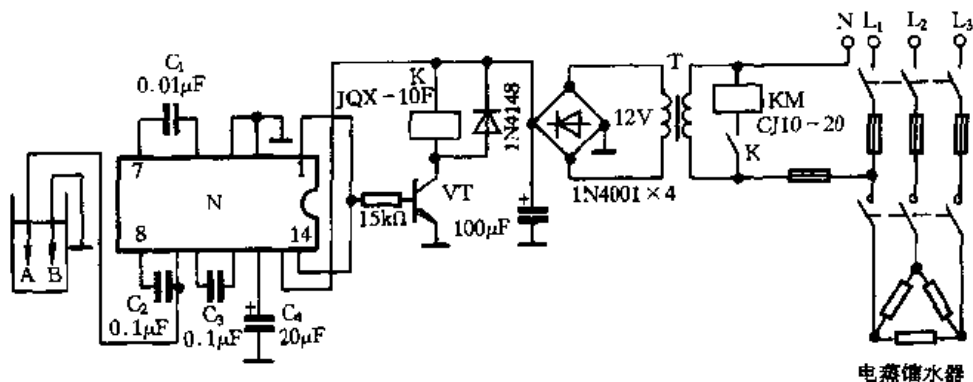


图 2.4.18 电蒸汽水器断水保护电路

## 六、压力和空气压缩机(以下简称空压机)电气控制电路

### 1. 高层建筑地下室中双速风机的控制电路

高层建筑中,除地上部分外,一般都还有若干层地下室。为了保证地下室中工作人员的工作,要将地下室内的废污空气不断地排出,换进室外的新鲜空气;而一旦地下室发生火灾将产生大量浓烟,危及地下室人员的生命安全,为了使这部分人员安全撤离,应当及时地排烟。地下室的通风采用交流双速风机作为排风兼排烟风机。平时风机处于低速运行状态,风管上的排风口打开,排烟口关闭,利用排风口进行排风;火灾时风机切换为高速运行状态,此风管上的排风口关闭,排烟口打开,利用排烟口进行排烟,烟气入口处的温度达到  $280^{\circ}\text{C}$  时,排烟口自动关闭。这样排风和排烟两个系统共用一台风机,合用一条风管。主回路按消防排烟用电设备设计,为双路电源自投自复电路,其电路如图 2.4.19 所示。

#### (1) 就地控制

控制箱上的操作转换开关  $\text{SA}_3$  置于手动位置,风机可在现场就地控制。按下启动按钮  $\text{SB}_1$ ,接触器  $\text{KM}_3$  得电吸合并自锁,其常闭触点断开,使高速运行接触器  $\text{KM}_4$ 、 $\text{KM}_5$  不能得电; $\text{KM}_3$  主触点闭合,风机启动,低速运行排风,运行指示灯  $\text{HL}_6$  亮。

若按下启动按钮  $\text{SB}_2$ ,时间继电器  $\text{KT}_1$  得电吸合,其瞬动常开触点闭合自锁,同时另一瞬动常开触点  $\text{KT}_1(1-2)$  闭合,使低速运行接触器  $\text{KM}_3$  得电吸合并自锁,风机启动先做低速运转。经  $10\text{s}$  左右延时, $\text{KT}_1$  延时闭合的常开触点  $\text{KT}_1(3-4)$  闭合,使中间继电器  $\text{K}_2$  得电吸合并自锁,其常闭触点  $\text{K}_2(3-4)$  断开,使  $\text{KT}_1$  失电释放, $\text{K}_2$  的常闭触点  $\text{K}_2(1-2)$  断开, $\text{KM}_3$  也失电释放;其常开触点  $\text{K}_2(5-6)$  闭合,这样就使高速运行接触器  $\text{KM}_4$ 、 $\text{KM}_5$  得电吸合, $\text{KM}_4$ 、 $\text{KM}_5$  主触点闭合,把风机定子绕组由  $\Delta$  形接线切换为  $\text{YY}$  形(双星形)接线,进入高速运行排烟状态,运转指示灯  $\text{HL}_7$  亮。

#### (2) 自动控制

现代高层建筑中往往都设有楼宇控制中心及消防控制中心,需把风机纳入这两个系统的控制之下。在现场的风机控制箱内装设了中间继电器  $\text{K}_3$ 、 $\text{K}_4$ ;其中  $\text{K}_3$  由楼宇控制中心(BAS)控制, $\text{K}_4$  由消防控制中心控制。

$\text{SA}_3$  置于自动位置,平时由 BAS 根据事先编排好的程序,自动地控制  $\text{K}_3$  线圈,由  $\text{K}_3$  的常开触点控制风机的启动与关闭。当发生火灾时,由处于防烟或防火分区内的烟感或温感探头探知火灾信号,将信号传送至消防控制中心。经确认火灾后,一方面发出信号,将该区风管上



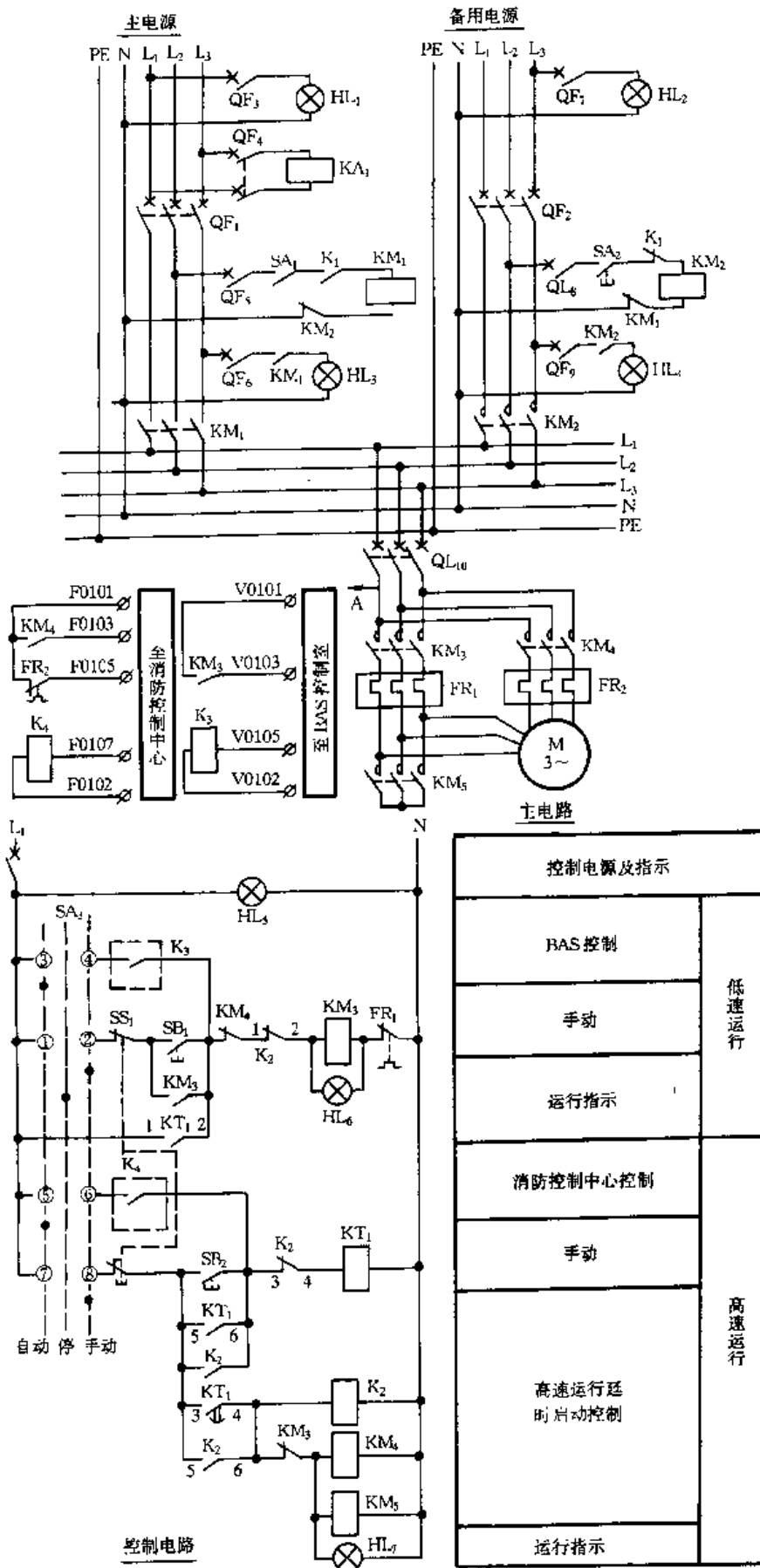


图 2.4.19 排风排烟控制电路

的排风口关闭,排烟口打开;另一方面发出信号使  $K_4$  得电吸合, $K_4$  的常开触点闭合,接通  $KT_1$  线圈。若风机原先处于停止状态,则先经过一段时间的低速运行后(由  $KT_1$  延时触点吸合所需时间决定)转换为高速运行排烟状态;若风机原先已处于低速运行排风状态,则同样需要经过一段时间后,将由于  $K_2$  常闭触点的断开而使低速运行的接触器  $KM_3$  失电释放,从而使风机强行切换为高速运行排烟状态。烟气入口处温度达到  $280^\circ\text{C}$  时,排烟口处的防火阀自动关闭,关闭信号传送至消防控制中心,由消防控制中心解除风机运行指令, $K_4$  失电释放,风机停运。

### (3) 信号

风机作低速运行排风时,将  $KM_3$  常开辅助触点信号传至 BAS 用作运行指示;风机作高速运行排烟时,将  $KM_4$  常开辅助触点信号传送至消防控制中心作为运行指示,当风机用作高速运行排烟时,根据民用建筑电气设计规范的有关要求,热继电器  $FR_2$  常闭触点不用于切断高速运行接触器  $KM_4$ 、 $KM_5$  线圈的电源,而仅将其常开触点信号送至消防控制中心,告知风机已过载,但此时风机仍将继续运行,以保证消防排烟的需要。

该控制电路在较大型的地下停车场、地下商场、地下人防设施等凡要同时考虑排风及消防排烟的场所均可使用。

## 2. 小型空压机电动机的断相保护电路

电路如图 2.4.20 所示。

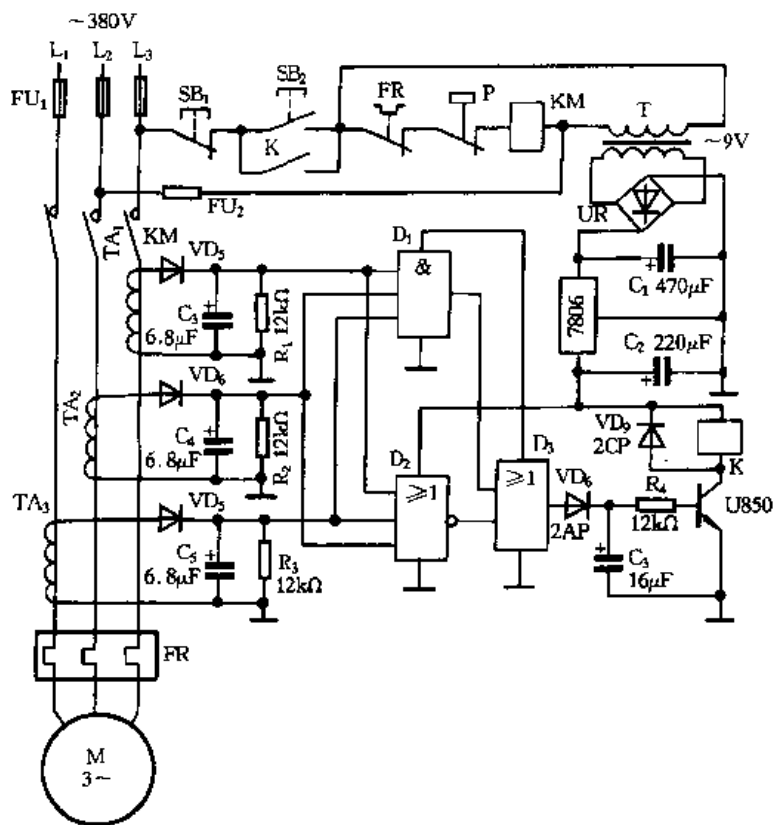


图 2.4.20 空压机电动机断相保护电路

### (1) 直流电源电路

380V 交流电经变压器 T 降压,得到 9V 交流电压,再经桥式整流,电解电容滤波,三端稳压集成电路 7806 稳压,得到 6V 直流电,提供给集成电路  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  及继电器 K 作为工作电源。

### (2) 断相保护检测电路

按下启动按钮  $SB_2$ , 接触器  $KM$  得电吸合, 其主触点闭合, 使空气压缩机电动机开始运转, 同时电流互感器  $TA_1$ 、 $TA_2$ 、 $TA_3$  将电流信号转变为电压信号, 经二极管整流、电容滤波后均得到高电位, 使与门  $D_1$  (CD4073) 或非门  $D_2$  (CD4025) 的输入端均为高电平,  $D_1$  的输出端为高电平,  $D_2$  的输出端为低电平, 因此或门  $D_3$  (CD4071) 输出高电平, 使达林顿三极管  $U850$  导通, 继电器  $K$  得电吸合, 其常开触点闭合, 在松开  $SB_2$  后, 使得  $KM$  仍然保持在吸合状态, 压缩机正常运转。

随着压缩机的运转, 储气罐内空气压力不断升高, 当压力超过额定工作压力时,  $P$  的触点断开, 接触器  $KM$  失电释放, 电动机停止运转。此时,  $TA_1 \sim TA_3$  均无感应电压信号,  $D_1$ 、 $D_2$  的输入端均变为低电平,  $D_1$  输出低电平,  $D_2$  输出高电平,  $D_3$  输出高电平,  $U850$  仍然导通, 继电器  $K$  继续处于吸合状态, 为下一次电动机的运转作准备。当储气罐内空气压力低于工作压力时,  $P$  的触点闭合,  $KM$  得电吸合, 电动机又一次启动运转, 因此该断相保护电路完全能满足空气压缩机的频繁启动与停止。

按一下停止按钮  $SB_1$  后,  $KM$ 、 $K$  均失电释放, 电动机停止运转。

当发生一相断路时, 假如  $L_3$  相断路, 则  $TA_1$  无感应电压,  $TA_2$ 、 $TA_3$  仍然有感应电压, 使  $D_1$ 、 $D_2$  输出低电平,  $D_3$  输出低电平,  $U850$  截止, 继电器  $K$  失电释放, 其常开触点断开, 使  $KM$  失电释放, 电动机停止运转, 达到断相保护目的。同理可分析  $L_1$  或  $L_2$  相断路的情况。

### 3. 空压机控制电路的改进电路

$L5.5-25/12$  型空气压缩机由于容量大、控制电路简单, 得到广泛的应用。但在使用过程中出现机械调节阀失灵和误报警停车等故障。为此采用图 2.4.21 所示的改进电路(虚线内为断加装的元器件, 点划线内为改动的元器件), 用一只电接点压力表(380V、1A)代替原来的机械调节阀, 增加三只中间继电器, 并将原报警回路稍作变动, 就提高了抗干扰能力及运行的可靠性。

假定预设压缩机低压点工作压力为  $0.98\text{MPa}$ , 高压点工作压力为  $1.15\text{MPa}$ 。

压缩机空载启动完毕, 主令开关  $SA$  置于“自动”位置。当电接点压力表  $PP$  检测的压力  $\leq 0.98\text{MPa}$  时(启动后一定如此), 电接点压力表  $PP$  的低压点  $C$  与动点  $B$  短接, 中间继电器  $K_3$  得电吸合并自锁, 其常闭触点  $K_5(1-2)$  断开; 又由于此时  $PP$  高压点  $A$  与动点  $B$  断开, 因此中间继电器  $K_4$  不得电, 电磁阀  $YV_1$  不得电, 减荷阀不动作, 压缩机处于打气状态, 见图 2.4.22。

随着压缩机输出压力不断上升, 当  $PP$  检测的压力  $> 0.98\text{MPa}$  时,  $PP$  的低压触点  $C$  与动触点  $B$  断开, 但  $K_3$  通过其已闭合的常开触  $K_5(3-4)$  及  $K_4$  常闭触点  $K_4(1-2)$  自锁, 仍得电, 因此压缩机仍处于打气状态。

当  $PP$  检测的压力  $\geq 1.15\text{MPa}$  时,  $PP$  的高压触点  $A$  点与触点  $B$  短接, 使  $K_4$  得电吸合, 其常闭触点  $K_4(1-2)$  断开, 使  $K_3$  失电释放,  $K_4$  通过其已闭合的常开触点(3-4)及  $K_5$  的常闭触点(1-2)自锁, 可以消除由于  $PP$  的触点  $B$  与触点  $A$  或  $C$  邻界短接或断开时引起中间继电器  $K_4$  或  $K_5$  连续吸合或释放而损坏的现象。此时  $YV_1$  通过  $K_4$  的常开触点(5-6)得电吸合, 输出一气压到减荷阀, 控制压缩机便停止打气, 只处于空运转状态, 指示灯  $HL_1$  点亮。

当  $PP$  检测的压力  $< 1.15\text{MPa}$  时(用气部门耗气),  $PP$  的高压触点  $A$  点与触点  $B$  又断开, 但由于自锁,  $K_4$  仍得电, 保证此时压缩机仍处于空运转状态不变。

只有当  $PP$  检测的压力  $\leq 0.98\text{MPa}$  时,  $PP$  的低压触点  $C$  点与触点  $B$  接通,  $K_3$  得电吸合, 其常闭触点  $K_5(1-2)$  断开,  $K_4$  失电释放,  $YV_1$  失电, 减荷阀复位, 控制压缩机又恢复到打气状态。其工作过程如图 2.4.23 所示。

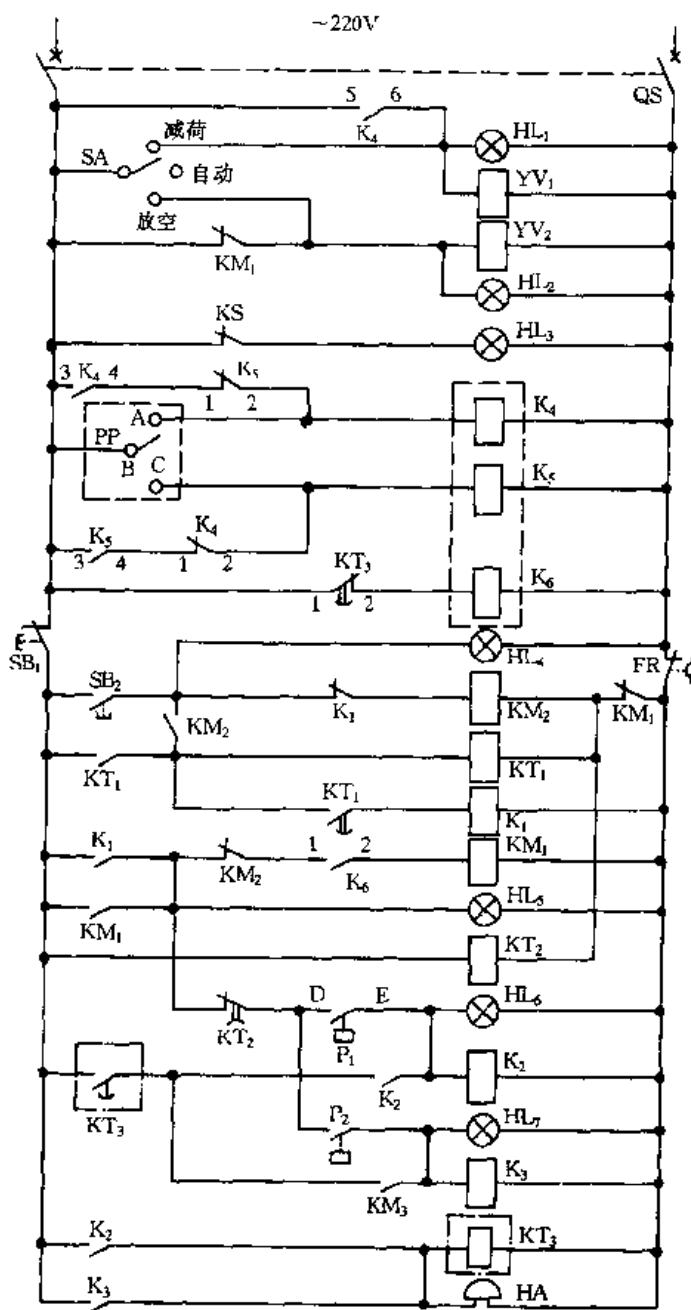


图 2.4.21 空压机控制电路的改进电路

另外,当气流量有瞬间的波动并使流量不足时,气流信号器  $P_1$  的 D 与 E 点短接,中间继电器  $K_2$  得电吸合,警铃 HA 发出声响报警,指示灯  $HL_6$  点亮,告知值班人员检查气压(流量)并及时作好记录,同时时间继电器  $KT_3$  得电计时(设定 10s,在该时间内气流量变动对压缩机没有任何影响),10s 内波动消除后  $KT_3$  延时断开的触点(1-2)不断开,中间继电器  $K_6$  仍保持得电,其常开触点  $K_6(1-2)$  不断开,压缩机电机运行接触器  $KM_1$  仍得电吸合,保证压缩机的正常运行(增加  $K_6$  的目的是考虑到时间继电器微动触点不宜直接接在大容量交流接触器线圈中)。

只有当波动持续时间  $\geq 10s$ (认为此时出现了真正的故障)时, $KT_3$  延时常开触点(1-2)断开, $K_6$  失电释放,其常开触点  $K_6(1-2)$  断开, $KM_1$  失电释放,切断压缩机电机的电源,起到保护压缩机的目的。此时警铃 HA 一直发出响声报警,指示灯  $HL_6$  点亮,指示故障来源,直到检查人员断开空气低压断路器 QF 为止。

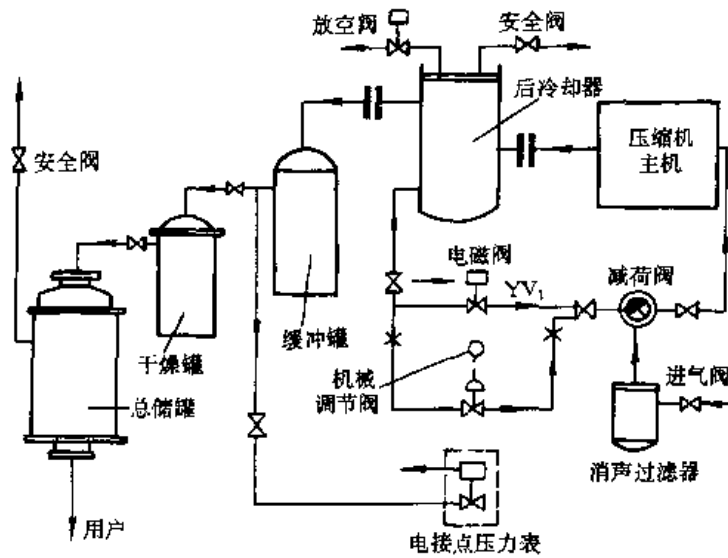


图 2.4.22 压缩机系统图

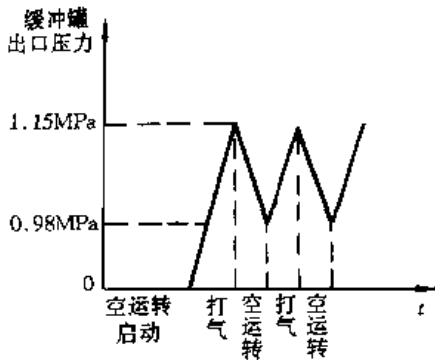


图 2.4.23 空压机工作过程图

### 七、电加热电路

#### 1. 水泥厂回转窑数显温度控制电路

电路如图 2.4.24 所示,采用高亮度双屏显示,数字显示控制仪的主屏(红色)显示窑尾温度(经转换可示显示烟道闸门处温度),辅屏(桔黄色)显示控制上限温度;采用数字式设置控制温度值而不用电位器调整,掉电后,数据仍保存,且可加密锁存,防止误调整;窑温达到上限后,即发出声光报警,报警声响 4min 后会自动关断,温度正常后闪光自动消失。

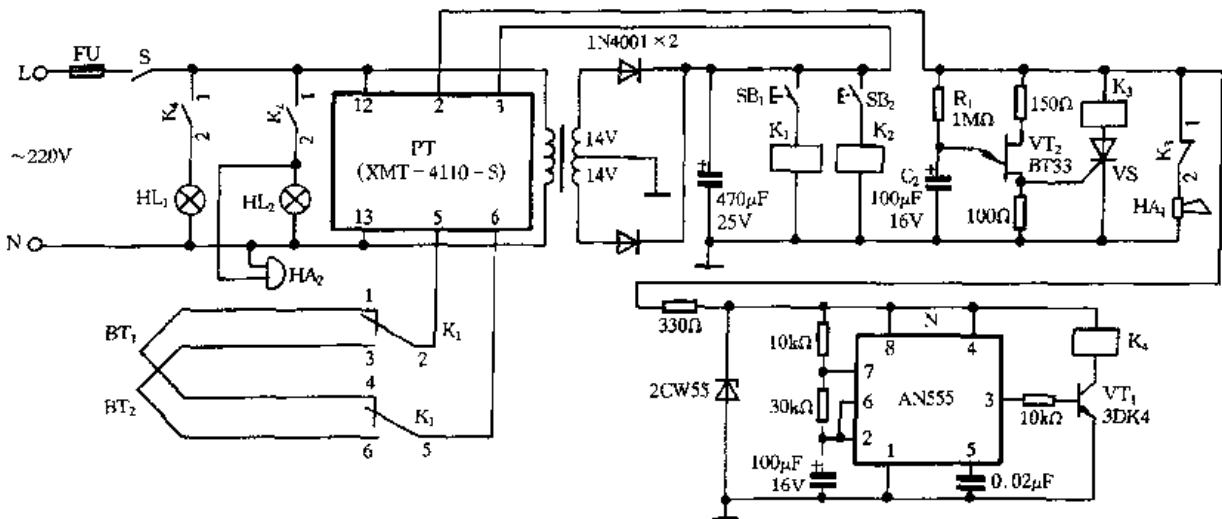


图 2.4.24 水泥厂回转窑数显温度控制电路

热电耦  $BT_1$  安装在窑尾、 $BT_2$  安装在烟道闸门处。接通 220V 交流电源,  $BT_1$  检测的窑尾热电信号送入数字控制显示仪 PT, PT 主屏显示窑尾温度。若窑尾温度升高到上限温度时, PT 接线端的触点 2、3 (PT 内) 闭合, 使报警器  $HA_1$  得电报警。电源电压通过电阻  $R_1$  对电容  $C_2$  充

电,而由时基电路 N(NE555)组成的振荡器开始振荡,振荡器频率为 1Hz 左右。N 的③脚输出信号控制晶体管  $VT_1$  使继电器  $K_4$  按振荡频率间断通断,并通过  $K_4$  的常开触点  $K_4(1-2)$ ,使指示灯  $HL_1$  闪亮。当  $C_2$  两端充电电压达到单结晶体管  $VT_2$  的导通电压时, $VT_2$  导通,并触发晶闸管  $VS$  导通,使继电器  $K_3$  得电吸合,其常闭触点(1-2)断开,使  $HA_1$  失电。当温度下降低于上限值后,PT 接线端的触点 2、3 断开,闪光灯和报警电路失电而停止工作。

按下按钮  $SB_1$ ,继电器  $K_1$  得电吸合,其常闭触点(1-2)、(4-5)断开, $BT_1$  断开,其常开触点(2-3)、(5-6)闭合, $BT_2$  热电信号输入 PT,主屏显示烟道闸门处温度。

窑头处看火操作工与窑尾处下料操作工的联络可按动按钮  $SB_2$ ,使继电器  $K_2$  得电吸合,指示灯  $HL_2$  亮、电铃  $HA_2$  得电发出声响。

## 2. 替代进口的汽车用温度开关的温控电路

电路如图 2.4.25 所示。 $RT$  为温度传感器,与电阻  $R_1 \sim R_3$ 、电位器  $RP$  组成的温度检测桥路,为电压比较器  $N_1$  提供温度检测电压信号。当水温升高时, $RT$  的阻值较小,使  $N_1$  (LM741) 的同相输入端③脚电位高于反相输入端②脚电位,其⑥脚输出为高电平。使功率开关集成电路  $N_2$  (BTS412A) 获得控制电压,致使  $N_2$  导通,发光二极管  $HL_2$  点亮,风扇电动机得电工作。反之,当水温降到某一设定值时, $N_2$  关断, $HL_2$  熄灭,风扇电动机失电而停转。从而使水箱里的水温控制在一定的温度范围内。

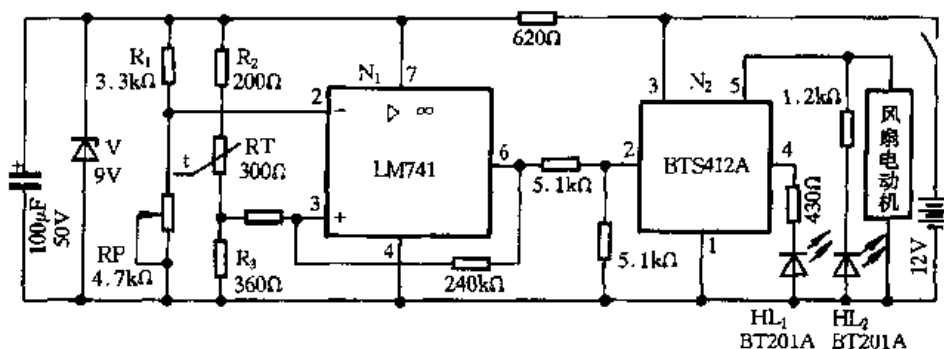


图 2.4.25 替代进口汽车温度开关的温控电路

使用中,当负载出现短路、过载、过热或因蓄电池输出电压低于 6V 时, $N_2$  的诊断端④脚输出 +5V 电压,使得发光二极管  $HL_1$  点亮。

## 3. 电阻炉控制电路

采用晶闸管控制对电炉进行改造,其电路如图 2.4.26 所示,改进部分示于图中虚线框内。

合上开关  $QS$ ,再将开关  $SA$  置于自动位置,中间继电器  $K_1$  得电吸合,其两个常开触点闭合,使接触器  $KM$  和中间继电器  $K_2$  得电吸合并自锁; $K_1$  的另两个常开触点闭合,使晶闸管  $VS_1 \sim VS_4$  导通,电炉丝  $R_L$  得电加热; $K_1$  的常闭触点断开,使时间继电器  $KT_1$  在  $K_2$  得电吸合时不能得电吸合。

当炉温升到整定温度时,电子电位差计  $PT_1$  使  $K_1$  自动失电释放,其常开触点切断晶闸管控制极,使晶闸管  $VS_1 \sim VS_4$  在电压过零时自行关断,电炉停止加热; $K_1$  的常闭触点闭合使  $KT_1$  得电吸合并自锁,电炉保温开始计时。

当炉温下降到某一值时, $PT_1$  接通  $K_1$ ,又使晶闸管  $VS_1 \sim VS_4$  导通,电炉又开始加热升温。如此周而复始地进行。

当保温时间到时, $KT_1$  延时断开触点切断  $K_1$  电源,使  $K_1$  失电释放,其常开触点将各反并

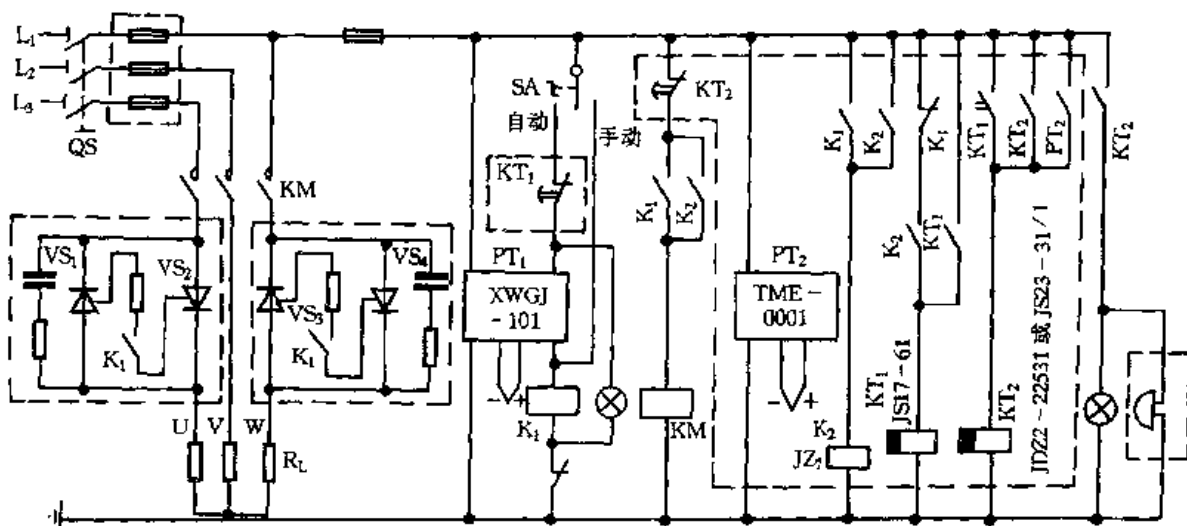


图 2.4.26 电阻炉控制电路

联的晶闸管控制极断开,使晶闸管在电压过零时自行关断,电炉停止加热;KT<sub>1</sub> 延时闭合触点接通时间继电器 KT<sub>2</sub>,其瞬时闭合触点接通声、光报警电路,提醒操作者及时停炉出料;如果操作者脱岗,KT<sub>2</sub> 延时断开触点经 3min 延时后,切断 KM 电源,电炉停止加热,但声、光继续报警,这样就确保了电炉不超时加热。

为防止 PT<sub>1</sub> 失灵、热电偶烧断或晶闸管击穿直通等原因造成电炉超温,设有保安仪表 PT<sub>2</sub>,并在电炉原有热电偶旁并列加装一个同型号热电偶,将炉膛温度传给 PT<sub>2</sub>,一旦炉膛温度升到 PT<sub>2</sub> 预定安全控制温度(一般高于正常工作温度上限值 20℃)时,PT<sub>2</sub> 常开触点闭合,将 KT<sub>2</sub> 接通,其瞬时闭合触点接通声、光报警电路,操作者立即停炉检查。如操作者脱岗,KT<sub>2</sub> 延时断开触点经 3min 延时后,其常闭触点断开,使 KM 失电释放,切断加热电源,而声、光报警继续,这样就确保了电炉不超温加热,从而保证了电炉安全运行。

## 八、其它生产机械装置电气控制电路

### 1. 精梳针梳机出条自停电路的改进电路

电路如图 2.4.27 所示(三相电源及电动机主回路未画)。合上电源开关,变压器得电,发光二极管 HL<sub>1</sub>、HL<sub>2</sub> 均发光,光敏三极管 VT<sub>1</sub>、VT<sub>5</sub> 均受光而呈低阻状态,VT<sub>2</sub>、VT<sub>6</sub> 饱和导通,使 VT<sub>3</sub>、VT<sub>7</sub> 截止而 VT<sub>4</sub>、VT<sub>8</sub> 饱和导通,使继电器 K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub> 得电吸合,K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub> 常开触点闭合,此时按 SB<sub>2</sub>,使接触器 KM 得电吸合并自锁,电动机运转。

当毛条运行和静止时,正常情况下都是在传感器 1 的下方、传感器 2 的上方,因此不会挡住受光头内 VT<sub>1</sub> 和 VT<sub>5</sub> 的光线。当断条时,缠在皮辊上的毛条势必上翻,挡住传感器 1 受光头的的光线,VT<sub>1</sub> 呈高阻状态,VT<sub>2</sub> 截止、VT<sub>3</sub> 饱和导通而 VT<sub>4</sub> 截止,使 K<sub>1</sub> 失电释放,K<sub>1</sub> 常开触点断开,使 KM 失电释放,电动机停转;如果毛条下落(卡条时也是这种现象),则毛条挡住传感器 2 受光头的的光线,VT<sub>5</sub> 呈高阻状态,VT<sub>6</sub> 截止、VT<sub>7</sub> 饱和导通而 VT<sub>8</sub> 截止,使 K<sub>2</sub> 失电释放,K<sub>2</sub> 常开触点断开,使 KM 失电释放,电动机停转。

### 2. Z-30B 型装岩机电气控制电路

电路如图 2.4.28 所示,用晶闸管取代接触器。

按下按钮 SB<sub>4</sub>,接触器 KM<sub>4</sub> 得电吸合并自锁,其主触点闭合,主电路电源接通。按下 SB<sub>1</sub>,

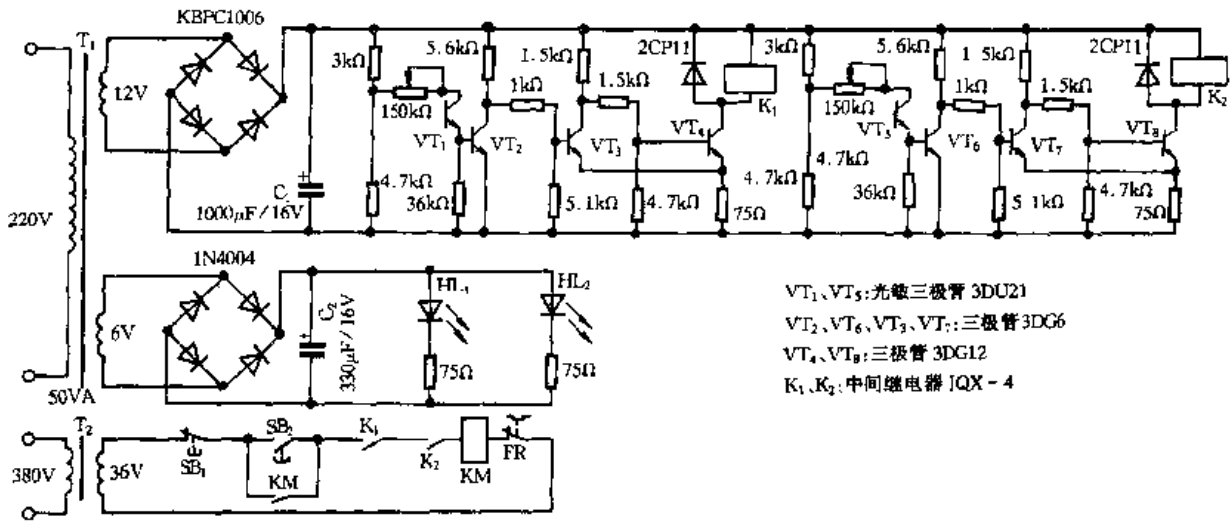


图 2.4.27 针梳机自停电路

接触器  $KM_1$  得电吸合, 其常开触点闭合, 由于控制极漏电流相互作用, 使晶闸管  $VS_1$  与  $VS_2$ 、 $VS_3$  与  $VS_4$  交替导通, 交流电源送入电动机  $M_1$ , 此时  $M_1$  正转, 整机行走前进。按下  $SB_2$ , 接触器  $KM_2$  得电吸合, 同理, 晶闸管  $VS_5 \sim VS_8$  交替导通, 由于相序改变,  $M_1$  反转, 整机行走后退。按下  $SB_3$ , 接触器  $KM_3$  得电吸合, 同理晶闸管  $VS_9 \sim VS_{12}$  也工作, 此时提升起斗电动机  $M_2$  工作, 铲斗提升。松开  $SB_3$ ,  $KM_3$  失电释放,  $VS_9 \sim VS_{12}$  停止工作,  $M_2$  也停止工作, 铲斗靠自重下落。当需要进行作业时, 可同时按下  $SB_1$ 、 $SB_3$  或  $SB_2$ 、 $SB_3$ , 以实现前进装碴、后退卸碴; 也可间隔地按下  $SB_1$ 、 $SB_3$ , 以使协调装碴工作。停止作业时, 则需按下  $SB_5$ , 使  $KM_4$  失电释放, 主电路断开。

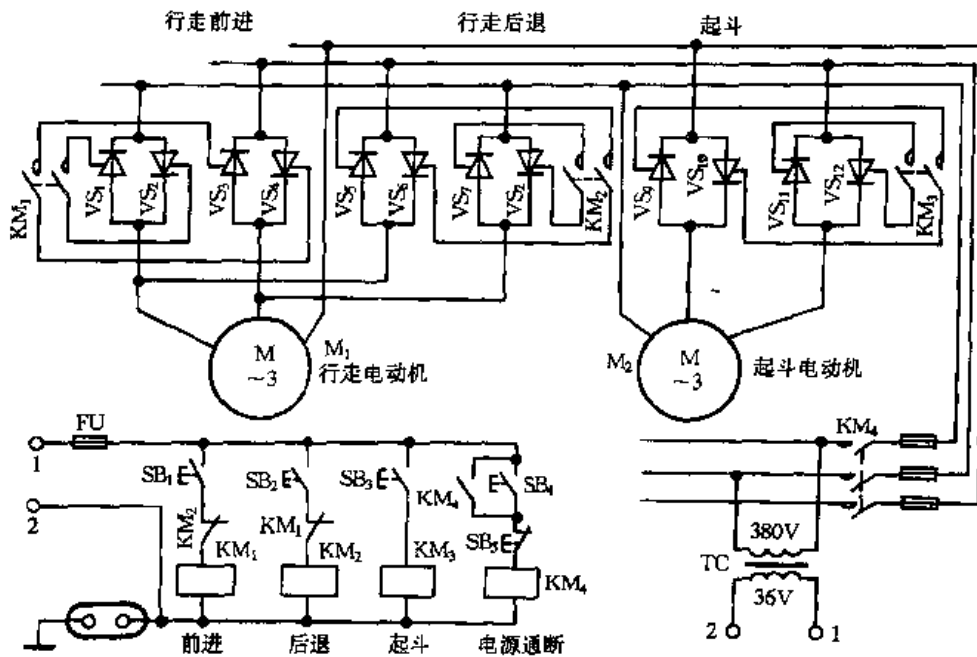


图 2.4.28 Z-30B 型装岩机电气系统的改进电路



## 第五节 供电电路

### 一、单相和三相供电电路

#### 1. 自动限电保护电路

图 2.5.1 所示为自动限电保护电路,对于正常负载的瞬间启动冲击电流不限制,只限制工作电流;对严重超载和短路电流能够迅速保护,并当负载正常后,又可自动恢复供电。该电路由电流信号检测、转换、电压比较以及保护控制等电路组成。

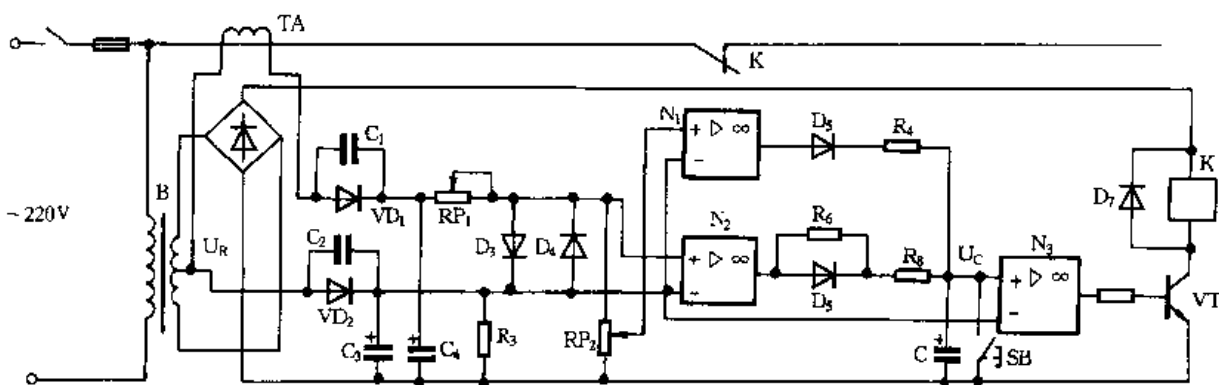


图 2.5.1 自动限电保护电路

#### (1) 电流检测和比较电路

TA 为电流互感器,用来检测供电线路上的电流,并将该电流信号转换成相应的电压信号,通过电位器  $RP_1$ 、 $RP_2$  分压分别加到  $N_1$ 、 $N_2$  的同相输入端,基准电压  $U_R$  加到  $N_1$ 、 $N_2$  的反向输入端,使  $N_1$ 、 $N_2$  组成两个电压比较器。当负载电流小于限电设定值时,此时通过两电位器分压加到比较器上的检测电压小于设定的基准电压,两比较器输出为低电平;当负载电流大于限定设定值时,此时通过两电位器分压加到比较器上的检测电压大于设定的基准电压,两比较器输出为高电平。

#### (2) 保护与自动恢复电路

当负载正常工作时, $N_1$ 、 $N_2$  输出低电平, $N_3$  也输出低电平,三极管 VT 截止,继电器 K 不得电;当负载电流超过限电电流值时, $N_1$ 、 $N_2$  输出高电平,同时给电容器 C 充电,当 C 两端电压  $U_C$  充至大于其准电压  $U_R$  时, $N_3$  输出为高电平,三极管 VT 饱和导通,继电器 K 得电吸合,其常闭触点断开,供电线路被切断。

当供电线路被切断后,通过 TA 的电流为零,使两比较器同相端的输入电压为零,此时输出也为零,电容 C 通过电阻  $R_5$ 、 $R_6$  放电,经过时间  $t$  后, $U_C$  电压低于基准电压,使  $N_3$  输出为低电平,三极管 VT 截止,继电器失电释放,其常开触点断开,使供电线路重新供电。

#### 2. 线路负载提示电路

线路负载提示电路如图 2.5.2 所示。功率检测元件为电流互感器 TA,它除作为信号源外又是电路的电源。其一次侧串接于交流电源线中,当负载功率较大时二次侧感应电流(仅需几毫安)经整流滤波稳压后供  $N_1 \sim N_4$  (LM324) 用。 $N_3$  组成频率约为 1.6kHz 的音频振荡器, $N_2$  组

成频率为 20Hz 的振荡器。 $N_2$  输出高电平时,通过  $VD_5$  使  $N_3$  停振; $N_2$  输出低电平时, $VD_5$  不导通, $N_3$  振荡。因此, $N_3$  形成振音“铃……”声。微调  $R_4$ 、 $R_3$  使声音悦耳并模拟金铃子的叫声。 $N_1$  为周期约 1min 的脉冲发生器。 $N_1$  输出低电压时, $N_2$  停振并输出高电压, $N_3$  也停振。调  $R_1$  使叫声长约为 15s。调  $R_2$  使停顿时间约为 45s。 $N_4$  为比较器, $VD_1$  作用是使负载一旦超过设定值,电路就发声。功率较小时, $N_4$  输出低电压,因  $VD_1$  导通而使  $N_1$  停振。一旦过载, $N_4$  输出高电压, $VD_1$ 、 $VD_6$  均截止, $C_1$  充电,使  $N_1$ 、 $N_2$  和  $N_3$  起振。

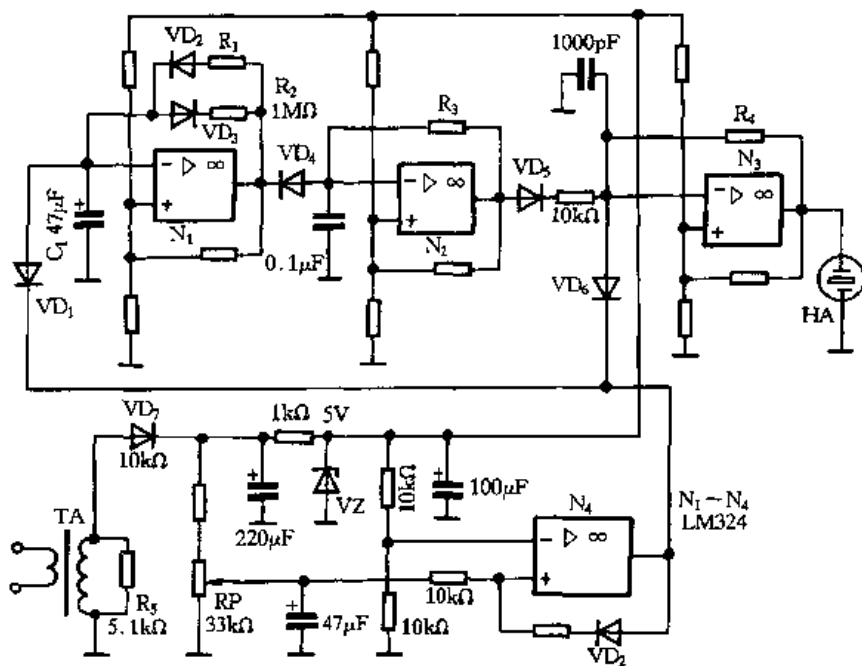


图 2.5.2 线路负载提示器电路

调试时互感器一次电流的产生可用电热器具,也可用其它低压交流电流源。根据需要选定负载电流,一般家庭应在 10A 以下。第一次送电后由小到大调 RP 至 HA 发声即可。

互感器可用 4~6W 电源变压器代替。原 220V 绕组作为二次线圈,用 1mm<sup>2</sup> 以上绝缘线圈作为一次线圈。并联的  $R_5$  防止二次线圈在负半周时无通路而出现高压。发声器件为带助音腔的压电陶瓷。

### 3. 晶闸管过电流自动保护电路

图 2.5.3 所示的晶闸管调压器过电流自动保护电路,具有保护动作快(小于 0.01s)及运行方便等优点。在晶闸管导通角较小时,保护的可靠性更是明显地优于快速熔断器。

反向并接的晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  等组成调压器的主回路。单晶体管  $VT_1$  为晶闸管提供触发脉冲。 $VT_2 \sim VT_4$  等组成保护电路,其作用相当于在充放电电容  $C_1$  上并联一只开关。 $R_1$  为过电流信号取样元件,光电耦合器起信号耦合和电隔离作用。

开机时,由于  $C_1$  充电需一定时间,在  $C_1$  电压达到  $VT_1$  峰点电压(即导通电压)前, $VT_1$  无触发脉冲产生, $VS_1$ 、 $VS_2$  关断, $R_1$  上无压降,光电耦合器的输出呈高阻状态, $VT_4$  截止,其集电极为高电位, $VD_2$  反偏截止。由  $VT_2$ 、 $VT_3$  组成的双稳态电路,其  $VT_3$  基极上接电容  $C_2$ 。开机时, $C_2$  充电强行向  $VT_3$  基极灌入电流,由于  $R_2 < R_3$ 、 $R_5 > R_2$ ,这样开机后总是  $VT_3$  饱和导通、 $VT_2$  截止, $VD_1$  也反偏截止,让  $C_1$  正常充电。当  $C_1$  上电压充到  $VT_1$  导通电位时, $VT_1$  导通并呈负阻状态, $C_1$  通过  $VT_1$  放电使  $VT_1$  发射极电位急剧下降,当  $C_1$  电压降到  $VT_1$  截止的电位时, $C_1$  又重新

充电。这样就产生一个脉冲,触发晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  向负载供电。调节  $RP$  可改变  $C_1$  的充电速度,使触发脉冲相位改变,从而控制晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  的导通角,使输出电压也相应改变。在负载正常时,输出电流在  $R_1$  产生的压降较小,光电耦合器的输出呈高阻状态, $VT_2 \sim VT_4$  保护电路不起作用。

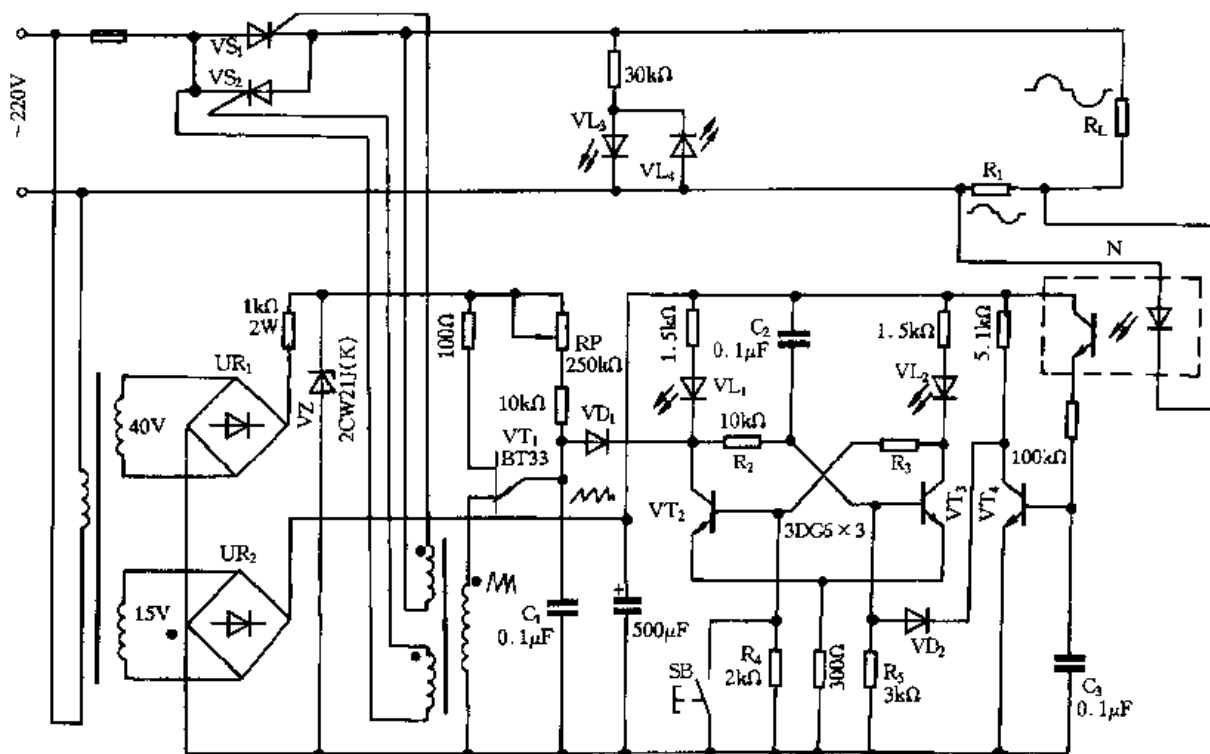


图 2.5.3 晶闸管过电流自动保护调压电路

若某一瞬间出现过电流, $R_1$  上电压增大,光电耦合器输出呈低电阻状态, $VT_4$  因此饱和导通,其集电极电位下降,使  $VD_2$  也导通, $VT_3$  的基极电位被强行拉低,造成双稳电路翻转,即  $VT_3$  截止, $VT_2$  饱和导通。这时, $VT_2$  集电极为低电位, $VD_1$  导通,把  $C_1$  旁路, $VT_1$  停止输出脉冲。这样从下半个周波开始,晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  就开始关断,调压器不再有交流电输出,从而对负载实施保护。

电路实施保护后,当  $R_1$  上的过电流信号低于光电耦合器的工作电压时, $VT_4$  又处于截止状态, $VD_2$  反偏截止,但此时双稳态电路为新的稳态( $VT_3$  截止, $VT_2$  饱和导通), $VT_4$  截止也不能使双稳电路翻转,电路维持保护状态。排除故障后如欲重新开机,只需按一下  $SB$  按钮,将  $R_4$  短接,双稳电路即可翻转, $VT_2$  恢复截止状态, $VD_1$  不再导通, $C_1$  正常充放电, $VT_1$  重新振荡,输出触发脉冲使晶闸管导通,开始正常给负载送电。

$C_3$  是抗干扰电容,可减少持续时间较短的干扰信号的影响,减少保护电路的误动作。 $VL_1$  是保护电路动作指示器, $VL_2$  是正常工作指示器, $VL_3$  和  $VL_4$  为主回路晶闸管工作状态指示器,分别显示  $VS_1$ 、 $VS_2$  是否导通。

在某些需在保护后自动恢复运行的场合,只需将保护双稳电路改用单稳态电路即可。

## 二、整流、稳压及调压电路

### 1. 可输出安培级电流的升压电路

图 2.5.4 所示的升压电路,在输入为 12V 时,具有 20V 及 15V、5V(稳压)3 组电压输出,每  
组均可输出 1A 以上的电流,适合汽车音响、车载电台等使用。

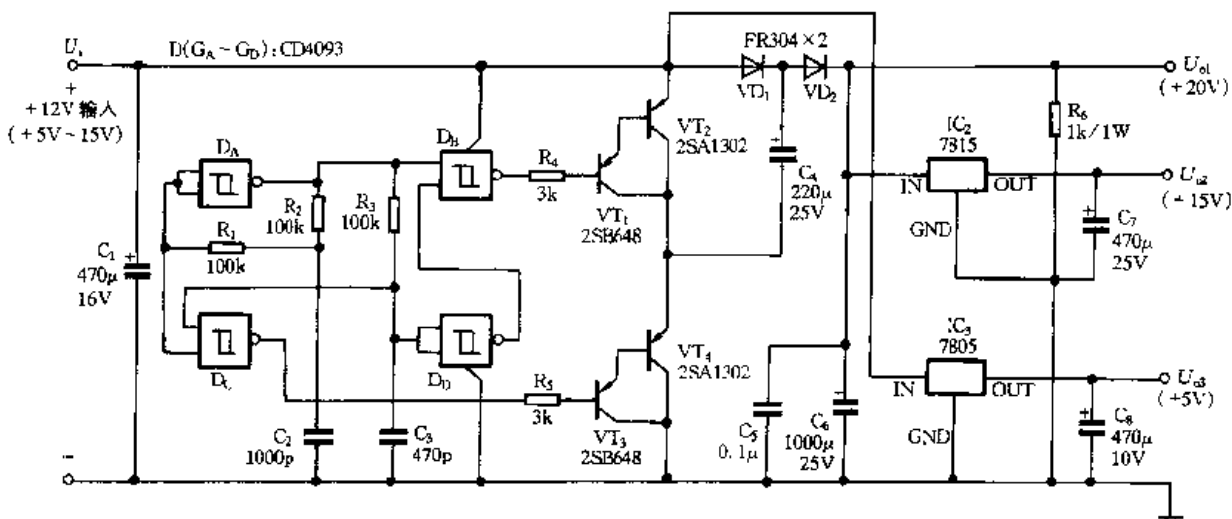


图 2.5.4 可输出安培级电流的升压电路

$D(D_A \sim D_D)$  为施密特与非门 CD4093。 $D_A$  与  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $C_2$  组成 10kHz 的振荡器,其输出的互  
为反相的脉冲信号分别加到  $D_B$ 、 $D_C$  的输入端。由  $D_B$ 、 $D_C$  驱动晶体管  $VT_1$ 、 $VT_2$  及  $VT_3$ 、 $VT_4$  交替  
导通。为了防止  $VT_1$ 、 $VT_2$  及  $VT_3$ 、 $VT_4$  发生共态导通使电源短路,由  $R_3$ 、 $C_3$  组成延迟网络,使  
 $VT_1$ 、 $VT_2$  及  $VT_3$ 、 $VT_4$  导通的脉冲在时间上不衔接。当  $D_C$  输出低电平时,  $VT_3$ 、 $VT_4$  导通,电源经  
 $VD_1$  后对  $C_4$  充电;当  $D_B$  输出低电平时,  $VT_1$ 、 $VT_2$  导通,此时电源与  $C_4$  串联后经  $VD_2$  对  $C_6$  充  
电,充电电压为两倍的电源电压。实际上,由于  $VT_1 \sim VT_4$  及  $VD_1$ 、 $VD_2$  有导通压降存在,因此  
 $C_6$  上的电压略低于两倍的电源电压。 $VT_1$ 、 $VT_2$  及  $VT_3$ 、 $VT_4$  使用大功率的音频输出管,因此允  
许通过很大的充电电流。 $C_4$  为升压电容,取值为  $220 \sim 470\mu F$ ,因此  $U_{O1}$  及  $U_{O2}$  的输出电流大于  
1A。 $U_{O1}$  在空载时其电压会升高至 27V,因此增加一负载电阻  $R_6$ ,使其电压基本稳定在 20V 左  
右。

该升压组件的输入电压在 5 ~ 15V 时,升压输出  $U_{O1}$  的范围为 8 ~ 27V。

## 2. 电磁限流式可调稳压电源电路

图 2.5.5 所示为电磁限流式稳压电源,使用电磁式限流器 KA;采用  $VT_2$  和  $VT_3$  组成的共  
基极放大组态接法的全反馈电路,做比较放大电路,不易引起高频振荡; $VT_1$  是电压调整管,  
 $VT_2$  集电极的输出电压控制  $VT_1$  的基极电压,从而控制  $VT_1$  管压降的变化。

当稳压电源负载电流超过限定电流时,电磁式限流器 KA 的干簧管簧片由于磁场的增强  
而发生振动,使动、静簧片间的电阻减小,电源电压便经簧片加到  $VT_3$  的基极,使  $VT_3$  的放大  
量减小, $VT_3$  的射极电位升高, $VT_2$  集电极的电位升高,限制电压调整管  $VT_1$  输出电流的增加,从  
而达到限流的目的。电磁式限流器起作用时,调整管并不完全截止,仅把功率限制在一定范围  
内,因此在输出电压降低的情况下,仍能输出一定的电流,当故障排除后,它能自动使稳压电源  
恢复工作。电磁式限流器在工作时由于簧片的振动会发出声音,以此作为过载的声响报警信  
号。

$RP_1$  是输出电压调整电位器,调节  $RP_1$ ,可使稳压电源的输出电压平稳的连续变化。 $RP_2$   
是上限电压整定电位器,调节  $RP_2$ ,可使该稳压电源输出的上限电压精确地整定到某一数值。

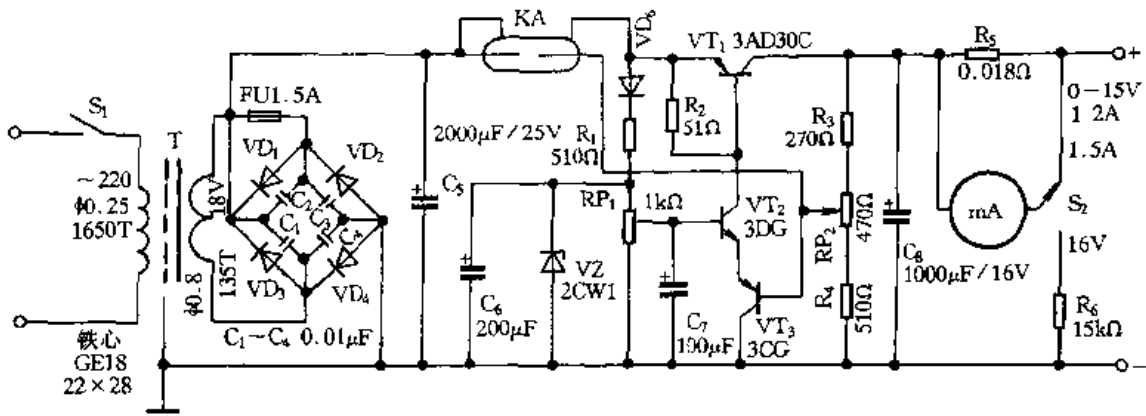


图 2.5.5 电磁限流式可调稳压电源电路

$R_1$  是稳压管  $VZ$  的限流电阻;  $R_2$  是并接在调整管  $VT_1$  发射极与基极之间的偏置电阻, 该电阻很关键, 不能省掉, 否则稳压电源空载时的下限电压将无法调到  $0.3V$ 。

电磁限流器制作前应先用电阻表测量一下所选干簧管的电阻, 正常时电阻应为无穷大, 轻微振动时也无簧片接触现象。

线圈绕制参数如表 2.5.1 所示, 具体匝数可经过试验确定, 绕制时线圈一头刮干净后与干簧管的一头焊在一起, 另一头可绕在已套塑料管的干簧管的另一头上, 绕线圈时应避免使干簧管两端引线受力, 电磁限流器绕制后的外型如图 2.5.6 所示。

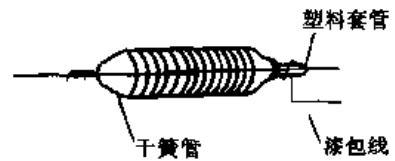


图 2.5.6 电磁限流器外形

表 2.5.1 电磁限流器线圈数据

线圈匝数 (T)	漆包线直径 (mm)	报警电流 (mA)	限制电流 (mA)
22	0.41	750	1100
16	0.41	1000	1400

值得注意的是, 分流电阻  $R_5$  要串接到主电路中, 不能经开关控制, 而且一定要焊接牢固, 不然过流会烧毁毫安表。

### 3. 单相交流稳压电路

单相交流稳压器电路如图 2.5.7 所示, 该电路主要由取样检测、直流放大、磁放大器控制电路和过压保护电路等组成。

当负载减小或输入交流电压上升时, 变压器  $T_3$  的二次电压上升, 经  $VD_5 \sim VD_8$  整流, 使取样检测分压电路  $RP_1$  的中心抽头上电压增高, 使  $VT_1$  集电极电流  $I_{C1} \uparrow \rightarrow$  集电极电压  $U_{C1} \downarrow \rightarrow$  发射极电压  $U_{E1} \uparrow$ , 并使  $VT_2$  发射极电压  $U_{E2} \uparrow$ , 由于  $VT_2$  的基极接在稳压管  $VZ_1$  上,  $VT_2$  基极电压  $U_{B2}$  被钳位在  $VZ_1$  的稳压值上不变。由于  $VT_2$  的发射极电压  $U_{E2} \uparrow \rightarrow$  其基极与发射电压  $U_{BE2} \downarrow \rightarrow$  基极电流  $I_{B2} \downarrow \rightarrow$  集电极电流  $I_{C2} \downarrow \rightarrow$  集电极电压  $U_{C2} \uparrow$ , 从而使  $VT_3$  的基极电压  $U_{B3}$  上升。由于  $VT_3$  为 PNP 型晶体管, 因此  $VT_3$  正向偏压减小, 使  $VT_3$  集电极电流减小, 而控制磁放大器的调整管  $VT_4$  的基极电流也相应减小,  $VT_4$  集电极电流  $I_{C4}$  也减小 (相当于内阻增加), 使流经磁放大变压器  $T_2$  的电流减小,  $T_2$  的感抗增加, 因而加于升压变压器  $T_1$  上的一次侧绕组电压降低, 升压绕组上输出的交流电压也降低, 使输出的交流电压保持稳定。当输出电压下降

或负载增加时,直流反馈控制过程正好相反。

$VZ_2$ 、 $VT_3$ 、继电器  $K$  等组成过压保护电路。如稳压电路出现故障,使输出电压上升到 230V 时,由  $RP_2$ 、 $R_{11}$  组成的分压电路的  $Q$  点电压升到稳压管  $VZ_2$  击穿值时, $VT_3$  饱和导通,使  $K$  得电吸合,其常闭触点  $K(1-2)$  断开,切断直流高压电路,使  $T_2$  的感抗增加,输出交流电压降到 200V 以下,工作指示氖灯  $HL$  熄灭; $K$  的常开触点  $K(3-4)$  闭合自锁,以确保用电设备的安全。

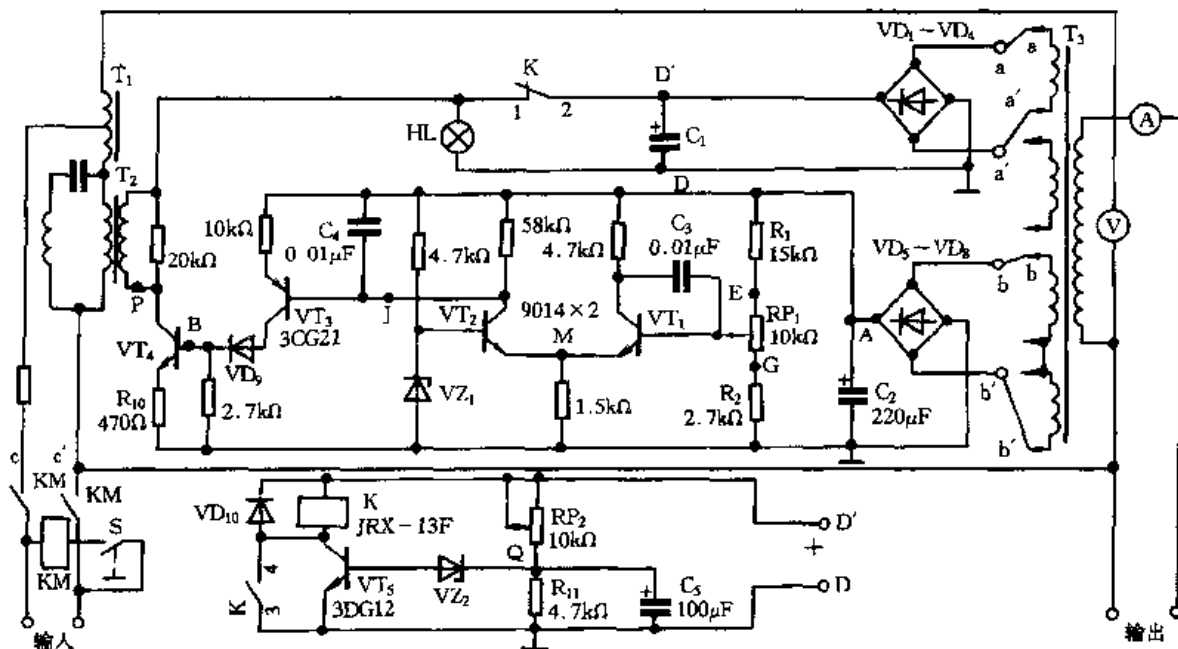


图 2.5.7 晶体管交流稳压器电路

### 三、简单实用的备用电源切换电路

通常重要的用电场合是不允许停电的,因此常设有常用(主)电供电线路和备用(辅)电供电线路,以提高供电的可靠性。当常用电供电线路因故停电时,要及时自动切换,由备用电供电线路供电。

#### 1. 小型变电站站用电源自动投切电路

电路如图 2.5.8 所示。其中,  $HL_1 \sim HL_6$  为信号灯(XD5 型,交流 220V)、 $FU_1 \sim FU_{10}$  为熔断器(R1-10/6A 型)、 $KT$  为时间继电器(DSJ-11 型,~380V)、 $KV_1 \sim KV_6$  为电压继电器(DJ-111 型/220V)、 $KM_1 \sim KM_2$  为交流接触器(CJ0-75A 型、交流 380V)、 $SB_1 \sim SB_2$  为切换按钮。其运行电源是由两个不同电压等级的站用变压器供给;在 35kV 小型变电站中,35kV 站用变压器为主供电源;备用电源可由该站主变压器二次电压确定。如二次电压为 6kV 或 10kV,备供电源就从 6kV 或 10kV 站用变压器接入;主变压器二次电压为 0.4kV,备供电源则可直接从低压母线接入。

$KV_1 \sim KV_6$  为两电源电压继电器。当主供电源停电检修时,可按  $SB_1$  按钮, $KM_2$  失电释放,备供电源  $KM_1$  控制回路由  $KV_1 \sim KV_3$  常开触点(已闭合)→ $SB_2$ → $KT$  延时闭合触点→ $KM_2$  常闭触点而接通,备供电源投入。主供电源恢复时,可按  $SB_2$  按钮, $KM_1$  失电释放,其常闭触点恢复闭合, $KM_2$  控制回路可由  $KV_4 \sim KV_6$  常开触点(已闭合)→ $SB_1$ → $KM_1$  常闭触点接通,主供电源投入。由于接触器  $KM_1$  和  $KM_2$  互为联锁,因此,其中若任一电源发生断相等故障,不但能将故障电源切除,而且另一电源可自动投入,确保整流设备运行正常,为电容器组充电。

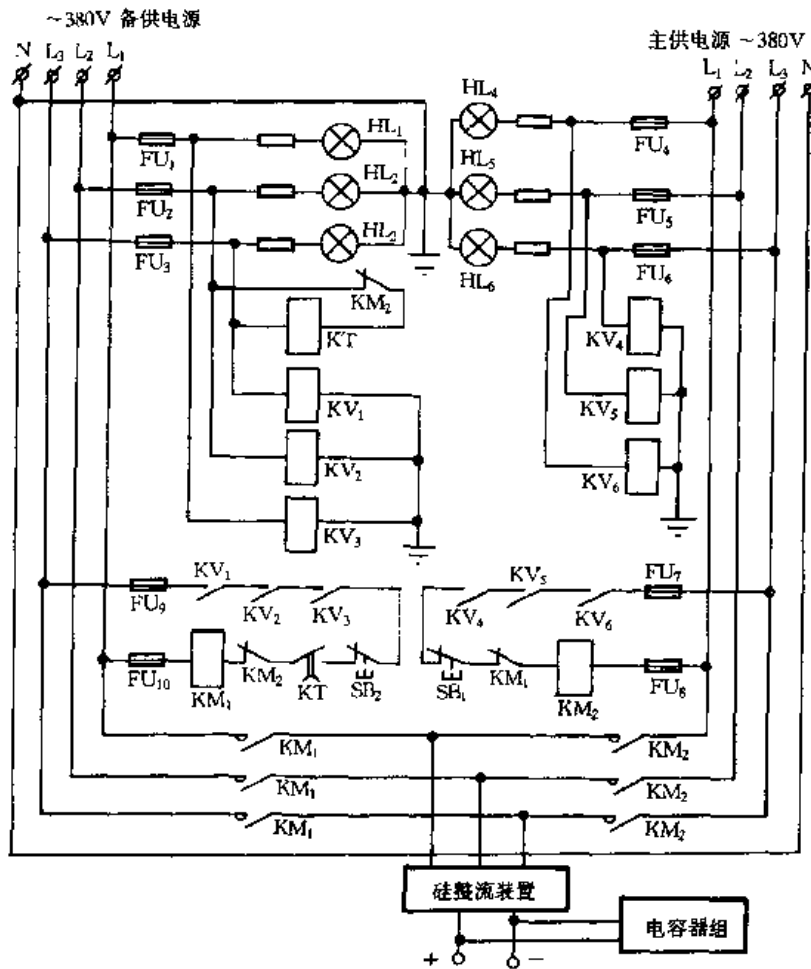


图 2.5.8 小型变电站站用电电源自动投切电路

## 2. 不用互锁控制线实现远距离双电源互锁互投电路

双电源供电线路中,为避免值班人员误操作,在倒换电源时,大多采用交流接触器的一对常闭触点来互锁对方控制回路电源。如果双电源或配电装置在同一地点,按常规方法接线,互锁控制线(4根)很容易连接。若两个厂(车间)相距很远(几百米以外),要实现双电源互锁互投,其控制线安装架设就困难了。为此,可采用图 2.5.9 所示的甲、乙两地不用互锁控制线的远距离双电源互锁互投电路。当甲、乙两地均有电时,各自使用本厂电源,如遇甲或乙停电,对方都可将电源送入(出),且不影响本厂供电。

该电路能用于不同地点的双电源(包括自备电源)控制,使甲、乙两厂能相互停送电;能有效地防止值班人员的误操作,只要有一方先向连接在甲、乙两厂的架空线路上送电,另一方电源就不可能再送电;该电路同样适用于两台电力变压器不能并联运行的低压线路中。

当甲地电源指示灯 HL<sub>1</sub> 亮时,值班人员合上组合开关 QS 及断路器 QF 后,QF 的常闭触点 QF(1-2)断开,指示灯 HL<sub>1</sub> 熄灭。按下 SB<sub>2</sub>,送电途径为: X<sub>21</sub>→FU<sub>2</sub>→SB<sub>1</sub>→SB<sub>2</sub>(KM<sub>1</sub> 常开触点)→KM<sub>1</sub> 线圈→K<sub>4</sub>(13-14)→FU<sub>2</sub>→X<sub>22</sub>,使 KM<sub>1</sub> 得电并自锁,其主触点闭合,甲电源向甲厂供电。乙电源向乙厂供电的操作和控制原理,与甲厂电源向甲厂供电相同。

若甲、乙两厂电源指示灯 HL<sub>2</sub>、HL<sub>2</sub>' 均不亮,表明架空线路无电。此时,任一方都可以将电源先送上架空线路。假如甲厂值班人员先按下 SB<sub>4</sub>(按 SB<sub>5</sub> 不起作用,因架空线路无电,即使有电也因 K<sub>4</sub> 的启动回路中串接的常闭触点 KM<sub>1</sub>(3-4)断开而互锁),送电途径为: X<sub>31</sub>→FU<sub>4</sub>→K<sub>4</sub>

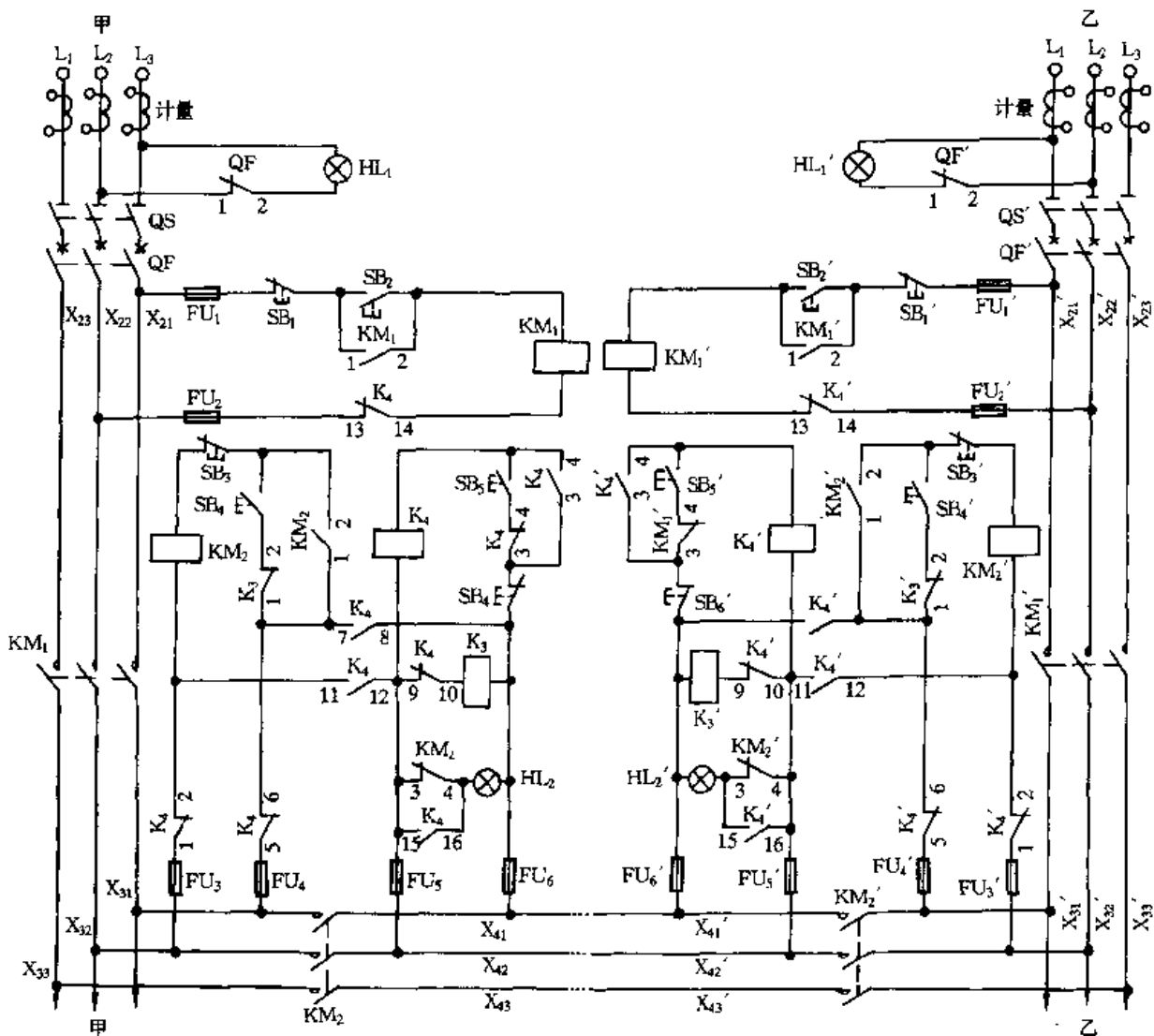


图 2.5.9 不用互锁控制线实现远距离双电源互锁互投电路

(5-6)→K<sub>3</sub>(1-2)→SB<sub>4</sub>→SB<sub>3</sub>→KM<sub>2</sub> 线圈→K<sub>4</sub>(1-2)→FU<sub>3</sub>→X<sub>32</sub>(当 KM<sub>2</sub> 得电,则经 KM<sub>2</sub>(1-2)),使 KM<sub>2</sub> 得电吸合并通过触点 KM<sub>2</sub>(1-2)自锁,其主触点闭合接通甲电源使架空线路带电。此时,甲地电源指示灯 HL<sub>2</sub> 不亮(其原因是因 KM<sub>2</sub> 得电吸合,其常闭触点 KM<sub>2</sub>(3-4)打开而 K<sub>4</sub>(15-16)未闭合),表明供电线路中是本厂电源。而乙电源指示灯 HL<sub>2</sub>'亮(因常闭触点 KM<sub>2</sub>'(3-4)闭合,提醒乙厂值班人员,架空线路中已送上甲厂电源。同时,甲、乙而厂配电装置中的中间继电器 K<sub>3</sub>(K<sub>3</sub>')经电源 X<sub>41</sub>(X<sub>41</sub>')→FU<sub>6</sub>(FU<sub>6</sub>')→K<sub>3</sub>(K<sub>3</sub>')线圈→K<sub>4</sub>(9-10)(K<sub>4</sub>'(9-10))→FU<sub>5</sub>(FU<sub>5</sub>')→X<sub>42</sub>(X<sub>42</sub>')得电吸合,其常闭触点 K<sub>3</sub>(1-2)(K<sub>3</sub>'(1-2))分别断开 KM<sub>2</sub> 和 KM<sub>2</sub>'线圈的启动回路,进行第一互锁保护。如果架空线路上是对方电源,则 KM<sub>2</sub>(KM<sub>2</sub>')就不能启动;又因常开触点 KM<sub>2</sub>(1-2)(KM<sub>2</sub>'(1-2))是接在 K<sub>3</sub>(1-2)(K<sub>3</sub>'(1-2))触点之前。因此不影响 KM<sub>2</sub>(KM<sub>2</sub>')线圈的自锁。

当乙电源停电时,断路器 QF'失压脱扣跳闸,常闭触点 QF'<sub>1</sub>'(1-2)复位,指示灯 HL<sub>1</sub>'亮,表明乙电源可恢复供电。KM<sub>1</sub>'也随之失电释放,其主触点断开乙厂线路,常闭触点 KM<sub>1</sub>'(3-4)复位,为中间继电器 K<sub>4</sub>'得电作准备。乙厂值班人员可按下 SB<sub>5</sub>'(按 SB<sub>4</sub>'不起作用,因乙厂已停电,即使有电,也因中间继电器 K<sub>3</sub>'的常闭触点 K<sub>3</sub>'(1-2)早已断开而互锁),使 K<sub>4</sub>'得电吸合



并自锁,送电路径为: $X_{41}' \rightarrow FU_6' \rightarrow SB_6' \rightarrow KM_1'(3-4) \rightarrow SB_5' \rightarrow K_4'$ 线圈 $\rightarrow FU_5' \rightarrow X_{42}'$ (当 $K_4'$ 得电时,则经过 $K_4'(3-4)$ 触点)。 $K_4'$ 的常闭触点 $K_4'(13-14)$ 断开,切断 $KM_1'$ 的启动回路,进行第二互锁保护。 $K_4'$ 的常闭触点 $K_4'(9-10)$ 断开,使中间继电器 $K_3'$ 失电释放,其常闭触点 $K_3'(1-2)$ 复位,为 $KM_2'$ 的启动作准备。 $K_4'$ 的常开触点 $K_4'(15-16)$ 闭合,不让指示灯 $HL_2'$ 由于常闭触点 $KM_2'(3-4)$ 断开而熄灭。触点 $K_4'(1-2)$ 、 $K_4'(5-6)$ 先断开乙厂的电源线,使其不因常开触点 $K_4'(7-8)$ 、 $K_4'(11-12)$ 的闭合而提前将电源引入乙厂。熔断器 $FU_3'$ 、 $FU_4'$ 还可起到过流、短路的后备保护作用。再按下 $SB_4'$ ,电源流经 $X_{41}' \rightarrow FU_6' \rightarrow K_4'(7-8) \rightarrow K_3'(1-2) \rightarrow SB_4' \rightarrow SB_3' \rightarrow KM_2'$ 线圈 $\rightarrow K_4'(11-12) \rightarrow FU_5' \rightarrow X_{42}'$ (当 $KM_2'$ 得电时,则经过 $KM_2'(1-2)$ 触点),使 $KM_2'$ 得电吸合并自锁,其主触点闭合,将甲电源送到乙厂。乙厂向甲厂送电操作和控制原理与甲厂相同。

当乙电源恢复送电时,信号指示灯 $HL'$ 亮。如果要恢复乙电源对乙厂供电,乙厂值班人员合上断路器 $QF'$ ,电源指示灯 $HL_1'$ 由于触点 $QF_1'(1-2)$ 断开而熄灭。此时因 $K_4'$ 的常闭触点 $K_4'(13-14)$ 未复位,不能立即使 $KM_1'$ 得电,只有按下 $SB_6'$ (按 $SB_3'$ 也能使 $KM_2'$ 失电释放,其主触点断开,切断架空线路中的甲电源,但中间继电器 $K_4'$ 线圈仍处于工作状态,其常闭触点 $K_4'(13-14)$ 仍未复位,不能启动 $KM_1'$ 线圈),使中间继电器 $K_4'$ 失电释放,其常开触点 $K_4'(15-16)$ 断开指示灯 $HL_2'$ 的回路, $HL_2'$ 暂时熄灭, $K_4'$ 的触点 $K_4'(7-8)$ 、 $K_4'(11-12)$ 先断开 $KM_2'$ 的控制电源而使 $KM_2'$ 失电释放, $KM_2'$ 的主触点断开,切断架空线上的甲电源;同时,其常闭触点 $KM_2'(3-4)$ 复位,使指示灯 $HL_2'$ 亮,仍表示架空线路有甲电源存在。 $K_4'$ 的常闭触点 $K_4'(1-2)$ 、 $K_4'(5-6)$ 复位,为乙电源向甲厂送电作备用,触点 $K_4'(13-14)$ 复位为启动 $KM_1'$ 作准备,触点 $K_4'(9-10)$ 复位使 $K_3'$ 得电吸合,其常闭触点 $K_3'(1-2)$ 断开 $KM_2'$ 的启动回路,又进行互锁保护。按下 $SB_2'$ ,使 $KM_1'$ 得电吸合并自锁,送电路径为 $X_{21}' \rightarrow FU_1' \rightarrow SB_1' \rightarrow SB_2'(KM_1'(1-2)) \rightarrow KM_1' \rightarrow K_4'(13-14) \rightarrow FU_2' \rightarrow X_{22}'$ ,其主触点合,恢复乙电源向乙厂供电。

甲电源停电后恢复供电的操作和控制原理与恢复乙电源供电相同。

为了减少架空线路损耗,在对方不需要送电时,也可停止对架空线路送电,此时,甲、乙两厂的值班人员只须按下配电装置中的按钮 $SB_3'$ ( $SB_3$ )即可。

## 四、蓄电池充电电路

### 1. 蓄电池双状态充电电路

图 2.5.10 所示的蓄电池双状态充电电路,具有脉冲充放电工作和连续充电工作两种方式,可防止蓄电池在充电过程中电极板酸化,延长蓄电池的使用寿命;同时还具有防止对蓄电池过充电、充电电路输出短路、蓄电池电极接反的保护功能。该电路的充电电流为 $0 \sim 4A$ ;最大输出电压为 $16V$ 。

220V 交流电经变压器 $T_1$ 降压、 $VD_1$ 整流,得到脉动直流电压,一路作为蓄电池的充电电压送至插座 $X_1$ 、 $X_2$ ,同时经 $VD_8$ 供给控制电路, $R_1$ 、 $HL_1$ 为工作电源指示电路;另一路经 $R_2$ 限流、 $VZ_1$ 稳压作为双基极晶体管 $VT_1$ 的工作电源。 $VT_1$ 、 $T_2$ 组成晶闸管 $VS$ 控制脉冲形成电路;调节电位器 $RP_1$ 可调整 $VS$ 的导通角,即可调节对蓄电池的充电电流, $R_3$ 调节电流的上限值, $R_3$ 的阻值越小,电容器 $C_1$ 充电到 $VT_1$ 导通阈值电压越快,因而接于插座 $X_1$ 、 $X_2$ 蓄电池的充电电流越大。当 $VT_1$ 导通时, $C_1$ 经 $VT_1$ 的发射极-基极放电,在脉冲变压器 $T_2$ 的初级形成触发脉冲,通过 $T_2$ 的次级送至 $VT_3$ 的基极,使 $VT_3$ 、 $VT_4$ 导通, $VT_4$ 的集电极电流为 $VS$ 提供触发电流,使 $VS$ 导通,直至工作半周结束,以下工作循环重复。在 $VS$ 导通时间,蓄电池维持在充电状态。

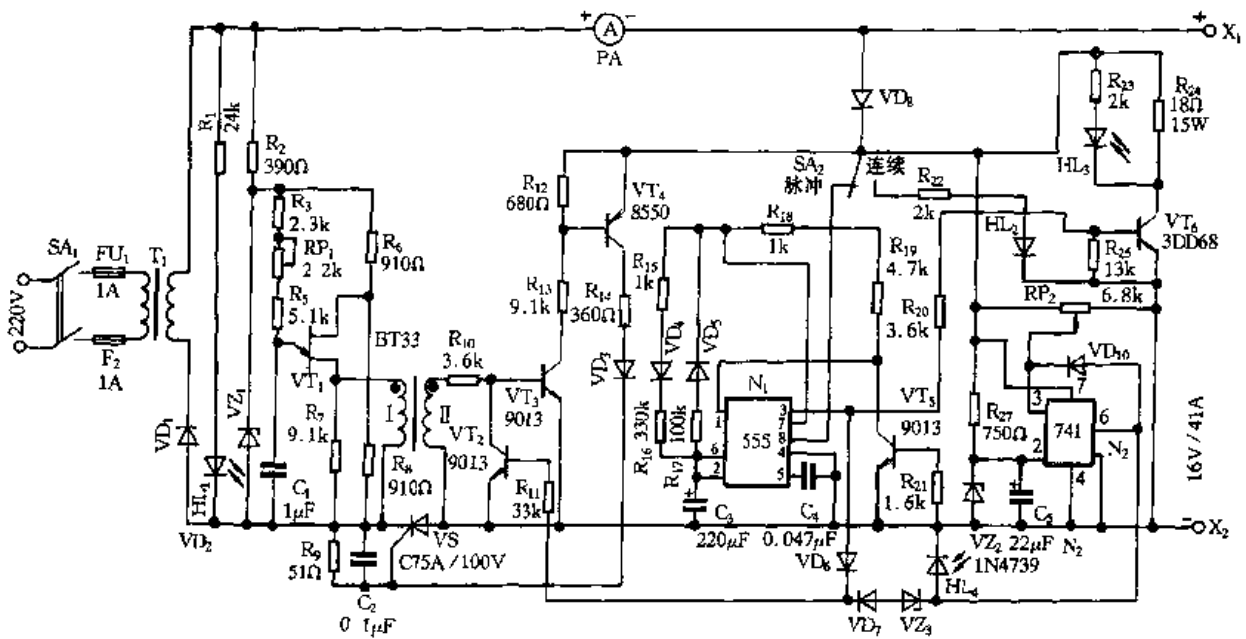


图 2.5.10 蓄电池双状态充电电路

该充电装置的充电控制电路是由接于输出端的蓄电池供电的,如果不接蓄电池,VS截止,形成脉冲不能控制VT<sub>3</sub>、VT<sub>4</sub>,因此无负载时,可防止输出瞬时短路。二极管VD<sub>8</sub>用于预防蓄电池极性相反,当极性反接时,VS不工作,在电路中同样不可能出现闭合电流。

时基电路N<sub>1</sub>(NE555)组成多谐振荡器,使充电与放电的时间比为3:1,即充电时间为45s,放电时间为15s。当转换开关SA<sub>2</sub>置于“脉冲”工作方式时,N<sub>1</sub>的输出端③脚交替形成高电平和低电平电压信号,高电平使VT<sub>2</sub>、VT<sub>6</sub>导通。VT<sub>2</sub>导通,使VT<sub>3</sub>、VT<sub>4</sub>截止,并闭锁触发脉冲形成电路,使VS截止;而VT<sub>6</sub>导通,使蓄电池经VD<sub>8</sub>、R<sub>24</sub>、VT<sub>6</sub>放电,HL<sub>3</sub>发光二极管指示电池处于放电状态。当N<sub>1</sub>的输出端出现低电平电压信号时,VT<sub>2</sub>、VT<sub>6</sub>截止,VS导通,蓄电池充电。当开关SA<sub>2</sub>置于“连续”工作方式时,脉冲形成电路始终工作,N<sub>1</sub>由于无供电电源而停止工作,发光二极管HL<sub>2</sub>亮指示蓄电池处于连续充电状态。

运放N<sub>2</sub>(LA741)组成电压比较器,作为蓄电池充电电流自动断开电路,其反相端加有稳压管VZ<sub>2</sub>提供的基准电压;而同相端加有经电位器RP<sub>2</sub>取出蓄电池充电电压的一部分,与基准电压相比较。当蓄电池的端电压达到14.4V时,N<sub>2</sub>输出端呈高电平,一方面经VD<sub>10</sub>自锁于高电平,另一方面使VT<sub>2</sub>、VT<sub>3</sub>导通,VT<sub>2</sub>导通将脉冲形成电路旁路而闭锁,VS截止,VT<sub>3</sub>导通使N<sub>1</sub>的复位端④脚的电平低于0.6V,N<sub>1</sub>停止工作。因此无论充电电路处于脉冲充电还是连续充电状态,只要蓄电池的端电压大于14.4V,充电电路自动停止对蓄电池充电。发光二极管HL<sub>4</sub>用于指示充电停止状态显示。电流表PA检测充电过程中的电流值。

## 2. 蓄电池欠电压控制电路

蓄电池放电时,其端电压会随着其放电过程而下降。当电池放电到终了电压(1.8V/只)时,应当立即停止放电,否则将造成电池极板硫化,使容量显著下降,影响电池使用寿命,因此,对蓄电池进行欠电压控制,十分必要。为此,可采用图2.5.11所示的蓄电池欠电压控制电路。该电路能在电池电压下降到欠电压点时,切断电池放电电路;而在电池充电升压过程经过欠电压点时,并不干扰升压过程的进行。在串联电池只数改变时,控制电路可以灵活地调整欠电压控制点。由于该电路能区别升压、降压,并专一针对欠电压实施控制,因此能广泛用于各种欠电

压控制对象。

$VT_1$  和  $R_1$ 、 $VT_2$  和  $R_3$  构成恒流源电路,在  $RP_1$ 、 $R_2$  和  $RP_2$ 、 $R_4$  上产生稳定的可调基准电压  $U_2$  和  $U_5$ 。该基准电压是根据欠电压控制点的要求而调定的。 $N_1$  中的两只运放  $N_{1A}$ 、 $N_{1B}$  接成电压比较器,同相端信号来自蓄电池(或其它被控电路)电压采样电路  $RP_3$ ,反相端即为基准电压  $U_2$  和  $U_5$ 。 $VT_3$  为基准电压  $U_2$  的基准变换电路,当  $VT_3$  饱和时,  $U_2 = 0.3V$ 。

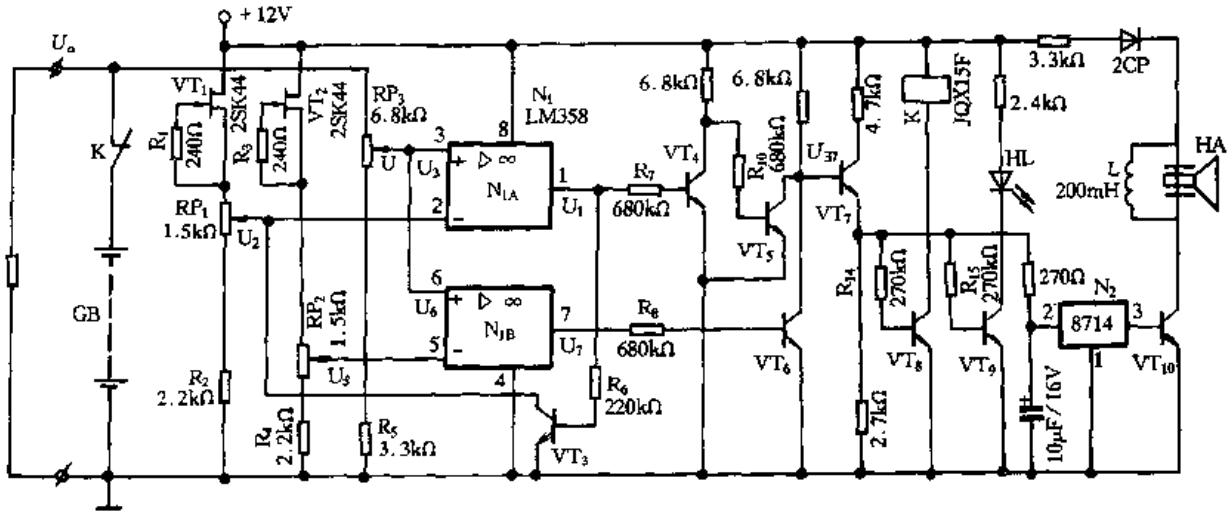


图 2.5.11 蓄电池欠电压控制电路

设起始基准电压  $U_2 = U_5 = U_R$ 。在蓄电池初充电时,电压开始上升,电池采样电压  $U_3 = U_6 < U_R$ ,这时,运放比较器输出电压  $U_1$ 、 $U_7$  为低电平。 $VT_3$  截止,  $VT_4$  和  $VT_6$  也截止,而  $VT_5$  饱和导通,因此,  $U_{B7}$  为低电平。当电池电压升高,其采样电压  $U_3 = U_6 > U_R$  时,  $U_1$  和  $U_7$  跳变为高电平,  $VT_3$  饱和导通,使基准电压  $U_2 = 0.3V$ ,同时,  $VT_4$  和  $VT_6$  也饱和导通,使  $U_{B7}$  维持低电平。升压一经超过欠压点,以后无论电池电压怎样升高,  $U_{B7}$  始终维持在低电平。只有在电池放电、电压开始下降并低于欠电压控制点时,  $U_3 = U_6 \leq U_R$ ,这时,由于基准电压  $U_2$  已变换为  $0.3V$ ,因此,  $U_1$  为高电平,使  $VT_4$  饱和导通,  $VT_5$  截止;而  $U_7$  变为低电平,则  $VT_6$  截止;只有当  $VT_5$ 、 $VT_6$  都截止时,  $U_{B7}$  才输出高电平。

$VT_7$  为射极输出器,当  $U_{B7}$  为高电平时,  $VT_7$  导通,驱动  $VT_8$  导通,从而使继电器  $K$  得电吸合,其常闭触点断开,切断蓄电池充电电路,实现欠电压控制。

要使电路能够重复工作,必须要求起始基准电压  $U_2$  复位,即  $U_2 \neq 0.3V$ ,而复位为  $U_2 = U_R$ 。要作到这一点,只要  $U_0 = 0V$ ,即把蓄电池采样电路断开一下即可,而继电器触点动作时,蓄电池被断开,也就自动起到复位作用了。

该电路也能输出欠电压声光报警,当  $VT_7$  导通时,即驱动  $VT_9$  导通,使发光二极管  $HL$  发光;同时驱动音乐三极管 8714,压电蜂鸣器  $HA$  便发出音乐报警声。

## 第六节 电工测量、监测、指示电路与报警电路

### 一、电工测量、监测与指示电路

#### 1. 带有电压显示的测电笔电路

图 2.6.1 所示为带有电压显示的电交流型测电笔,具有区段电压显示功能。

该测电笔电路为四运放集成电路 N(LM324)组成的电源电压衰减、整流、采样、放大比较和驱动显示电路。被测电压经二极管  $VD_1 \sim VD_4$  整流,  $R_1 \sim R_7$  及  $VZ_{11}$  组成的差动输入网络,将变换的被测电压输入四运放中 N 的  $N_A$ ,经采样信号放大,再经  $R_8$ 、 $VD_5$ 、 $R_9$ 、 $C_2$  滤波得到电压  $U_1$ ,分别送到  $N_B$ 、 $N_C$  的反相输入端及  $N_D$  的同相输入端,  $VZ_{11}$  两端电压经  $R_{10}$ 、 $R_{11}$ 、 $R_{12}$  分压后,分别送至  $N_B$ 、 $N_C$  的反相输入端,作为  $N_B$ 、 $N_C$  的基准电压  $U_{R2}$ 、 $U_{R3}$ 。当  $U_1 < U_{R3}$  时,  $N_D$ 、 $N_C$ 、 $N_B$  均输出高电位,只有  $VL_3$  亮;当  $U_{R3} < U_1 < U_{R2}$  时,  $VL_3$  灭,  $VL_2$  亮;当  $U_1 > U_{R2}$  时,  $VL_1$  亮。由于一般的测量都是测量某一级别电压在一定变动范围的值,而从实用角度出发该电路就能测量一定范围的区段电压。

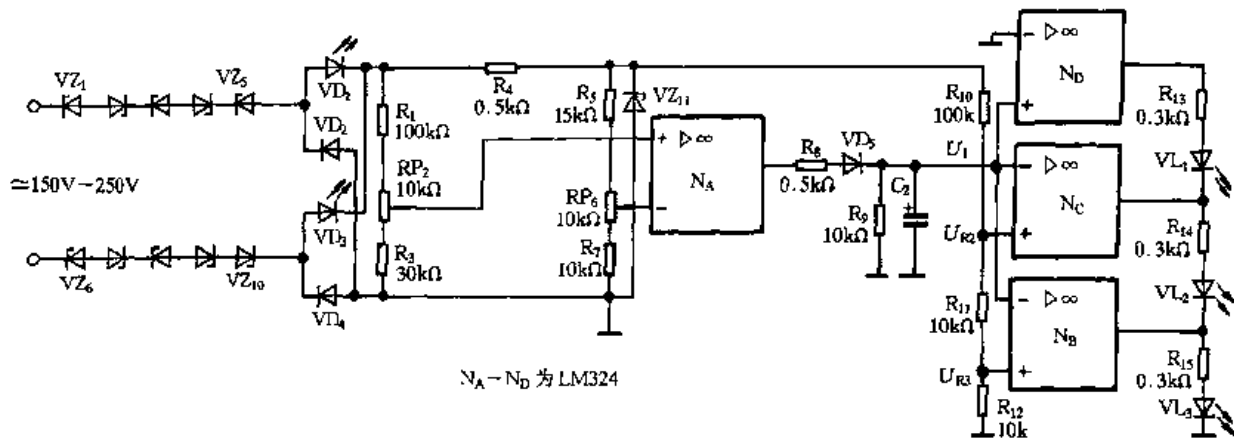


图 2.6.1 带有电压显示的测电笔

### 2. 直流电压状态监视电路

图 2.6.2 所示为直流电压状态监视电路,可对 12V 直流蓄电池的电压状态(正常、偏高、偏低)进行监视。该电路主要由 7400 系列四 2 输入与非门( $D_A$ 、 $D_B$ 、 $D_C$ 、 $D_D$ )组成。

(1) 当蓄电池电压低于 11V 时,  $D_A$ 、 $D_B$  输出都为高电平,于是  $D_C$ 、 $D_D$  输出为低电平,  $VL$  持续发光,提示蓄电池使用已久,需要进行充电。

(2) 当蓄电池电压介于 11~15V 时,  $D_A$  输出为高电平,  $D_B$  输出为低电平,于是  $D_C$ 、 $D_D$  输出为高电平,  $VL$  不发光,表明蓄电池电压正常。

(3) 当蓄电池电压高于 15V 时,  $D_A$ 、 $D_B$  的输入电压都高于与非门的开门电平,于是  $D_A$  与  $D_B$  构成一多谐振荡器,  $VL$  以约 1Hz 的频率闪烁,提示充电已达饱和。电容器 C 可调整  $VL$  的闪烁频率。

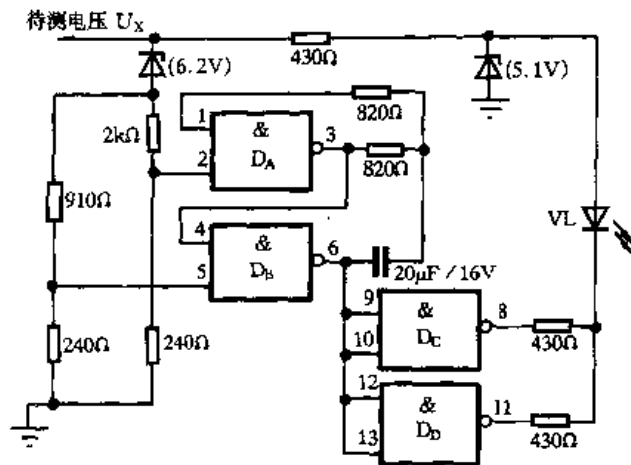


图 2.6.2 直流电压状态监视电路

### 3. 高返回系数的直流电压监视电路

目前,在变电站直流系统中,监视直流工作电压的继电器仍广泛采用电磁型欠压、过压继电器。但电磁型继电器返回系数不高,当继电器动作后工作电压恢复到正常范围时,继电器不

能返回。在对继电器进行整定和返回调整时很难得到满意的效果。为此,可采用图 2.6.3 所示高返回系数的电压监视电路,当直流电压偏离整定范围(电压过高或过低)时,该监视电路能及时动作,发出声光信号。调整整定值和返回值非常方便,而且工作稳定可靠。

#### (1) 比较判别电路

比较判别电路由四运放放大器  $N$ (LM324)中的两个( $N_A$ 、 $N_B$ )进行组合而组成。

① 电压过高比较( $N_A$ ):设基准电压为  $U_R$ ,输入电压为  $U_{11}$ ,输出电平为  $U_{01}$ 。由于某种原因  $U_+$  减小、 $U_{11}$  下降,当  $U_{11} \leq U_R$  时,运放  $N_A$  输出端  $U_{01}$  为低电平,继电器  $K$  不能吸合。只有当  $U_{11} > U_R$  时,输出端  $U_{01}$  才为高电平,使继电器  $K$  得电吸合,完成过电压监视功能。

② 电压过低比较( $N_B$ ):设输入电压为  $U_{12}$ ,输出电平为  $U_{02}$ 。输入电压过高时, $U_{12}$  上升。当  $U_{12} \geq U_R$  时,运放  $N_B$  输出端  $U_{02}$  为低电平,继电器  $K$  不能吸合。只有当输入电压  $U_+$  减小, $U_{12}$  也随之下落,当  $U_{12} < U_R$  时,运放  $N_B$  输出端  $U_{02}$  为高电平,继电器  $K$  才能得电吸合,完成欠电压监视功能。

#### (2) 电压检测取样电路

由  $R_3$ 、 $RP_2$ 、 $R_4$  组成过电压检测取样电路,通过调节  $RP_2$  来整定过电压整定范围和整定值。由  $R_1$ 、 $RP_1$ 、 $R_2$  组成欠电压检测取样电路,通过调节  $RP_1$  来整定欠电压整定范围和整定值。 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  是用来保证送入到比较判别电路的电平信号为一稳定的直流电压信号,同时滤除一些杂散的高频干扰信号。

#### (3) 基准电压和返回系数调整的设置

基准电压的设置采用了两个 2DW7C 带温度补偿的稳压二极管  $VZ_2$ 、 $VZ_2$  串联获得。 $N_A$ 、 $N_B$  对电压过高和电压过低的响应是通过调节  $RP_3$  和  $RP_4$  来实现的。

#### (4) 稳定电源的设置

电源经  $R_5$ 、 $R_7$  降压后,经  $VZ_4 \sim VZ_7$  串联稳压,提供 22V ~ 24V 稳定的直流电压,供给运算放大器、三极管及继电器作电源。此电路保证在直流降至 140V 时能可靠地稳压;升至 280V 时不会损坏。这里指的是母线电压为 220V 时的情况。根据不同的需要,改变  $R_5$  的阻值,可以用于 110V 和 48V 等电源。

该电路也可用于其它对电压要求比较高的设备作电压监视。如果在前端加设变压器,经整流后同样适用于做交流电压监视。

### 4. 失压、欠压信号共同控制的高返回系数直流电压监视继电器电路

电路如图 2.6.4 所示。直流输入电压经电阻  $R_1$ 、稳压管  $VZ_1$ 、 $VZ_2$  稳压后,供集成电路比较器  $N_1$ 、 $N_2$  及控制回路使用。比较器的基准电压由一带温度补偿的稳压管  $VZ_3$  提供。 $N_1$ 、 $N_2$  的输入端分别接有独立的可调分压取样电路,从而组成一个电压比较窗口。 $N_1$ 、 $N_2$  输出端接有由  $VD_1$ 、 $VD_2$  组成的“或”门电路。为防止直流系统电压的瞬时波动而造成继电器频繁动作,电路设置了由  $N_3$ 、 $R_4 \sim R_6$ 、 $C_1$  及  $VD_3$  组成的延时电路和放电电路。 $VD_3$  是为减小放电时间常数而设置的。延时时间通过改变  $N_3$  的基准电位( $R_7$ 、 $R_8$  的分压比)进行整定。实践证明:延时时间调节在 1 ~ 3s 范围内已满足要求。

延时输出信号经由运放  $N_4$  组成的缓冲放大器后输出,使执行元件晶体管  $VT$  由原来饱和导通变为截止,从而使出口继电器  $K$  失电返回,达到失压、欠压、过压均有报警功能。

### 5. 失压、欠压信号分开控制的高返回系数直流电压监视继电器电路

把失压、欠压信号与过压信号分开,分别驱动两只出口继电器,从而可把该继电器的单一报警功能扩展到自动控制功能。其电路如图 2.6.5 所示,如将其用于直流系统的蓄电池组的

浮充电中,则可以根据直流电压的变化情况自动对蓄电池组进行充电和停止充电,其用途就更广泛了。

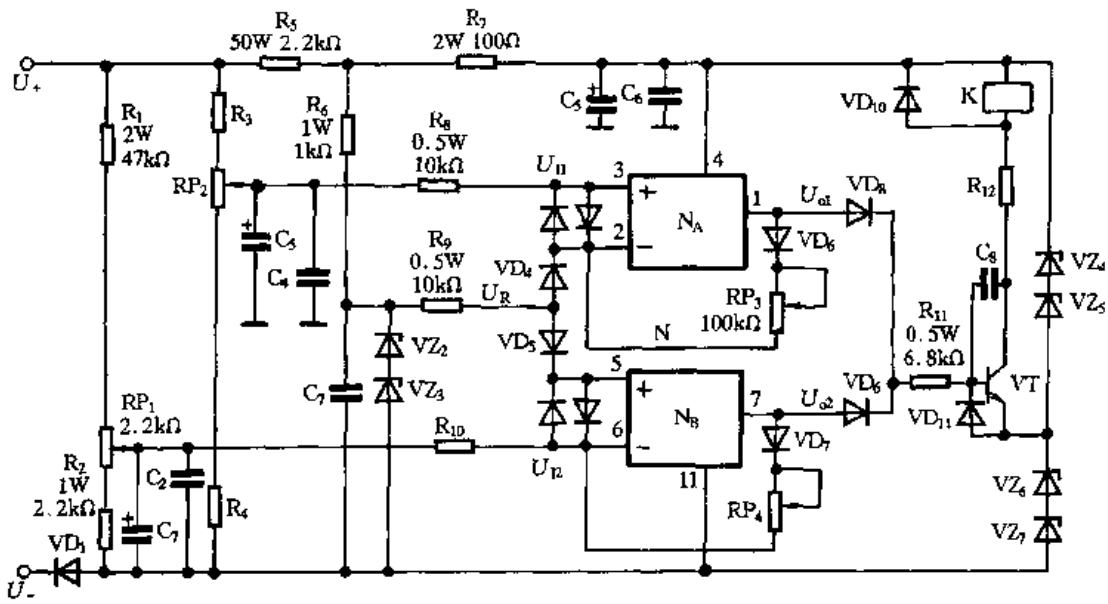


图 2.6.3 高返回系数的直流电压监视器电路

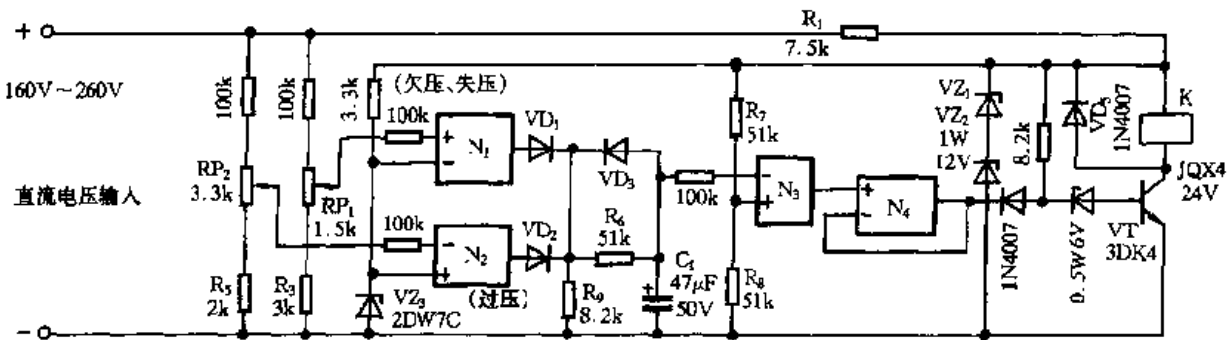


图 2.6.4 失压、欠压信号共同控制的高返回系数直流电压监视继电器电路

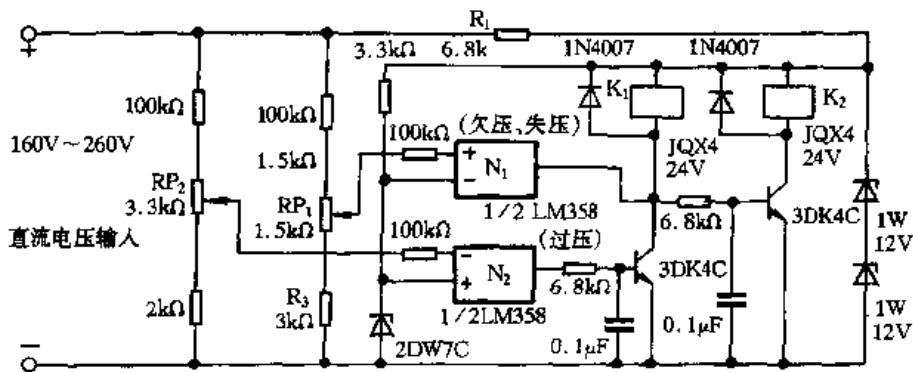


图 2.6.5 失压、欠压信号分开控制的高返回系数直流电压监视电路

## 6. 电缆通断状态指示电路

一些已经架设或铺好的多芯电缆线,架设或铺设的两端距离一般较长,用万用表无法测量电缆线的通断状态。采用图 2.6.6 所示的电缆通断状态指示电路,可以很容易地对电缆通断

状态进行分辨指示。

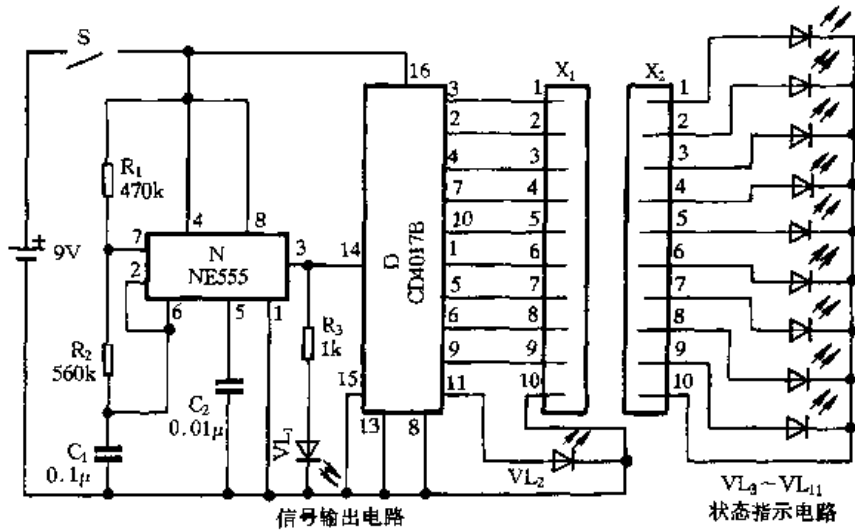


图 2.6.6 电缆通断状态指示电路

该电路由信号输出电路和状态指示电路组成,它们分别接在被测电缆芯线的两端。时基电路 N(NE555)组成多谐振荡器,振荡器的频率由  $R_1$ 、 $R_2$  及  $C_1$  决定,输出方波信号。该方波信号送至十进制计数/译码器 D(CD4017)的⑭脚,作为 D 的计数时钟脉冲。随着时钟脉冲的不断输入,D 的 10 个输出端会依次出现高电平。将 D 的前 9 个输出端和电源地与一个 10 芯插座相连。这样就构成了电缆通断指示电路的输入电路部分。状态指示电路由 9 只发光二极管  $VL_3 \sim VL_{11}$  组成,将  $VL_3 \sim VL_{11}$  的正端分别与 10 芯插座  $X_2$  的 1~9 脚相连,将  $VL_3 \sim VL_{11}$  的负端相互连接起来并与  $X_2$  的 10 脚相连。

在对电缆线通断状态进行测量时,将电缆线一端的 10 根芯线分别与信号输入电路部分的插座  $X_1$  相连,而将电缆线另一端的 10 根芯线分别与状态指示电路部分的插座  $X_2$  相连。这样,只要合上电源开关 S,电路就可以进行工作了。 $VL_1$  亮,说明多谐振荡器工作正常; $VL_2$  亮,说明十进制计数电路工作正常; $VL_3 \sim VL_{11}$  顺序点亮,说明 10 根电缆芯线均处于连通状态。如果出现某只发光二极管不亮,则说明与之相连的芯线存在断路故障。如果  $VL_1$ 、 $VL_2$  亮,而  $VL_3 \sim VL_{11}$  均熄灭,则说明第 10 根芯线(与  $VL_3 \sim VL_{11}$  之负端相连)处于断开状态。

该电路能测量的电缆线芯数量最多只能为 10 根,如果要测量更多的芯数的电缆,要对电路进行相应地扩充。

### 7. 简易可调的高压发生器电路

图 2.6.7 所示为由逆导晶闸管(RCT)组成的小型高压发生器电路,可用于高压器件的耐压试验、高压线圈绝缘性能试验、成品电子管的老练试验等,还可作为各类示波管及核辐射探测器的高压电源,也可作为空气负离子发生器、电子保鲜器及小型静电除尘器、静电分离设备等的高压直流电源。

接通电源,220V 交流电压经变压、桥式整流、电容滤波和稳压后得到两路直流电压,分别作为逆变主电路的振荡电路和保护电路的供电电源。由集成脉宽调制器 TL494 组成的脉冲振荡器产生 4.5kHz 的触发脉冲,经限流电阻  $R_4$  加至逆导晶闸管  $VS_1$  控制端 G,改变电位器  $RP_2$  的阻值,可调整输出脉冲的占空比,电路振荡频率  $f$  由  $R_6$ 、 $C_9$  决定。当  $VS_1$  的 G 端的触发脉冲未到来时, $VS_1$  不导通,电源通过恒流电感 L 对电容  $C_3$  充电(将电能储存在  $C_3$  中);触发脉冲到

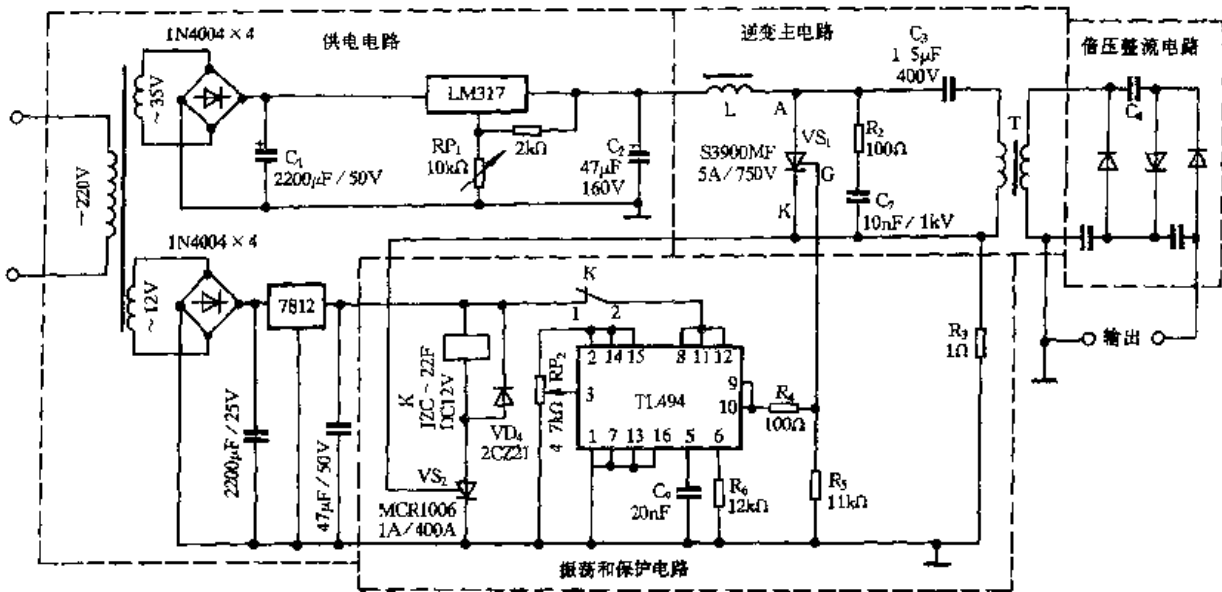


图 2.6.7 简易可调高压发生器电路

来后,  $VS_1$  被触发导通,  $C_3$  上电荷通过  $VS_1$  阳、阴极对高频变压器  $T$  的一次侧绕组放电, 由于  $C_3$ 、 $T$  的一次侧绕组组成欠阻尼振荡电路, 在  $VS_1$  导通期间可使  $C_3$  反充电, 反冲电荷经由  $VS_1$  内部反并二极管放电, 放电电流使  $VS_1$  两端呈负压而关断, 完成一个周期的正弦振荡。  $T$  的一次侧两端断续正弦电压经  $T$  升压, 经倍压整流后输出高压提供给负载使用。调整  $RP_1$  的阻值, 该电源可输出连续可调的高压。  $R_2$ 、 $C_7$  组成尖峰吸收回路, 保护  $VS_1$ 。  $R_3$ 、 $VD_4$ 、晶闸管  $VS_2$ 、继电器  $K$  等组成的电源过流保护电路。电源正常工作时,  $VS_2$  呈截止状态, 当高压发生器输出端由于某种原因出现放电成倍压整流电路的电容、二极管损坏导致过流现象时,  $T$  的一次侧绕组将瞬间流过极大电流,  $R_3$  上的电压降升高,  $VS_2$  的控制极获得足够触发电压而导通,  $K$  得电吸合, 其常闭触点(1-2)断开, 触发脉冲停止, 电源输出高压降为零, 从而保护了整个电路。发生器正常工作时  $VS_1$  控制极、阳极电压波形分别见图 2.6.8(a)(b)。

### 8. 电火花测试仪电路

在进行天然气管道安装过程中, 要对钢管进行防腐处理。通常, 对钢管的外部先均匀地涂上环氧煤泥青绝缘涂料, 再用玻璃纤维布多层包扎钢管, 然后用环氧煤泥青涂于玻璃纤维布上, 要求防腐绝缘涂料能承受 3kV 的直流高压, 而不出现放电火花现象。图 2.6.9 所示的电火花测试仪电路, 可用于检测天然气管道外部的防腐材料的绝缘程度。当防腐材料绝缘程度差时, 它会即刻发出声光报警信号。

集成电路  $N_1$  ( $\mu A555$ )、电阻  $R_1$  和  $R_2$ 、电容  $C_1$  组成多谐振荡器。  $T$  为升压输出变压器。比较器  $N_{2A}$ 、二极管  $VD_3$ 、电位器  $RP_2$ 、 $R_3$ 、稳压二极管  $VZ$  组成电压检测电路, 用于检测直流高压端与地之间的放电。

当被测钢管外层防腐涂料的绝缘性能较好时, 检测探头与被检钢管之间不存在放电火花,  $T$  输出端①脚电压保持不变。这时①脚上的电压信号经  $VD_3$  整流后, 由  $RP_2$  中心端直接加到  $N_{2A}$  同相输入端③脚, 且③脚电压高于反相输入端②脚电压, 随之①脚输出高电平, 使  $N_{2B}$  的⑦

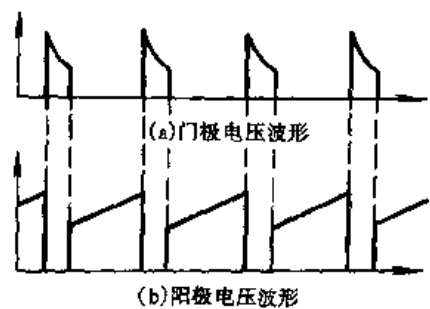


图 2.6.8 逆导晶闸管  $VS_1$  的门极电压和阳极电压波形



脚也输出高电平,使晶体管  $VT_2$  正偏导通,从而使  $N_3$  等元件组成的音频振荡器停振,扬声器  $HA$  及显示二极管  $VL_2$  不发出报警信号。

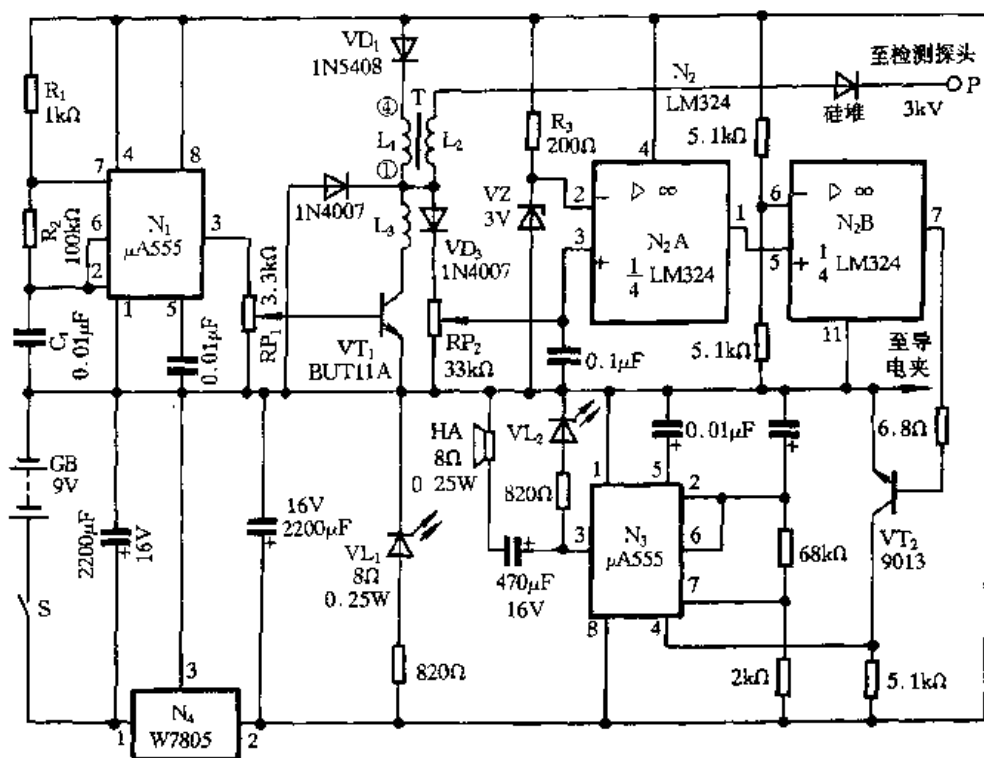


图 2.6.9 电火花测试仪电路

当检测探头上的铜丝与钢管之间产生放电时,使  $T$  的①脚电压降低,  $N_{2A}$  的③脚电压也随着降低。此时,  $N_{2A}$  的③脚电压低于②脚电压,其①脚由高电平跳变到低电平,  $N_{2B}$  的⑦脚为低电平,  $VT_2$  反偏截止,从而使  $N_3$  处于振荡状态,  $HA$  发出声音,且  $VL_2$  发光指示。

电感  $L_3$  自制,可用  $\Phi 0.35\text{mm}$  的漆包线在圆形铅笔杆上密绕 12 匝,然后取出线圈,将其线圈拉成圈间距为  $1\text{mm}$  即成。  $T$  可采用  $36 \sim 43\text{cm}$  ( $14 \sim 17$  英寸)黑白电视机的行输出变压器,如 BSH3505 型一体化行输出变压器。高压检测探头如图 2.6.10 所示。

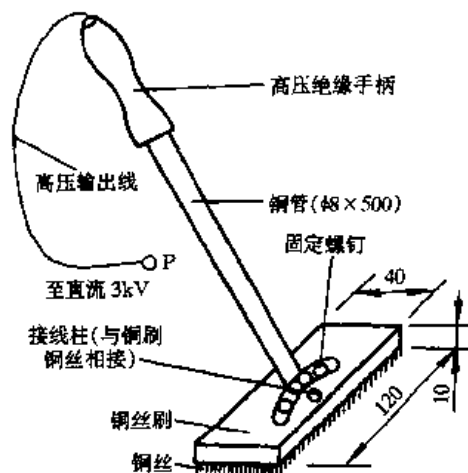


图 2.6.10 电火花测试仪高压检测探头示意图

## 二、报警电路

### 1. 集成电路停电报警电路

电网突然停电会给许多用电场合带来不少麻烦,有时白天停电人们不知道,结果可能会造成许多不可挽回的损失。

电路如图 2.6.11 所示。平时开关  $S$  闭合,  $L$ 、 $N$  端接  $220\text{V}$  交流电。 $220\text{V}$  交流电经  $VD$  整流、 $C_1$  滤波,输出约  $300\text{V}$  直流电,一路经  $R_2$  使指示灯  $VL_2$  点亮发光,另一路经  $R_4$  注入光电耦合器  $N_2$  ( $4\text{N}25$ ) 的①脚,使  $N_2$  内的发光二极管点亮,  $N_2$  内的光敏三极管导通,其⑤脚即  $VT_2$  的基极呈低电平,  $VT_2$  截止,  $N_1$  失电不工作,  $HA$  无声。当市电停电时,  $C_1$  两端  $300\text{V}$  直流电压消失,有电指示灯  $VL_2$  熄灭,同时  $N_2$  内的发光二极管也随之熄灭。  $N_2$  内的光敏三极管截止,  $N_2$

的⑤脚即  $VT_2$  基极呈高电平,  $VT_2$  导通,  $N_1$  得电工作, HA 就发出“嘀-嘀-”报警声, 同时停电指示灯  $VL_1$  也发出与声音同步的闪光。有关人员闻讯后可采取相应的措施。拉开开关 S 可使报警声停止。当电网恢复供电时,  $VT_2$  发光指示, 此时可重新合上 S。此电路处于静止状态时,  $VT_1$ 、 $VT_2$  均处于截止态, 由于硅管的穿透电流极少, 因此静态时电池 GB 耗电极微, 可以忽略不计。

$N_1$  为 KD-153“叮咚”音乐门铃芯片, 该芯片原设计外接振荡电阻  $R_1$  应为 330k $\Omega$ , 该电路将它改为 56 k $\Omega$ , 因此其工作时由原来的“叮咚”声就变成了急促的“嘀-嘀-”声, 用于报警声响十分适宜。

## 2.“有电危险”语言告警器电路

在工厂高压有电区域, 如变电所门口常常挂警告牌来提醒行人, 而当行人不注意或夜晚灯光微弱时往往会误入该危险区域。采用新颖语言集成电路做成一红外控制告警器安装在变电所门口, 当有人走近时, 喇叭会自动发出“有电危险、请勿靠近”声音, 提醒人们注意, 其电路如图 2.6.12 和图 2.6.13 所示。

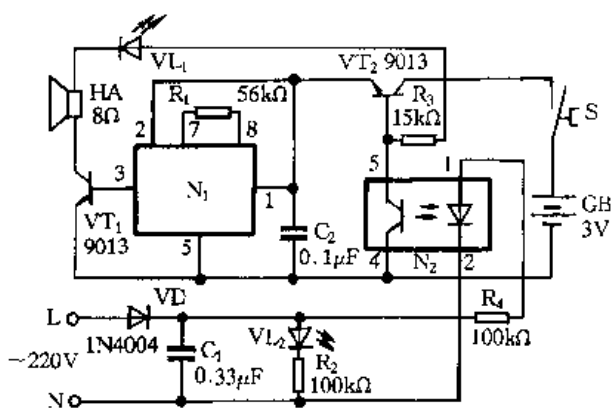


图 2.6.11 采用集成电路的停电报警电路

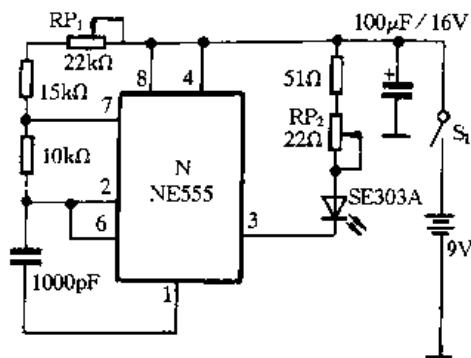


图 2.6.12 “有电危险”语言告警器发射机电路

### (1) 发射机(见图 2.6.12)

发射机为由 N(NE555)组成的多谐振荡器。合上开关  $S_1$ , N 得电工作, 产生约 40kHz 的振荡信号, 由 N 的③脚输出, 使红外发射管向外发射红外脉冲信号, 调节电阻  $RP_1$  可改变振荡频率, 调节电位器  $RP_2$  可改变发射信号强度。

### (2) 接收机(见图 2.6.13)

使用红外专用前置放大集成电路  $N_1$ ( $\mu$ PC1373), 其接收的中心频率为 40kHz, 由外接的 5mH 电感和 3300pF 电容回路决定。当  $N_1$  接收到 40kHz 调制光时, 其①脚输出低电平, 晶体管 VT 截止; 当有人挡住光线时, ①脚输出高电平, VT 饱和导通, 使语言告警集成电路  $N_2$  的③脚为低电平。③脚为触发端, 低电平有效, 触发一次, 就使  $N_2$  的④脚输出 3 次语言信号, 再经集成电路  $N_3$ (LM386) 放大后推动扬声器发出“有电危险、请勿靠近”三次响声。

## 3. 会喊“抓贼呀”的触摸式防盗报警器电路

电路如图 2.6.14 所示, 采用触摸触发方式, 可供家庭在夜晚作防盗使用。

$N_1$ (TIL113)为复合三极管光电耦合器, 其中的发光管经外接的电阻  $R_1$  串接在  $N_1$  中复合三极管的发射极回路中, 整个  $N_1$  组成了一个特殊的射极输出器电路, 用作该电路的触摸及自锁控制。  $N_2$ (LQ-46)为“四合一语音”电路, 其中固化有“嘀嘟-转弯”、“嘀嘟-倒车”、“开动脑筋”、“抓贼呀”等四种可分别触发工作的语音段。该电路接成了可触发“抓贼呀”的语音报警

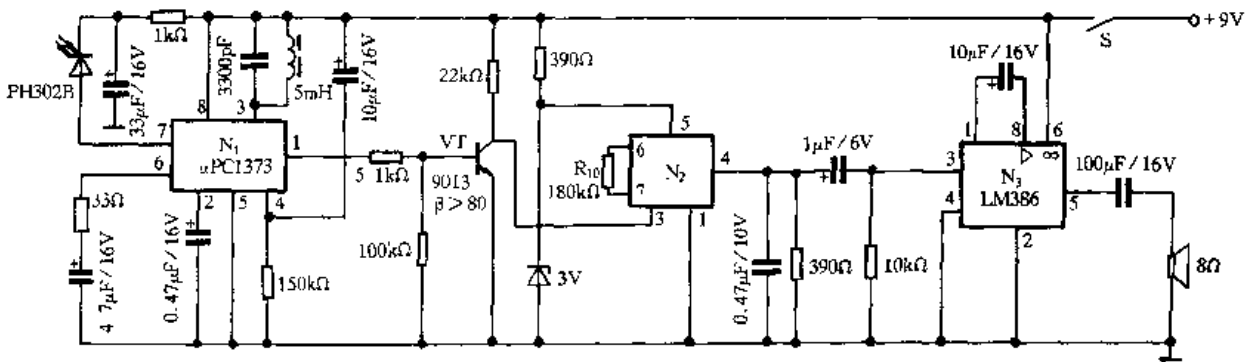


图 2.6.13 “有电危险”语音告警器接收机电路

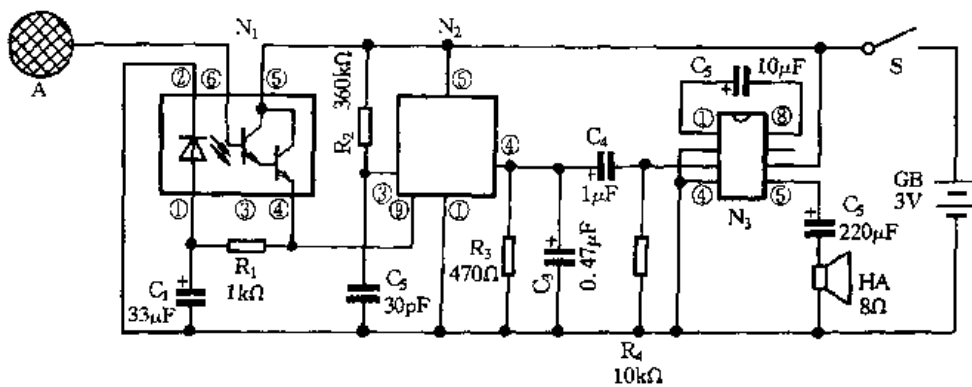


图 2.6.14 触摸式防盗报警器电路

声的输出方式。该语音段的触发端(⑨脚)接至  $N_1$  中复合三极管的发射极,这样,只要  $N_1$  中复合三极管饱和导通时, $N_2$  的⑨脚就会变为高电位, $N_2$  中固化的“抓贼呀”的语音段就会被读出,所输出的语音信号经  $N_3$  进行小功率放大后,推动扬声器 HA 发声。电路加电后,未触摸电极 A 时, $N_1$  中的复合三极管截止,其发射极为近似 0V 的低电位,使  $N_2$  的⑨脚触发端为低电位, $N_2$  不被触发,无语音信号输出,整个电路处于静止的警戒工作状态。由于  $N_1$  中的复合三极管具有较高的放大倍数( $\beta \geq 5000$ ),因此,当有人触摸 A 时,由人体感应的杂散电磁信号加在该复合三极管的基极使其流过微小的电流而引起该三极管导通,从而导致其串接在发射极回路中的发光管被点亮,而该发光管的点亮又维持和加强了光电式复合三极管的导通,由此形成了正反馈连锁反应,最终使复合三极管保持在深度饱和的状态,电路完成触摸后的自锁功能。此时,由于复合三极管保持在深度饱和,其发射极电位升为接近电源电压的高电位,也使  $N_2$  的⑨脚为高电位, $N_2$  被触发,输出“抓贼呀”的语音信号,经  $N_3$  放大后推动扬声器发出语音报警,电路完成由触摸触发语音报警的功能。由于电路一经触发就会完成自锁,因此,即使停止触摸 A,电路仍将保持报警状态,若需要报警状态停止时,必须关断一下电源开关 S,使电路回到初始加电的静止工作状态。再次触摸 A 时电路将重复上述工作过程。 $C_1$  的作用是为了避免电路在加电瞬间,因  $N_1$  中复合三极管所存在的冲击电流使串接在其发射极回路中的发光管发光,引起不良正反馈连锁反应,使复合三极管提前饱和导通,造成电路一加电就处于报警工作状态。

在使用时,将该报警器的触摸电极引线 with 房间门上的金属拉手或碰锁相连,然后,开启报警器电源开关,该报警器就开始处于警戒状态,当有盗贼企图在主人熟睡后偷开房门潜入房间行窃时,只要碰触门上的金属拉手或碰锁,该电路就会被触发并立即被锁定在报警工作状态,

连续发出“抓贼呀”的语音报警信号,直至主人关闭电源,语音报警才会消失,这样,既可以及时向主人报警,又可以警告盗贼,使其不敢轻举妄动,能有效地防止在主人熟睡后财物被盗。

#### 4. 柴油机机油和冷却水的压力、温度报警电路

电路如图 2.6.15 所示,利用电接点式压力计和电接点式温度计作传感元件,由继电器、指示灯及警铃组成声光报警电路。

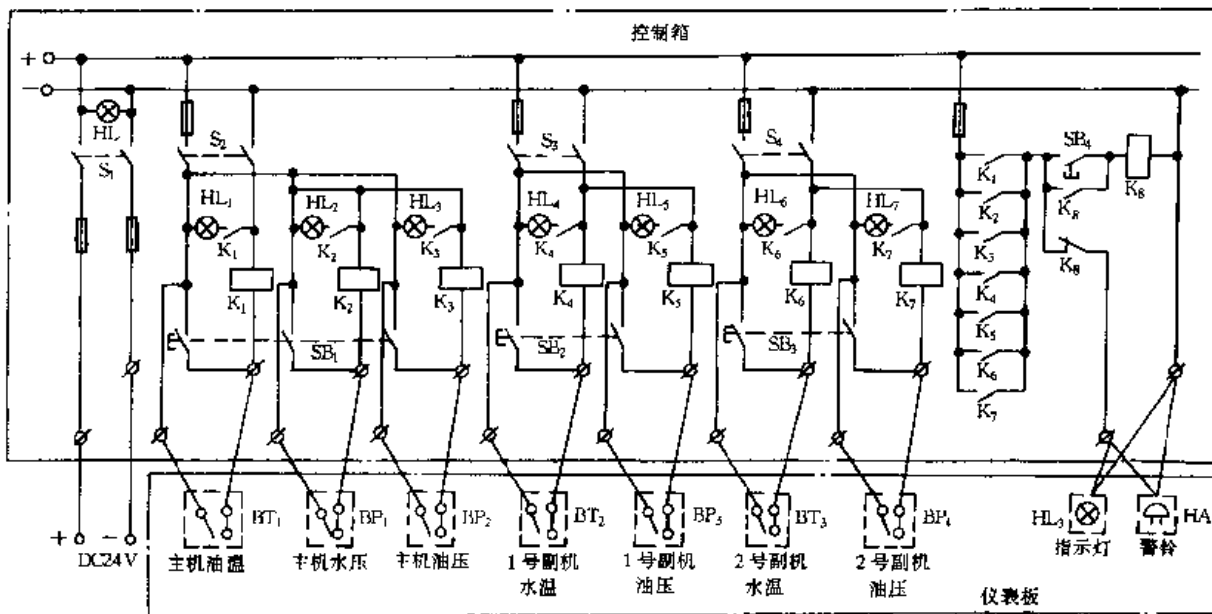


图 2.6.15 柴油机机油和冷却水压力、温度报警电路

合上电源开关  $S_1$ , 电源指示灯 HL 亮, 表示报警控制箱电源已接通, 再同时闭合开关  $S_2 \sim S_4$ , 为主副柴油机进行各种自动报警作好准备。当主副柴油机机油温度、压力、冷却水压和水温正常时, 各相应的压力、温度传感器 BP、BT 的动触点都不会和已整定的上下触点闭合, 继电器  $K_1 \sim K_7$  均不会得电吸合, 报警系统灯熄灭。

当主机机油温度高于整定值上限或低于整定值下限时, 电接点压力式温度计  $BT_1$  的动触点与其整定的上限触点或整定的下限触点闭合, 使  $K_1$  得电吸合, 其两对常开触点闭合, 指示灯  $HL_1$  和  $HL_8$  同时亮, 警铃 HA 发出音响报警, 此时, 值班轮机人员可及时检查, 排除故障。

同理, 当主机冷却水压与机油压力、副机机油压力与冷却水温度低于整定值下限或高于整定值上限时, 则指示灯  $HL_2 \sim HL_8$  相应亮, 警铃发出音响报警。

按钮  $SB_1$  有三对常开触点, 分别并接于主机机油温度、冷却水压和机油压力传感器动静触点接线柱上, 作为对主机机油温度、压力和冷却水压三项报警功能的测试。而按钮  $SB_2$  和  $SB_3$  有两对常开触点, 作为对副机冷却水温、机油压力报警功能的测试。如按下  $SB_1$ ,  $K_1 \sim K_3$  得电吸合,  $HL_1 \sim HL_8$  及  $HL_8$  应同时亮, HA 也发出音响, 表明主机报警系统电路工作正常, 否则应查明原因。

当检修故障时, 如主机机油温度高, 此时  $K_1$  得电吸合,  $HL_1$ 、 $HL_8$  亮, HA 发出音响, 此时, 可按下消音按钮  $SB_4$ , 消除警铃连续发响的噪声, 而  $HL_1$  仍处亮状态, 直至故障消除才熄灭。

$BT_1 \sim BT_3$  为电接点压力式温度计, 选用 WTZ - 288 型、量程为  $0 \sim 100^\circ\text{C}$ ;  $BP_1 \sim BP_4$  为电接点式压力计, 选用 YTX - 150 型、量程为  $0 \sim 0.6\text{MPa}$ 。

## 第七节 灯光控制电路

### 一、照明灯控制电路

#### 1. 声、光、触摸三控自动灯电路

图 2.7.1 所示的声、光、触摸三控自动灯电路,在夜间,人走动或发声启动灯亮,延时数分钟后自动熄灭;白天,想使灯亮,可触摸电极片 A,以便于维护检修。

自动灯的控制电路主要由 5 个非门(CD4069)组成,非门  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  组成声、光控制电路; $D_4$  组成触摸控制电路; $D_5$  组成熄灯延时开关。在守候状态,非门  $D_5$  输出低电平“0”,三极管 VT 截止,电灯 EL 不亮。

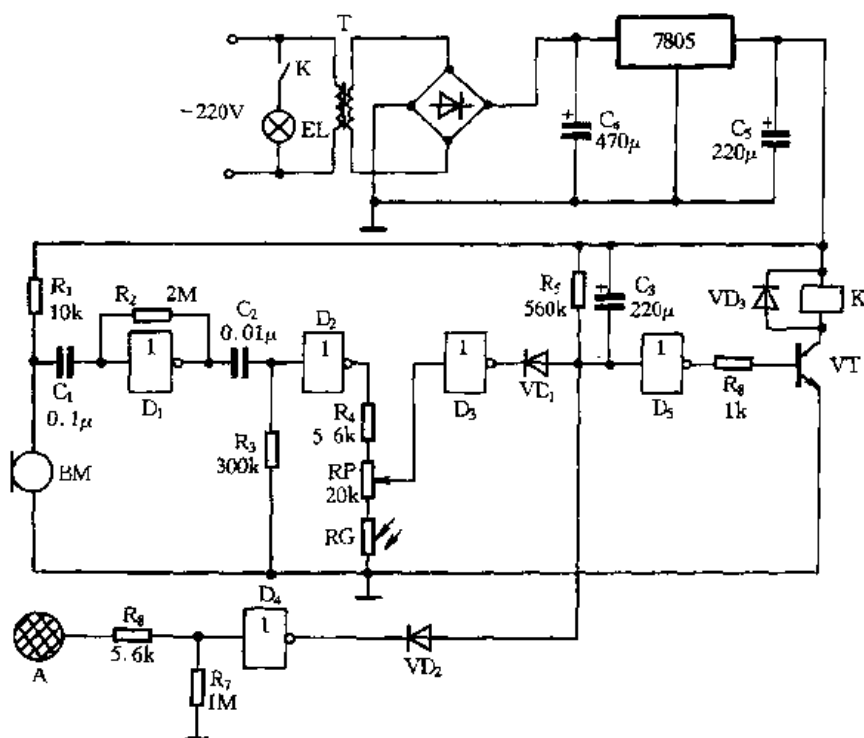


图 2.7.1 声、光、触摸三控自动灯电路

若装灯之处有人走动或发声,话筒 BM 拾取声音信号,经非门  $D_1$  组成的交流线性放大器放大输出,经  $C_2$  耦合加到  $R_3$  的两端,再由  $D_2$  反相。如果音频信号的正半周峰值电平超过了非门的输入阈值电平, $D_2$  输出高电平“1”。

白天,光敏电阻 RG 受光照,阻值很小,调节 RP 的阻值使  $D_3$  输入电压处于  $1/3$  电源电压以下,则其输出为高电平, $VD_1$  截止,因此电路封锁了声音通道,使声音脉冲不能通过,即灯泡的亮灭不受声音控制。

夜间,RG 因无光照射阻值很大,为声音通道开通创造了条件。有声响, $D_2$  输出高电平,则  $D_3$  的输入端也为高电平,其输出为低电平, $VD_1$  导通使  $D_5$  输入端为低电平,输出端则为高电平,VT 饱和导通,继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合,电灯 EL 亮。

触摸电路不管白天、夜间都可控制灯亮。特别是白天,在光控制下,灯始终是熄灭的。要

开灯时,用手触摸一下电极片 A,人体感应的杂波信号由  $R_6$  注入非门  $D_4$  的输入端,使其为高电平“1”,则  $D_4$  的输出端变为低电平“0”, $VD_2$  导通,同样使非门  $D_3$  输出为高电平,VT 饱和导通,继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合,灯 EL 亮。

$D_3$ (或  $D_4$ )输出低电平时, $VD_1$ (或  $VD_2$ )导通瞬间,电容  $C_3$  通过  $VD_1$ (或  $VD_2$ )、 $D_3$ (或  $D_4$ )被迅速充电,即  $D_3$  输入端立即为低电平,输出为高电平,灯亮无延时。当  $D_3$ (或  $D_4$ )输出由低变高(最后同时为低电平)时, $VD_1$ (或  $VD_2$ )截止,但由于  $C_3$  通过  $R_5$  缓慢放电,因此  $D_3$  的输入端维持一段时间的低电平“0”,灯不会马上熄灭,随着  $C_3$  的放电, $D_3$  输入电平不断升高,升至非门阈值电平, $D_3$  发生翻转,输出端变为低电平“0”,VT 截止,灯灭。 $R_3$ 、 $C_3$  的放电时间常数决定了灯灭的延迟时间。

## 2. 台灯控制电路

图 2.7.2 所示台灯控制电路,能在一定时间内提醒人注意休息以保护视力,并且在白天不会工作,可以节能。220V 交流市电经阻容降压、整流及稳压后输出 6V 直流电源。在夜间光敏管  $VT_1$  的阻值很大,使  $VT_2$  导通,时基电路 N(NE555)输出低电平, $VL_1 \sim VL_3$  发光,显示“请休息”字样,该显示可指示台灯位置,使人能在黑暗中找到台灯。按动 SB,时基电路 N 翻转,输出端为高电平,晶闸管 VS 导通,台灯发光、“请休息”字样消失。由于台灯发出的光线较暗,而且又不是直接照射在光敏管  $VT_1$  上,因此电路稳定工作。经半小时(可调)后,台灯便自动熄灭,并又显示“请休息”字样,提醒人们进行休息以保护视力。

将三只发光二极管装在一小块玻璃下,在该板的“请休息”三字下面各装一只发光二极管。应使台灯光线照不到光敏管  $VT_1$  为好。调节电位器 RP 便可改变每次工作时间的长短。

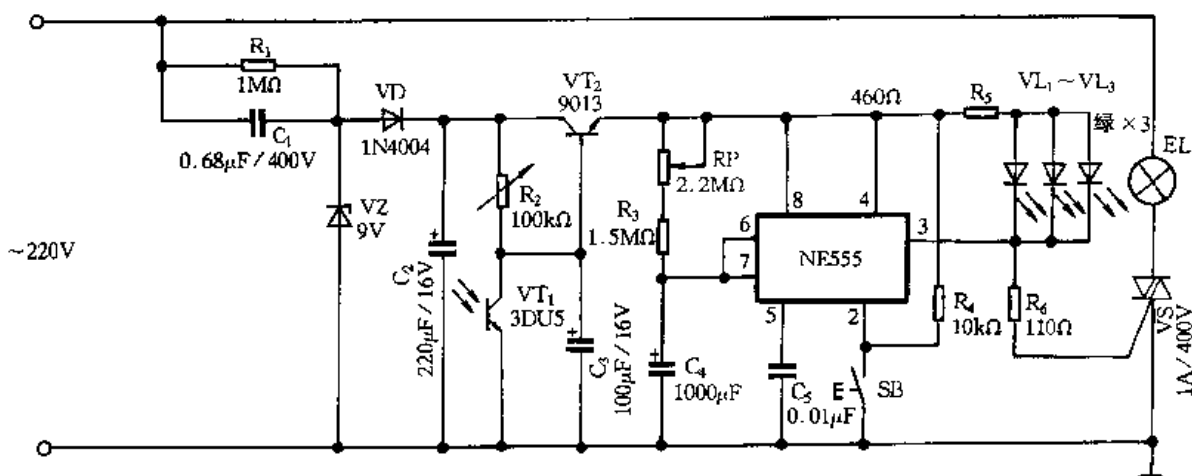


图 2.7.2 台灯控制电路

## 3. 延时熄灭调光开关电路

图 2.7.3 所示为延时熄灭调光开关电路,除具有调光功能外,还能在开关关掉后,延时 2min 才断电,从而为人们的生活提供了方便,如可避免熄灯后,摸黑外出、上床等。这种开关可用作控制台灯、吊灯、吸顶灯及壁灯等。

220V 交流电经  $C_1$ 、 $R_1$  降压, $VD_1 \sim VD_4$  桥式整流, $C_2$  滤波, $VZ$  稳压,得到 12V 直流电供给控制电路工作。N 为集成定时器电路 CC7555。

开灯时,闭合带开关 S 的电位器  $RP_2$ ,S 的触点闭合, $C_3$  上电压很快升高,使 N 的③脚由原来的高电平变为低电平,VT 导通,使继电器 K 吸合,其常开触点闭合,使 VS 导通,灯泡 EL 点

亮。转动  $RP_2$ , 可改变双向晶闸管  $VS$  的导通角, 调节  $EL$  的亮度。熄灯时, 只要转动开关电位器  $RP_2$ , 使  $S$  的触点断开,  $C_3$  上电压并不立即消失, 而是通过  $RP_1$  缓慢放电, 随着  $C_3$  上电压不断降低, 经过一段时间, 当  $C_3$  上电压低于电源电压的  $1/3$  ( $4V$ ) 时,  $N$  的③脚由低电平变为高电平, 继电器  $K$  失电释放, 其常开触点断开,  $EL$  熄灭。调节  $RP_1$  阻值可改变  $EL$  延时熄灭的时间, 可将延时熄灭时间设定在  $2min$ 。即在开关关掉后, 经过  $2min$ ,  $HL$  才熄灭, 为人们的生活提供方便。

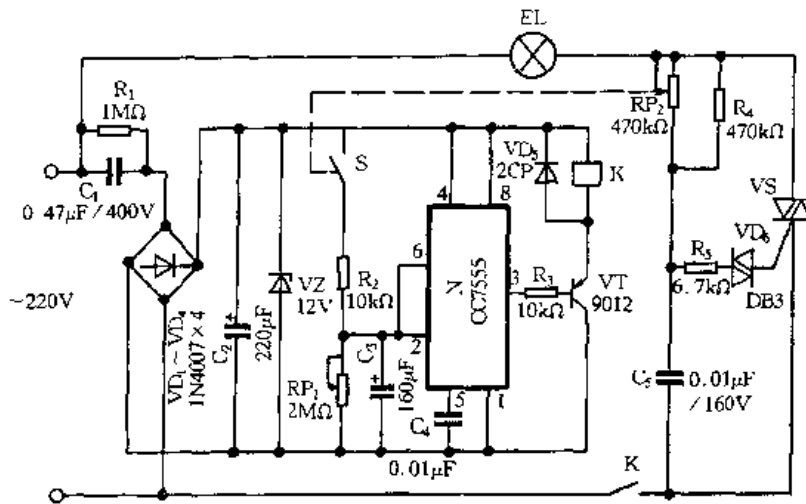


图 2.7.3 延时熄灭调光开关电路

#### 4. 延时节能灯电路

电路如图 2.7.4 所示。按下按钮  $SB$  时, 灯泡  $EL$  点亮, 同时  $EL$  上的  $220V$  交流电压经电容  $C_3$  降压, 二极管  $VD_2$ 、 $VD_3$  整流, 稳压管  $VZ$  稳压, 电容  $C_2$  滤波, 得到  $12V$  直流电压, 经过电阻  $R_4$  给电容  $C_1$  充电, 但  $C_1$  上的电压不能突变, 因此, 充电开始时刻  $C_1$  上的电压为零, 即  $M$  点电压为  $12V$ , 该电压使  $VT_2$ 、 $VT_3$  构成的复合管饱和导通, 于是  $VT_1$  饱和导通, 双向晶闸管  $VS$  也导通, 实现  $SB$  的自锁, 因此松开  $SB$  后,  $EL$  仍然继续发光。随着  $C_1$  上充电电压的增加,  $M$  点电位下降, 当降低到低于  $1.4V$  ( $2 \times 0.7V$ ) 时,  $VT_2$ 、 $VT_3$  截止, 使  $VT_1$  截止, 于是  $VS$  也截止,  $EL$  熄灭。延时时间由  $R_4$ 、 $C_1$  决定。按图中数据, 延时时间大约为  $20s$  左右。  $EL$  熄灭后,  $C_1$ 、 $C_2$  上的电荷快速放掉 ( $C_1$  的放电途径是电阻  $R_5$  和二极管  $VD_1$ ,  $C_2$  的放电途径是  $R_5$ ), 为下一次开灯作好准备。用  $VT_2$ 、 $VT_3$  构成复合管作电子开关, 是为了提高输入电阻, 以便使延时量得到保证。该电路有两个优点: ①  $EL$  熄灭后, 整个电路完全失电, 对节能有利; ②  $SB$  自锁采用的是无触点的双向晶闸管, 取代了用继电器接点实现电源自锁的传统作法。

#### 5. 白炽灯软启动电路

电路如图 2.7.5 所示, 在电源开关闭合后的最初几秒内, 虽然  $EL$  灯丝电阻很小, 但  $EL$  处于半波导通的工作状态, 因此电流不可能太大, 几秒后, 灯丝电阻经过预热已经增大, 再转入  $220V$  交流市电的全波驱动工作状态, 这就有效地避免了对  $EL$  的大电流冲击, 使灯泡寿命大大延长。

合上电源开关  $S$ ,  $220V$  交流电经电容降压, 稳压管稳压, 二极管整流、电容滤波后给  $N$  ( $CW9300$ ) 提供  $3V$  直流工作电源。合上  $S$  瞬间,  $3V$  电源电压通过电容  $C_3$  和电阻  $R_4$  组成的微分电路, 给  $N$  的②脚送去一个正脉冲, 触发  $N$  开始播送音乐信号, 从  $N$  的③脚输出的音频信号, 经过电容  $C_4$  平滑以后, 使由晶体管  $VT_1$  和  $VT_2$  组成的复合管电子开关进入饱和导通状态,

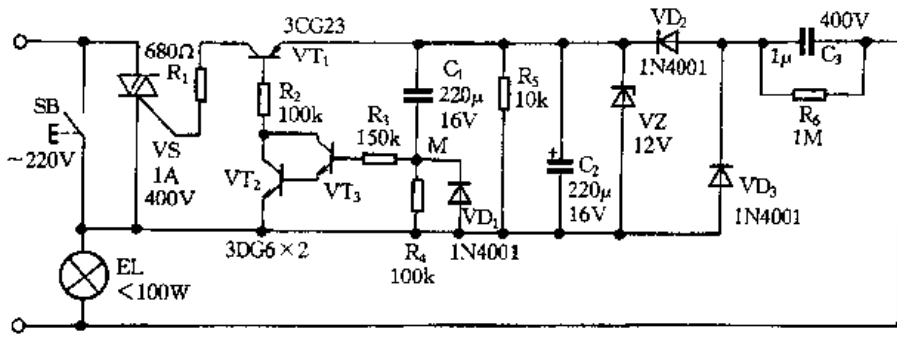


图 2.7.4 延时节能灯电路

使晶闸管 VS 的控制极接地, VS 截止, 因此灯泡 EL 只能通过二极管 VD<sub>1</sub> 处于 220V 交流电的半波工作状态, 给 EL 预热, 使灯丝阻值提高。由于 N 的振荡电阻 R<sub>5</sub> 的阻值较小, 因此 N 的③脚输出音频信号只能持续几秒时间, 几秒钟后, ③脚没有信号了, 上述复合管电子开关进入截止状态, VS 导通, 于是 EL 转入 220V 交流电的全波工作状态。断开开关 S, EL 熄灭后, C<sub>3</sub> 和 C<sub>2</sub> 快速放电(C<sub>3</sub> 经过电阻 R<sub>4</sub> 和 R<sub>3</sub> 放电, C<sub>2</sub> 经过 R<sub>3</sub> 放电), 为下一次开灯作好准备。

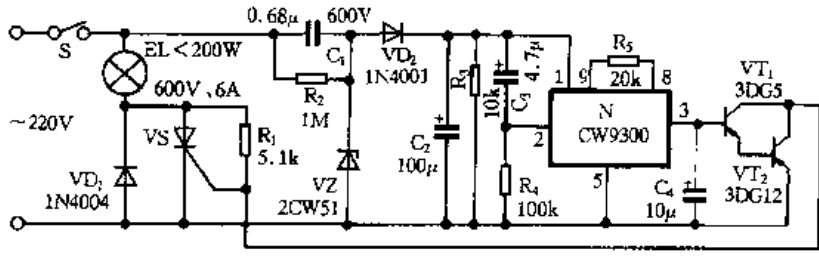


图 2.7.5 白炽灯软启动电路

### 6. 日光灯自动调光电路

图 2.7.6 所示的日光灯自动调光电路, 当环境光线强时, 日光灯光线会变暗; 当环境光线暗时, 日光灯光线会变强。这种调光电路能使日光灯白天少用电, 可应用在学校教室、工厂的车间等用日光灯照明的地方。

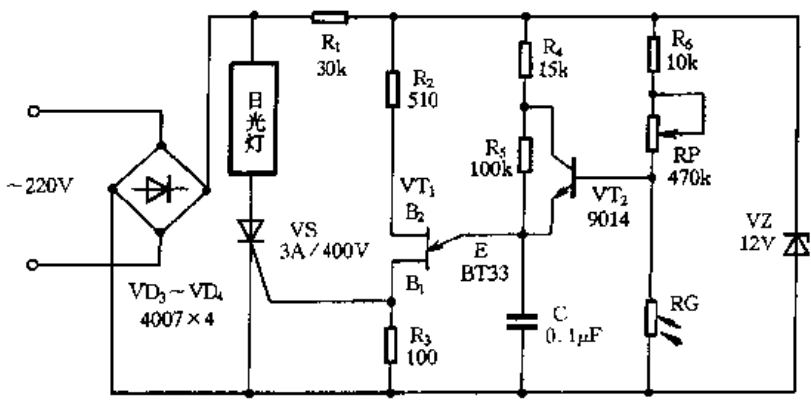


图 2.7.6 日光灯自动调光电路

220V 交流电经二极管 VD<sub>1</sub> ~ VD<sub>4</sub> 桥式整流变成脉动直流电压, 然后分成两路, 一路经 R<sub>1</sub>, VZ 稳压后变为稳定的 12V 脉冲电压供给双基极二极管 VT<sub>1</sub>、晶体管 VT<sub>2</sub>; 另一路供给电子镇流器(电子镇流器内部的桥式整流电路改做隔离电路, 避免弛张振荡器电路受到电子镇流器电压



的影响)。双基极二极管  $VT_1$ 、电阻  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  和电容  $C$  组成弛张振荡器,起振后,由  $R_3$  输出尖脉冲去触发晶闸管  $VS$ 。三极管  $VT_2$ ,电阻  $R_5$ 、 $R_6$ 、 $R_G$  和  $RP$  组成振荡频率自动控制电路。当环境光线强时,光敏电阻  $R_G$  阻值变小,使流入三极管  $VT_2$  的基极电流变小, $VT_2$  的集-射结电阻变大,振荡器振荡频率变低, $VS$  的导通角度大,日光灯电压变低,光线变暗。反之,光线变强。

### 7. 触摸感应调光控制电路

电路如图 2.7.7 所示,整个控制电路与灯泡串联,调整晶闸管  $VS$  的导通角,就可控制灯泡两端的平均电压。 $VS$  导通时,其两端降压很小,交流电不可能给控制电路供电,只有  $VS$  不导通时,才可能给控制电路供电。 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $VD_1$ 、 $VZ$ 、 $VT_1$ 、 $C_1$  组成直流供电电路。

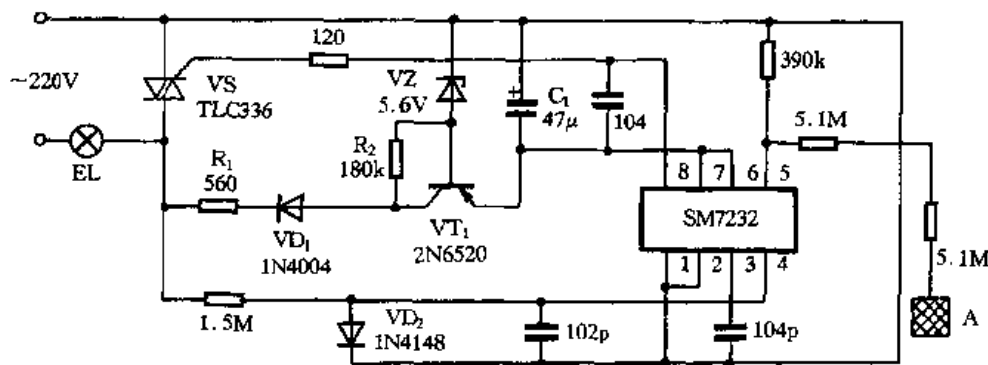


图 2.7.7 触摸感应调光控制电路

当灯泡未亮(即  $VS$  截止)时,交流电在整个周期内全部加在控制电路上, $VD_1$  对交流电半波整流。三极管  $VT_1$  工作在开关状态。当峰值电压超过  $VZ$  稳压值时, $VT_1$  由导通变为截止,直流脉冲电压经  $C_1$  滤波后,可以得到一个接近  $VZ$  稳压值的直流电压。当灯泡被控制电路调到最亮时,在交流电压的一个周期内, $VS$  约有 5% 的时间不导通,这时交流电正好给控制电路供电。 $R_1$  的作用是避免对电容  $C_1$  充电时  $VT_1$  过流损坏。

SM7232 是 CMOS 专用触摸调光集成电路。

### 8. 冷库白炽灯降压延时开关电路

图 2.7.8 所示的降压延时开关使用两只接成单稳态电路的时基电路  $N_1$ 、 $N_2$  (NE555),利用  $R$ 、 $C$  充电原理进行延时控制。当初次使用或停电后又来电时,设开关  $SA_2$  置于“断开”位置, $N_1$  的③脚输出高电平,继电器  $K_1$  得电吸合,其常开触点闭合,使白炽灯  $EL$  会在降压状态下点亮,5~10s 后, $EL$  会自动熄灭。这是因为直流 12V 电源通过  $R_1$  向  $C_3$  充电的缘故。

当把开关  $SA_2$  置于“闭合”位置时, $C_3$  迅速放电, $N_1$  的②脚和⑥脚接地,②脚获得置位触发信号,③脚输出高电平,继电器  $K_1$  得电吸合,其常开触点闭合,220V 交流电通过熔断器  $FU_2$ 、降压二极管  $VD_7$ ,把半波整流电压加到白炽灯  $EL$  两端, $EL$  在降压状态下点亮。此时直流 12V 电源开始通过  $R_2$  向  $C_4$  充电,经过 5~10s, $C_4$  两端的电压上升到大于 8V, $N_2$  的⑥脚获得复位触发信号,③脚输出低电平,继电器  $K_2$  得电吸合,其常开触点闭合,降压电路被短接,交流 220V 全电压加到  $EL$  两端, $EL$  在全压状态下点亮。

当把  $SA_2$  置于“断开”位置时, $C_4$  迅速放电, $N_2$  的②脚和⑥脚接地,②脚获得置位触发信号,③脚输出高电平, $K_2$  失电释放,其常开触点断开, $EL$  两端又变为半波整流电压,电流减小,亮度变暗。经过 5~10s, $C_3$  两端电压上升到大于 8V, $N_1$  的⑥脚获得复位触发信号,③脚输出低电平, $K_1$  失电释放,其常开触点断开, $EL$  熄灭。

$SA_1$  为原先使用的普通开关,在此可做为备用开关。由于  $K_1$ 、 $K_2$  只有在开、关灯时才工

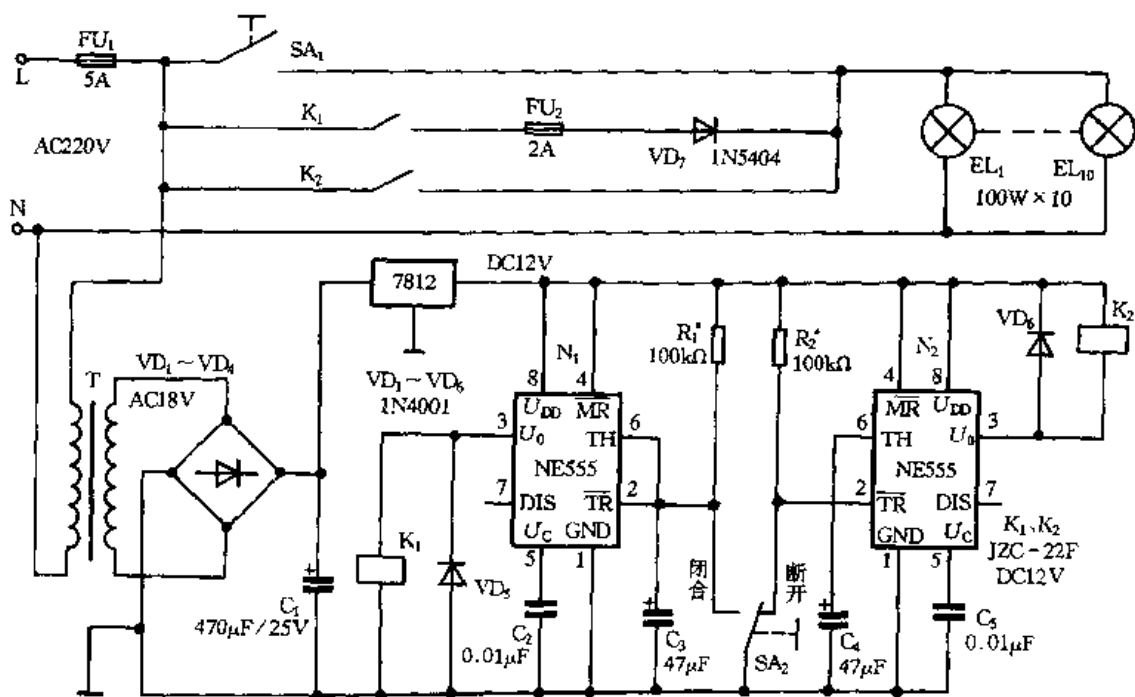


图 2.7.8 白炽灯降压延时开关电路

作,因此电路的耗电量很小。 $R_1$ 、 $R_2$  为微调电阻,用来调整延时时间,调整时应注意,不得使其阻值为零。

## 二、彩灯控制电路

### 1. 霓虹灯循环发光控制电路

电路如图 2.7.9 所示,由电源变换、程控信号发生器和光电耦合交流无触点开关三部分组成,其控制程序为灯  $EL_1$  亮→灯  $EL_2$  亮→灯  $EL_3$  亮→灯  $EL_4$  亮→停留片刻后全熄灭,然后又从头开始重复工作。该电路非常适合控制构成四个字的霓虹灯,如构成“欢度春节”、“祝您健康”等四个字的霓虹灯。

接通电源,220V 交流电经  $C_1$  降压限流、 $VD_1 \sim VD_4$  桥式整流、 $VZ$  稳压和  $C_2$  滤波后,输出 12V 直流电压,向时基电路  $N$ (NE555)、十进制计数器/脉冲分配器  $D$ (CD4017)组成的程序控制信号发生电路供电。 $N$  与  $RP$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $C_3$  组成超低频振荡器,其③脚输出的时钟脉冲送至  $D$  的④脚,使其输出端  $Q_0 \sim Q_3$  按顺序输出高电平。当  $D$  的  $Q_0$  输出高电平时, $EL_1 \sim EL_4$  全部处于熄灭状态;当  $D$  的  $Q_1 \sim Q_4$  顺序输出高电平时, $VL_1 \sim VL_4$  依次点亮,所对应的光敏电阻  $RG_1 \sim RG_4$  将顺序由高阻变为低阻,使晶闸管  $VS_1 \sim VS_4$  随之由阻断变为导通,控制  $EL_1 \sim EL_4$  顺序点亮。当  $D$  的  $Q_5$  输出高电平时, $VS_1 \sim VS_4$  因失去光电触发信号而全部关断, $EL_1 \sim EL_4$  全部熄灭。 $D$  的  $Q_5$  输出的正脉冲信号直接送至  $D$  的⑬脚清零端  $CR$ ,使  $D$  自动清零。然后,上述过程又从头开始重复进行。

电路中,每路灯顺序点亮时间及全熄灭停留的时间均相同,可通过调节电位器  $RP$  在 0.5~6.5s 之间连续选择。

### 2. 三路流水彩灯(红、绿、蓝)控制电路

电路如图 2.7.10 所示。时基电路  $N$ (NE555)接成多谐振荡器形式,其③脚输出的方波信号给二—十进制分频计数器  $D$ (CD4017)作时钟脉冲,于是  $D$  在计数过程中,其  $Q_0 \sim Q_9$  端依次

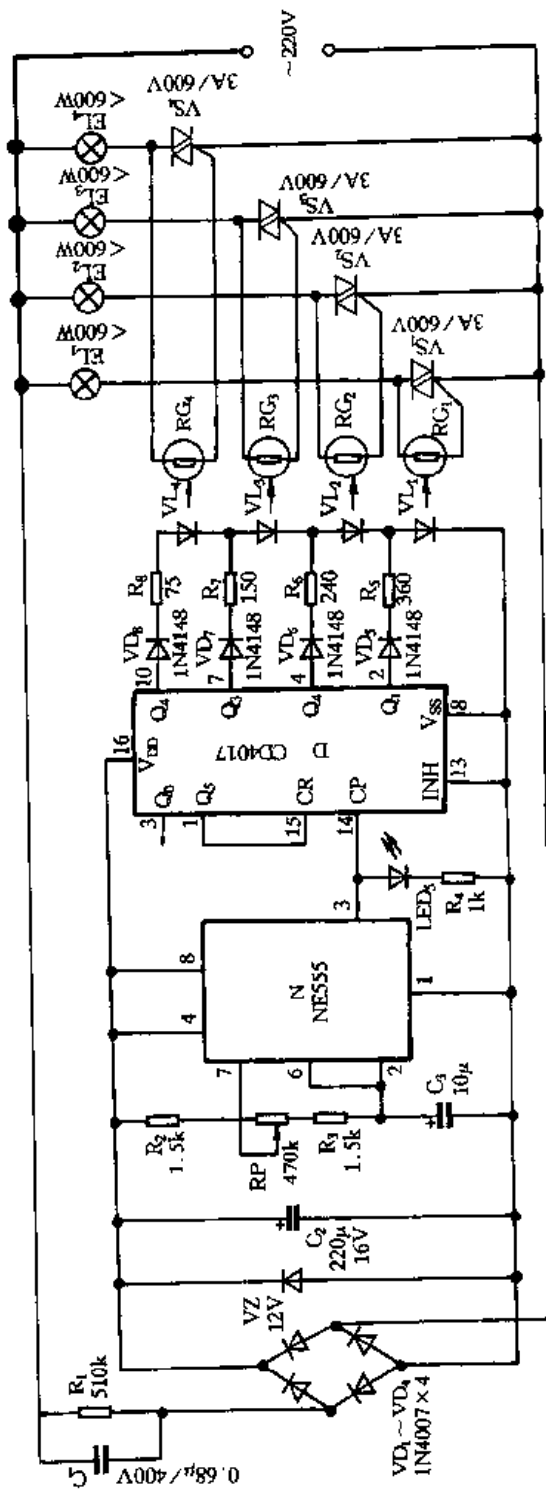


图 2.7.9 霓虹灯循环发光控制电路

输出方波脉冲,每个脉冲宽度等于时钟的一个周期。将输出端  $Q_0 \sim Q_9$  各接一路驱动放大电路,经隔离后触发双向晶闸管 VS,则双向晶闸管 VS 所控制的各路彩灯会依次点亮。图中只有三路彩灯,因此要将  $Q_3$  通过  $1k\Omega$  电阻接 D 的清零端 R,即当  $Q_2$  一路彩灯熄灭后,下一个时钟脉冲使 D 计数器清零,  $Q_0$  为高电平,由此完成  $Q_0 \rightarrow Q_1 \rightarrow Q_2 \rightarrow Q_0$  即红  $\rightarrow$  绿  $\rightarrow$  蓝  $\rightarrow$  红的闪光过程。若彩灯路数多于三组,则流水效果会更好,这时应将清零端接至下一位,如 4 路则接  $Q_4$ ,5 路则接  $Q_5$ ,依此类推。发光二极管 VL<sub>1</sub> 闪亮,表示 N 振荡,其输出正常。VL<sub>2</sub> 显示 +5V 电源正常。为将强、弱电隔离,使用了晶闸管输出的光电耦合器 MOC3041,这也使彩灯开关控制部分没有机械触点。各路放大驱动、隔离触发电路均相同,因此只将第一路标出参数。5A 熔断器是为防止彩灯头或电路在短路时烧毁晶闸管而设的。

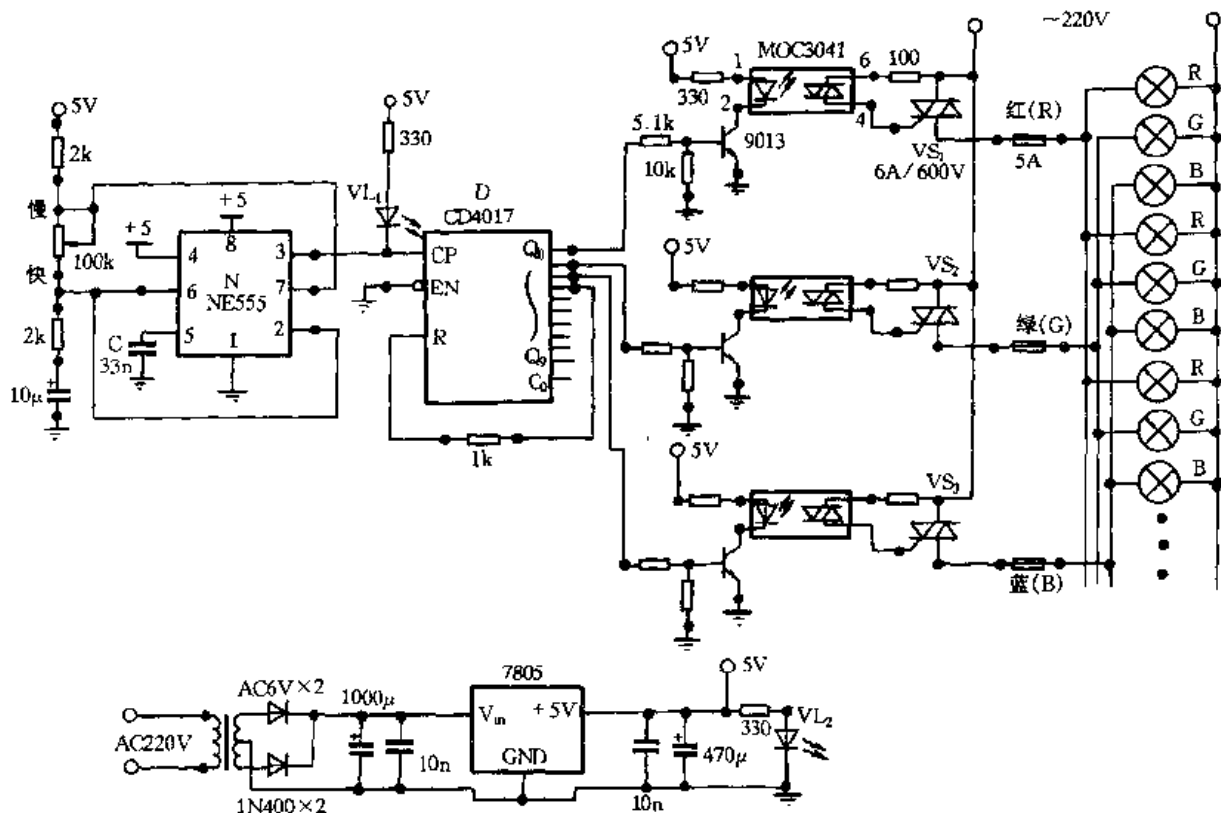


图 2.7.10 流水彩灯控制器电路

### 3. 亮灯数递增、递减的灯控电路

电路图 2.7.11 所示,其显示图案为全亮  $\rightarrow$  各路依次熄灭  $\rightarrow$  全灭  $\rightarrow$  各路依次点亮  $\rightarrow$  全亮,周而复始,而且电路扩展方便。控制电路主要由时钟电路、十进制计数器、T 触发器、过零触发驱动电路等组成。

时钟电路由时基电路 N(NE555) 组成,其输出信号频率  $f \approx 1.43 / [(R_4 + 2R_5 + 2RP) C_1] \approx 0.7 \sim 32\text{Hz}$ 。

十进制计数器 CC4017B 具有 10 个全译码的输出端 ( $Y_0 \sim Y_9$ ),每个输出端均可拉出和灌入最大 15mA 的电流,当时钟禁止端(⑬脚)和复位端(⑮脚)为低电平时,内部计数器在每个时钟信号的上升沿向前计数一次。在每个时钟周期内,10 个输出端中有 9 个是低电平,1 个为高电平。各输出端与时钟信号同步,  $Y_0 \sim Y_9$  按顺序依次变为高电平,保持高电平的时间为一个完整的时钟周期。根据需要,还可将某输出信号接到复位端(信号上升沿可将计数器清零,清零

后  $Y_0$  为“1”， $Y_1 \sim Y_9$  为“0”，使 4017B 能计数到 2~9 之间的任何数值。图 2.7.11 中将  $Y_8$  接⑬脚，当 4017B 的时钟输入端(⑩脚)输入第 9 个时钟时，4017B 被复位，重新开始计数(反复循环)。时序图如图 2.7.12 中的  $Y_0 \sim Y_8$ 。4017B 还有一个进位输出信号(⑫脚)，它在每输入 10 个时钟时完成一个周期，当把 4017B 联成多位十进制计数器时，该进位信号用作下一个 4017B 的时钟信号。

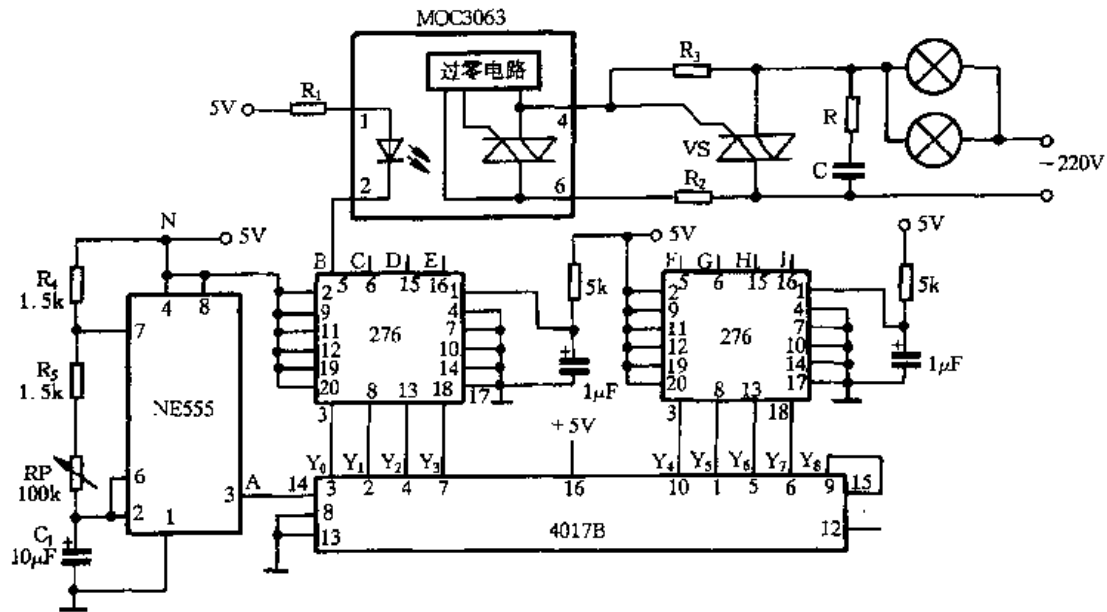


图 2.7.11 亮灯数递增、递减的灯控电路

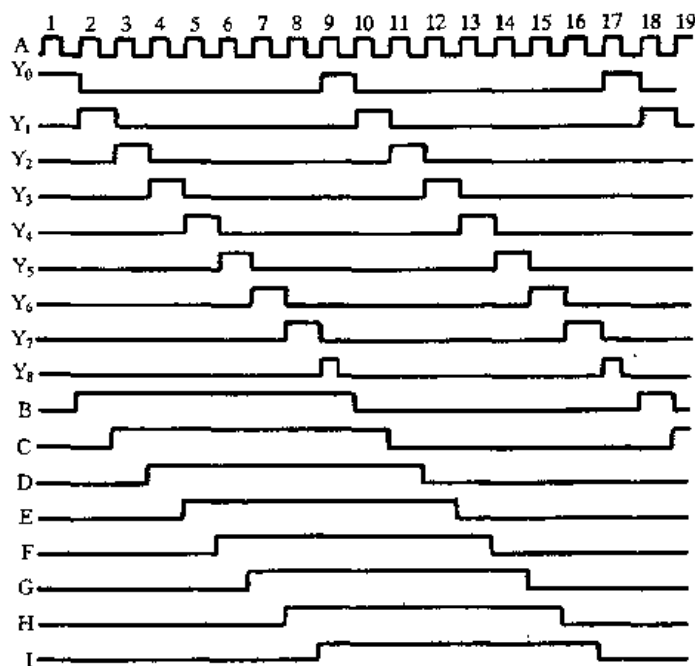


图 2.7.12 图 2.7.11 所示电路各点波形

为实现亮灯数递增、递减控制，还必须用 4017B 输出的每个信号去控制相应的 T 触发器。图 2.7.11 采用两只四  $J-\bar{K}$  触发器 276 构成 8 个 T 触发器。每只 276 有 4 个独立的  $J-\bar{K}$  触发器(清零端共用)，将某个  $J-\bar{K}$  触发器的  $J$  端接高电平、 $\bar{K}$  端接低电平，就构成一个 T 触发器(下降沿触发翻转)。每只 276 构成 4 个触发器，信号输入端分别为③、⑧、⑬、⑰脚，相对应

的输出端为⑤、⑥、⑬、⑭脚。当 4017B 的某输出信号由“1”→“0”时,该端的 T 触发器就翻转 (“1”→“0”或“0”→“1”)。时序图如图 2.7.12 中的 B~I 所示。276 的上电复位电路由 5kΩ 电阻和 1μF 电容组成,+5V 电源接通瞬间,电容两端的低电平信号将 276 复位,使 276 各输出端均输出低电平,从而使各路彩灯一接通电源就先全部点亮。

每路过零触发驱动电路由 MOC3063 和大功率双向晶闸管 VS 组成。当某路(如 B 路)T 触发器输出低电平时,MOC3063 的输入端约有 5mA 的电流(选  $R_1$  为 560Ω)输入,在 MOC3063 输出端的电压稍过零时,MOC3063 的内部双向晶闸导通,触发外部双向晶闸管 VS 使其导通,该路的灯亮(每路可接多盏灯)。当 T 触发器输出高电平时,内、外部双向晶闸管均关断,该路的灯熄灭。MOC3063 在输出端关断状态下,也有小于或等于 0.5mA 的电流, $R_3$  可消除该电流对外部晶闸管的影响。 $R_2$  是 MOC3063 的限流电阻,使其输出端的电流不超过 1A。MOC3063 过零检测的电压值为 20V,因此选  $R_2$  稍大于 20Ω(电阻性负载)。对于电感性负载,由于电感的影响,触发外部晶闸管的时间延长,流过 MOC3063 输出端的电流将增大,因此需增大  $R_2$  的值。当感性负载的功率因数小于 0.5 时,选  $R_2$  为 330Ω,其它情况下可取 27~330Ω。 $R_2$  使触发电路有一个最小触发电压,低于该电压,外部晶闸管不导通。 $R_2$  增大时,最小触发电压增大。另外 R、C 起保护 VS 的作用,R 为 39Ω,C 为 0.01μF。

使用 MOC3063 触发功率双向晶闸管,不仅可消除或大大减小功率双向晶闸管导通时对电网的影响,而且可以用低电压、小电流控制高电压、大电流,特别是由于采用了光电隔离且可用 TTL 电平驱动,因此很容易与微处理器接口,进行各种自动控制设备的实时控制。

其工作过程如下:

加电全亮:当 +5V 接通时,4017B、276 被复位。4017B 输出端  $Y_0$  为高电平, $Y_1 \sim Y_8$  为低电平,8 个 T 触发器均输出低电平,从而使 B~I 路的灯全亮。

各路依次熄灭:在第 2 个时钟上升沿, $Y_1$  由“0”→“1”, $Y_0$  由“1”→“0”,B 由“0”→“1”,B 路灯熄灭;在第 3 个时钟升沿, $Y_1$  由“1”→“0”, $Y_2$  由“0”→“1”,C 由“0”→“1”,C 路灯熄灭……;在第 9 个时钟上升沿, $Y_8$  由“0”→“1”, $Y_7$  由“1”→“0”,I 由“0”→“1”,I 路灯熄灭,至此各路灯全灭。由于在第 9 个时钟上升沿, $Y_8$  由“0”→“1”将 4017B 复位,因此在第 9 个时钟上升沿过后, $Y_8$  由“1”→“0”, $Y_0$  由“0”→“1”,4017B 重新开始计数。

各路依次点亮:在第 10 个时钟上升沿, $Y_1$  由“0”→“1”, $Y_0$  由“1”→“0”,B 由“1”→“0”,B 路灯点亮;在第 11 个时钟上升沿, $Y_2$  由“0”→“1”, $Y_1$  由“1”→“0”,C 由“1”→“0”,C 路灯点亮……;在第 17 个时钟上升沿, $Y_8$  由“0”→“1”, $Y_7$  由“1”→“0”,I 由“1”→“0”,I 路灯点亮,至此各路灯全亮。因在第 17 路时钟上升沿, $Y_8$  由“0”→“1”,再次将 4017B 复位,因此在第 17 个时钟上升沿过后, $Y_8$  由“1”→“0”, $Y_0$  由“0”→“1”,4017B 又重新开始计数。

上述过程重复出现,产生引人注目的显示效果。

图 2.7.11 电路控制 8 路彩灯,若要控制 10 路,则断开图 2.7.11 中 4017B 的⑨脚与⑬脚的连线, $Y_8$ 、 $Y_9$  也接 T 触发器(增加 1 只 276)。若要控制 20 路,则在图 2.7.11 基础上再增加 1 只 4017B 和 3 只 276 及相应驱动电路,断开图 2.7.11 中 4017B 的⑨脚与⑬脚连线,把这只 4017B 的⑫脚接下一只 4017B 的⑭脚。新增其它部分的接线方法与图 2.7.11 相应部分一致。

### 三、路灯控制电路

#### 1. 城市路灯的光控、时控电路

图 2.7.13 所示为光控与时控相结合的路灯控制电路。

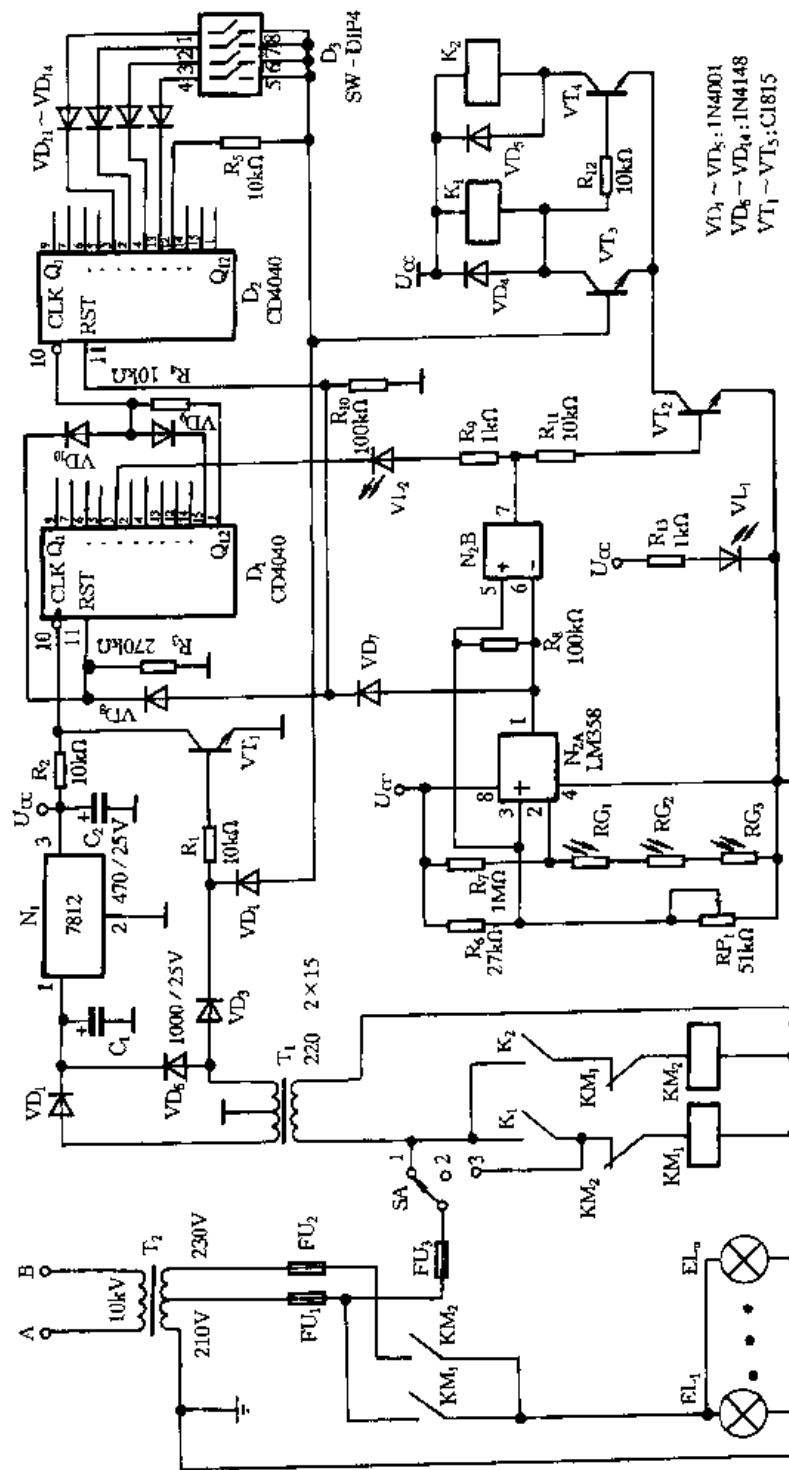


图 2.7.13 路灯光控、时控电路

当天亮时,光敏电阻  $RG_1$ 、 $RG_2$ 、 $RG_3$  呈低阻状态,运放  $N_{2A}$ 的①脚输出高电平,使运放  $N_{2B}$ 的⑦脚输出低电平, $VT_2$ 、 $VT_3$ 、 $VT_4$  截止,继电器  $K_1$ 、 $K_2$  不得电,接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  也不能得电,路灯失电熄灭。同时通过  $VD_7$  使计数器  $D_1$ 、 $D_2$ (CD4040)处于清零状态。

当天黑时(亮与黑的工作点由  $RP_1$  整定),光敏电阻  $RG_1$ 、 $RG_2$ 、 $RG_3$  呈高阻状态,运放  $N_{2A}$ 的①脚输出低电平,运放  $N_{2B}$ 的⑦脚输出高电平, $VT_2$  导通,当延时时间没到时,计数器  $D_2$  的⑫脚输出低电平,使  $VT_3$  截止、 $VT_4$  导通,使继电器  $K_2$  得电吸合,交流接触器  $KM_2$  得电吸合,路灯接变压器的 230V 挡;当延时时间到时, $D_2$  的⑫脚输出高电平,由于  $VD_6$  的作用, $VT_1$  长期导通,使得工频信号不能进入  $D_1$  而停止计数,同时  $VT_3$  导通、 $VT_4$  截止,继电器  $K_2$  失电释放、继电器  $K_1$  得电吸合,交流接触器  $KM_2$  失电释放、 $KM_1$  得电吸合,路灯接变压器的 210V 挡,达到降压的目的。

延时部分的工作过程:50Hz 的工频信号经  $VD_3$ 、 $R_1$ 、 $VT_1$  送给  $D_1$ ,经  $D_1$  及  $VD_9$ 、 $R_4$  组成的分频器,每分钟向  $D_2$  发一脉冲信号, $D_2$  及微动开关  $D_3$  组成所需要的延时, $D_2$  的⑫脚输出信号的延时为 256min,而微动开关  $D_3$  的①、③脚闭合再加 16min,②、⑦脚闭合再加 32min,③、⑥脚闭合再加 64min,④、⑤脚闭合再加 128min,一般设定在 4.5 ~ 5h 之间,可以根据需要调整。

当天亮时,发光管  $VL_2$  不亮,刚天黑时  $VL_2$  闪烁,延时时间到以后  $VL_2$  长亮。开关  $SA$  在 1 位置时路灯处于光控、时控状态,在 2 位置时路灯处于关闭状态,在 3 位置时路灯处于手动开启状态。

## 2. 光控式道路施工警示灯控制电路

图 2.7.14 所示的光控道路施工警示灯控制电路,具有光控和闪烁两种功能,在天黑后该电路能控制警示灯自动开启并使其工作在闪烁状态,而天亮后又能将警示灯自动关闭,使用非常方便。

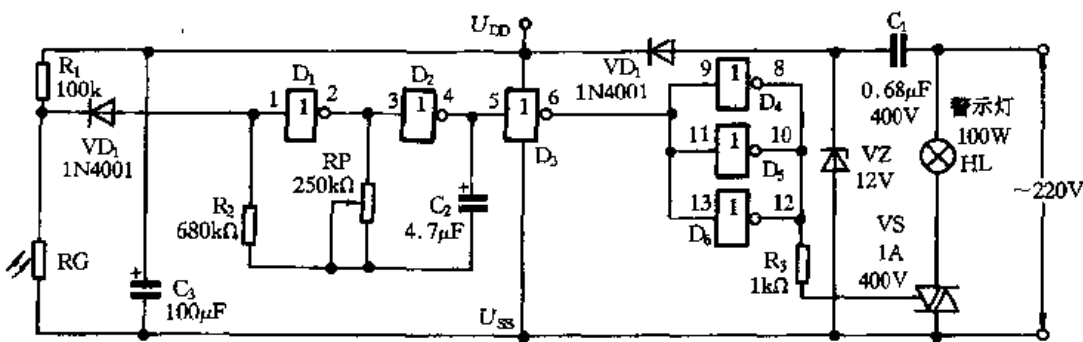


图 2.7.14 光控式道路施工警示灯控制电路

采用 1 只 CMOS“六非门”集成电路  $D_1 \sim D_6$ (CD4069B),其中, $D_1$  和  $D_2$  组成频率可调的超低频振荡器,其工作与否受二极管  $VD_2$  控制。 $D_3$  作为反相器。 $D_4$ 、 $D_5$ 、 $D_6$  并联在一起作为输出控制器,控制晶闸管  $VS$  的导通与微止, $VS$  则直接控制着警示灯的亮灭。光敏电阻  $RG$  与  $R_1$ 、 $VD_2$  构成光控电路, $C_1$ 、 $VD_1$ 、稳压二极管  $VZ$  等构成一个典型的电容降压式供电电路,可为控制电路提供 12V 的直流工作电源。

在白天时, $RG$  受光照射,阻值较小, $VD_2$  导通,使  $D_1$  输入端被钳位于低电位,超低频振荡器停振,此时  $D_2$  输出为低电位,经  $D_3$  反相后, $D_4 \sim D_6$  并联输出为低电位, $VS$  截止,警示灯不亮。

当天黑后, $RG$  无光照射,暗阻较大(约  $2M\Omega$ ), $VD_2$  截止,则超低频振荡器起振工作, $D_2$  输



出电位周期性地发生高、低变化。当  $D_2$  输出高电位时,  $D_4 \sim D_6$  输出高电位; 当  $D_2$  输出低电位时,  $D_4 \sim D_6$  输出低电位, 这样 VS 随之导通和截止, 警示灯就闪烁。

### 3. 又一种光控式道路施工警示灯电路

电路如图 2.7.15 所示, 采用 1 只 CMOS“六施密特触发器”集成电路  $D_1 \sim D_6$  (CD4584B), 其中  $D_1$  与光敏电阻  $R_G$ 、 $R_2$  等组成环境光线检测电路, 以实现光电自动控制。  $D_2$  与  $RP_1$ 、 $C_3$  等组成频率可调的超低频振荡器, 其工作与否受  $VD_2$  控制。  $D_3$ 、 $D_4$ 、 $D_5$ 、 $D_6$  并联在一起作为输出控制器, 通过限流电阻控制光电耦合器 N (MOC3041) 的双向晶闸管的工作与否, 并通过 N 驱动大功率双向晶闸管 VS 的导通与截止, VS 则直接控制着多盏警示灯的亮、灭。  $C_1$ 、 $VD_1$ 、 $VZ$  等组成典型的电容降压式供电电路, 可为整个控制电路提供 9V 的直流工作电源。

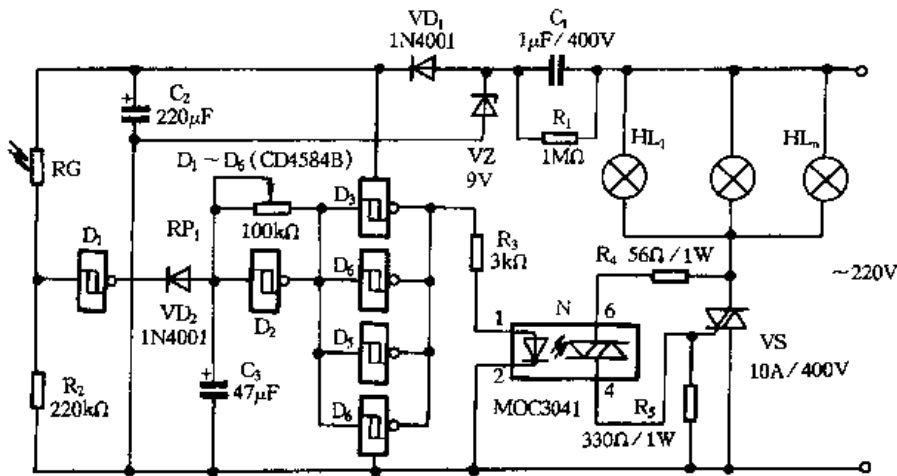


图 2.7.15 光控式道路施工警示电路

在白天时, 由于环境光线较亮,  $R_G$  受光照射, 阻值较小, 与  $R_2$  分压后, 使  $D_1$  输入端电压为高电位, 输出则为低电位, 因此  $VD_2$  导通, 使  $D_2$  的输入端被钳位于低电位, 超低频振荡器停振, 此时  $D_2$  输出为高电位, 经  $D_3 \sim D_6$  并联反相输出为低电位, N 不工作, VS 截止, 警示灯不亮, 电路处于静止状态。

当天黑后, 由于  $R_G$  无光照射, 其暗阻较大(约  $1M\Omega$ ), 与  $R_2$  分压后, 使  $D_1$  输入端电压变为低电位, 输出则变为高电位, 使  $VD_2$  截止, 由  $D_2$  组成的超低频振荡器起振工作,  $D_2$  的输出电位开始周期性地发生高、低变化, 当其输出为低电位时, 经  $D_3 \sim D_6$  并联反相输出为高电位, 使 N 被触发工作, 驱动 VS 导通, 使外接的警示灯点亮; 当其输出为高电位时, 经  $D_3 \sim D_6$  并联反相输出为低电位, N 停止工作, VS 恢复截止, 警示灯又熄灭。这样警示灯的亮灭就受超低频振荡器所控制, 工作于闪烁状态, 使警示灯在夜间时自动闪烁进行警示。

## 第三章 电工用电子电路

本章介绍由晶体管、晶闸管和集成电路组成的电工用电子电路。

### 第一节 电子电器电路

#### 一、电子定时器电路

##### 1. 家用电器定时电源控制电路

带遥控功能的家用电器的遥控关机不能完全切断整机电源,而图 3.1.1 所示家用电器定时电源电路,通过设置足够的延时时间来确保电器的使用时间,最后自动切断电源以保证电器的安全,还具有定时时间调节与定时/常通状态选择功能。

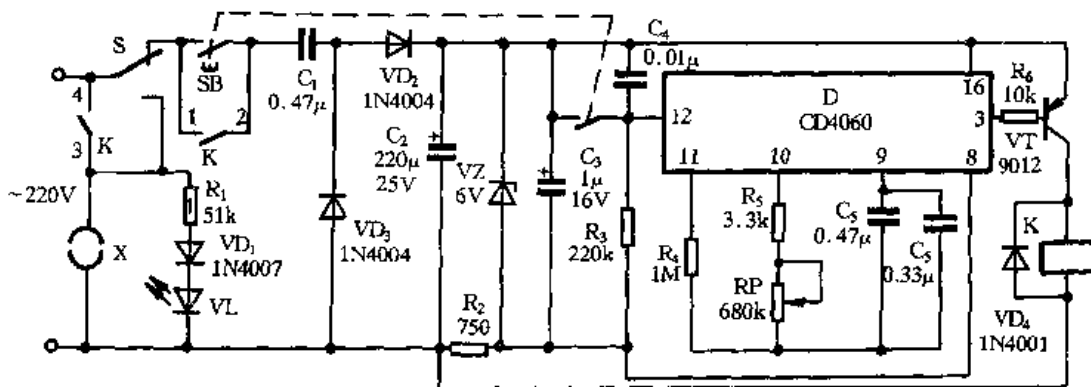


图 3.1.1 家用电器定时电源控制电路

按下按钮 SB,由电阻  $R_4$  与  $R_5$ 、电位器 RP、电容器  $C_5$  与  $C_6$ 、集成电路 D(CD4060)内部电路组成的振荡器开始起振,同时 D 中计数器部分开始计数,其③脚电压起始为零电位,使三极管 VT 饱和导通,继电器 K 得电吸合,其触点 K(1-2)闭合使电路自锁通电;触点 K(3-4)闭合使电源插座 X 有电,给所用家用电器提供交流电源。经过设定的时间后, D 的计数器使③脚电位由低变高, K 失电释放,其触点 K(3-4)断开,切断被控电器的电源;触点 K(1-2)断开,使控制电路失电停止工作。定时时间的长短决定于电路振荡周期,可通过调整电位器 RP 来改变。开关 S 可选择定时和常通两种状态(图中为定时位置),在定时位置上,无论定时电路是否已得电工作,按下 SB,均可使定时电路重新开始按设定时间计数定时。发光二极管 VL 显示得电状态,得电时亮,失电时灭。整个电路在不工作时不消耗电能。

按图中参数设计的最长定时时间为 3h, 定时元件与定时时间之间的关系为  $t = 18842RP$  ( $C_5 + C_6$ )。集成电路 D 的⑨脚电压的振荡频率为 0.76Hz(约合周期 1.32s)。如数值偏大或偏小, 可增大或减小电容  $C_6$  的电容量。

该电路的控制功率主要决定于继电器的触点容量。如需要控制更大的负载功率, 继电器 K 的触点 K(3-4)控制触发一个大容量的双向晶闸管, 即利用双向晶闸管的通断来控制插座 X 上的电源通断, 如图 3.1.2 所示。

### 2. 简单实用的时间控制电路

图 3.1.3 所示为时间控制电路, N(NE555)组成多谐振荡器, 所产生的方波信号(设其频率为  $f_0$ , 由  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $RP$  及  $C_1$  的参数确定)由③脚输出, 送至 12 位二进制计数器  $D_1$  (CC4040)的 CP 端。 $D_1$  对  $f_0$  进行分频, 其各输出端  $Q_1 \sim Q_{12}$  输出方波信号的频率分别为  $\frac{1}{2^n}f_0$  ( $n = 1, 2, \dots, 12$ ), 通过单极多位开关 SM 将其中的某一位输出信号经  $VT_1$  反相后送至十进制计数器/脉冲分配器  $D_2$  (CC4017)的 CP 端, 即可选择所需周期的方波信号去触发 CC4017。CC4017 复位后, 其输出端(依  $Y_0 \sim Y_9$  顺序)的输出状态为“1000000000”。其后, 每当其 CP 端出现一个正跳变脉冲, 这个高电平就按  $Y_0 \rightarrow Y_1 \rightarrow \dots \rightarrow Y_9$  的方向移位一次。由于在电路上  $Y_9$  与禁止端 INT 相连, 因此, 当  $Y_9$  输出高电平时, INT 为高电平, 则其整个输出状态就被锁定为: “0000000001”,  $Y_0 \sim Y_8$  端分别通过二极管及开关去控制由复合管  $VT_2$ 、 $VT_3$  组成的驱动级, 从而控制继电器 K 得电吸合。当某一输出端  $Y_N$  为高电平且开关  $S_N$  ( $N = 0, 1, \dots, 8$ ) 闭合时, 继电器 K 得电吸合, 其常开触点闭合, 否则就断开。

显然, 复位后,  $Y_0 \sim Y_8$  的不同输出状态, 表示了经过多少个触发周期, 而开关  $S_0 \sim S_8$  的状态, 则分别规定了在每个触发周期里继电器 K 的状态。从而实现了对外用电设备(即负载)的多点时间控制。在锁定状态, 由于  $Y_0 \sim Y_8$  皆为低电平, 因而外接用电设备失电。

$C_3$ 、 $R_7$  为  $D_1$  和  $D_2$  的开机自动复位电路。 $D_2$  的  $Y_9$  与 INT 相连, 是为了使控制器最终处于锁定状态。如需按循环方式工作, 可将  $Y_9$  与 INT 断开, 将 INT 接地。此时循环周期为 10 个  $D_2$  的触发周期。

### 3. 时间程序控制电路

图 3.1.4 所示的时间控制电路, 能控制 10 道加工工序的开始与结束(本电路只给出 4 道), 其可靠性及控制精度可以满足一般加工工艺的要求。

单晶体管  $VT_1$  和  $RP_1 \sim RP_4$ 、 $C_1$ 、继电器  $K_1 \sim K_4$  的常开触点、 $R_2$  等组成 4 道加工工序的时间控制电路, 所产生的脉冲提供给集成电路 D(C178)作时钟脉冲。C178 为 BCD 码计数译码器, 共有 10 个输出端, 在此用了 5 个。 $VT_2 \sim VT_5$ 、继电器  $K_1 \sim K_4$  组成程序控制执行电路。发光二极管  $VL_1 \sim VL_4$ 、 $C_3 \sim C_6$ 、 $R_3 \sim R_{11}$ 、 $VD_1 \sim VD_4$ 、 $VT_6$ 、 $K_5$  等组成电容快速放电电路, 以保证  $C_1$  每次充电均从 0V 开始。

接通电源,  $C_2$  的瞬间充电, 使 D 清零, 其输出端  $Y_1 \sim Y_4$  均为低电平而  $Y_0$  为高电平,  $VT_2$  获得正向偏压而饱和导通, 继电器  $K_1$  得电吸合, 其常开触点闭合(图中未画出), 第一道加工工序开始, 与此同时,  $K_1$  的另一常开触点闭合, 电源通过  $RP_1$ 、 $K_1$  的常开触点(已闭合)向定时电容  $C_1$  充电, 调节  $RP_1$  的阻值便可改变定时时间的长短。当  $C_1$  两端的电压达到  $VT_1$  的峰点电压

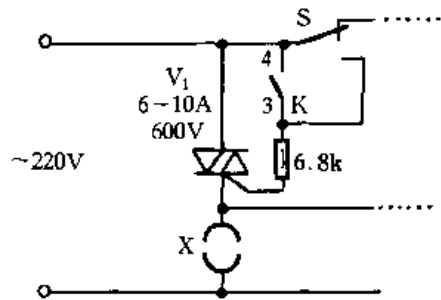


图 3.1.2 图 3.1.1 所示电路的功率扩展电路

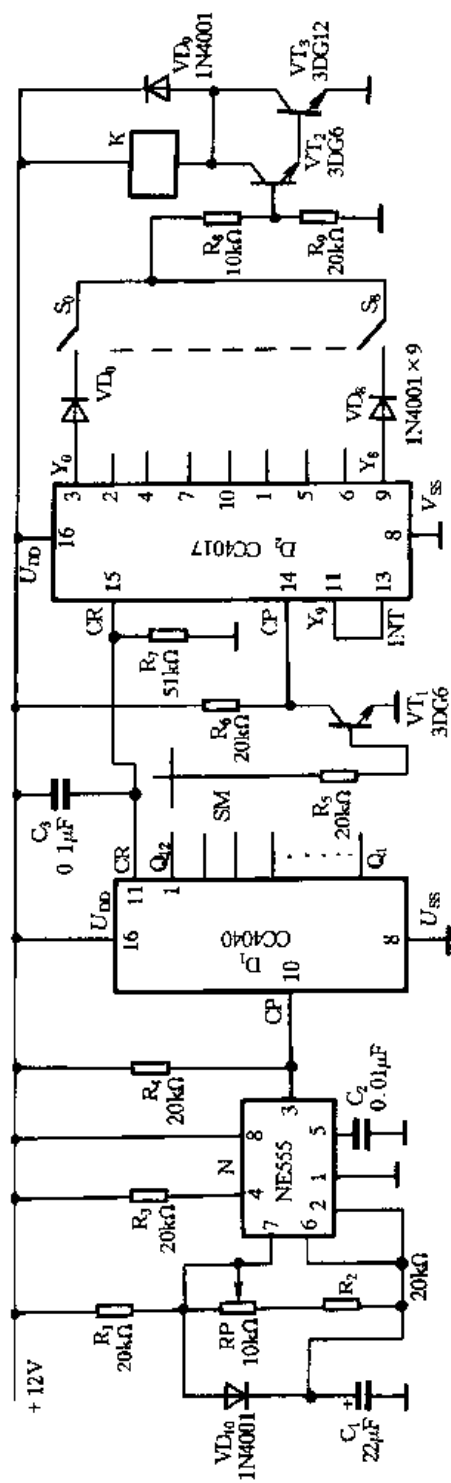


图 3.1.3 简单实用的时间控制电路

时,  $VT_1$  导通,  $C_1$  通过  $VT_1$  的发射结和电阻  $R_2$  放电,  $R_2$  两端产生的正脉冲加到 D 的触发端 CP, 使其计数, 输出端  $Y_0$  变为低电平,  $VT_2$  由导通变为截止,  $K_1$  失电释放, 其已闭合的常开触点断开, 第一道加工工序完成。与此同时  $Y_1$  变为高电平,  $VT_3$  饱和导通,  $K_2$  得电吸合, 第二道加工工序开始,  $C_1$  再次充电……总之, D 的 CP 端每收到一个触发脉冲, 上一道加工工序便结束, 下一道加工工序便开始。当第四道工序到达预定时间时, D 的 CP 端接收到第四个触发脉冲,  $Y_3$  变为低电平,  $Y_4$  变为高电平, 此高电平加到了 CR 置零端使其清零, 使  $Y_0$  为高电平,  $K_1$  再次得电吸合, 第二遍加工重新开始, 该电路一旦接通电源, 控制器将自动循环工作, 直至切断电源为止。

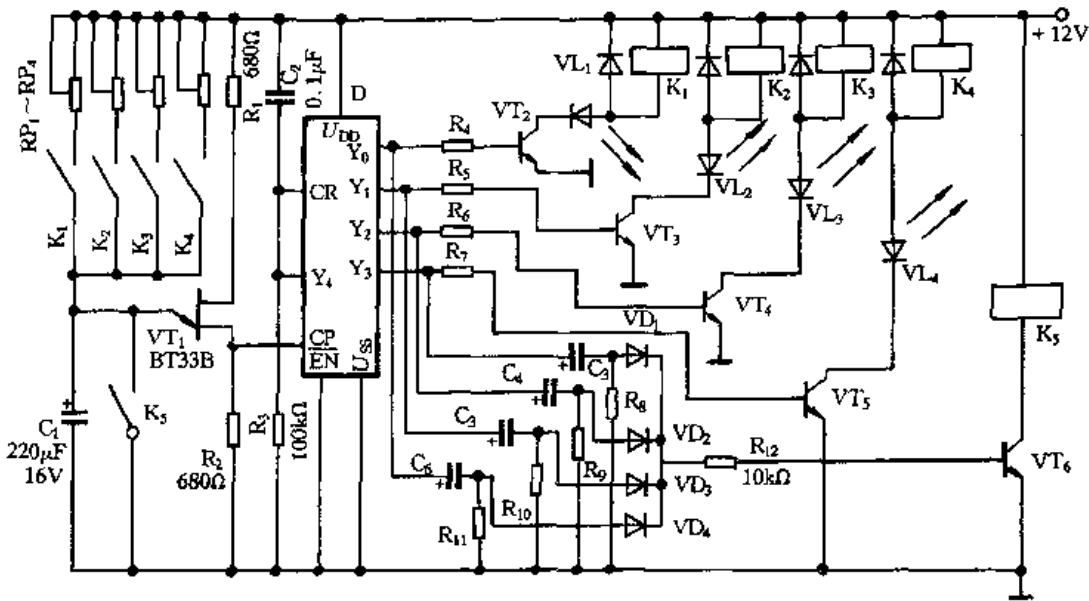


图 3.1.4 简易时间程序控制电路

$C_1$  快速放电控制电路的工作过程: 假设  $Y_1$  突变为高电平, 经  $C_5$  及  $VD_3$  使  $VT_6$  导通,  $K_5$  得电吸合, 其常开触点闭合, 将  $C_1$  两端短路。当  $C_5$  的充电过程趋于结束时,  $VT_6$  截止, 于是  $K_5$  失电释放, 其已闭合的常开触点断开,  $C_1$  电容从 0V 开始重新充电。当  $Y_1$  由高电平变为低电平时,  $Y_2$  由低电平变为高电平, 经  $C_4$ 、 $VD_2$  使  $VT_6$  再次导通,  $K_5$  重新吸合一段时间以使  $C_1$  两端的电压再次恢复到零。

#### 4. 电气设备定时自动开关电路

图 3.1.5、图 3.1.6 所示的定时自动开关电路可以控制各种电气设备的定时开机和关机, 该电路由时间控制器和控制电路两部分组成。

时间控制器由两只 903B 数显式时间控制器组成。903B 是一种数字钟机芯, 其电路如图 3.1.5 所示, 全部计时功能由一块 CMOS 大规模集成电路 KS5195 担任, 配有 4 位液晶显示屏 LCD, 在 24h 内可随意定闹一次, 定时闹响时间为 30s, 输出脉冲的幅度约为 1.3V。在 903B 机芯上有两只按钮  $S_1$ 、 $S_2$ , 调整这两只按钮可以得到全部的功能显示和精确定时。

控制电路部分电路如图 3.1.6 所示, 使用两只

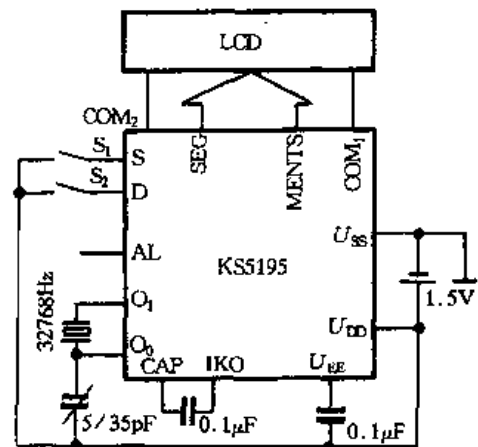


图 3.1.5 数显时间控制电路

903B,其中 903B<sub>1</sub> 作为定时开机控制,903B<sub>2</sub> 作为定时关机控制,定时时间可以通过按钮 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub> 控制。当定时开机时间一到,903B<sub>1</sub> 的 AL 端输出一串高电平脉冲,其第一个高电平脉冲经二极管 VD<sub>1</sub>、电阻 R<sub>1</sub> 触发晶闸管 VS 使其导通,继电器 K<sub>1</sub> 便得电吸合,其常开触点 K<sub>1</sub>(1-2) 接通,受控电气设备工作;此时另一常开触点 K<sub>1</sub>(3-4) 也被接通,但由于 903B<sub>2</sub> 的 AL 端为低电平,三极管 VT 截止,因此继电器 K<sub>2</sub> 处于失电释放状态。当定时关机时间一到,903B<sub>2</sub> 的 AL 端输出一串高电平脉冲,其第一个高电平脉冲使三极管 VT<sub>2</sub> 导通,继电器 K<sub>2</sub> 得电吸合,其常闭触点 K<sub>2</sub>(1-2) 断开,继电器 K<sub>1</sub> 失电释放,受控电气设备停止工作;此时触点 K<sub>1</sub>(3-4) 也断开,防止了 903B<sub>2</sub> 到达预定关机时间时连续输出 30s 的脉冲信号,造成继电器 K<sub>2</sub> 的触点不断抖动。

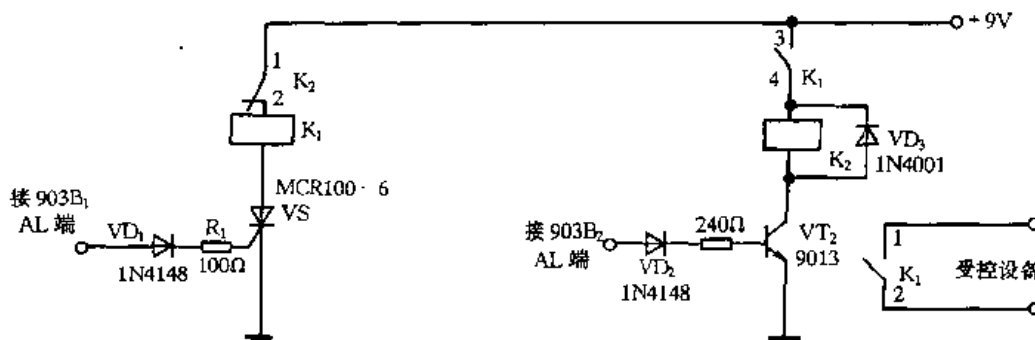


图 3.1.6 电气设备定时自动开关电路

### 5. 利用电子表的设备运行自动累加计时电路

在设备管理中,特别是对子重要设备,经常要利用设备实际运行时间来计算设备利用率、故障停机率、检修周期等技术经济指标。在计算这些考核指标时,只靠估计确定设备的实际运行时间,容易造成较大的误差。采用图 3.1.7 所示电路可对设备运行时间自动累加计时,它不仅适用于工业用电设备的累计计时,而且也适用于家用电器如彩电、冰箱、吸尘器等的累计计时。

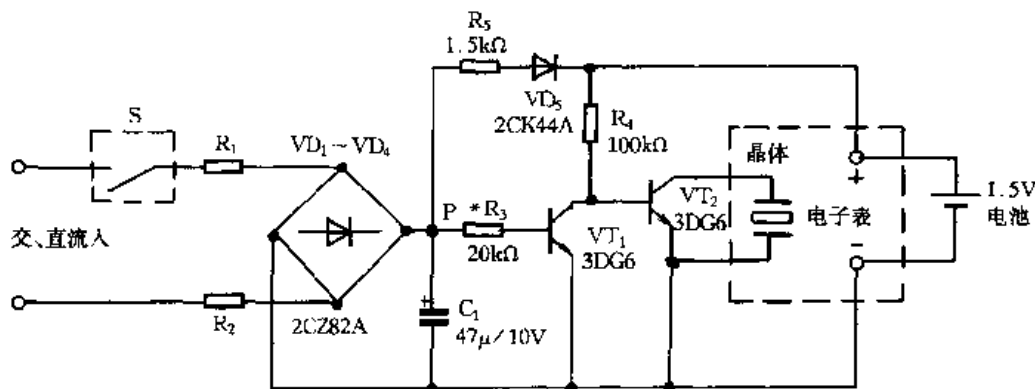


图 3.1.7 设备运行自动累加计时电路

当设备运行时,计时器计时;当设备停机时,计时器停止计时,但仍能记忆停机前的工作时间。下次开机,计时器又在原累计时间的基础上继续计时。其最大的计时量为 8760h(小时),并可循环使用。

VT<sub>2</sub> 的 C、E 极并接于五功能电子表的晶体上,S 为设备启动开关。当 S 闭合时,交流电压经 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 降压,VD<sub>1</sub>~VD<sub>4</sub> 整流,C<sub>1</sub> 滤波,在 P 点得到约 2.7V 的直流电压,经 R<sub>3</sub> 为 VT<sub>1</sub> 基极提供约 0.6V 的正电压,VT<sub>1</sub> 导通,VT<sub>2</sub> 截止,VT<sub>2</sub> 的 C、E 极间呈现约 200kΩ 的高阻,电子表晶振起

振,开始计时;当S断开时,P点无电压,VT<sub>1</sub>截止,VT<sub>2</sub>导通,VT<sub>2</sub>的C、E极间呈现200Ω低阻,电子表晶振停振,但其分频电路保持关机前的状态,从而完成记忆功能。下次开机,电子表又继续累计计时。VD<sub>5</sub>、R<sub>5</sub>除向VT<sub>1</sub>、VT<sub>2</sub>提供工作电压外,还兼有对电池充电的功能。由于电子表显示的月、日不是直观的小时数,应进行换算,其换算公式为:

$$H_1 = Q \times 24h, H_2 = (B - 1) \times 24h, \Sigma T = H_1 + H_2 + H_3$$

设A为电子表显示的月份,Q为(A-1)个月的总天数,H<sub>1</sub>为(A-1)个月的对应小时数;B为显示的日期,H<sub>2</sub>为对应的小时数;H<sub>3</sub>为显示的时、分、秒数,ΣT为设备的累计工作时间。例如:按动电子表功能键,显示11月28日19时45分18秒。查表3.1.1、表3.1.2得:H<sub>1</sub> = 7296h, H<sub>2</sub> = 648h,则ΣT = H<sub>1</sub> + H<sub>2</sub> + H<sub>3</sub> = 7963.755小时。

表 3.1.1 显示月份对应小时数

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H <sub>1</sub>	0	744	1416	2160	2880	3624	4344	5088	5832	6552	7296	8016

表 3.1.2 显示日期对应小时数

B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
H <sub>2</sub>	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
B	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
H <sub>2</sub>	264	288	312	336	360	384	408	432	456	480	504
B	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
H <sub>2</sub>	528	552	576	600	624	648	672	696	720		

该计时器还可通过反查表和电子表功能键实现累计工作时间预置功能。

### 6. 利用六位电磁计数器的设备运行自动累加计时电路

图3.1.8所示为利用六位电磁计数器累计电气设备运行时间的自动累加计时电路,最大累计时间为9999h,可满足各种设备检修周期的时间累计。

当设备运行时,常开触点K闭合,变压器T的二次侧输出的交流电压经整流,在“M”点产生脉冲直流电压,通过电阻R<sub>1</sub>、电容C<sub>1</sub>、晶体管VT<sub>1</sub>和R<sub>2</sub>组成的开关电路后,由施密特触发器D<sub>1</sub>整形,在“N”点得到一个50Hz的矩形脉冲信号,送至由集成电路CD4040构成的分频电路的信号输入端(CD4040为12个D触发器串联12级二进制计数器,12位的输出端分别为Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>…Q<sub>12</sub>)。

计时器的计时显示单元为一个六位十进制的电磁计数器。为作时间的累计,将计数器的前两位用作秒和分记录,后四位作小时记录。由于计数器是十进制的,而时间的秒和分都是六十进制的,为了实现六十进制和十进制的转换,则电磁计数器的最小计时时间应为3600s/100 = 36s,即电磁计数器的第一位(低位)翻转一次为36s,第二位翻转一次为6min,第三位翻转一次为1h,而时基信号为每秒50个脉冲,这样分频系数应为Y = 50 × 36 = 1800。这就要求二进制计数器搭成分频系数为1800的分频器。电路中四输入与非门D<sub>5</sub>从计数器的输出端Q<sub>1</sub> ~ Q<sub>12</sub>中检出时钟数Y(1800个时钟脉冲对应于Q<sub>4</sub> = 2<sup>3</sup> = 8、Q<sub>6</sub> = 2<sup>8</sup> = 256、Q<sub>10</sub> = 2<sup>9</sup> = 512、Q<sub>11</sub> = 2<sup>10</sup> = 1024。这些输出端均为高电平“1”(即8 + 256 + 512 + 1024 = 1800)时,“R”点输出一个脉冲(低电平)送往电磁计数器,同时经D<sub>2</sub>反相后送入CD4040的置零端R使其复位。

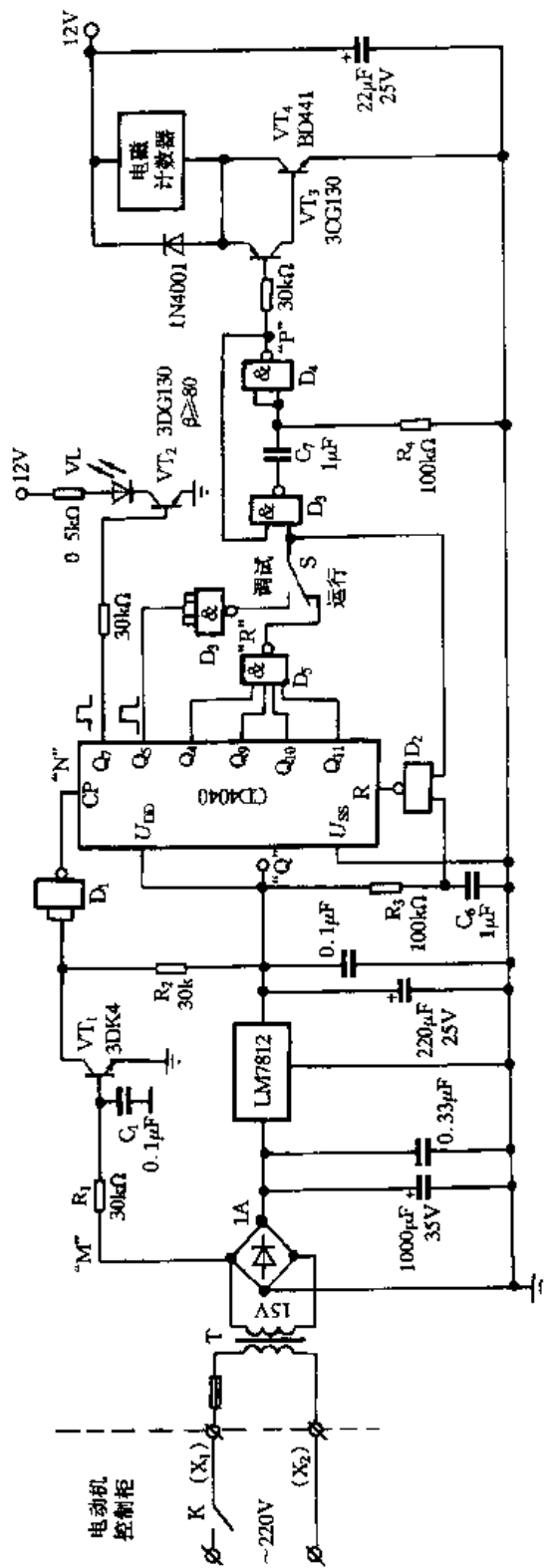


图 3.1.8 设备运行自动累加计时电路



从“R”点输出的计时脉冲信号,由于其脉宽窄,不足以使电磁计数器翻转,因此,还需将此脉冲展宽。 $D_3$ 、 $D_4$ 、 $R_4$ 、 $C_7$ 组成单稳电路,其暂态时间 $\tau$ 约为70ms的脉冲,完全能使电磁计数器可靠翻转。由于该单稳为低电平触发,暂态输出也为低电平,因此在其后采用由PNP与NPN型晶体管 $VT_3$ 、 $VT_4$ 组成的驱动电路来驱动电磁计数器翻转计数。

另外在CD4040的 $Q_5$ 端输出的频率为50Hz的矩形脉冲,可作为调试计时器的快进信号,而 $Q_7$ 端输出的频率为50Hz的矩形脉冲通过 $VT_2$ 驱动发光二极管VL使其闪亮,作为设备的运行指示信号。 $Q_5$ 、 $Q_7$ 端输出的脉冲频率是以36s为周期的,由于在“R”点每36s输出一个脉冲并使之复位清零。 $R_3$ 、 $C_6$ 、 $D_2$ 构成上电清零电路。

该计时器电源及运行信号取自电器设备控制柜内的控制回路,利用继电器K的一个常开触点(也可将 $X_1$ 、 $X_2$ 两端并接于电器设备220V运行指示灯上),当设备运行时,K的常开触点闭合,在变压器T的二次侧得到一个约15V的交流电压,经整流、滤波及稳压,在“Q”点得到一个12V的直流电压作为电路的工作电源。“M”点的信号不直接送至 $D_1$ 是为了确保集成电路先加电源后给信号和先断信号后断电源的要求。

$D_1 \sim D_4$ 选用CD4093四二输入与非施密特触发器, $D_5$ 、 $D_6$ 选用CD4012二四输入与非门。

### 7. 用电设备开机使用时间累计电路

电路如图3.1.9所示,具有自动识别用电设备开、停功能,其电源 $+U_{DD}$ (+9V)由图3.1.10所示电路提供,电池GB作备用电源,平时处于充电状态,只有当市电停电时,GB才开始对电路供电。

合上开关S,开机使用图3.1.9中的“电器”,220V交流电压经电容器 $C_1$ 降压、UR桥式整流、三端稳压器LM7809稳压后得到稳定的+9V电压,给集成电路 $D_1$ (CD4060)和小型直流继电器K供电。继电器K得电吸合,其常闭触点(见图3.1.10)断开,使电池GB处于充电保护状态,电源 $+U_{DD}$ 通过二极管 $VD_3$ 向图3.1.9中的数码显示电路提供电源;K的常开触点(见图3.1.9)闭合,为共阴数码管 $LED_1 \sim LED_7$ 显示数码提供必要条件。 $D_1$ 组成RC振荡器,在继电器K得电的同时, $D_1$ 开始振荡,从 $D_1$ 的③脚输出周期为1min的方波信号,该方波信号作为 $D_4$ 的计数输入脉冲。 $D_4 \sim D_{10}$ 均为CD4033。 $D_2 \sim D_3$ 组成60分频器, $D_6 \sim D_{10}$ 组成5级十进制计数器。CD4033是计数—译码二合一电路,是十进制计数/7段译码器。当CD4033的电源电压 $+U_{DD}$ 较高(9~15V)时,驱动LED显示器可不必另加接口驱动电路,于是 $D_4 \sim D_{10}$ 直接驱动共阴数码管 $LED_7 \sim LED_1$ 。 $LED_1 \sim LED_7$ 的公共端(阴极)统一由继电器K的常开触点控制。只有当用电设备通电使用时,K的常开触点才闭合,显示器才显示,以减少电能损耗(当由备用电源GB供电时,简化电路和减少功耗具有实际重要意义)。

由图3.1.9可知, $LED_5$ 的“点”段通过一个 $1k\Omega$ 的电阻接到电源 $+U_{DD}$ ,因此 $LED_5$ 的“点”段是亮的,此“点”作为“小数点”,而其它数码管的“点”段都是消隐的。在“小数点”前面的五位数字是十进制的小时数,这五位数字的显示已考虑了无效零的消隐问题。在“小数点”后面的二位数字是六十进制的分钟数。该装置共有七位显示,可累计计时99999小时,对一般用电设备计时足以满足要求。

在图3.1.9电路中,电阻 $R_1$ 和电容 $C_2$ 组成 $D_1$ 内振荡器的上电复位电路,是“计时器”准确计时的必要措施之一。SB为复位按钮,如果按一下SB,则 $D_4 \sim D_{10}$ 的全部计数器清零复位, $LED_7 \sim LED_1$ 显示为“00000.00”。

M和N两点用导线连接到用电设备的电源开关后面,P和Q两点用导线连接到用电设备的电源插座两端。在开始使用前,按一下SB,使计数器 $D_4 \sim D_{10}$ 清零复位。这样,计时器就可

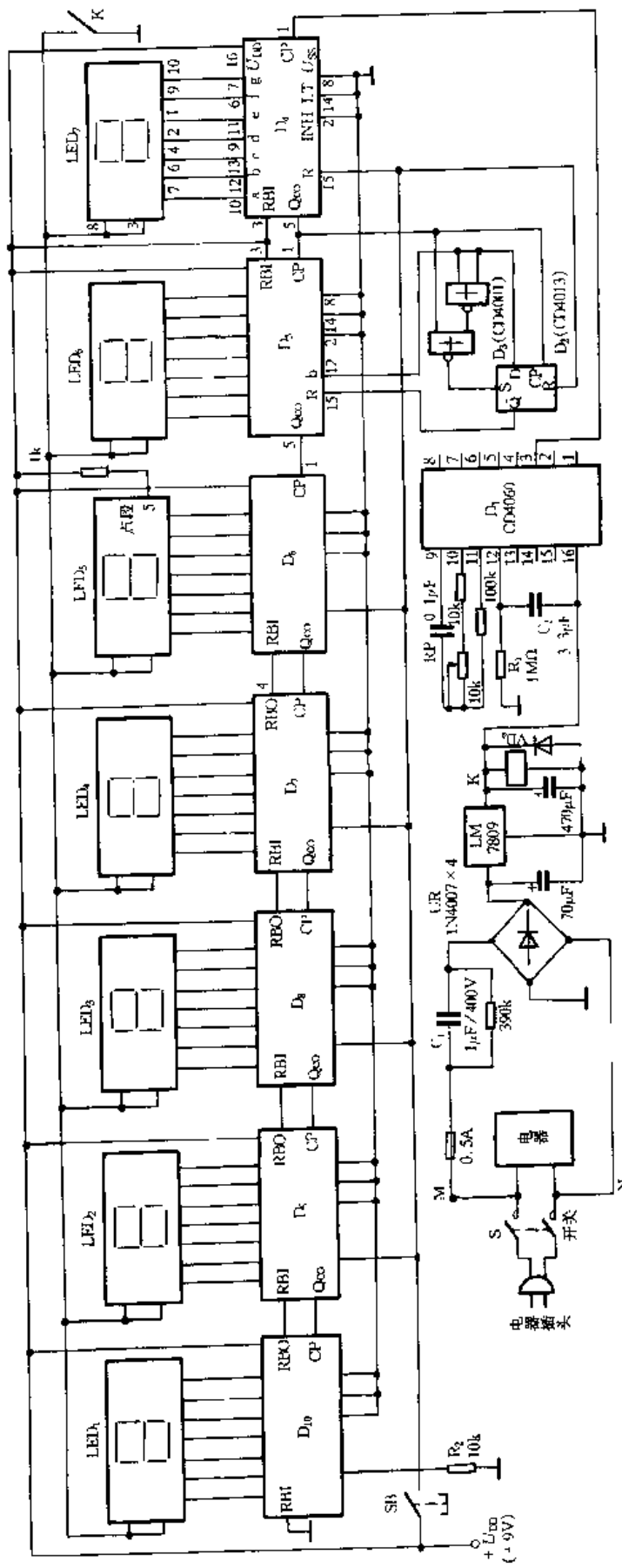


图 3.1.9 用电设备开机使用时间累计电路

以为用电设备的开机使用进行计时。

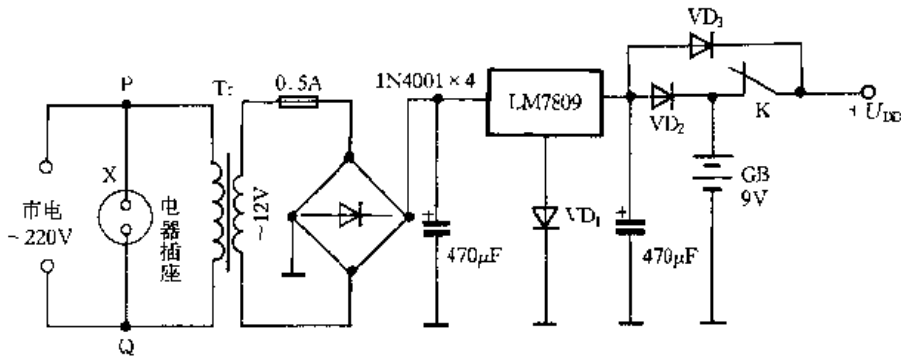


图 3.1.10 图 3.1.9 电路的供电电源

### 8. 具有断电保持数据功能的累加计时电路

电路如图 3.1.11 所示,以分钟为单位累计设备的运行时间,最大累计时间为 694 天,而且停电也不会掉数据。

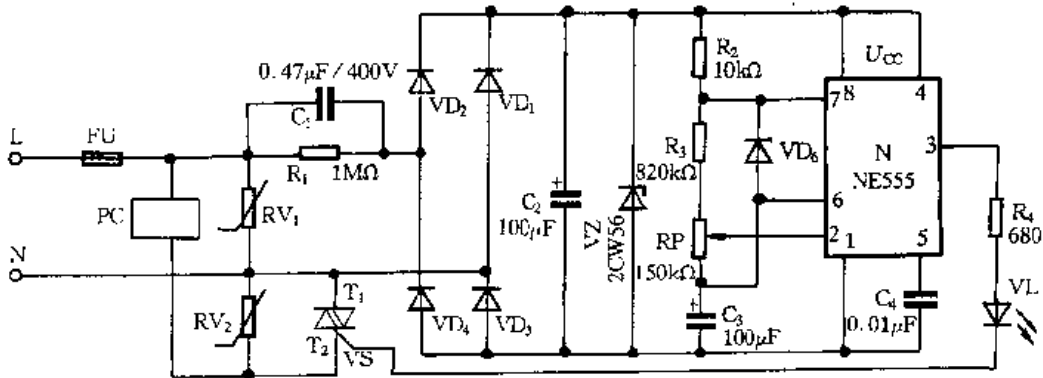


图 3.1.11 具有断电保持数据功能的累加计时电路

该累加计时电路由定时器、开关和计数器等 3 部分组成。定时器由时基电路 N (NE555) 组成,以 1min 为 1 个周期,将 1 个脉冲信号送给开关电路。开关电路由双向晶闸管 VS (MAC97A6) 组成,依据脉冲信号开关动作。计数器 PC 采用 JD6-Ⅲ A (AC 220V) 型继电器式计数器,按照开关电路动作每分钟累进 1。

220V 交流电经电容  $C_1$  降压,  $VD_1 \sim VD_4$  桥式整流,  $C_2$  滤波,  $VZ$  稳压,得到约 7.5V 的直流电压作为 N 的  $U_{CC}$  电源,  $R_1$  为泄放电阻。N 组成自激振荡器。当电源通过  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $RP$  使  $C_3$  充电至  $\frac{2}{3} U_{CC}$  时, N 内放电管 (⑦脚) 导通; ③脚输出低电平, 使 VS 截止;  $C_3$  通过  $RP$ 、 $R_3$ 、N 的 ⑦脚对地放电至  $\frac{1}{3} U_{CC}$  时, N 内放电管截止, ③脚输出高电平, VS 导通, 计数器 PC 得电累进 1 计数。调节  $RP$  可改变电容  $C_3$  的充放电时间常数, 即控制计数的间隔时间。该电路放电时间常数约为 58s, 充电时间约为 2s, 合计 60s。VS 导通截止一次, 计数器计数一次。  $C_4$  为抗干扰电容,  $R_4$  为限流电阻, VL 作导通指示, 压敏电阻  $RV_1$  吸收电网浪涌电压以保护整个电路, 压敏电阻  $RV_2$  为晶闸管 VS 的保护元件。

### 9. 两路四级定时控制电路

图 3.1.12 所示为两路四级定时控制电路,可广泛适用于对各种家用电器和工矿企业用电设备的定时开关控制或循环通、断电控制,还可用于装饰灯电路、模拟自然风电路、空城计防盗灯电路以及其它自动化设备中。

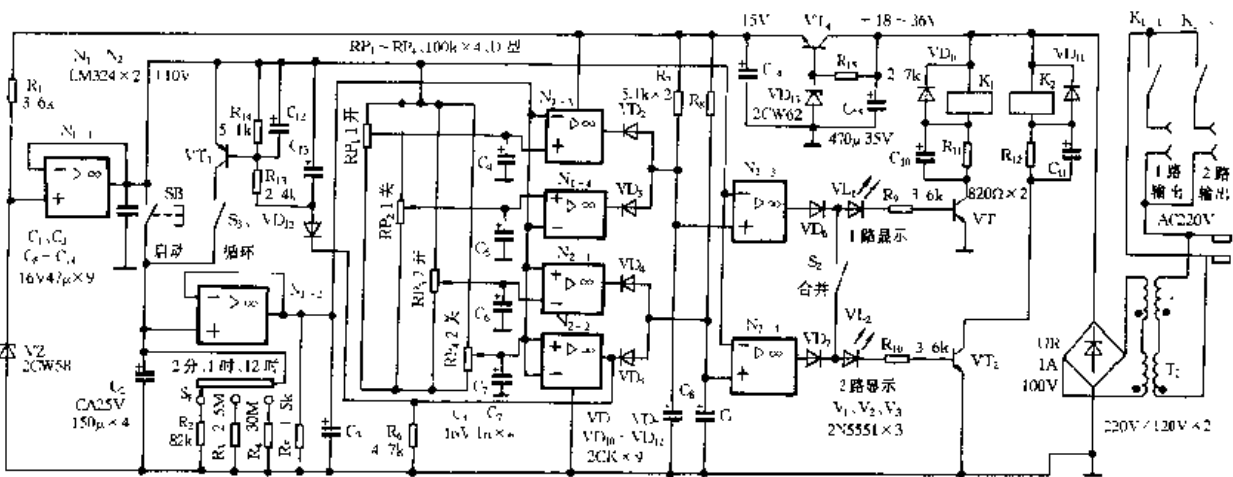


图 3.1.12 两路四级定时控制电路

### (1) 控制功能和特点

**两路定时开关功能:**分别控制两路用电器各一次开机和一次关机动作,互不影响;若将两路合并,则可控制一路用电器两次开机和两次关机动作。两路各自的开机和关机时间分别由四只电位器编程预置,可在 0~2min、0~1h 或 0~12h 三挡范围内任意选择。

**自启动四级循环时序控制功能:**上述定时开关程序可以自启动循环进行。若合理编程并组合利用继电器的触点,可控制四组灯具或其它电器循环流动工作,循环周期可在前述三挡时间范围内任意选择,在控制周期内各级所占时间也可灵活分配。

**掉电记忆功能:**若定时过程中停电,不论时间长短,不需辅助电源,来电后仍保证按预设时间执行各路の開机和关机控制。

**电源适应性强:**能在市电电压为 160~300V 宽范围内安全可靠地工作。

### (2) 工作原理

220V 交流市电经变压器  $T_1$ 、 $T_2$  降压,UR 整流, $C_{15}$  滤波,获得 +24V 电压作为继电器  $K_1$ 、 $K_2$  的工作电源。 $VT_4$  等组成稳压电路为运放  $N_1$ 、 $N_2$  (LM324) 提供稳定的 +15V 工作电压。 $R_{11}$ 、 $C_{10}$ 、 $R_{12}$ 、 $C_{11}$  的作用是使继电器在吸合时能得到较大的冲击电流,既降低了能耗又提高了可靠性。选用线圈工作电压为 24V、直流电阻为  $1k\Omega$  左右的继电器。据实测,当市电电压低至 160V 时,电路直流电压为 18V,继电器能可靠吸合;当市电电压高达 300V 时,直流电压为 36V,但继电器吸合后其线圈两端电压仅为 20V,属正常范围,这就保证了该电路能在很宽的电压范围内安全可靠地工作。

$R_1$ 、 $VZ$  为  $N_{1-1}$  提供基准电压, $N_{1-1}$  接成电压跟随器,其输出端为后级电压比较器提供精密的 +10V 参考电压。按下启动按钮 SB, $C_2$  被充电,其正极电位迅速上升到 +10V,由于运放输入阻抗极高,因此  $C_2$  只有经  $R_2$ 、 $R_3$  或  $R_4$  放电。取放电终止电压为 +0.9V(可由  $R_6$  调节),则放电时间为  $T = RC \ln(10V/0.9V) = 2.4RC$ ,取  $C_2 = 600\mu F$ ,接入  $R_4 = 30M\Omega$ ,则  $T = 2.4 \times 600 \times 30 = 43200(s)$  即 12h,这就是最大定时范围。若拨动挡位开关  $S_1$  换接  $R_3$  或  $R_2$ ,则最大定时范围分别为 1h 和 2min。由于电容放电有独立回路不受通断电源的影响,因此停电将不会引起预置定时控制时间的改变。 $N_{1-2}$  接成电压跟随器起隔离作用,其输出端电位将与  $C_2$  正极电位同步变化,在定时过程中按对数规律从 +10V 降到 +0.9V,为  $N_{1-3}$ 、 $N_{1-4}$ 、 $N_{2-1}$ 、 $N_{2-2}$  提供共用的控制信号电压。 $N_{1-3}$ 、 $N_{1-4}$ 、 $N_{2-1}$ 、 $N_{2-2}$  均接成电压比较器,当同相输入端电位高于反相输入端

电位时,输出端为“1”(高电平),当同相输入端电位低于反相输入端电位时,输出端为“0”(低电平)。RP<sub>1</sub> ~ RP<sub>4</sub> 分别为 N<sub>1-3</sub>、N<sub>1-4</sub>、N<sub>2-1</sub>、N<sub>2-2</sub> 提供可调的比较电压,调节 RP<sub>1</sub> ~ RP<sub>4</sub> 将分别决定 N<sub>1-3</sub>、N<sub>1-4</sub>、N<sub>2-1</sub>、N<sub>2-2</sub> 输出状态翻转的时间,也就分别决定了 1 路开机、1 路关机、2 路开机和 2 路关机的控制时间。N<sub>2-3</sub>、N<sub>2-4</sub> 的反相输入端电压直接取 +10V 为比较电压,VD<sub>2</sub>、VD<sub>3</sub> 与上拉电阻 R<sub>7</sub> 配合实现 N<sub>2-3</sub> 有“0”出“0”、全“1”出“1”的逻辑功能,另一路 VD<sub>4</sub>、VD<sub>5</sub>、R<sub>8</sub> 与 N<sub>2-4</sub> 工作原理相同。

下面说明图 3.1.13 所示的 N<sub>1-3</sub>、N<sub>1-4</sub>、N<sub>2-1</sub>、N<sub>2-2</sub> 输出电平随时间变化的情况。设 RP<sub>1</sub> ~ RP<sub>4</sub> 滑动触点提供的电位分别为 U<sub>a</sub>、U<sub>b</sub>、U<sub>c</sub>、U<sub>d</sub>,R<sub>6</sub> 分压为 U<sub>e</sub>,且 +10V > U<sub>a</sub> > U<sub>b</sub> > U<sub>c</sub> > U<sub>d</sub> > U<sub>e</sub>; 设 N<sub>1-2</sub> 输出电位降至 U<sub>a</sub> ~ U<sub>e</sub> 所经过的时间分别为 T<sub>a</sub>、T<sub>b</sub>、T<sub>c</sub>、T<sub>d</sub>、T<sub>e</sub>。电路刚启动时, N<sub>1-2</sub> 输出电位为 +10V,高于 U<sub>a</sub> ~ U<sub>e</sub>, N<sub>1-3</sub> 输出为“0”, N<sub>1-4</sub> 输出为“1”, N<sub>2-3</sub> 输出为“0”, 后级 VT<sub>1</sub> 截止,继电器 K<sub>1</sub> 不得电,1 路电器不工作;另一路 N<sub>2-1</sub>、N<sub>2-2</sub>、N<sub>2-4</sub>、VT<sub>2</sub>、K<sub>2</sub> 工作原理与上述相同,此时 2 路电器也不工作。当经过时间 T<sub>a</sub> 后, N<sub>1-2</sub> 输出电位已低于 U<sub>a</sub>, N<sub>1-3</sub> 输出由“0”变为“1”,使 N<sub>2-3</sub> 输出由“0”变为“1”, VT<sub>1</sub> 导通, K<sub>1</sub> 得电吸合,执行对 1 路电器的开机控制。当经过时间 T<sub>b</sub> 后, N<sub>1-4</sub> 输出电位已低于 U<sub>b</sub>, N<sub>1-4</sub> 输出由“1”变为“0”,使 N<sub>2-3</sub> 输出由“1”变为“0”, VT<sub>1</sub> 又截止, K<sub>1</sub> 失电释放,执行对 1 路电器的关机控制。同理可知另一路工作情况,当经过时间 T<sub>c</sub> 后, K<sub>2</sub> 得电吸合,执行对 2 路电器的开机控制;当经过时间 T<sub>d</sub> 后, K<sub>2</sub> 失电释放,执行对 2 路电器的关机控制。经过时间 T<sub>e</sub> 后, N<sub>2-2</sub> 输出电位已低于 U<sub>e</sub>,由分析可知两路电器都将无条件关机。

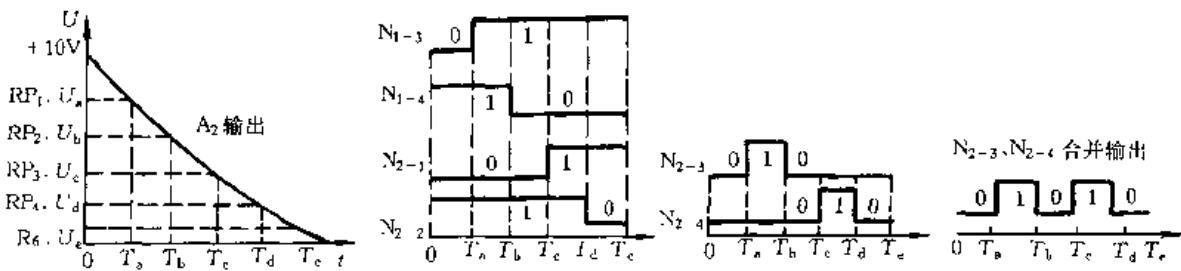


图 3.1.13 图 3.1.12 所示电路的工作过程

C<sub>4</sub> ~ C<sub>7</sub> 的作用是滤除从电位器滑动触点和连线串入的交流干扰信号,以免在临界电平时引起 N<sub>1-3</sub>、N<sub>1-4</sub>、N<sub>2-1</sub>、N<sub>2-2</sub> 误输出,导致电路误动作。C<sub>8</sub>、C<sub>9</sub> 为消抖动电容器,可使继电器触点的转换动作干脆利索。VL<sub>1</sub>、VL<sub>2</sub> 作两路输出显示之用。

如果闭合循环开关 S<sub>2</sub>,则 N<sub>2-3</sub>、N<sub>2-4</sub> 输出端合并为一,可对同一路电器执行两次开机和两次关机控制。

如果闭合循环开关 S<sub>3</sub>, N<sub>2-2</sub> 输出的执行 2 路关机的低电平信号兼作循环启动控制信号,使 VT<sub>3</sub> 导通,对 C<sub>2</sub> 充电。当 C<sub>2</sub> 充足电后, N<sub>1-2</sub> 输出电位回升到 +10V, N<sub>2-2</sub> 又恢复输出高电平, VT<sub>3</sub> 截止,停止对 C<sub>2</sub> 充电,这样,控制程序将循环进行。由于刚开机时, C<sub>2</sub> 无电, N<sub>2-2</sub> 输出低电平,立即引起 VT<sub>3</sub> 导通对 C<sub>2</sub> 充电,因此电路能自启动。C<sub>12</sub> 的作用是使 VT<sub>3</sub> 延时导通,延时对 C<sub>2</sub> 充电,保证 N<sub>2-2</sub> 有足够时间对 C<sub>13</sub> 充电。C<sub>13</sub> 的作用是使 VT<sub>3</sub> 延时截止,保证对 C<sub>2</sub> 充分充电。R<sub>14</sub> 的作用是在较短时间内泄放掉 C<sub>12</sub> 的残留电荷,以免 VT<sub>3</sub> 截止程度不够,继续对 C<sub>2</sub> 缓慢充电,造成程序时间误差。

如果按图 3.1.14(a)编程并按图 3.1.14(b)所示连接继电器触点,则 1 # ~ 4 # 灯组将依次

得电发光产生流动效果。若再利用原来控制两路输出的触点,使其常开与常闭状态各控制一组灯具,则一共可控制八组灯具按各不相同的规律周期性闪光,形成很活跃的气氛。

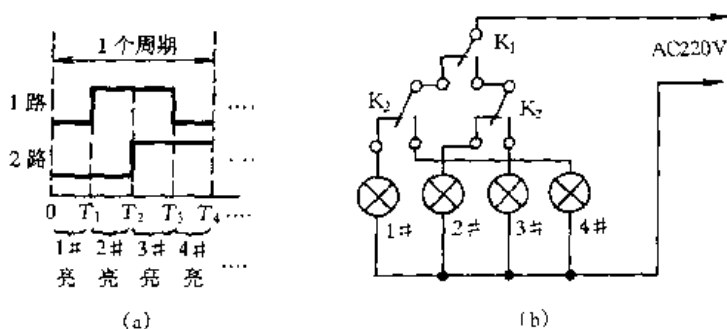


图 3.1.14 图 3.1.12 所示电路的应用电路

## 二、电子继电器电路

### 1. 晶闸管闪光继电器电路

图 3.1.15 所示的晶闸管闪光继电器电路,采用电子电路对晶闸管进行触发和强迫关断,起到无触点闪光开关的作用,克服了电磁式闪光继电器的触点易被电弧烧环的缺点。

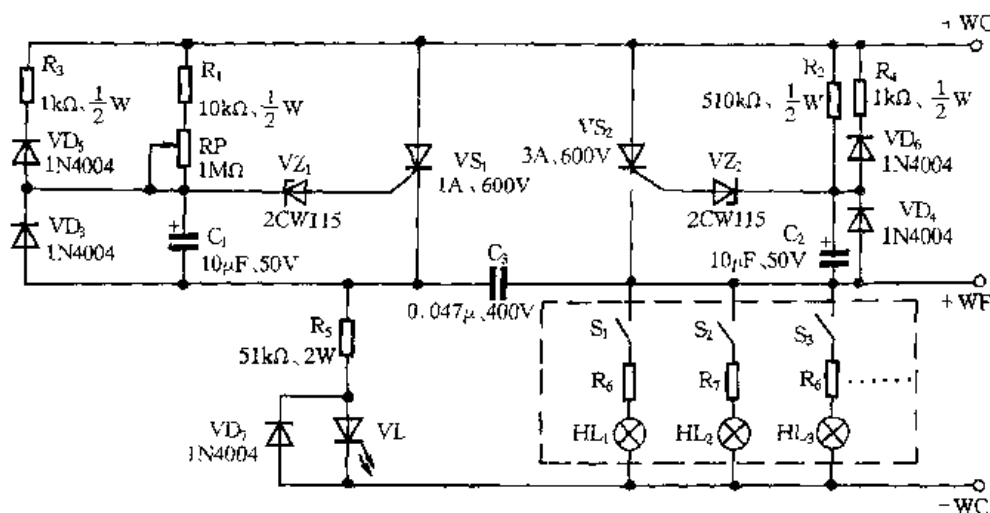


图 3.1.15 晶闸管闪光继电器电路

电路接通后,控制小母线 +WC、-WC 之电压加上电路,并分别通过  $R_1$ 、 $RP$ 、 $C_1$ 、 $R_3$ 、 $VL$  及  $R_2$ 、 $C_2$ 、 $R_6 \sim R_8$ 、 $HL_1 \sim HL_3$ , 给  $C_1$  及  $C_2$  充电。当  $C_1$  或  $C_2$  两端电压上升至稳压管  $VZ_1$  或  $VZ_2$  的击穿电压时,相应的晶闸管  $VS_1$  或  $VS_2$  将被触发导通。假设  $C_1$  充电回路时间常数  $\tau$  较小,  $VS_1$  首先导通,电源通过  $VS_1$  直接加至  $R_5$ 、 $VL$  (红色发光二极管) 两端,  $VL$  发光;同时,  $C_3$  被迅速充电形成左正右负之电压。  $VS_1$  导通时,  $C_1$  通过  $VD_5$ 、 $R_3$  迅速放电至接近 0V, 等待再次被充电。随后当  $C_2$  两端电压高于  $VZ_2$  击穿电压时,  $VS_2$  被触发导通,此时  $C_3$  之左正右负电压直接加至  $VS_1$  两端,使  $VS_1$  阴极为正、阳极为负,  $VS_1$  被迫关断;电源由  $VS_2$  加至  $R_6 \sim R_8$ 、 $HL_1 \sim HL_3$  回路。信号灯  $HL_1 \sim HL_3$  发光,同时,  $C_3$  被迅速充电形成左负右正之电压。  $VS_2$  导通时,  $C_2$  通过  $VD_6$ 、 $R_4$  迅速放电至接近 0V, 等待再次被充电。  $VS_1$  关断后,电源又重新对  $C_1$  充电,经过一段时间  $VZ_1$  又被击穿,  $VS_1$  导通,  $VS_2$  又被  $C_3$  上左负右正之电压强迫关断。如此反复循环,在闪光小母

线 + WF 上形成闪光电源, HL<sub>1</sub> ~ HL<sub>3</sub> 不断闪光。

电路中 VD<sub>3</sub>、VD<sub>4</sub> 可防止 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 的反向充电及避免晶闸管 VS<sub>1</sub>、VS<sub>2</sub> 控制极反向击穿。

## 2. 固态继电器的快速过流保护电路

电路如图 3.1.16 所示,控制信号加在 A、D 之间。过流信号由电流互感器 TA 取得,然后经桥式整流加到电位器 RP 上,由 RP 的滑动端取得全波脉动电压加到 TIL113 型光电耦合器的原边。

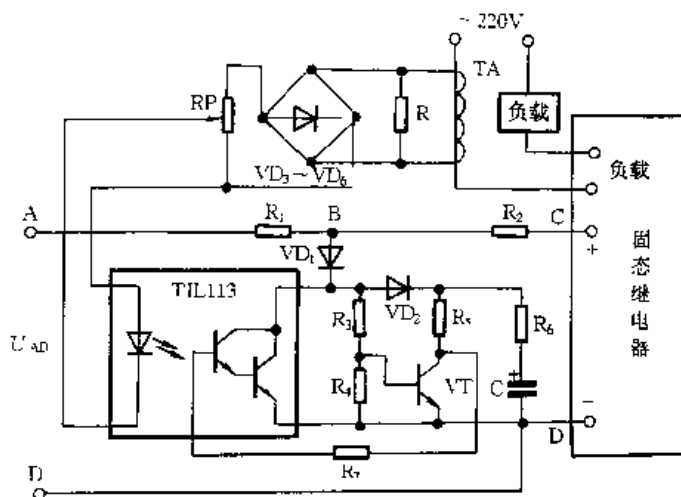


图 3.1.16 固态继电器的快速过流保护电路

在电路正常工作情况下,电流互感器副边电流不大,使加在光耦 TIL113 原边电压很小,电流接近于零,副边达林顿复合管截止。在控制电压作用下,三极管 VT 导通。同时控制电压  $U_{AD}$  经 R<sub>1</sub>、VD<sub>1</sub>、VD<sub>2</sub>、R<sub>6</sub> 使电容 C 充电。

在主回路过流情况下,电流互感器副边电流足够大,使加在 TIL113 原边的电压足以使发光二极管发光,进而使副边达林顿复合管饱和导通,控制电压  $U_{AD}$  通过二极管 VD<sub>1</sub> 使 B 点电位钳制在 1.2V 左右,从而切断了固态继电器的控制电压,使电路进入保护状态。与此同时,三极管 VT 截止,电容 C 上的电压通过 R<sub>6</sub>、R<sub>5</sub>、R<sub>7</sub> 为 TIL113 之达林顿管的基极提供电流,使其维持继续导通状态。当电容 C 的放电电流足够小时,达林顿管截止,VT 导通,电容 C 再次被充电,恢复到正常状态。如此时电路仍处于过流,则工作情况仍与上述情况相同。

改变电位器 RP 滑动端的位置,可以改变保护电流的大小。改变电阻 R<sub>6</sub>、R<sub>5</sub>、R<sub>7</sub> 及电容 C 的数值可以改变电路的恢复时间。

主回路电流的拾取不一定通过电流互感器,也可以使用小型变压器,或者在主回路中串联小电感或小电阻,从上边直接取得电压,由于有 TIL113 的隔离作用,这样做更简单。

该电路的一个显著特点是保护速度快,在小于半个周波时间内即可将控制电压切除。

## 3. 低压、过压、低频和漏电保护电路

220V 交流市电过低或过高易使用电设备损坏;额定电源频率为 50Hz 的用电设备,若电源频率偏低,也会影响用电设备的正常工作;用电设备若有漏电,则会有触电的危险。为此,可采用图 3.1.17 所示的低压、过压、低频和漏电保护电路。

该电路由过压保护、低压保护、低频保护和漏电保护 4 部分组成。分别通过 VD<sub>1</sub>、VD<sub>2</sub>、VD<sub>3</sub>、VD<sub>7</sub> 组成的或门驱动三极管 VT<sub>1</sub>,使继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合,使 K 自锁,其常闭触点断开,切断用电设备电源。该电路为四功能合一的电路,4 个单元均具有独立性,因此

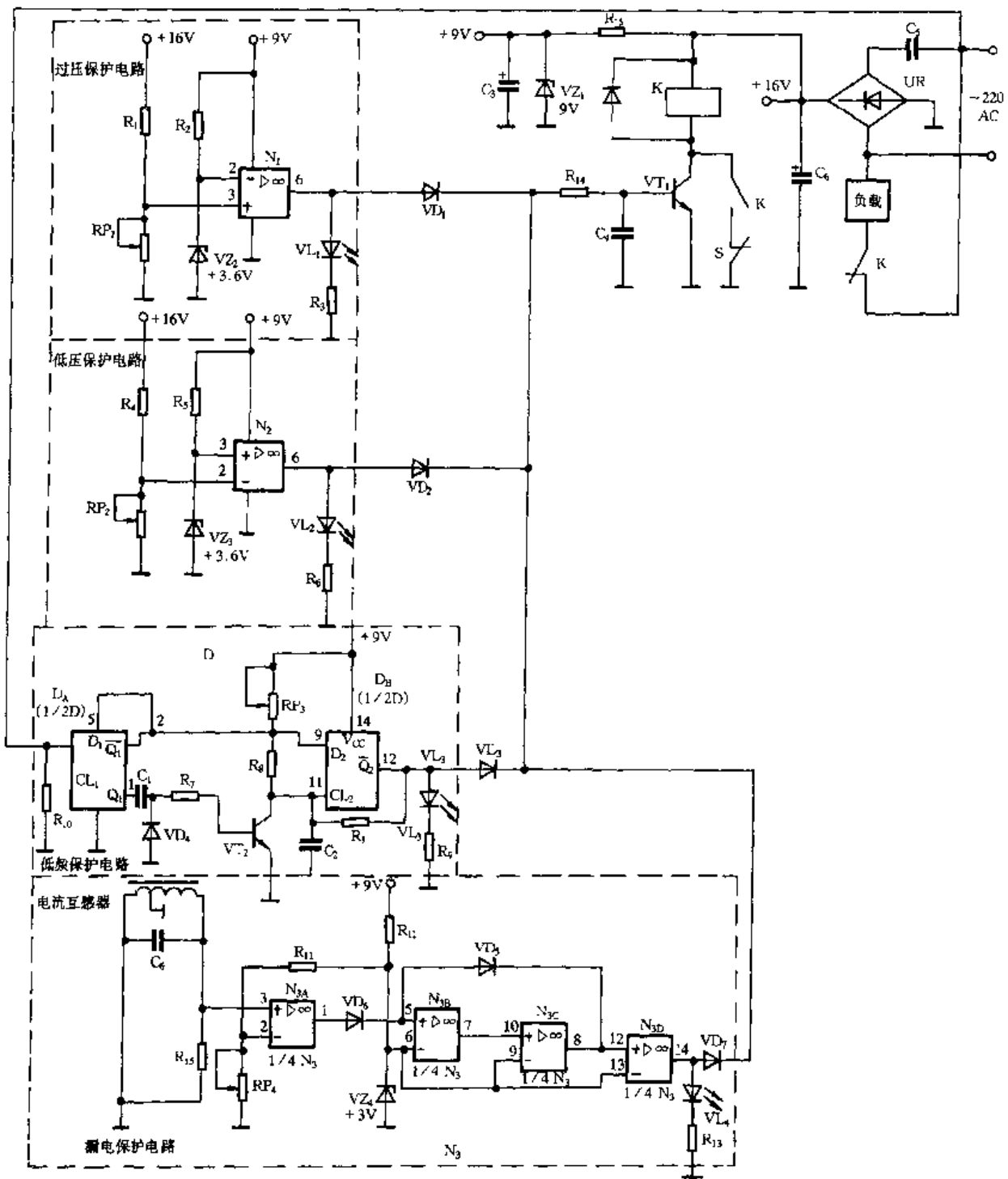


图 3.1.17 低压、过压、低频和漏电保护电路

应用时可以单独制作具有一种、两种或三种保护的电路。

该电路工作电源有两种,其中由 220V 市电经  $C_5$  降压、UR 整流、 $C_6$  滤波,得到 +16V 电压;而 +9V 电压由 +16V 电压经  $R_{15}$  降压和  $VZ_1$  稳压而得。

### (1) 过压保护电路

过压保护电路由接成比较器的运放  $N_1$  ( $\mu A741$ ) 组成。 $N_1$  的反相输入端接 +3.6V 参考电压,即稳压二极管  $VZ_2$  的稳定电压。 $N_1$  的同相输入端接取样电压,取样电压由电阻  $R_1$ 、 $RP_1$  分压而得。由于分压电阻  $R_1$ 、 $RP_1$  的 +16V 电源直接由交流电源降压整流滤波而得,因此比较器



的同相输入端电压即可反映交流电源电压的高低。采用可变电阻来改变取样电压,即改变过压保护电路的门限电压。 $VL_1$  为过压保护指示。

当市电电压升高时, +16V 电压随之升高, ③脚电压也随之升高。当③脚电压超过反相输入端电压 +3.6V 时,  $N_1$  输出高电平, 使  $VL_1$  导通发光指示过压, 同时通过  $VD_1$ 、 $R_{14}$  使三极管  $VT_1$  导通, 继电器 K 得电吸合。K 吸合后, 其常闭触点断开, 使负载失电, 其常开触点闭合, 使 K 自锁。设置 K 的常开触点, 在于防止市电的反复无常使电路反复动作。S 为常闭轻触开关, 当市电恢复正常或漏电排除后, 按它可使电路重新正常工作。

### (2) 低压保护电路

低压保护电路由接成比较器的运放  $N_2$  ( $\mu A741$ ) 组成, 其同相输入端接 +3.6V 参考电压, 反相输入端接取样电压。取样电压由电阻  $R_4$ 、 $RP_2$  分压而得。+16V 电压由交流电源降压整流滤波而得。

当市电电压下降时, +16V 电压及  $N_2$  的反相输入端②脚电压随之下降。当  $N_2$  的②脚电压下降到低于 +3.6V 时,  $N_2$  的⑥脚输出高电平, 使  $VL_2$  导通, 发光指示电压过低, 同时通过  $VD_2$ 、 $R_{14}$  使三极管  $VT_1$  导通, 继电器 K 得电吸合, 其常闭触点断开, 负载电源被切断。

### (3) 低频保护电路

低频保护电路由双 D 触发器  $D_A$ 、 $D_B$  (CC4013) 组成。

触发器  $D_A$  对输入的 220V 交流信号进行整形。当输入信号由低电平向高电平转换时, 触发器  $D_A$  翻转, 电容  $C_2$  通过  $VT_2$  迅速放电, 然后由  $RP_3$ 、 $R_8$  向电容  $C_2$  充电。调节  $RP_3$ , 可以改变  $RP_3$ 、 $R_8$ 、 $C_2$  充电回路的时间常数, 并可改变频率控制的门限值。 $C_2$  直接与第二只 D 触发器  $D_B$  的时钟脉冲  $CL_2$  相连。

触发器  $D_B$  用于产生低频保护的驱动信号。发光二极管  $VL_3$  用于指示市电频率过低。当市电频率高于设定频率时, 触发器  $D_B$  的  $\overline{Q}_2$  为低电平,  $VD_3$  截止。当市电频率低于设定频率时, 触发器  $D_B$  翻转,  $\overline{Q}_2$  为高电平。该高电平使  $VL_3$  导通, 发光指示频率过低, 同时通过  $VD_3$ 、 $R_{14}$  使  $VT_1$  导通, 继电器 K 得电吸合, 其常闭触点断开, 负载失电。

### (4) 漏电保护电路

漏电保护电路由电流互感器及  $N_3$  (LM324) 等组成。LM324 内部有 4 只运放, 它们均工作在比较器状态。电流互感器采用  $\Phi 10\text{mm}$  铁氧体磁芯(可用黑白电视机行输出变压器铁氧体磁芯), 线圈 L 用  $\Phi 0.12\text{mm}$  漆包线绕 1600 ~ 1800 匝, 交流电源线在磁芯上绕 2 ~ 3 匝, 以提高灵敏度。 $VZ_4$  选用稳压管 1N4728。使 3 只运放  $N_{3B} \sim N_{3D}$  的反相输入端的电压稳定在 +3V, 运放  $N_{3A}$  的反相输入端的基准电压则由  $R_{11}$ 、 $RP_4$  的分压确定。调节  $RP_4$  可以改变漏电保护器的灵敏度。 $VL_4$  为漏电指示发光二极管,  $VD_5$  为信号反馈二极管, 使得⑧脚高电平反馈到⑤脚。这样, 即使漏电电流解除后⑦、⑧、⑭脚仍均为高电平。

当触电事故发生时, 电流互感器产生的脉冲电压加到  $N_3$  的③脚, 这时③脚电压高于②脚, ①脚输出高电平。该高电平使⑤脚电压高于⑥脚, 则⑦脚输出高电平。依次类推, ⑭脚也输出高电平, 使  $VL_4$  发光, 同时通过  $VD_7$ 、 $R_{14}$  使  $VT_1$  导通。 $VD_5$  的作用是使⑧脚高电平反馈到⑤脚, 维持⑦、⑧、⑭脚为高电平。

## 4. 电子式高返回系数继电器电路

电路如图 3.1.18 所示, 其核心为由运放组成的施密特触发器, 实际为具有正反馈的电压比较器, 由于正反馈的存在, 有助于加速电路从一种输出状态翻转到另一种输出状态, 从而可

减小动作回差。

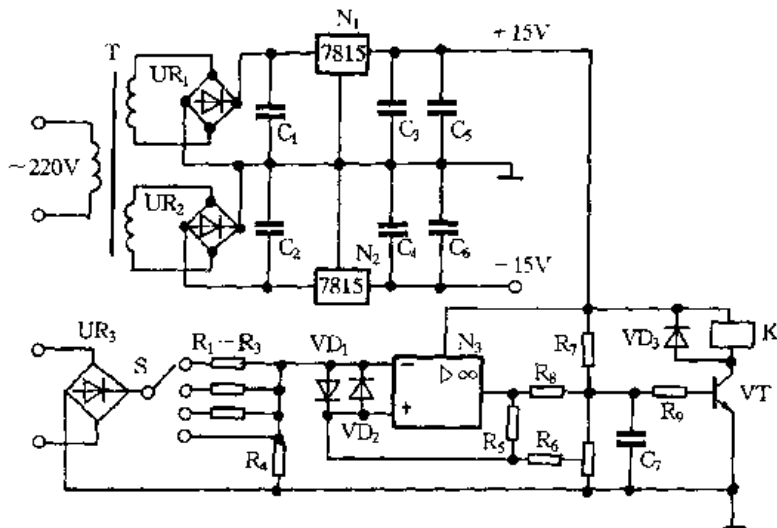


图 3.1.18 电子式高返回系数继电器电路

施密特触发器作为电压比较器用来鉴别输入信号是否达到或超过某一基准电平，并在其输出端以两个相差悬殊的固定电平“1”或“0”来表征，即将幅度连续变化的模拟信号转化为只有两个离散电平的信号。因此，它是模拟信号变换为数字信号的接口电路，在模数兼备的现代电子自动控制方面有着极其广泛的应用。

图 3.1.19 所示为典型的施密特触发器，使触发器动作(翻转)的输入电压为：

$$U_S \geq U_{+H} = \frac{R_5}{R_5 + R_6} \cdot U_R + \frac{R_6}{R_5 + R_6} \cdot U_O$$

使触发器返回的输入电压为：

$$U_S \leq U_{+L} = \frac{R_5}{R_5 + R_6} \cdot U_R - \frac{R_6}{R_5 + R_6} \cdot U_O$$

因此，其回差电压为：

$$\Delta U = U_{+H} - U_{+L} = \frac{2R_6}{R_5 + R_6} \cdot U_O$$

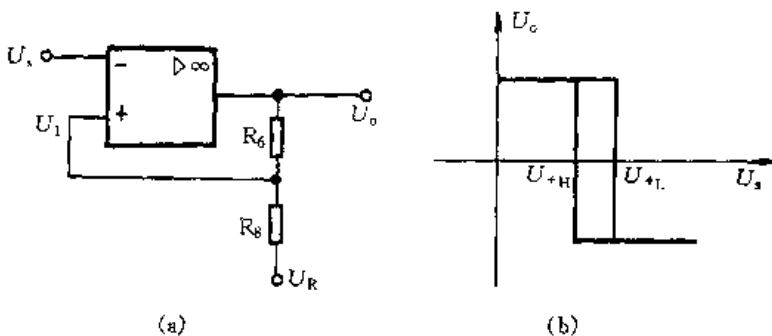


图 3.1.19 施密特触发器电路

由上述公式可知，调整基准电压  $U_R$ ，则传输特性的转折点即可改变，从而获得不同的设定动作值。由取样电路获得的电压输入  $U_S$  端，施密特触发器的输出电压推动后级开关电路驱动继电器。由于驱动级为开关电路，小型继电器线圈 K 回路的电磁时间常数小，能保证动作

迅速。整个继电器的动作回差基本上取决于施密特触发器的回差,而施密特触发器的回差可随意调整,因此由此构成的继电器可具有很高的返回系数。

该电路可用于直流电路的准确切换,直流电动机高速运行时的弱磁切换,切换动作灵敏可靠。采用该电子式高返回系数继电器可直接替代原电磁式高返回系数继电器。

还可用于激磁回路的失磁监护,直流电机激磁的失磁保护,一般是检测激磁回路的电流,对此可在该继电器之前加上一只直流电流变换器,把直流电流变换成直流电压,直流变换器可根据激磁回路的工作电流合理选择。该继电器还可扩充到监测过流,作为过流继电器。由于该继电器检测回路上设有二极管整流桥,因此对直流电压进线没有极性要求。

### 5. 数字式时间间歇控制电路

图 3.1.20 所示为利用数字式电子钟电路,具有多种开关比例的时间间歇控制电路,间歇开关时间比例精确,同时也可以作为电子钟正常计时。该电路适用需要间歇工作的电器设备,如家庭中的电热毯、加温器、装饰灯等,也可用于畜牧业畜禽舍的通风机、电子广告牌、霓虹灯的控制等。

该电路由数字电子式电路  $D_1$  (LM8361 ~ LM8363)、LED 显示屏、 $D_2$  (CD4060) 组成基本电路;由 UR、N(7806)、 $C_3$ 、 $C_4$  组成稳压电源电路。 $S_1$  为快校键、 $S_2$  为慢校键、 $S_3$  为秒显示键、 $S_4$  为闹时显示键。该控制器利用数字钟 LED 显示屏的分位、十分位、时位的数字 8 的部分笔划,作为电子开关 VT 的输入信号,控制微型继电器 K 的工作。如果需要控制较大的电器设备,可以增加中间继电器。 $S_5$ 、 $S_6$ 、 $S_7$  为拨码开关,分别与显示屏的分位、十分位、时位的各段笔划连接, $S_5$  ~  $S_7$  的公共极(静接点)通过电阻  $R_2$  与 VT 的基极连接。根据工作需要,分别选择分位、十分位、时位的拨码开关参与工作。当一个拨码开关工作时,其它拨码开关应置 0 位。 $S_5$  ~  $S_7$  的可动极(动接点)分别与数字 8 的 a、b、c、d、e、f、g 笔划连接,以不同的时间间隔比例输出高电平,控制 VT 的导通和关断,以实现不同时间间隔的间歇比例控制。在数字钟快校键  $S_1$  两端并联一只电解电容器  $C_1$ ,起到当断电再启动时防止数字钟闪烁的作用。由 LM8361 组成的数字电子钟为三位半数字显示,正常显示为 12h,上、下午用显示屏左侧上、下两个圆点以示区别。为实现对不同的时间间隔比例进行间歇控制,可以选择分位、十分位、时位的各段笔划和显示屏左侧上、下午两个圆点作为电子开关 VT 的输入信号,控制继电器 K 的工作(图中省略了 12h 以上间隔的控制)。该控制器作时钟显示时可以正常显示真实时间,需要长时间间隔间歇比例控制,可以从上、下午两个圆点(显示屏的脚②或③)引出控制信号驱动 VT,以实现 12h 的间歇比例。按照所控制电器设备的要求,选择不同的间歇时间比例,通过分位、十分位、时位的拨码开关,预先设定间歇比例,以实现自动控制。将拨码开关数字 1~5 的输出触点分别与数字 8 的 c、a、f、g、b 笔划连接,通过调节拨码开关可以预先设定间歇开关比例。如果需要以秒为单位进行间歇控制,可以将秒显示开关  $S_5$  接通,使数字钟处于秒显示状态下工作,以秒为间隔进行间歇控制。当  $S_5$  闭合时,显示屏的显示值转换为:原分位变为秒位,十分位变为十秒位,时位变为分位,十时位不显示。工作时,根据间歇时间需要,选择拨码开关,以预先设定以秒为单位的开、关比例。

### 6. 由集成电路 7217 组成的固态时间继电器电路

图 3.1.21 所示的由 7217B 可逆计数器为核心构成的固态时间继电器电路,具有定时范围大、精度高、重复性好、无触点、无噪声、抗干扰强、寿命长等特点,可以作为时间继电器的一种换代产品。

集成电路 7217 为 4 位十进制/2 位六十进制可逆计数器,将计数器、译码、锁存和驱动 4 种

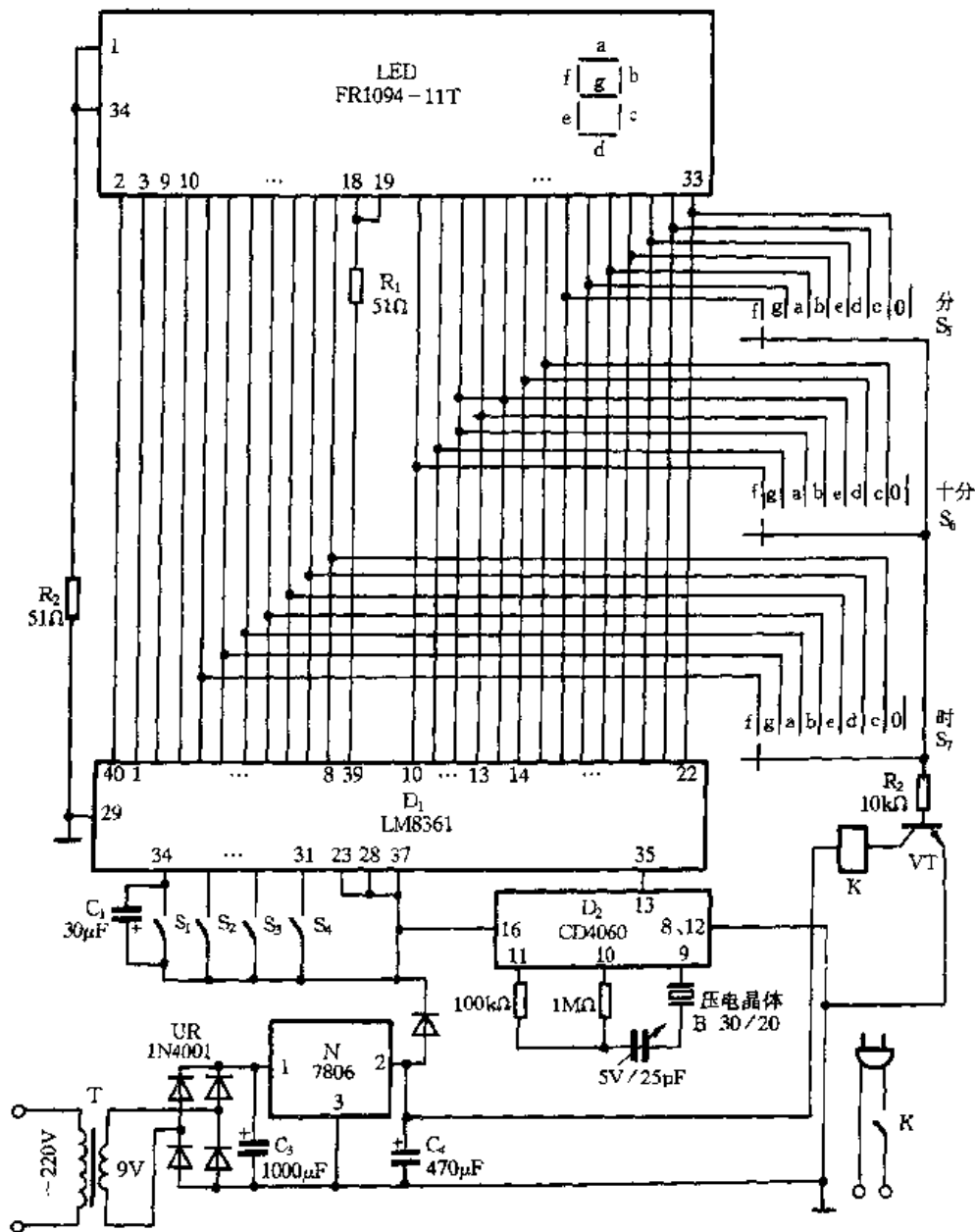


图 3.1.20 数字式时间间歇控制电路

功能集成于一体,可直接扫描驱动四位共阳或共阴方式工作的七段 LED 显示器。7217B(共阳)和 7217C(共阴)作为计时电路最大计时数达 5959。

只需对输入端电路和输出端电路作少许变动,即可满足不同的需要。以倒计时方式显示出时间的变化,操作者可直观地掌握控制的进程。

由 7217B 组成的固态时间继电器电路由四部分组成。

**输入端电路:**即电源电路,它决定控制端形式。可以采用多种形式的电压变换,以满足不同回路的控制要求。这里采用 AC/DC 变换集成电路 MAX610,可直接将 220V 交流电变作 5V 直流电,供电路使用。

**时钟信号产生电路:**由 CMOS 集成电路 7213 构成,它外接 4.194MHz 的晶体振荡器,经过内部分频电路,得到两路脉冲输出信号(秒脉冲和分脉冲)。S<sub>1</sub> 为定时范围选择开关。当 S<sub>1</sub> 置于 1 或 2 时,固态时间继电器的最大延时值分别为 59 分 59 秒或 59 小时 59 分。

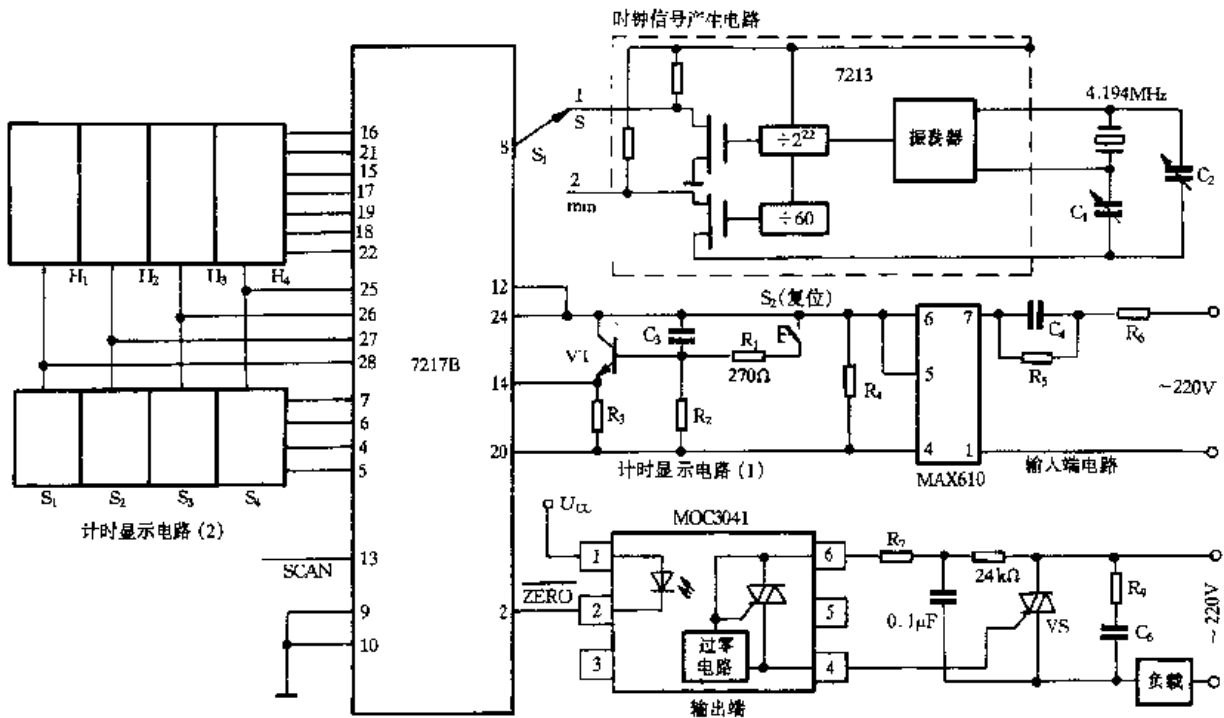


图 3.1.21 由 7217B 组成的固态时间继电器电路

计时显示电路：是该电路的核心。其中  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  和 VT 组成开机自动复位电路，使得输入端有信号后，继电器自动复位处于工作状态。 $S_1 \sim S_4$  为四位 BCD 拨盘开关，用于对时间进行预置。 $H_1 \sim H_4$  为四位共阳 LED，用以显示时间。由于 7217B 内部有驱动电路，7 段输出码 a ~ g 可直接连 LED 显示器的对应段。这里的扫描端 SCAN 悬空。其内部振荡器的频率为 10kHz，位扫描频率为 2kHz。

输出电路：利用 7217B 的全零输出端  $\overline{ZERO}$  进行控制，当固态时间继电器达到动作时间时，电路的  $\overline{ZERO}$  端输出低电位，可直接去控制固态继电器，以适应不同形式的被控制负载。该电路的输出端电路，以光电隔离过零型双向晶闸管光电耦合器 MOC3041 为核心，具有良好的输入/输出绝缘性。当输入端有信号时，红外光控制输出的光敏双向开关导通，进而触发外接双向晶闸管 VS 导通，使得被控对象接入交流回路中。 $R_7$  起限流作用，其值由 VS 的控制极电压决定。 $R_9$  和  $C_6$  则为双向晶闸管的阻容吸收电路，其值由双向晶闸管的参数决定。

常规时间继电器所有应用场合都可使用该固态时间继电器。对于不同的控制电压和不同的受控对象，只需改变输入端的输入电压（用变压器或 DC/DC）和输出端的晶闸管参数；对于不同的控制形式，如通电延时、定时吸合、断电延时、循环延时等，都可以通过对输出端的改动得到实现。

### 三、电子开关和插座电路

#### 1. 声、光控开关电路

电路如图 3.1.22 所示。220V 交流市电经  $VD_1 \sim VD_4$  桥式整流变成脉冲直流电压，为负载（电灯 EL）提供电源，负载电源的通断用晶闸管 VS 控制。脉动直流电经电阻  $R_1$  降压，通过二极管  $VD_5$  为控制电路提供直流工作电源， $C_1$  为滤波电容。声光控开关的主电路由 CMOS 电路与非门 D（CD4011）组成。其中  $D_3$  接成放大器； $D_1$ 、 $D_2$  组成触发延时控制电路。 $D_4$  组成根据环境亮度而控制电路工作状态的光控电路，该电路用光敏电阻 RG 进行检测，环境亮度暗时，其

阻值大,它与电阻  $R_7$  的分压值升高,当超过与非门输入电压的阈值时,其⑪脚输出低电压,使二极管  $VD_6$  处于截止状态,与前面的触发延时电路隔离。当环境亮度升高时,光敏电阻阻值减小,光阻与电阻  $R_7$  的分压值降低,当分压值低于与非门输入阈值电压时,与非门  $D_4$  翻转,⑪脚输出高电压,二极管  $VD_6$  导通,使与非门  $D_1$  的①脚被钳位于高电平。

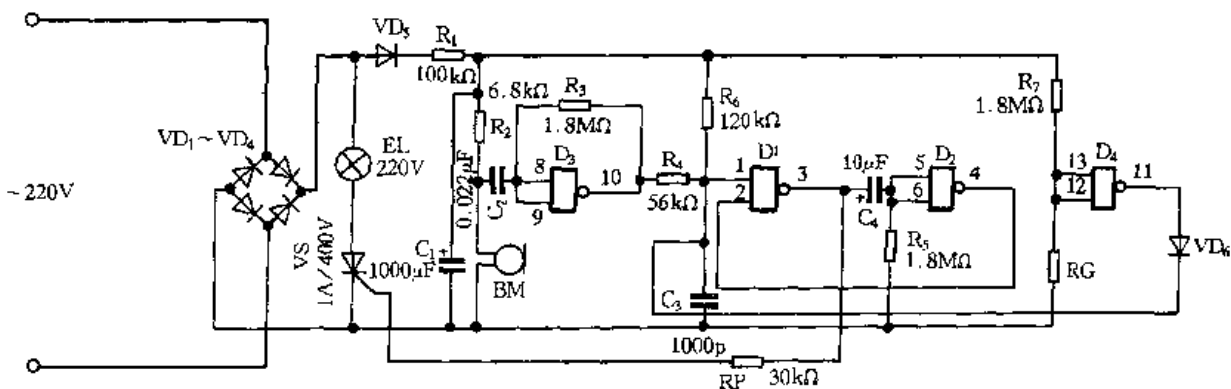


图 3.1.22 声、光控开关电路

$D_1$ 、 $D_2$  组成单稳态触发延时电路。静态时,⑤、⑥脚为低电压,④脚输出高电压至  $D_1$  的②脚; $D_1$  的①脚的电压在静态时,无论是电阻  $R_6$ 、 $R_4$  的分压值,还是  $VD_6$  导通后的钳位值,都高于与非门的输入阈值电压,因此①、②脚均为高电平“1”,使与非门  $D_1$  的③脚输出低电压,晶闸管控制极接“0”电平而关断。

当环境亮度变暗时,光控电路关断, $D_4$  输出低电平,使二极管  $VD_6$  截止。当此时驻极话筒  $BM$  接收到周围声音,把声音转换成电信号,该信号在话筒负载电阻  $R_2$  上产生音频信号电压,经电容器  $C_2$  耦合到与非门  $D_3$  组成的放大器的输入端⑧、⑨脚,在输出端⑩脚输出被放大的音频信号。该信号经电阻  $R_4$  耦合到触发延时电路的输入端①脚,因此在①脚输入端的直流电压上又叠加了一个音频信号,当该点叠加信号电压的瞬时值低于与非门阈值时,③脚输出高电压,该瞬时值虽为一瞬,但该电压经电容  $C_4$  耦合到与非门  $D_2$  的输入端⑤、⑥脚,使其④脚输出低电压,并返回到与非门  $D_1$  的②脚,封锁了与非门  $D_1$ ,保持③脚的高电压。③脚的高电压一方面使晶闸管  $VS$  导通,另一方面经微分电路的电阻  $R_5$  给微分电路的电容  $C_4$  充电,与非门  $D_2$  的输入端⑤、⑥脚电压逐渐降低,当低于与非门输入端的阈值时, $D_2$  的④脚输出高电压,返回到  $D_1$  的②脚,若此时周围已无声音,①脚已变为高电压,②脚高电压的到来,使③脚输出低电压,晶闸管  $VS$  关断。若此时周围声音存在,则声音控制亮度足够亮时,二极管  $VD_6$  的导通,使  $D_1$  的①脚被钳位于高电压, $D_3$  放大器输出的音频信号不能再起触发作用,因此白天电灯(负载)不能点亮。

## 2. 单按键双路照明开关电路

目前广泛使用的照明开关,均采用一只按键开关控制一路照明电源的工作方式,随着照明电源路数的增加,就要增加照明开关,给使用造成了不便。图 3.1.23 所示单按键双路照明开关电路,只有单按键就可按顺序控制两路电源。

220V 交流电源经  $VD_1 \sim VD_4$  桥式整流,  $R_1$  降压,电容  $C$  滤波,  $VZ$  稳压,得到 9V 直流电压供给控制电路工作。 $D_1$  为主从 D 型触发器 CD4013,它由两个完全相同的 D 型触发器  $D_{1-1}$ 、 $D_{1-2}$  组成,每个触发器都有独立的数据输入端  $D$ 、置位端  $R$ 、时钟输入端  $CP$ ,为脉冲上升沿触发。

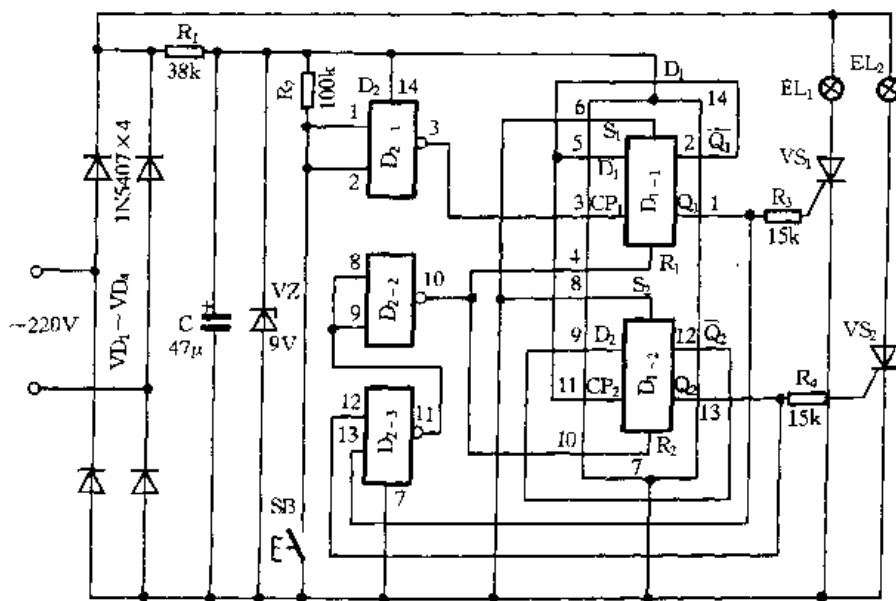


图 3.1.23 单按键双路照明开关电路

要开灯时,按一下常开按键 SB,与非门  $D_{2-1}$  的输入端得到一低电平脉冲,输出一高电平脉冲,使 D 型触发器  $D_{1-1}$  的时钟端  $CP_1$  得到一个上升沿脉冲,其  $Q_1$  端输出高电平、 $\overline{Q_1}$  端输出低电平。 $Q_1$  端输出高电平,使晶闸管  $VS_1$  导通,灯泡  $EL_1$  点亮,即接通了第一路照明电源。再按一下 SB,则  $D_{2-1}$  又输出一高电平脉冲,D 型触发器  $D_{1-1}$  时钟端  $CP_1$  又得到一个上升沿脉冲,使  $Q_1$  端输出低电平、 $\overline{Q_1}$  端输出高电平,晶闸管  $VS_1$  截止, $EL_1$  熄灭,即切断了第一路照明电源。同时 D 型触发器  $D_{1-2}$  的时钟端  $CP_2$  得到一个上升沿脉冲, $Q_2$  端输出高电平、 $\overline{Q_2}$  端输出低电平。 $Q_2$  端输出高电平,使晶闸管  $VS_2$  导通,灯泡  $EL_2$  点亮,即接通了第二路照明电源。如果再一次按下 SB,则  $D_{1-1}$  的时钟端  $CP_1$  又得到一个上升沿脉冲, $Q_1$  端输出又变为高电平,由于  $Q_2$  端也为高电平,使得与非门  $D_{2-3}$  输出低电平,与非门  $D_{2-2}$  输出高电平,D 型触发器  $D_{1-1}$ 、 $D_{1-2}$  的复位端  $R_1$  及  $R_2$  均变为高电平, $D_{1-1}$ 、 $D_{1-2}$  均复位, $Q_1$ 、 $Q_2$  均变为低电平, $VS_1$ 、 $VS_2$  均处于截止状态, $EL_1$ 、 $EL_2$  均熄灭,即两路照明电源均切断。由以上分析可知,通过不断地按动常开按键 SB,就能使两路照明灯泡  $EL_1$ 、 $EL_2$  顺序点亮,从而实现了一只按键控制双路照明电源的功能。

$D_{2-1} \sim D_{2-3}$  为 2 输入端与非门 CD4011,本电路采用其中的三组与非门。

该开关应用比较广泛,可用对台灯、壁灯进行控制,使它们更具有使用价值,此时, $EL_1$  选择 60W 白炽灯泡, $EL_2$  根据自己的需要,选择 3W 红色或其它色彩的灯泡,当  $EL_1$  点亮, $EL_2$  熄灭时,用于正常的工作与学习照明。当  $EL_2$  点亮, $EL_1$  熄灭时,既起到了装饰灯的作用,又能提供夜间的微光照明,为人们夜间的的生活提供便利,特别适合有婴幼儿的家庭使用。

### 3. 双向电源开关电路

图 3.1.24 所示的电子式双向电源开关电路,由变压器驱动集成电路 MAX845、隔离变压器 T、整流电路及 N 沟道 MOS 场效应管  $VT_1$ 、 $VT_2$  等组成,用来控制电源电压  $U$  与负载之间的通断。电源  $U$  可以是正、负极性的直流电源或交流电源。被关断的电源电压  $U$  的大小仅仅受限于场效应管  $VT_1$ 、 $VT_2$  的最大允许漏源电压  $U_{DS}$ ,可实现较高电源电压的关断。

MAX845 为 8 脚的隔离变压器驱动集成电路,其内部由 RC 振荡器、边沿触发器及两个 N 沟道功率开关 MOSFET 组成,可以用 5V 或 3.3V 直流电压驱动具有中心抽头的变压器原边,在

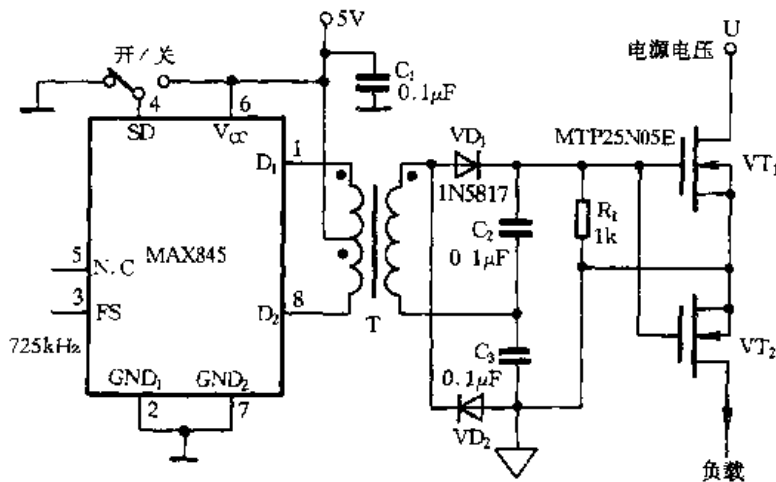


图 3.1.24 双向电源开关电路

次级产生隔离的方波电压信号,其频率由 FS 端控制,图中 FS 端悬空,产生的方波频率为 725kHz。

变压器的初级绕组和 MAX845 工作电压为 5V,次级产生的隔离交变电压,由  $VD_1$ 、 $VD_2$ 、 $C_2$ 、 $C_2$  组成的倍压电路整流后为场效应管  $VT_1$ 、 $VT_2$  提供 10V 的栅源驱动电压 ( $U_{GS}$ )。  $U_{GS}$  悬浮且稳定,不会受到电源电压  $U$  变化的影响,采用两只相串联的场效应管  $VT_1$ 、 $VT_2$ ,是为了避免由于场效应管内部寄生的二极管的作用,而使开关对于某种极性电源无法关断。将两只场效应管  $VT_1$ 、 $VT_2$  的源极对源极相连,它们的内部寄生二极管则为反向串联,这样,任何极性的电源电流都不会通过寄生二极管流通。

关掉 MAX845 也就关掉了场效应管  $VT_1$ 、 $VT_2$  的驱动电压  $U_{GS}$ ,从而使开关关闭,切断电源与负载的连接。当 MAX845 的  $SD = 0V$  时,开关打开;而  $SD = 5V$  时,开关关断。关断速度取决于  $R_1$  的阻值,降低  $R_1$  的阻值可以减少关断延迟时间,但会使控制电源电流增大 ( $R_1 = 1k\Omega$  时,控制电源电流约为 24mA)。若开关速度不是关键,可以选取较大阻值的  $R_1$ ,使控制电流降低到 5mA 以下,实现低功耗隔离驱动。

#### 4. 红外线遥控开关电路

电路如图 3.1.25 所示,该开关能在 8 ~ 10m 范围内进行遥控,具有良好的抗干扰性、隐蔽性,光效率高,开关准确可靠。

主电路可由接触器或双向晶闸管组成(图中未画)。控制回路的核心由红外线发射模块 BTH - 801F 和红外线接收模块 BTH - 801J 组成。

按下  $SB_1$ ,发射块 BTH - 801F 的①、②脚置高电平,经内部振荡、驱动电路,由模块发出 40kHz 红外信号。接收块 BTH - 801J 接收到红外信号,其②脚输出低电平,经非门  $D_1$  (CD4011) 变为高电平,送双稳触发器  $D_2$  (CD4013) 的 CP 端,于是  $D_2$  翻转,Q 端输出高电平,送三极管 VT 基极,使 VT 导通,继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合(图中未画),控制接触器线圈或双向晶闸管控制极,于是负载得电开始工作。

当再次按下  $SB_1$ ,则  $D_2$  翻转,Q 输出低电平,VT 截止,K 失电释放,其常开触点断开,使负载失电停止工作。 $SB_2$  为手动工作按钮。

控制电路电源可用电池也可用 220V 交流市电经变压、整流获得。 $D_2$  得电方可复位,确保工作可靠。



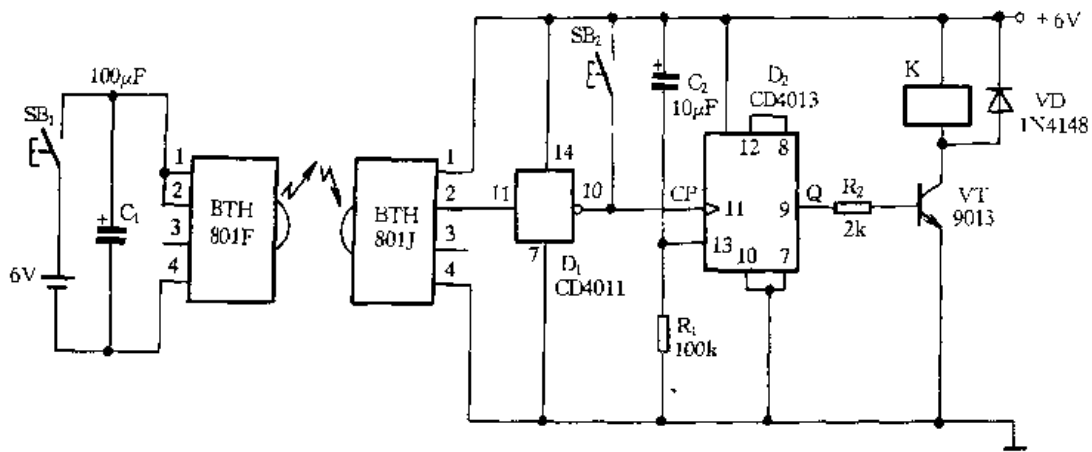


图 3.1.25 红外线遥控开关电路

### 5. 定时开关电路

电路如图 3.1.26 所示,该定时开关能在 24h 范围内,可按要求在设定的时间使开关触点自动闭合,工作到规定时间间隔后,可按设定的关断时间使开关触点自动断开。用于无人值守的自动控制场合。

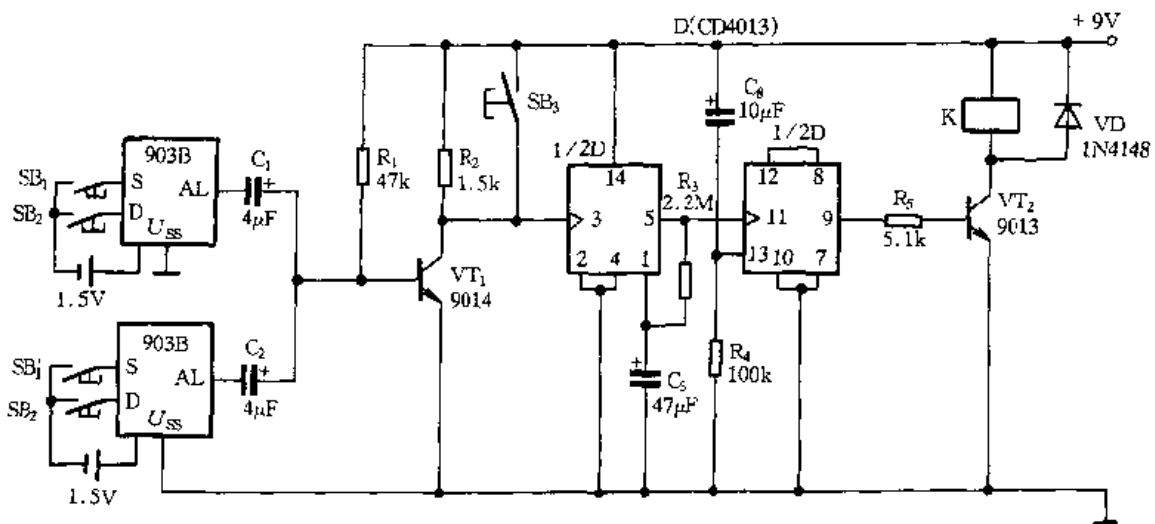


图 3.1.26 定时开关电路

主电路可用接触器或双向晶闸管组成(图中未画)。控制电路由 903B 数显器(大规模 CMOS 集成电路 KS5194/5)、液晶显示屏及外围元件组成。

由 903B 数显板上的 SB<sub>1</sub>、SB<sub>2</sub>、SB<sub>1</sub>'、SB<sub>2</sub>' 设定开关开、闭的时间区。当要求时间到,则由 KS5194/5 上的 AL 端发出脉冲,经 C<sub>1</sub> 或 C<sub>2</sub> 送到 VT<sub>1</sub> 基极……放大后驱动 K 线圈,由 K 触点控制接触器或双向晶闸管,于是负载工作于设定的时间区内。SB<sub>3</sub> 为手动工作按钮。R<sub>3</sub>、C<sub>7</sub> 用于对 Q<sub>1</sub> 端的复位。

### 6. 超声波开关电路

图 3.1.27 所示为超声波开关电路,可实现 8m 以上的可靠遥控,不受声音干扰,可用于嘈杂环境。

主电路可由接触器或双向晶闸管组成(图中未画)。控制电路由超声波发射专用集成电路 D<sub>1</sub>(NYKD40R)组成。按一下 SB<sub>1</sub>,超声波发射头 R40-16 即向外辐射 40kHz 的超声波信号。与

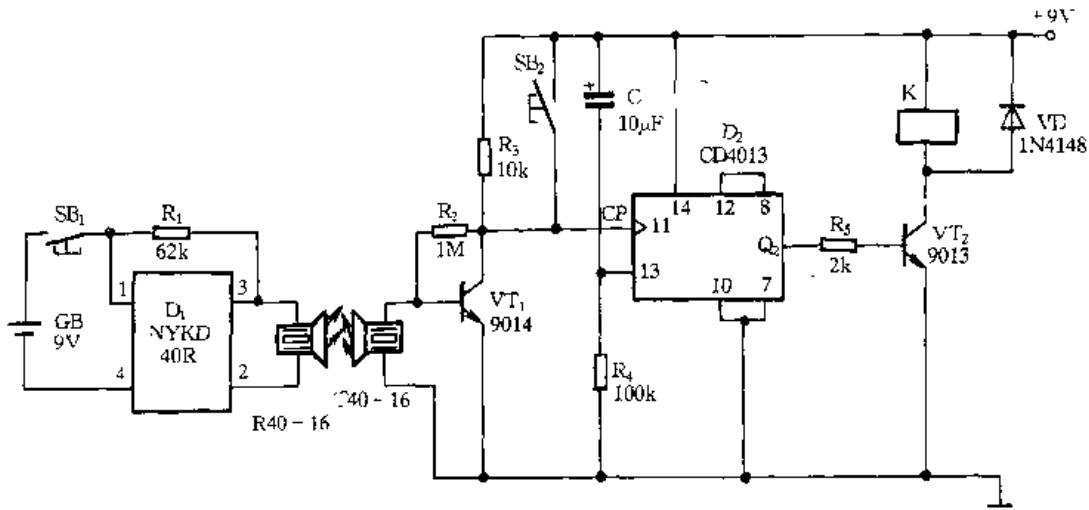


图 3.1.27 超声波开关电路

此同时,超声波接收器 T40-16 将接收到的超声波信号转换为电信号,经  $VT_1$  放大后,送入双稳触发器  $D_2$  (1/2 双 D 触发器 CD4013) 的 CP 端,于是  $Q_2$  端输出高电平并送入  $VT_2$  基极,使  $VT_2$  导通,继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合,控制接触器或双向晶闸管,从而使负载得电工作。当再次按下  $SB_1$ , CP 端接收到高电平后,双稳态触发器翻转,  $Q_2$  端输出低电平,  $VT_2$  截止, K 失电释放,从而负载失电停止工作。 $SB_2$  为手动工作按钮。

### 7. 延时定时固态开关电路

图 3.1.28 所示为高电压、大电流的功率型全电子时间开关电路,根据受控功率大小选用适当的固态继电器(SSR),就可以作各种电路的开关。既能管理家用电器,又能对电子设备进行延时或定时管理。时间控制范围短则几秒,长可达 1h 以上,自由设定,并且随时可以改变设定。

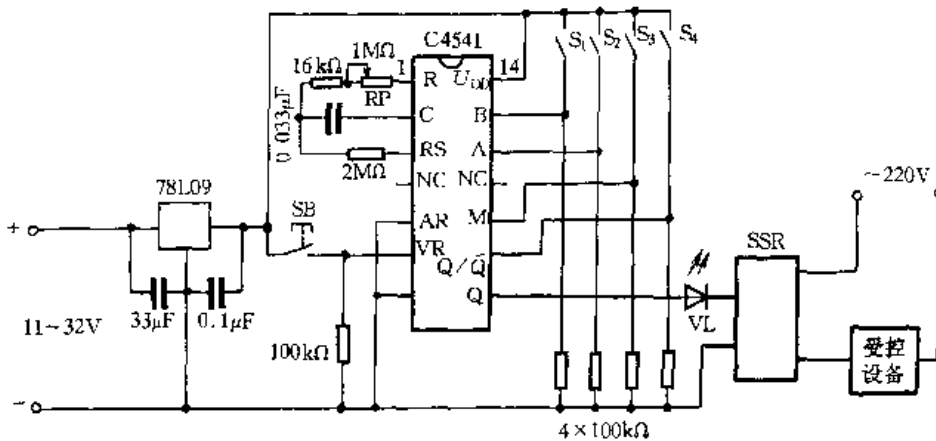


图 3.1.28 延时定时固态开关电路

78L09 是小功率三端稳压器。C4541 为 CMOS 型的 14 脚塑封结构的可变计时集成电路,其内部有时钟振荡、可变分频计数以及输出方式控制电路等。SSR 是通用固态继电器,用作定时执行及开关。该开关可以根据控制容量大小来选用,最大可用至 220V 或 380V 交流 40A。

$SB$  为复位启动按钮,按下该按钮,则定时控制电路开始计时。 $S_1$  和  $S_2$  用于设定四挡粗调时间范围,也就是设定四种分频系数: $S_1$  断、 $S_2$  合为 8 级分频系数 256,  $S_1$  合、 $S_2$  断为 10 级分频

系数 1024,  $S_1$  与  $S_2$  均断为 13 级分频系数 8192,  $S_1$  与  $S_2$  均合为 16 级分频系数  $2^{16} = 65536$ 。RP 用于设定时间细调。对应  $S_1$  和  $S_2$  的四种组合状态,可细调时间范围分别为:0.5 ~ 15s、1.2 ~ 60s、10s ~ 8min、1 ~ 65min。

$S_3$  用于设定时间运行方式为单次和重复循环。 $S_3$  断开则为单次定时; $S_3$  接通则是占空比为 50% 的间歇定时方波输出(开关通断循环)。

$S_4$  用于设定初始 SSR 开关状态为通或断,初始断就是延时控制,初始通就是定时控制。 $S_4$  断开则初始为延时,受控设备延时后才启动得电; $S_4$  合上则初始为定时,受控设备在初始就定时启动得电。

VL 用以指示 SSR 开关状态。VL 发光则表示 SSR 处于导通状态,否则就处于截止状态。该电路中, C4541 的 ③脚 AR(自动复位)连接低电平。这样就能保证开机加电时即自动起始于复位状态,完成自动初始化的确定状态,避免开机误动作。

### 8. 用集成电路 CC4017 组成的单键触摸式电子开关电路

电子开关是通过脉冲信号触发,执行器件导通或者是动作,完成控制功能的新型开关元件。其特点是:使用寿命长,工作稳定,开关位数增减容易且不受限制,并且制作简单。

电路如图 3.1.29 所示,采用单触摸电极控制方式,每触摸一次电极,开关动作(开或关)一次,如同普通的机械式开关一样。

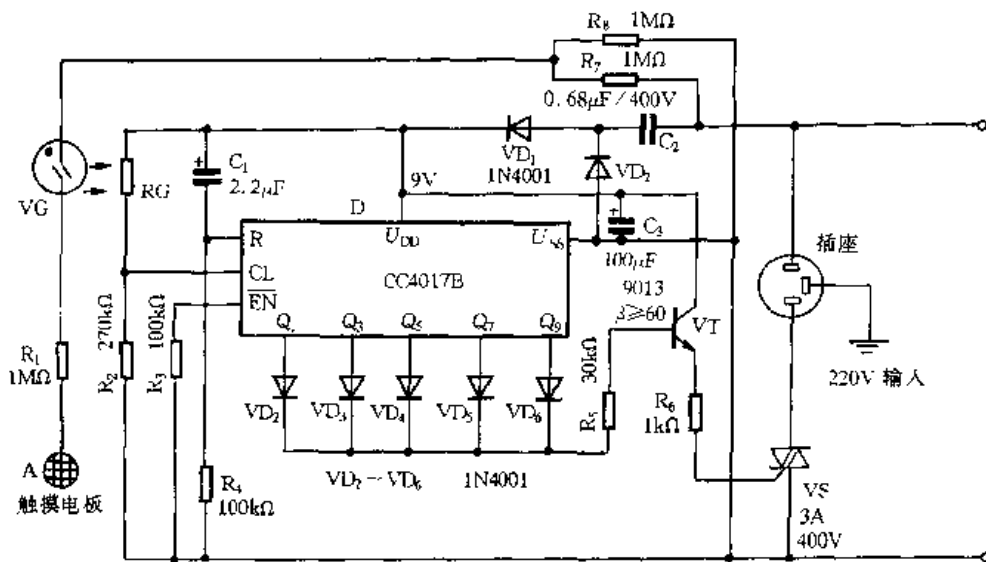


图 3.1.29 用集成电路 CC4017 组成的单键触摸开关电路

VG 是一只类似试电笔中用的氖灯泡,与光敏电阻 RG 组成一个“特殊的光电耦合器”,作为触摸信号的输入电路。在 D(CC4017)的  $Q_1$ 、 $Q_3$ 、 $Q_5$ 、 $Q_7$ 、 $Q_9$  等奇数输出端分别接有二极管  $VD_2 \sim VD_6$ ,其负极并接在一起并通过  $R_5$  接至 VT 的基极,VT 用于触发双向晶闸管 VS。这样,当 D 的上述 5 个输出端为高电位时,VT 均导通并同时触发 VS 使其导通,插座中的负载得电工作。D 的偶数输出端均被悬空,因此,偶数输出端为高电平时,VT 和 VS 均会处于截止状态,使插座中的负载失电。电路刚加电时,由于  $C_1$  和  $R_4$  的作用,D 被自动清零,此功能可以确保停电后又来电时该“开关”处于断开状态。不触摸电极 A 时,VG 不亮,RG 无光照射,暗阻较大(阻值约为 2M $\Omega$ ),它与  $R_2$  串联分压后,使 D 的 CL 端为低电平。当触摸 A 时,VG 启辉发光,RG 受其照射阻值变小,约为数十千欧,与  $R_2$  串联后,使 D 的 CL 端为高电平、D 的  $Q_1$  端输出高电

平,使  $VD_2$ 、 $VT$  和  $VS$  导通,插座中的负载得电工作。再触摸一次  $A$  时, $D$  又计一次数,使  $D$  的  $Q_1$  输出端变为低电位, $Q_2$  输出端变为高电位,使  $VD_2$ 、 $VT$  和  $VS$  分别恢复截止状态,插座中的负载失电。依此原理,每触摸一次  $A$ ,就会使电路的“开关”状态按顺序变化一次,从而电路完成由单触摸电极控制的“开”和“关”功能。电路中  $R_7$ 、 $R_8$  串联后,其两端分别接在 220V 交流市电的“相线”和“零线”上。 $VG$  的一端接在  $R_7$ 、 $R_8$  的中间,另一端接触摸电极,这样,在实际接线时就无需再区别“相线”和“零线”,任意连接均可以确保电路工作正常。

### 9. 用 CD4017 组成的电子转换开关电路

电路如图 3.1.30 所示,集成电路  $N$ (NE555) 组成单稳态电路。 $SB$  为按钮开关,每按动一次,单稳态电路  $N$  便由③脚输出一个脉冲信号,送至计数译码器  $D$ (CD4017),为其提供时钟脉冲  $CP$ 。

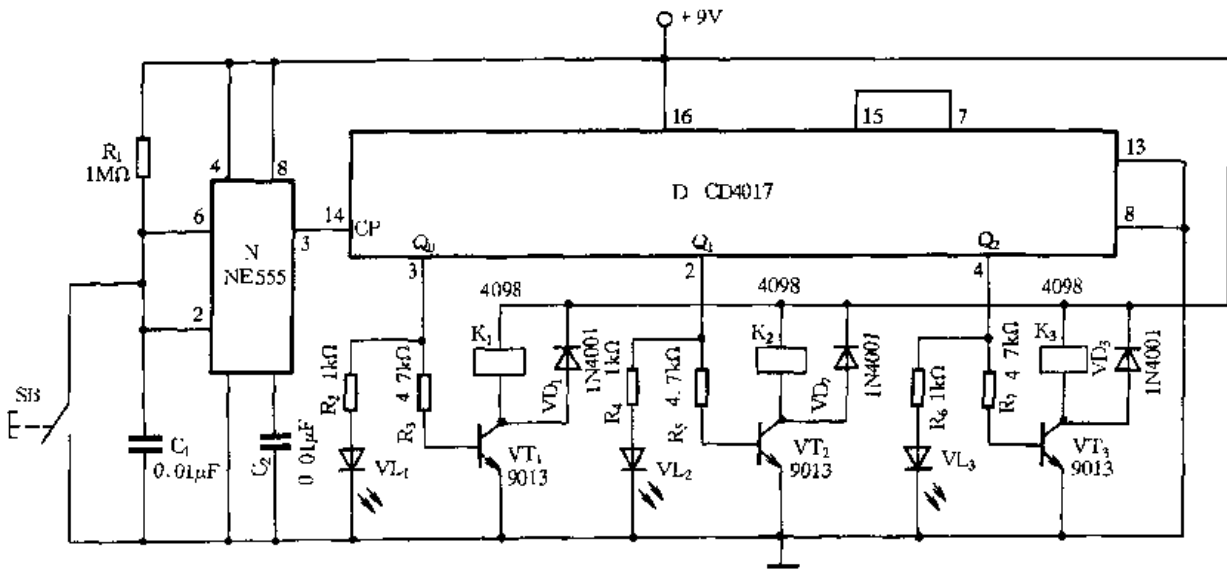


图 3.1.30 用 CD4017 组成的电子转换开关电路

开关电路的核心器件为 CD4017,它兼有计数、译码双重功能。它有 10 个译码输出端,每个输出端的状态与输入计数器的时钟脉冲个数相对应,随着时钟脉冲的输入,译码器输出的状态将依次出现高低电平的不断转换。

该电路作量程切换使用,相当于一只单刀三掷开关。根据仪器的量程要求,可将计数译码器  $D$  接成三步重复周期,连接时只需把  $D$  的复位端(⑩脚)与译码器输出端  $Q_3$ (⑦脚)接通即可。参照这种接法,可制作出符合功能要求的电子转换开关。

当按动微动开关  $SB$  输入第 1 个脉冲时, $D$  的③脚输出高电平,使三极管  $VT_1$  导通,继电器  $K_1$  得电吸合,其常开触点闭合,接通测量电路,实现量程 1 的转换,同时发光二极管  $VL_1$  导通点亮,显示量程 1。

当按动微动开关  $SB$  输入第 2 个脉冲时, $D$  的③脚由高电平变为低电平,②脚转为高电平,相应的三极管  $VT_2$  导通,继电器  $K_2$  得电吸合,其常开触点与测量电路接通,实现量程 2 的转换,同时发光二极管  $VL_2$  导通点亮,显示量程 2。

当按动微动开关  $SB$  输入第 3 个脉冲时, $D$  的②脚变为低电平,④脚转为高电平,对应的三极管  $VT_3$  导通,继电器  $K_3$  得电吸合,完成量程 3 的转换,同时发光二极管  $VL_3$  导通点亮,显示量程 3。当输入第 4 个脉冲时,电子转换开关又回到量程 1 的位置。总之,在测量过程中,量程

的转换可通过按动微动开关 SB 来实现。

该电子转换开关的执行机构是继电器,输出功率较大,可直接配接交流接触器使用,控制动力负载。如果有条件再将微动开关 SB 换成遥控开关,可实现远距离遥控。如果将单稳态电路改接成无稳态电路,再将计数译码电路适当改动,增加部分元件,很容易制成速度可以调整的循环流水彩灯。

### 10. 可预置密码的单片式电子密码开关电路

图 3.1.31 所示为电子密码开关电路,采用单片 CMOS 数字集成电路“四双向模拟开关”D (CD4066)组成,利用 10 个按钮开关  $SB_0 \sim SB_9$  输入密码(其中 8 个按钮输入 4 位预先设定的有效密码,两个按钮用来输入保护密码),在输入密码时必须按照预定的顺序输入并必须在限定的时间内完成。此电路简单,保密性好,具有密码设置更换方便和工作稳定可靠等优点。

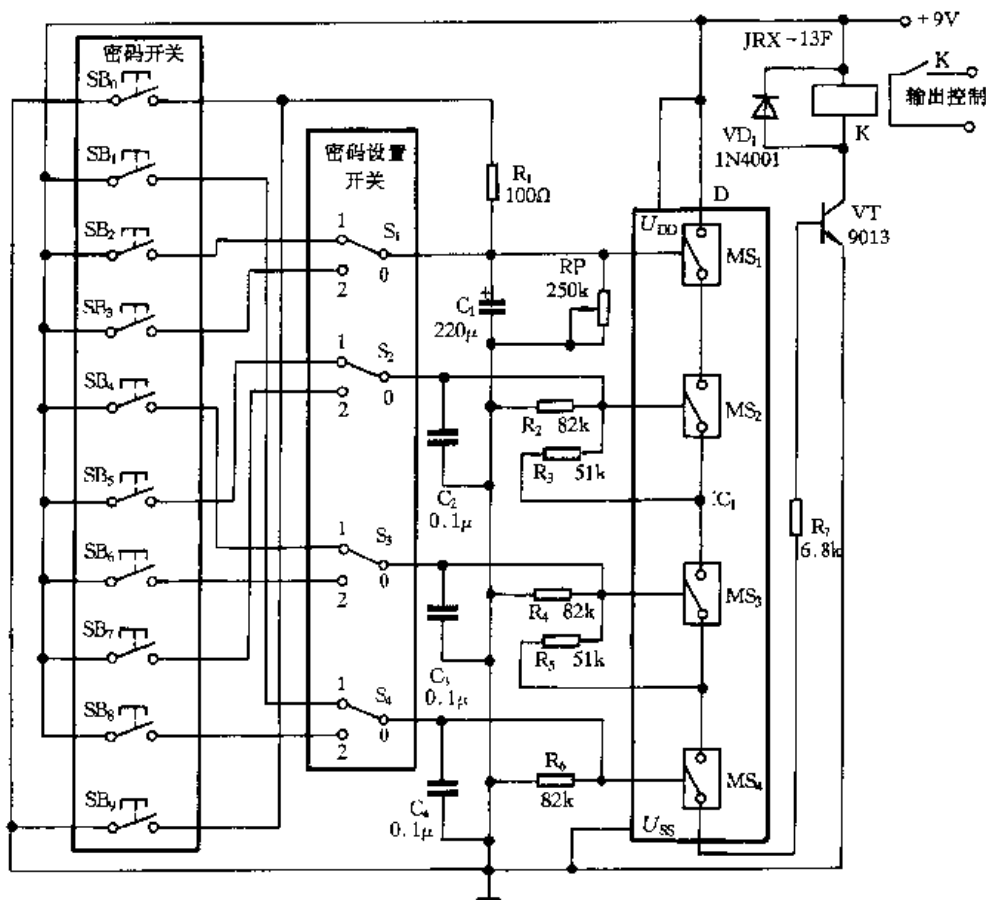


图 3.1.31 可预置密码的单片式电子密码开关电路

四双向模拟开关 D 中有 4 个完全相同且可独立控制的模拟开关  $MS_1 \sim MS_4$ 。4 个模拟开关  $MS_1 \sim MS_4$  及电阻  $R_7$  串联在一起,并将其接在电源正端与 VT 三极管的基极之间,这 4 个模拟开关共同控制 VT 的导通与截止,VT 用于驱动继电器 K 的吸合与释放,并通过其触点对外电路进行控制。为了能将  $MS_1$  作为延时开关使用,在  $MS_1$  的控制端并联接有  $C_1$  和 RP 阻容延时元件,其数值的大小决定了延时时间,该延时时间也就是限定密码输入的时间,调节 RP 可以使该延时时间得到改变。 $MS_1 \sim MS_4$  的 4 个控制端被分别接至 4 只“密码设置开关” $S_1 \sim S_4$ (单刀双掷小型按动开关)的动接点上, $S_1 \sim S_4$  的各静接点则分别被接至相应的“密码输入开关”上,以此确定并实现有效密码的排列顺序。通过按动  $S_1 \sim S_4$  即可设置或更改电路的有效密码。 $MS_2 \sim MS_4$  的各控制端分别经下拉电阻接至低电位,同时,各模拟开关的输出端还分别经

过一只电阻与各自的控制端相连,其作用是在该开关触发导通后由该电阻实现“开关自锁”。采用上述连接方式后,只有先在  $MS_1$  的控制端输入高电位信号使其导通后,才能在  $MS_2 \sim MS_4$  被依次触发导通时依次输出高电位。同理,只有当上一级模拟开关被触发处于“导通状态”后,下一级模拟开关才有可能在触发导通后进入“自锁导通状态”,这样就实现了有效密码必须按预定排列顺序输入进行设置。按照图 3.1.31 所示电路的接线方法且 4 只“密码设置开关” $S_1 \sim S_4$  均置于“1”位时,其有效密码为“2541”。

未按动任何密码开关,各模拟开关均开路,VT 截止,继电器不得电,整个电路处于静止状态。在输入密码时,要首先按动按钮“ $SB_2$ ”,输入首位密码,则  $C_1$  立即被充电至高电位并使  $MS_1$  导通,此时  $MS_1$  输出为高电位,电路做好接收第二位密码的准备(停止按动  $SB_2$  按钮后, $C_1$  上的电压将继续维持  $MS_1$  的导通并开始通过  $RP$  放电,电路进入“延时”阶段,此阶段大约持续 10s (可调),因此全部密码输入必须在 10s 内完成)。再按动按钮“ $SB_5$ ”,输入第二位密码,此时  $MS_2$  也立即被触发导通并通过  $R_3$  实现自锁(即使停止按动按钮“ $SB_5$ ”, $MS_2$  仍将保持导通的状态),输出也变为高电位,为接收其余密码做好准备。然后,按上述方法依次按动按钮“ $SB_4$ ”和“ $SB_1$ ”,完成全部密码的输入,使  $MS_3$  和  $MS_4$  先后导通,输出变为高电位,则 VT 导通,继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合,控制外电路动作,即通过输入密码控制外电路。当不知道密码的人员在输入密码时,如不先按动按钮“ $SB_2$ ”或按动按钮“ $SB_2$ ”后超过 10s 仍未输完上述有效密码时,则会因  $MS_1$  无法触发导通或触发导通超时而又回到开路状态, $MS_1$  将无法输出高电位信号,使其它密码输入无效。若在输入密码过程中误动了其它 2 位保护密码按钮“ $SB_0$ ”和“ $SB_9$ ”时, $C_1$  将通过  $RP$  迅速放电至低电位,则  $MS_1$  会因控制端变为低电位使其复位并继而导致其它模拟开关复位,使其它已经输入的密码失效,因而使电路具有多种保护功能。由上述工作过程可知,若需要改变该电路的有效密码时,只要按动“密码设置开关”中的一只或数只开关即可,若要改变输入密码时的限时时间,只要调节  $RP$  的阻值即可实现。

### 11. 铃流控制电源开关电路

目前,传真机、留言机、无绳电话等电话用户终端设备每天都是长时间处于等待状态。在这很长时间的闲置时间里,220V 交流电总是加在机器上的,机内的电路也在 24h 工作。这不仅白白浪费电能,而且也会造成温度升高、元件老化、整机容易模坏、易产生火灾等不良后果。

图 3.1.32 所示铃流控制的电源开关,利用振铃信号来启动电话用户终端设备的 220V 电

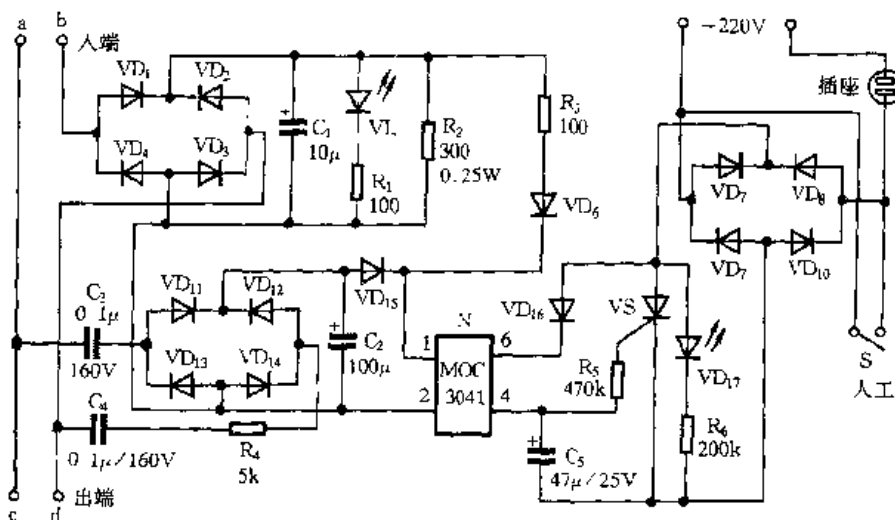


图 3.1.32 铃流控制电源开关电路

源。例如,电话留言机配用这种电源开关,当有电话振铃信号来时,该电源开关在铃流信号触发下就会使电话留言机接通 220V 电源而开始工作;当留言机摘机—留言—挂机工作完成后,该电源开关将自动切断 220V 电源,使留言机在无电状态下等候。

以传真机为例(见图 3.1.33)来说明图 3.1.32 所示铃流控制电源开关电路的工作原理。入端 a 和 b 是接来自电话局的电话线,而出端 c 和 d 接传真机。当有振铃信号进来时,振铃信号通过  $C_3$ 、 $C_4$ 、 $R_4$ ,经  $VD_{11} \sim VD_{14}$  整流,在  $C_2$  上产生一定的电压。 $C_2$  上的电压通过  $VD_{15}$  送到 N (光耦 MOC3041)的①、②端,N 的③、④端会导通, $VD_{16}$  导通,给  $C_5$  充电,晶闸管 VS 导通,接在插座上的传真机接通 220V 交流电,并开始工作。当传真机摘机工作时,通过  $VD_1 \sim VD_4$ 、 $C_1$  构成的通路,接收传真信号。在传真机工作中, $C_1$  上有电压,此电压通过  $R_3$ 、 $VD_6$  供给 N 的①、②脚,保持 VS 导通,插座上总有 220V 电压,这时是否有振铃信号已无关紧要。

当传真工作结束后,出端 c 和 d 相当于开路,此时  $C_1$  上也不会有电压了,N 不工作,VS 截止,插座上没有 220V 电压,传真机回到了等候状态。如想发传真,只要按一下 S 即可。

该电源开关既可以安装在传真机、留言机、无绳电话的机壳内,也可做成独立的产品。

无绳电话机使用该电源开关后,只有来电话时才自动加电工作,通话结束后就自动断电,从而克服了无绳电话 24h 工作内部发热的问题,也防止了近邻有人用同步子机盗打电话。

### 12. 电扇延时自动变速插座电路

调速电风扇,一旦风速确定下来就不会改变,特别是在晚间使用,定时时间长,人人睡后容易着凉,定时时间短,又感到时间不够。图 3.1.34 所示调速插座能在确定风速后,过一段时间自动将风速逐渐减慢,直至停止工作。

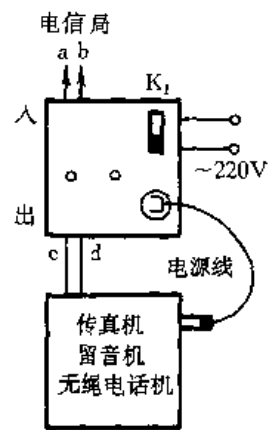


图 3.1.33 铃流控制电源开关电路的应用

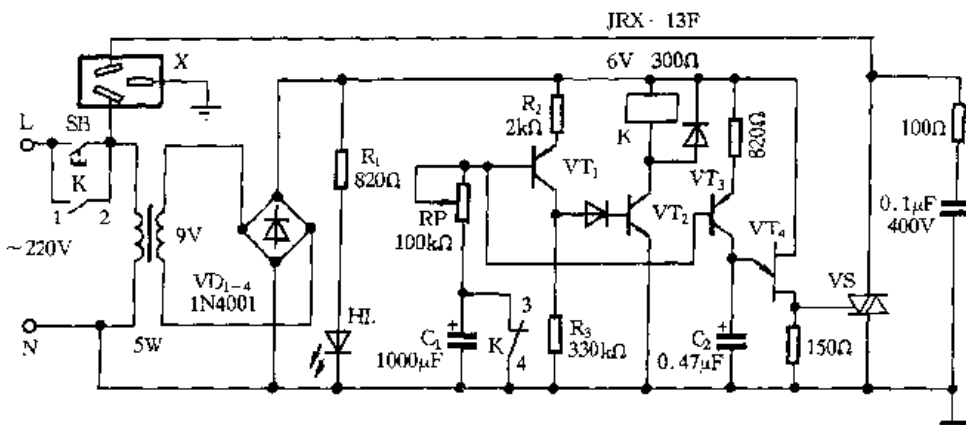


图 3.1.34 电风扇延时自动变速插座电路

该电路由延时环节、自动改变振荡周期的弛张振荡器及双向晶闸管等组成。按下按钮 SB,接通电源,电容  $C_1$  被继电器 K 的常闭触点短接,使其上初始电压为零, $VT_1$ 、 $VT_2$  导通,继电器 K 得电吸合,其常闭触点断开,电源通过  $R_2$ 、 $VT_1$  的发射结及电位器 RP 向  $C_1$  充电,延时开始。由于  $VT_1$  导通,其集电极电流在  $R_3$  上产生压降,使  $VT_2$  饱和导通,继电器 K 得电吸合,其常开触点(1-2)闭合,使电源供电电路自锁,并使插座的一个插孔接通电源的 L 线;与此同时, $VT_3$  的集电极电流向  $C_2$  充电,经单结晶体管  $VT_4$  产生触发脉冲,使双向晶体管 VS 导通,使插

座的另一个插孔接通电源的 N 线,插座接通电源,电扇得电工作。随着  $C_1$  上充电电压的提高,使  $VT_1$  集电极电流逐渐减小,  $U_{R3}$  也逐渐减小,当  $U_{R3} < 1.4V$  左右时,  $VT_2$  截止,  $K$  失电释放,使控制电路失去电源而停止工作,插座也失去电源,电风扇也停止工作。因为  $C_1$  上充电电压由小渐大,  $C_2$  上的充电电流由大渐小,  $VS$  上的触发脉冲由前向后逐渐移动,因此电扇上的电压由大渐小,电扇转速则由快渐慢,经调定时间后,  $K$  失电释放,其触点  $K(1-2)$  断开,电扇停转;  $K(3-4)$  闭合,  $C_1$  经其放电,为下一轮工作充电做好准备。

使用时,先将电风扇插头插入插座 X,然后按下  $SB$ ,电源指示  $HL$  亮,调节  $RP$  可使延时间在  $30 \sim 50min$  之间变化,电风扇转速即可由快渐慢。该插座输出电压在  $80 \sim 200V$  之间变化。

### 13. 风扇自动调速插座电路

电路如图 3.1.35 所示。时基电路  $N_1$  (NE555) 组成多谐振荡器,产生时钟脉冲,调节  $RP_1$  可使脉冲周期在  $5 \sim 30min$  内变化。当电路接通电源后,十进制计数、译码集成电路  $D$  (CD4017) 自动清零,即③脚( $Q_0$  端)为高电平,其余  $Q_1 \sim Q_9$  输出端均为低电平,发光二极管  $VL_0$  点亮,流经电阻  $R_3$  的电流触发晶闸管  $VS$  使其导通,插座  $X$  得电,风扇以最快速度工作。  $N_1$  也得电工作,开始产生时钟脉冲。当第一次时钟信号加入到  $D$  的⑭脚( $CP$  端)时,  $D$  计数,③脚( $Q_0$  端)由高电平变为低电平,②脚( $Q_1$  端)由低电平变为高电平,发光二极管  $VL_1$  点亮,通过电阻  $R_4$  的电流触发  $VS$  工作,此时  $X$  电压有所下降,降低风扇速度。随着  $N_1$  时钟脉冲信号的输出,使  $D$  输出端的高电平不断变化,从而通过不同阻值电阻的电流来触发  $VS$  导通,即改变  $VS$  导通角使输出电压从  $220V$  下降至  $210V$ 、 $200V$ 、 $190V$ 、 $180V$ 、 $170V$ 、 $160V$ 、 $150V$ 、 $140V$  直至失电,控制风扇的速度。

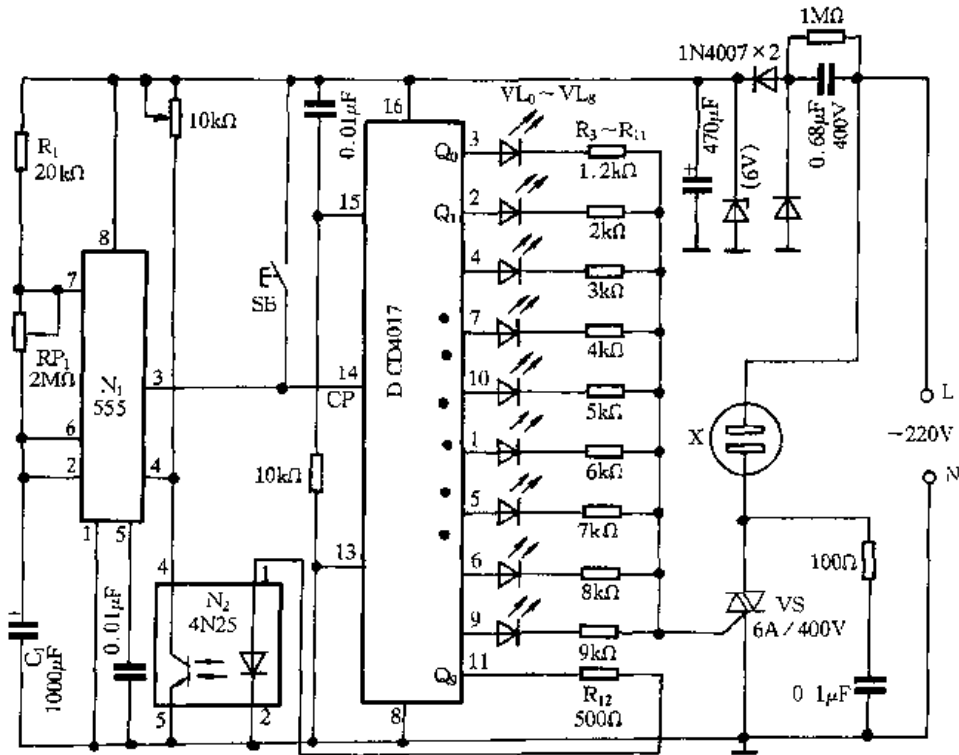


图 3.1.35 风扇自动调速插座电路

当  $N_1$  输出第 9 个脉冲信号时,  $D$  的⑪脚( $Q_9$  端)为高电平,此时一方面  $VS$  因无触发电流而



截止, X 失电, 电扇停止运转; 另一方面集成电路  $N_2$  (4N25) 内藏发光管点亮, 使内藏受光器件导通, 从而  $N_1$  的脚④电位降低, 由复位状态转为置位状态, 时钟脉冲信号停止输出, D 不再有时钟脉冲输入, 达到完全关机的目的。

图中 SB 按钮是人工确定风速按钮, 只要每按一次 SB 按钮, 风速将改变一次。

#### 14. 电饭煲定时插座电路

图 3.1.36 所示的电饭煲定时插座电路, 可使普通电饭煲能定时工作, 调速电位器 RP 可使定时时间在 2.5 ~ 4h 连续可调, 最大负载小于 1000W。

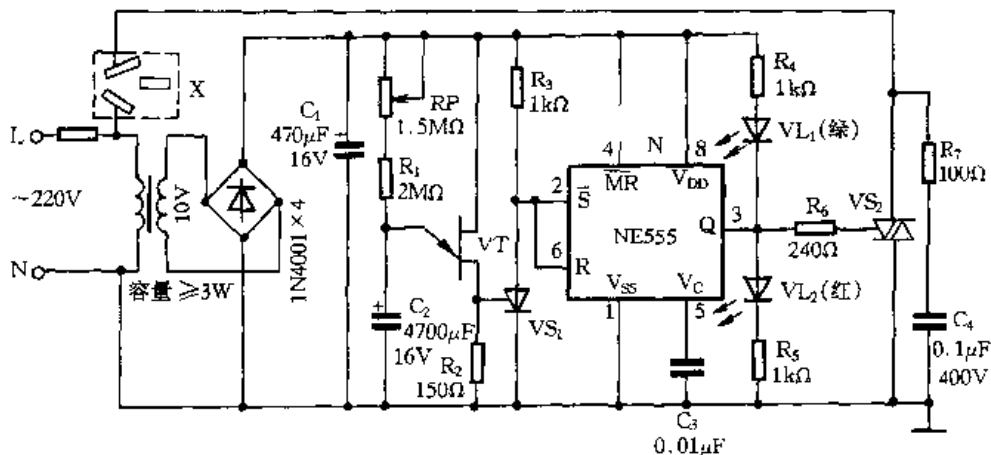


图 3.1.36 电饭煲定时插座电路

电路由弛张振荡器延时环节 VT、旋密特触发器 N (NE555)、双向晶闸管  $VS_2$  等构成。接通电源, 电源通过 RP、 $R_1$  向  $C_2$  充电, 经过定时时间后,  $C_2$  上电压充至单晶体管 VT 的发射极峰点电压时, VT 导通, 在  $R_2$  上产生一脉冲电压, 触发晶闸管  $VS_1$ ,  $VS_1$  导通, 使 N 的输入端 (②、⑥脚) 呈低电平, 其输出端 (③脚) 呈高电平, 触发双向晶闸管  $VS_2$  导通, 电饭煲得电工作。同时, 发光二极管  $VL_2$  发亮 ( $VL_1$  不亮), 指示电饭煲已得电工作。当  $VS_1$  未导通时, 即定时时间未到时, N 的输入端呈高电平, 输出端呈低电平,  $VS_2$  因未触发而截止, 电饭煲失电不工作。此时, 发光二极管  $VL_1$  发亮 ( $VL_2$  不亮)。

使用时, 接通电源,  $VL_1$  发亮, 只要将电饭煲插头插入插座 X 即可正常工作。

#### 15. 定时自动开关插座电路

图 3.1.37 所示定时自动开关插座, 能按预置的时间开启电器, 又能按预置的时间关闭电器, 时间控制部分使用 1 只电子表。

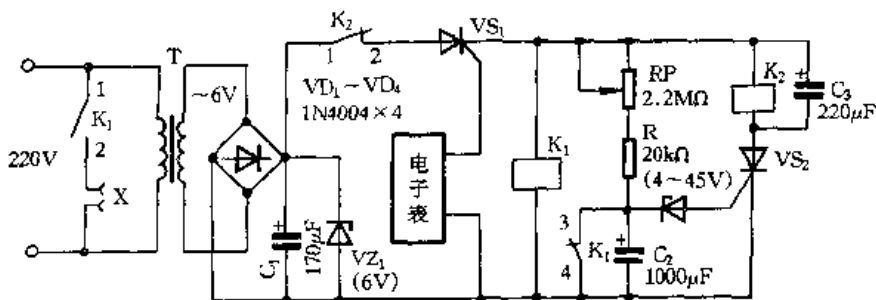


图 3.1.37 定时自动开关插座电路

220V 交流电经变压器 T 降压,  $VD_1 \sim VD_2$  整流,  $C_1$  滤波,  $VZ_1$  稳压, 输出稳定的 6V 电压供

后续电路工作。

当电子表设定时间一到,闹钟信号将  $VS_1$  触发使其导通,继电器  $K_1$  得电吸合,其常开触点  $K_1(1-2)$  闭合,将 220V 交流电接入到插座 X 中,插座 X 中的用电器得电工作。与此同时其常闭触点  $K_1(3-4)$  断开,6V 电源通过电阻  $RP$ 、 $R$  给电容  $C_2$  充电。 $C_2$  的充电过程,就是用电器的得电时间。当  $C_2$  上电压上升到稳压管  $VZ_2$  的击穿电压时, $VZ_2$  导通,触发闸管  $VS_2$  导通,继电器  $K_2$  得电吸合,其常闭触点  $K_2(1-2)$  断开,切断  $VS_1$  阳极电源,即  $VS_1$  关断, $K_1$  也随之失电释放, $K_1(1-2)$  断开,X 中用电器失电停止工作。 $K_1(3-4)$  闭合将  $C_2$  上电压释放掉,保证下次延时工作的准确性。

定时时间的长短取决于电容  $C_2$  的充电时间常数,按图中  $C_2$ 、 $R$  参数和  $RP$  在  $2.2M\Omega$  时,最长时间为 50min,若想要更长的定时时间增加  $C_2$  或  $RP$  即可。

### 16. 光控/触摸式开关插座电路

图 3.1.38 所示光控/触摸式开关插座电路,使用时,只需将用电器插在该插座上,即可利用普通手电筒或其它红外线遥控开关,对各种家用电器如电视机、电风扇、收录机、洗衣机或电灯等进行遥控开、关控制,也可利用插座上的触摸片进行触摸开、关控制。

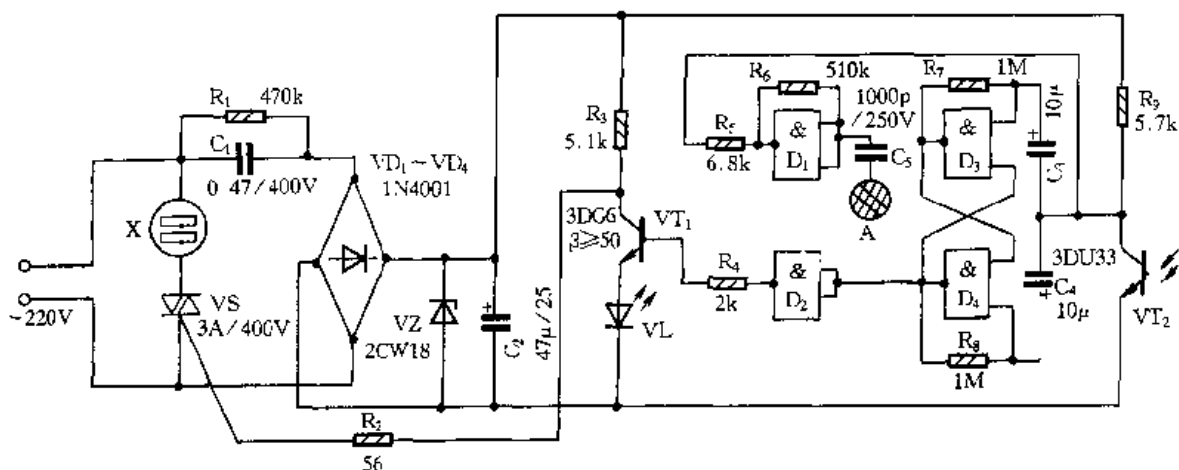


图 3.1.38 光控/触摸式开关插座电路

该电路的控制部分仅用 1 只 CMOS 二输入端四与非门电路 D(CD4011) 组成,其中  $D_1$  和  $R_5$ 、 $R_6$  构成模拟放大器电路,这是一种数字电路的模拟应用。当由感应片 A 来的人体感应信号经  $C_3$  送入  $D_1$  进行放大,然后输出到由  $D_3$ 、 $D_4$  组成的计数型 T 触发器的输入端。外来光控信号经  $VT_2$  接收、放大后也输入到 T 触发器输入端。这样,每外来一个信号,不论是触摸感应信号还是光控信号,触发器就翻转一次,经隔离门  $D_2$  后去控制三极管  $VT_1$  的导通与截止,从而控制双向晶闸管  $VS$  的导通与关断,进而实现被控用电器电源的开、关。发光二极管 VL 用来指示工作状态。 $VS$  导通时 VL 亮,关断时 VL 也熄灭。

该电路采用独立的交流电源输入电路,以提高电路的实用性。电源电路采用电容降压,全波整流,稳压滤波,得到 10V 左右的直流电压,以供给各器件工作。

### 17. 卧室电器遥控开关电路

卧室电器愈来愈多,应逐渐采用集中控制的方式。图 3.1.39、图 3.1.40 所示的卧室电器遥控开关电路,既可实现遥控、又可实现手控;控制电器多,具有五路卧室电器独立控制及一路可调光的台灯控制电路,能适应一般家庭对卧室电器控制的需要;还具有停电自锁功能,可避免因供电不正常时造成的卧室电器的频繁开机。

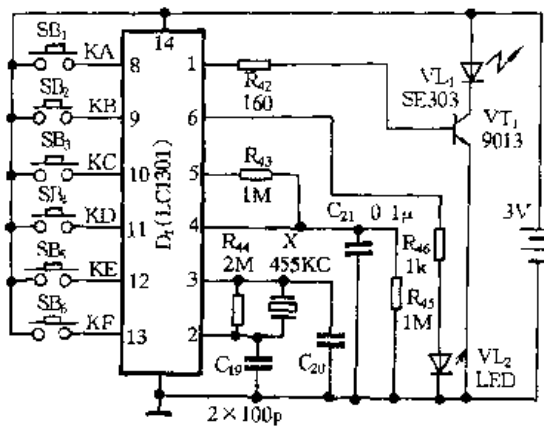


图 3.1.39 卧室电器遥控开关发射电路

该卧室电器遥控电路由遥控发射电路、遥控接收电路、卧室电器控制电路、可调光台灯控制电路及电源电路等组成。

(1) 红外遥控发射电路(见图 3.1.39)

红外遥控发射电路由专用遥控发射集成电路 LC1301 组成,可发射四种单码(由 KA、KB、KC、KD 端的按键控制)和两种连续码(由 KE、KF 端的按键控制)。产生的六种不同编码控制信号由 LC1301 的①脚输出,经 VT<sub>1</sub> 放大后,通过红外发射管 VL<sub>1</sub> 发射到遥控接收电路。VL<sub>2</sub> 为发射指示灯。SB<sub>1</sub> ~ SB<sub>6</sub> 为产生六种不同控制信号的开关,以分别控制“廊灯”、“厅灯”、“电视”、“夜灯”、“风

扇”、“台灯”。

(2) 遥控接收电路及控制电路(见图 3.1.40)

遥控接收电路由红外信号接收管 VL<sub>3</sub>,红外前置放大集成电路 D<sub>1</sub>(CX20106),与红外发射电路 LC1301 配套的专用解码集成电路 D<sub>2</sub>(LC1303)等组成。卧室电器控制电路由 VT<sub>2</sub>、VT<sub>3</sub> 等组成的单稳态触发电路、按钮键 SB<sub>7</sub>、晶体管 VT<sub>4</sub>、双向晶闸管 VS<sub>1</sub> 等组成。可调光台灯控制电路由 VT<sub>5</sub>、VT<sub>6</sub>、VT<sub>7</sub>、继电器 K 等组成的开关控制电路及由 RP<sub>1</sub>、双向晶闸管 VS<sub>2</sub>、电容 C<sub>15</sub> 等组成的调光电路组成。电源供电电路由降压元件 R<sub>27</sub>、C<sub>12</sub>,整流二极管 VD<sub>6</sub>、VD<sub>7</sub>,稳压二极管 VZ 及滤波电容 C<sub>13</sub>、C<sub>14</sub> 等组成。

遥控发射器发射的控制信号被 VL<sub>3</sub> 接收后,经 D<sub>1</sub> 放大后,由 D<sub>1</sub> 的⑦脚输出送到 D<sub>2</sub> 的⑬脚,经 D<sub>2</sub> 内部译码,在相应输出端输出与发射器对应的控制信号。其中 A、B、C、D 端输出的是对应的单码信号(输出一个高电位脉冲),E、F 端输出的是对应的连续码信号(输出为对应的连续高电位脉冲)。A、B、C、D、E、F 端输出的控制信号,可分别控制廊灯、厅灯、电视、夜灯、风扇、台灯的开、关。

按下遥控发射器 SB<sub>1</sub> 键(廊灯控制键),D<sub>2</sub> 的①脚即 A 端的输出控制信号(高电位脉冲),经 R<sub>6</sub>、R<sub>13</sub>、R<sub>14</sub>、C<sub>9</sub> 后,将产生一触发脉冲信号,使单稳态电路 VT<sub>2</sub>、VT<sub>3</sub> 由开机时的静态(VT<sub>2</sub> 截止,VT<sub>3</sub> 饱和导通)触发翻转,使 VT<sub>2</sub> 饱和导通,VT<sub>3</sub> 截止,VT<sub>3</sub> 集电极呈高电位,使 VT<sub>4</sub> 导通,双向晶闸管 VS<sub>1</sub> 也导通,此时廊灯接通交流电源而点亮,指示灯 VL<sub>4</sub> 将指示廊灯处于开启状态,从而完成了廊灯开启过程。此时若再按下一次遥控发射器 SB<sub>1</sub> 键,则 D<sub>2</sub> 的 A 端将再次输出控制信号,使单稳态控制电路再次翻转,即可实现廊灯的“关”机。按下手控廊灯按钮 SB<sub>7</sub>,相当于 D<sub>2</sub> 的 A 端输出一个高电平,因此同样可使单稳态控制电路触发翻转,完成廊灯的开关状态控制。

厅灯、电视、夜灯、风扇的开关状态控制的原理和电路与廊灯相同。

台灯开关的控制,当 D<sub>2</sub> 的 F 端输出相应的控制信号时,使单稳态电路 VT<sub>5</sub>、VT<sub>6</sub> 被触发翻转,VT<sub>7</sub> 导通,继电器 K 得电吸合,其常开触点 K(1-2)闭合,接通可调光台灯控制电路,使双向晶闸管 VS<sub>2</sub> 导通,从而使台灯点亮,完成台灯开启控制。其关闭台灯的控制原理与上述相同。台灯的亮度调节是通过调节电位器 RP<sub>1</sub>,改变双向晶闸管 VS<sub>2</sub> 的导通角,以实现改变台灯的亮度。值得说明的是,台灯控制电路在开启时,由于在继电器 K 的常开触点 K(3-4)支路串联了电阻 R<sub>28</sub>,因此台灯将工作在较暗状态,这是为适应人们夜间休息时对光线要求而特意设

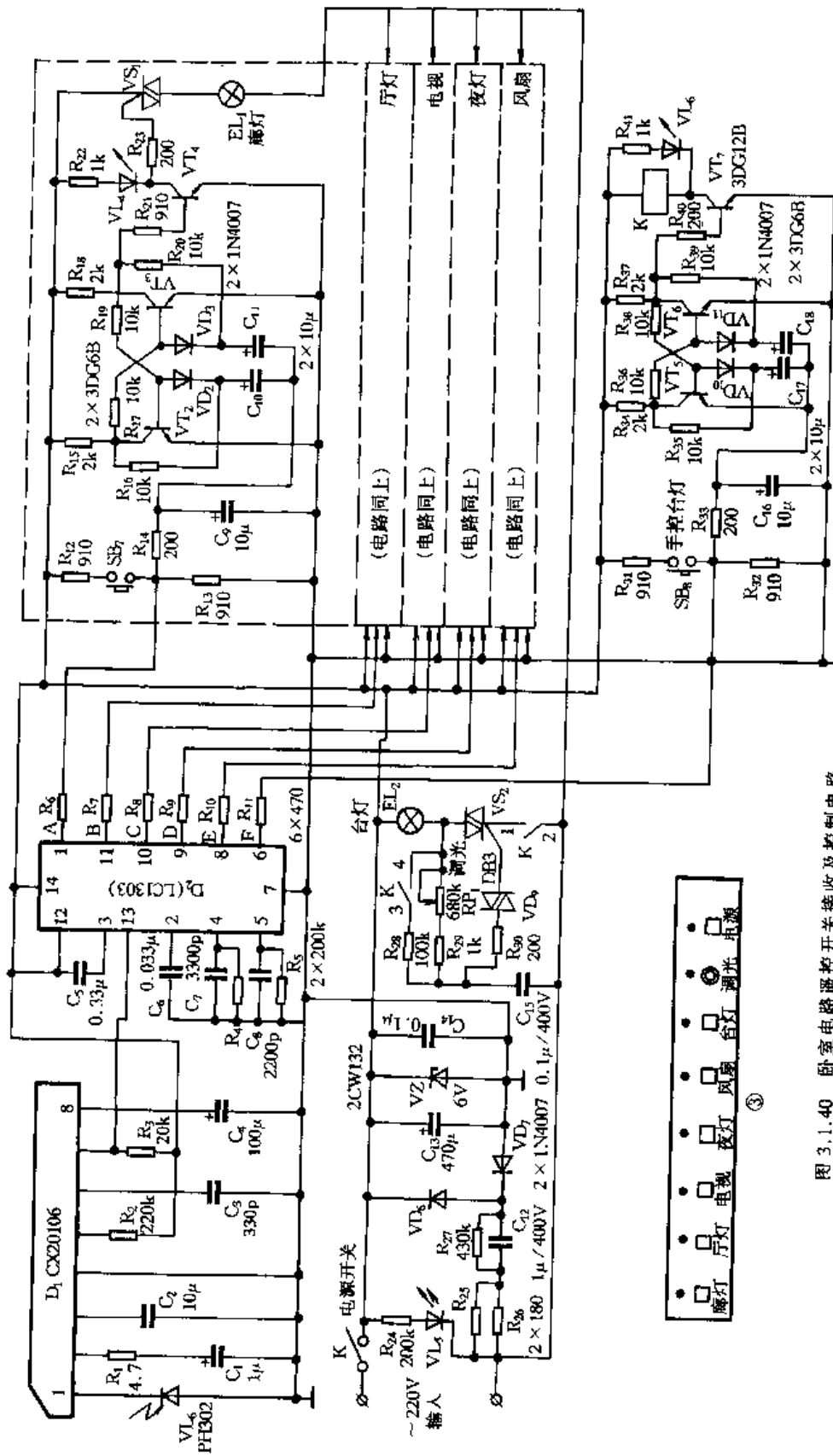


图 3.1.1.40 卧室电路遥控开关接收及控制电路

计的。 $R_{28}$ 的具体阻值可根据个人爱好进行选择,需要增加亮度时,只要调节一下电位器  $RP_1$  的阻值,即可实现亮度调节。

#### 四、新型电子器件应用电路

##### 1. 新型大直径发光二极管节能指示灯电路

大直径发光二极管目前已定型生产出  $\Phi 7.6\text{mm}$  和  $\Phi 12\text{mm}$  两个规格的红、绿、变色及高亮度透明四个系列,为仪器仪表信号指示灯开辟了一条新途径。图 3.1.41(a)所示为大直径发光二极管节能指示灯的简单电路图,电容  $C_1$  起限流降压作用, $C_1$  的容量由公式  $C = 3.18 I / U (\mu\text{F})$  求出,式中  $U$  为发光二极管所加交流工作电压(V), $I$  为发光二极管工作电

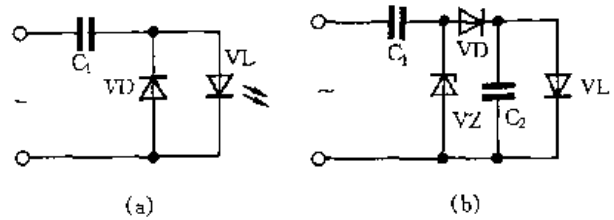


图 3.1.41 大直径发光二极管节能指示灯电路

流(mA)。图 3.1.41(b)所示为性能比较完善的一种发光二极管信号指示灯,由稳压、整流、滤波电路组成,使发光二极管指示灯不受电压波动影响及消除 25Hz 闪烁现象。稳压二极管击穿电压可选择 3~6V,工作电流 > 50mA 的 2CW 型稳压二极管;电容  $C_2$  选用 100 $\mu\text{F}$ 、25V 的电解电容;电容  $C_1$  应选择质量好耐压高的金属膜电容器。

##### 2. 双色变色指示灯电路

“变色指示灯”是指发出的颜色为可变的一种新型指示灯,由若干个发光二极管并联或串联组成,可取代指示灯中的灯泡。双色及三色指示灯是按照光学上的“加色法原理”来得到双色光及三色光。

电路如图 3.1.42 所示。灯内有红、绿(或红、黄)发光二极管各一组,每组由 8 个发光二极管串联而成,还有一个公用的阻抗元件  $Z$  或每组各串联一阻抗元件  $Z_1$ 、 $Z_2$  限流。引出端 H、L 分别接至红、绿(或黄)色发光二极管组,X 端接至阻抗元件。只用于交流的灯,阻抗元件可用电容;直流及交直两用的灯,则阻抗元件只能用电阻。如阻抗元件为电容,当一个发光二极管支路上加有交流电压负半周时,发光二极管被反向击穿而使电容工作于交流状态,由于电容的限流作用,使流过发光二极管的反向电流不致使元器件损坏。

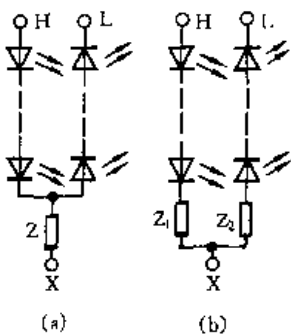


图 3.1.42 双色变色指示灯电路

##### 3. 三色变色指示灯电路

有两种颜色的发光二极管的三色指示灯电路如图 3.1.43 所示。红、绿发光二极管串联后分别并联在二极管  $VD_3$ 、 $VD_4$  上。在发光二极管非工作的交流半周,电流通过  $VD_3$ 、 $VD_4$  流过电容。在 H(或 L 端)、X 端加上电源时,由于与工作的  $VL_1$ 、 $VL_2$  并联的二极管  $VD_3$  的正向电压降远小于另一路不应发光的发光二极管  $VL_2$ 、 $VL_4$  串联加上  $VD_1$ 、 $VD_2$  的正向电压降,因此另一路  $VL_2$ 、 $VL_4$  不会发光。在 U、X 端加上电源时,交流正半周,经  $VD_1$  使红色  $VL_1$ 、 $VL_2$  串联管发光,负半周,经  $VD_2$  使绿色  $VL_3$ 、 $VL_4$  串联管发光,结果灯发出黄光。

有红、绿、黄三色或红、绿、蓝三色发光管的指示灯的电路有与图 3.1.42 类似的两种接法。

##### 4. 同一设备的不同运行状态指示的变色灯电路

如图 3.1.44(a)接线。当某一电动机“运转”时,交流接触器 KM 的常开触点闭合,指示

灯 VL 发出绿光;当电动机过载而热继电器 FR 的常开触点闭合而使 VL 发出红光。

如果需要指示三种状态,例如对双速电动机作指示,则如图 3.1.44(b)接线。“低速”时,交流接触器  $KM_1$  常开触点闭合,VL 发出绿光;“高速”时,交流接触器  $KM_2$  的两个常开触点同时闭合,灯内的红、绿发光二极管都工作,因而灯光为黄光;电动机过载时,热继电器 FR 常开触点闭合, $KM_3$  常开触点闭合,VL 发出红光。

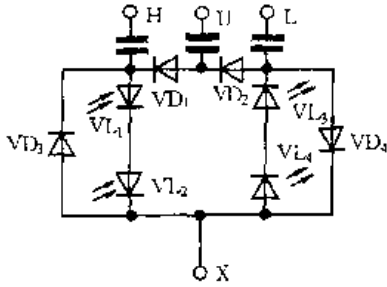


图 3.1.43 三色指示灯电路

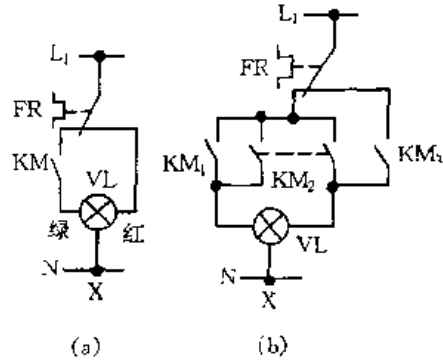


图 3.1.44 对设备的不同运行状态指示的变色灯电路

### 5. 双色发光二极管电源极性指示电路

如图 3.1.45 接线。接在晶闸管充电机输出端指示蓄电池所接方向是否正确,正确则发绿光;否则发红光。

### 6. 双向晶闸管全波导通指示电路

在电热电源调功器中,使用红、绿双色指示灯,当晶闸管处于对称的全波导通时,由于指示灯以工作频率不断变换着发出两种颜色的光,人眼看到灯的光为黑色,若只有一个方向导通则按不同的极性分别发红或绿光。电路接法也如图 3.1.45 所示。

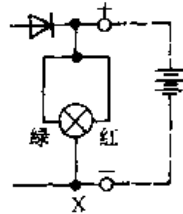


图 3.1.45 双色发光二极管电源极性指示电路

### 7. 光电耦合器应用电路

光电耦合器应用于各种固态继电器、电动机、电磁线圈等 240V 交流驱动的接口电路中,并具有检测零电压的功能。该驱动器为 6 脚双列直插塑封(见图 3.1.46),其①脚为阳极、②脚为阴极、③脚和⑤脚不用、④脚和⑥脚接负载。它是利用交流电压过零时,由砷化镓红外发射二极管去控制晶闸管。

图 3.1.47(a)所示为数控交流市电开关电路。其中①脚接直流电源端,②脚接输入为数字信号的与非门输出端。由数字信号控制的发光二极管通过光电耦合器后,由驱动器输出 50Hz

的尖脉冲电流,经  $27\Omega$  和  $330\Omega$  分压后触发双向晶闸管,带动交流负载。用  $39\Omega$  及  $0.01\mu F$  电容来缓冲晶闸管的过电流。对于大电感负载(功率因数  $< 0.5$ ),可增大电阻到  $360\Omega$ 。

图 3.1.47(b)所示为反向并联的晶闸管光电耦合器电路。该电路的工作原理与图 3.1.47(a)大致相同。图中的二极管是保护晶闸管的控制极,以避免反向电压过高击穿控制极。

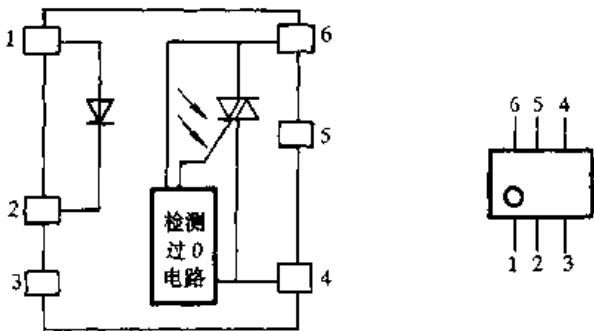


图 3.1.46 光电耦合器引脚排列

在图 3.1.47(b)中若仅用一只晶闸管也能使交流电通过负载,但易使驱动器芯片损坏。所用的光电耦合器的型号为 MOC3081 ~ MOC3083。

### 8. 瞬态电压抑制器应用电路

目前广泛采用半导体器件来限制干扰脉冲,如压敏电阻、稳压管及具有肖特基势垒的脉冲二极管等。压敏电阻具有显著的非线性伏安特性和老化现象,密封性能差。稳压管及脉冲二极管由于其反向击穿电压低,耗散功率小,使它们的应用受到限制。

瞬态电压抑制器也称瞬变电压抑制二极管,其英文缩写为 TVS(Transient Voltage Suppressor),是一种新型过压保护器件。它在承受瞬态高能量(例如浪涌电压、雷电干扰)时,能迅速反向击穿,由高阻态变低阻态,并把干扰脉冲钳位于规定值,从而保证了电子设备或元器件不受损坏。钳位时间为从 0V 达到反向击穿电压最小值所需要的时间。TVS 的钳位时间极短,仅 1ns,所能承受的瞬态脉冲电流峰值却高达几十至几百安培。其性能优于压敏电阻器。由于其响应速度快、钳位电压稳定、体积小、价格低,因此可作为各种电工仪表、自控装置和家用电器中的过压保护电路,还可用来保护集成电路、MOS 功率器件以及其它对电压敏感的半导体器件。

瞬态电压抑制器是一种硅 PN 结器件,它的外形与塑封硅整流二极管相似。TVS 的符号与稳压管相同,如图 3.1.48(a)、(b)所示,伏安特性如图 3.1.48(c)所示。图中,  $U_B$  为反向击穿电压,  $U_R$  为导通前加在器件上的最大额定电压,  $U_R \approx 0.8 U_B$ ,  $U_C$  是在 1ms 时间内器件可承受的最大峰值电压,  $U_C > U_B > U_R$ 。  $I_P$  是瞬时脉冲峰值电流,  $I_T$  是测试电流,  $I_R$  是最大反向漏电流,由于  $I_P$ 、 $I_R$  分别为 A、mA、 $\mu A$  数量级,因此  $I_P \gg I_T \gg I_R$ 。

此外,还有一种双向瞬态电压抑制器,其符号及伏安特性如图 3.1.49 所示。

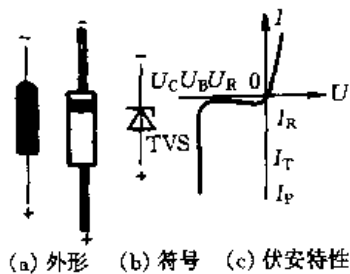


图 3.1.48 瞬态电压抑制器

#### (1) 电源保护电路

图 3.1.50(a)为 TVS 用于交流电路的保护电路,TVS 与负载并联,选用双向对称 TVS(中间

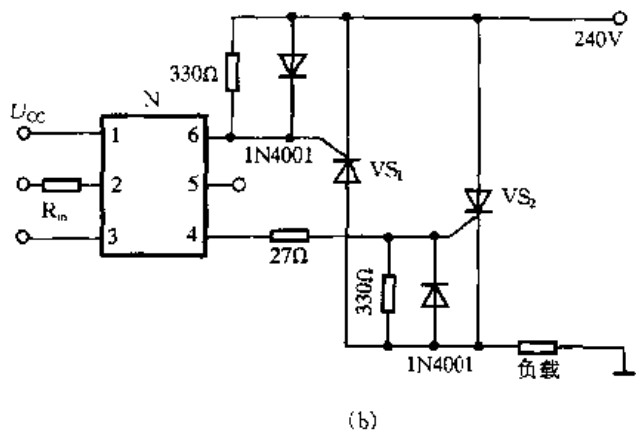
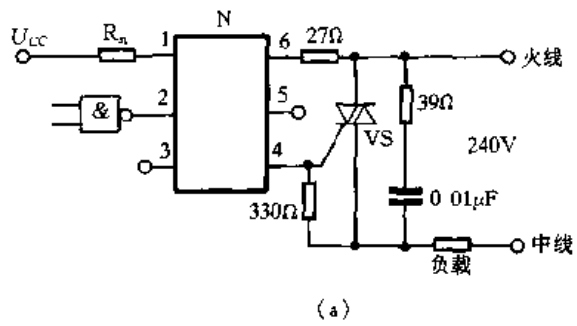


图 3.1.47 光电耦合器应用电路

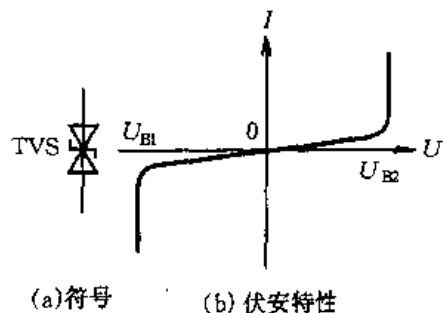


图 3.1.49 双向瞬态电压抑制器

对接处具有引出端子),也可用二只特性相似的 TVS 代替。

图 3.1.50(b)所示为用于直流线性电源的保护电路,在电源变压器的一次侧及二次侧均采用 TVS 钳位干扰脉冲。

图 3.1.50(c)所示为 TVS 用于集成电路 N 直流供电电源的保护电路。

图 3.1.50(d)所示为 TVS 用于电气设备防雷浪涌脉冲的过压保护电路,当雷电高压干扰脉冲进入供电线路时,过压脉冲电流不仅经两电源线对地的 TVS<sub>1</sub>、TVS<sub>2</sub> 流入地,而且它们对地电压之差被两电源线间的 TVS<sub>3</sub> 钳位在规定的电平。

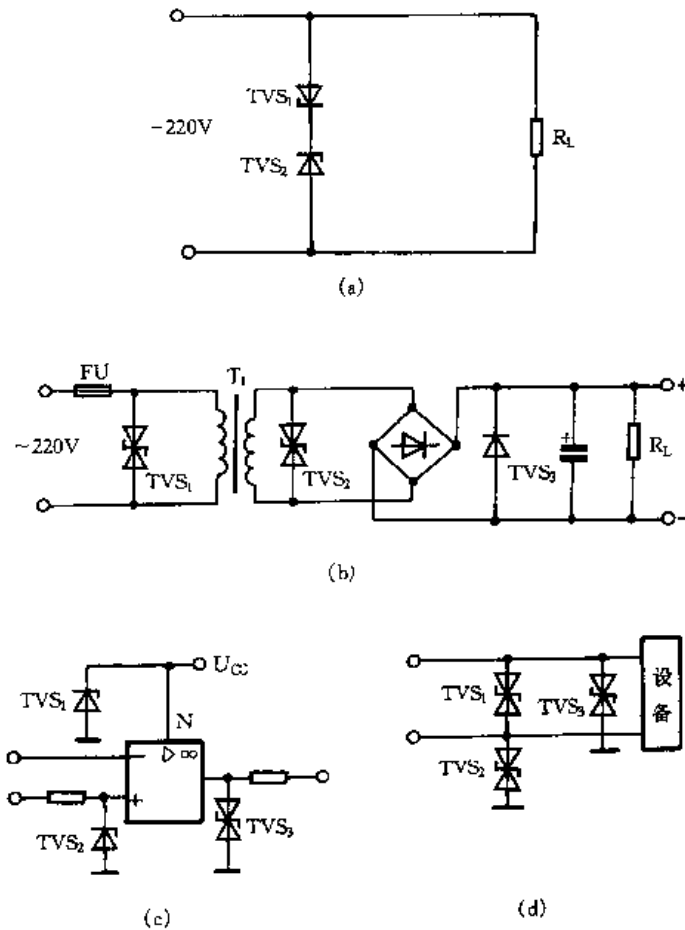


图 3.1.50 电源保护电路

## (2) 在开关电源中的应用

TVS 在单片开关电源中的应用如图 3.1.51 所示。TOP224P 是美国动力(Power)公司新研制的三端离线式脉宽调制单片开关电源集成电路。当交流输入电压为 85 ~ 265V 时,由它可组成 20W 单片开关电源,输出电压为  $\pm 12V$ ,输出电流可达 1.67A,电源效率接近于 80%,电压调整率和负载调整率均为  $\pm 1\%$ 。 $C_6$  和  $L_2$  组成电源噪声滤波器(PNF),它具有双重作用,一方面能够衰减在初级电源波形中的差模干扰信号,使其无法向外部电网传输;另一方面还能抑制从电源线引入的高频干扰。交流电压经过整流滤波后获得直流高压,再经高频变压器初级接 TOP224P 的漏极 D。利用  $VZ_1$  和  $VD_1$  对高频变压器的漏感产生的尖峰电压进行钳位,可保护 TOP224P 的 D-S 极间不被击穿。其中, $VZ_1$  就选用瞬态电压抑制器 P6KE200,其反向击穿电压  $U_B = 200V$ 。 $VD_1$  采用反向耐压为 600V 的超快恢复二极管。次级绕组上的输出电压经过  $VD_2$ 、 $C_2$ 、 $L_1$  和  $C_3$  整流滤波,变为 +12V 输出电压。为改善空载时的负载调整率,用  $R_2$  和  $VZ_2$  作假



负载。反馈绕组的电压通过  $VD_3$ 、 $C_4$  整流滤波,再由光电耦合器 PC817A 给 TOP224P 提供控制电流,接控制端 C。 $C_5$  用于滤除控制端上的充电电流尖峰。 $C_7$  为安全电容,能滤掉由初、次级耦合电容形成的共模干扰。

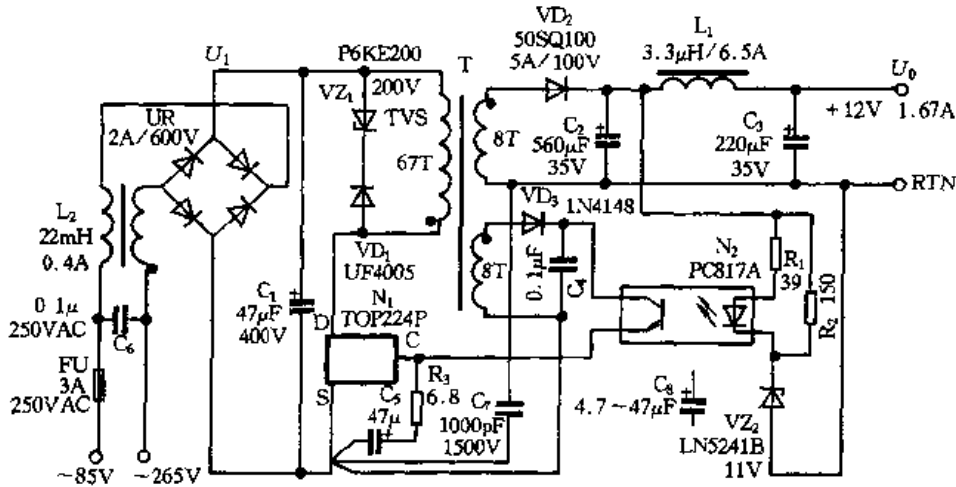


图 3.1.51 TVS 在单片开关电源中的应用

欲获得其他输出电压值,应改变高频变压器 T 的匝数比以及  $VZ_2$  的稳压值。

(3) 表头保护电路

使用指针式万用表时,常因误用电阻挡或电流挡去测量 220V 交流电而烧毁表头。为此,可选择双向瞬态电压抑制器作表头过载保护装置,能大大降低由于误操作而引起的损坏。表头保护电路如图 3.1.52 所示。鉴于表头的满度压降一般低于 0.15V,应选择击穿电压  $U_B = 0.7V$  的 TVS。该电路的特点是万用表正常测量时,TVS 在正、反向均截止,不起作用。一旦出现过载,TVS 就迅速被击穿,将表头压降钳位在 0.7V 上。TVS 的过载能力强,动作时间极短,无论是直流过载还是交流过载,都能起到保护表头的作用(仅可能出现指针“打表”现象)。

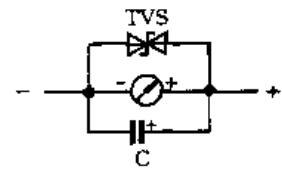


图 3.1.52 采用 TVS 的表头保护电路

9. 半导体制冷器件在饮水机中的应用电路

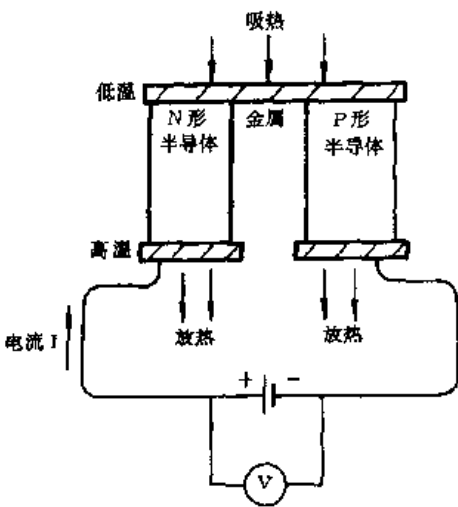


图 3.1.53 半导体制冷器件工作原理

半导体制冷器件,又叫温差电制冷器件或电子冷却组件。其工作原理可用图 3.1.53 来说明,当电流从任何两种导体构成的电路中流过时,在两种导体的接头处有吸热或放热的现象,所吸收或放出的热量只与两种导体的性质和接头的温度有关,称为珀尔帖效应。由于一般金属的珀尔帖效应很弱,遂用半导体材料进行温差电制冷。

依据珀尔帖效应制作的半导体制冷器件重量轻、体积小,并具有相对高的制冷量。它特别适用于有限空间的制冷,已广泛用于电子、医疗、实验仪器、消费产品和工业等方面。由于它是一种固态热泵,因而它无需维护,无噪音,能在任何位置工作,抗冲击和抗振动能力强。另外,改变器件工作电流极性时,它又可以制热。

图 3.1.54 所示电路为采用半导体制冷片的冰热型

饮水机的控制电路。采用的半导体制冷片的型号为 TECI-12705。

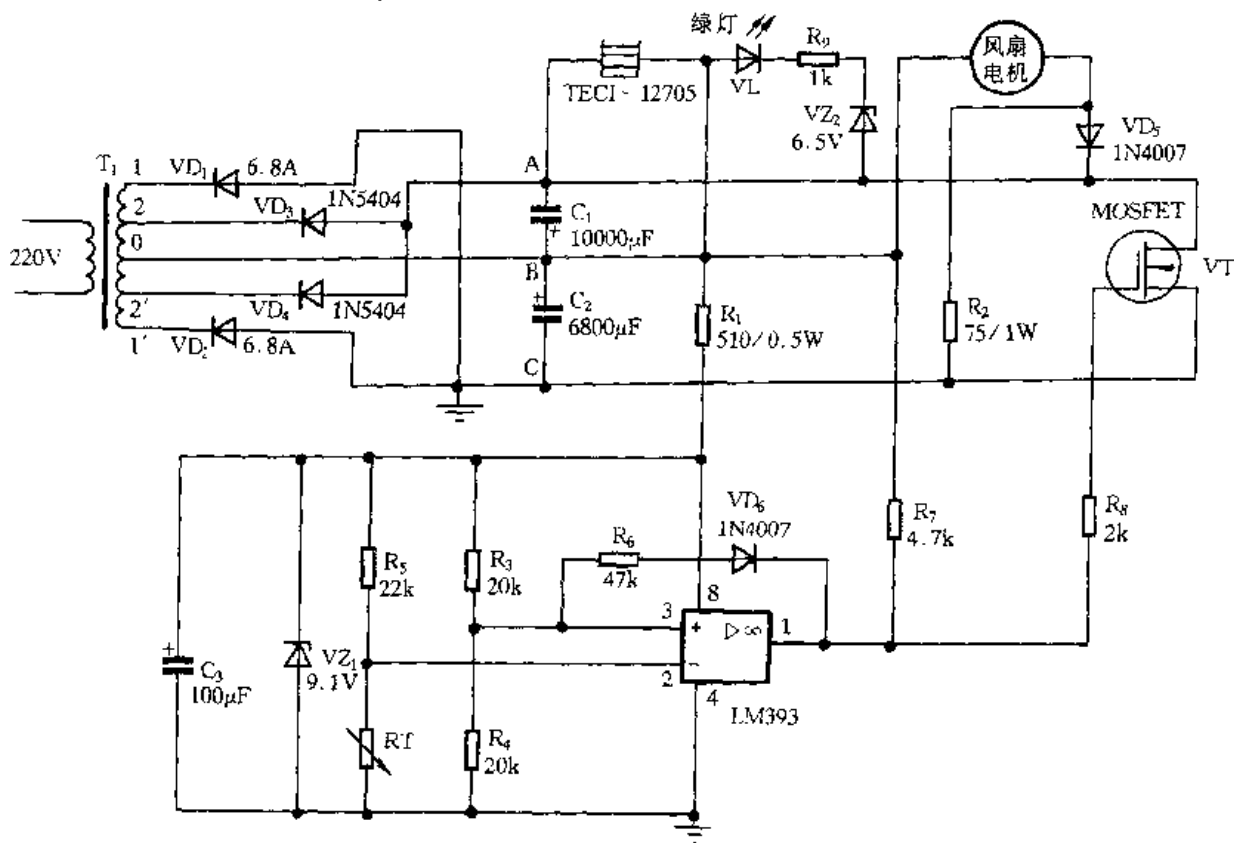


图 3.1.54 半导体制冷器件在饮水机中的应用电路

通过改变加在半导体制冷片上的电压,使该饮水机有两种制冷状态,即强冷状态和保持状态,保证水温在  $5 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。RT 为一负温度系数的热敏电阻,紧贴在冷水胆壁上,用来检测水温。当水温上升到  $15^{\circ}\text{C}$  时,RT 降为  $15\text{k}\Omega$ ,比较器 LM393 的①脚输出高电平,VD<sub>6</sub> 截止,N 沟道增强型大功率 MOS 管(SMP60N06)导通,使 A 点与 C 点电位相同,  $U_{BA} = U_{BC} = 12\text{V}$ 。该电压加在制冷片上,稳压管 VZ<sub>2</sub> 导通,强冷指示灯 VL 绿灯亮,这时制冷功率较大。同时 VD<sub>5</sub> 导通,作为给半导体制冷片散热用的风扇转动也较快。当水温降到  $5^{\circ}\text{C}$  时,RT 升为  $22\text{k}\Omega$ ,LM393 的①脚输出低电平,VD<sub>6</sub> 导通,MOS 管截止,  $U_{BA} = 5\text{V}$ 。该电压加在制冷片上,由于低于稳压管 VZ<sub>2</sub> 的稳压值,VZ<sub>2</sub> 截止,绿灯灭,这时制冷功率较小。同时,VD<sub>5</sub> 截止,R<sub>2</sub> 与风扇线圈串在一起,风扇电压大约为  $8\text{V}$ ,转动较慢。

若想调整饮水机提供冰水的温度,可通过调整 R<sub>5</sub> 来调整下限温度,调整 R<sub>6</sub> 来调整上限温度。

#### 10. KD560 系列仿声集成电路的应用电路

KD560 系列仿声集成电路内包括时钟发生器、地址控制器、只读存储器、控制系统和 D/A 转换器等电路。它们主要用于各种玩具、门铃、礼品盒、声乐、报警、通信,以及自动控制等方面。

##### (1) 电子看门狗电路(图 3.1.55)

该电路由多普勒效应传感器 N<sub>1</sub>(RD627)、运放 N<sub>2</sub>(LM358)、狗叫仿声专用集成电路 N<sub>3</sub>(KD5608)等组成。当无人在 N<sub>1</sub>“监视”区内活动时,N<sub>1</sub>的⑥脚无信号输出,N<sub>2</sub>的①脚输出为低电位,VT 截止,N<sub>3</sub>的②脚为低电位而不工作。当 N<sub>1</sub>的“监视”区内有人活动时,其⑥脚输出—

低频信号,此信号经  $N_2$  放大后使 VT 导通,于是  $N_3$  的②脚得到一个正触发信号而发出狗叫声。此声音促使在  $N_1$ “监视”区内活动的人离开此区域,同时向主人报警。调节 RP 可改变  $N_1$  的“监视”距离。调整 R、C 之值可使狗叫声更为逼真。

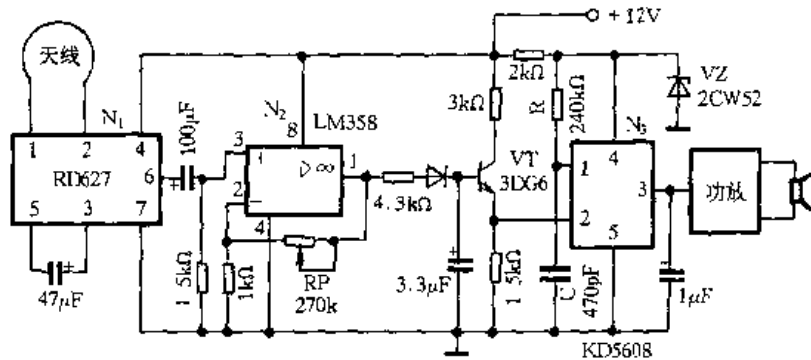


图 3.1.55 电子看门狗电路

## (2) 驱鼠用电子猫电路(图 3.1.56)

$D_1$ (CD4541B)工作于循环定时状态,其定时时间可根据需要自行设定。当  $D_1$  的输出端(⑧脚)为低电位时, $D_2$ (KD5605)的②脚为低电位,因此  $D_2$  不工作;当  $D_1$  的输出电压为高电位时, $D_2$  的②脚也为高电位,因此  $D_2$  工作而发出猫叫声。

### 11. 调功集成电路 Y992 的应用电路

调功集成电路 Y992 为改变占空比来调节功率的集成电路,功率损耗小,而且不会污染电源。

Y992 为 14 脚双列直插式塑封集成电路。其⑭脚  $U_{DD}$  为直流电源的正输入端,⑦脚  $U_{SS}$  为直流电源的负输入端,⑥脚 OSC 为振荡输入端,⑨脚  $Q_1$ 、⑪脚  $Q_2$ 、⑫脚  $Q_3$ 、④脚  $Q_4$  分别为占空比 100%、75%、62% 和 37% 的 4 个输出端。Y992 的工作电压为 2.5 ~ 12V;静态功耗电流为  $10\mu A$ ;使用温度为  $-25 \sim +85^\circ C$ ;振荡频率为 10kHz ~ 0.1Hz;输出驱动电流为 10mA。

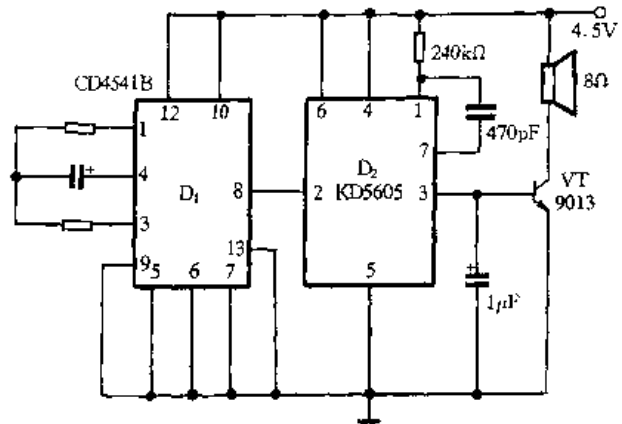


图 3.1.56 驱鼠用电子猫电路

Y992 采用单端振荡电路形式,起振容易而且简单稳定,振荡频率由其⑥脚外接的  $R_x$  和  $C_x$  决定, $R_x$  的取值范围为  $100k\Omega \sim 100M\Omega$ , $C_x$  的取值范围为  $0.01 \sim 10\mu F$ ,其对应的振荡频率为 10 kHz ~ 0.1Hz。

用 Y992 组成的调功电路如图 3.1.57 所示。电容  $C_1$  和  $C_2$ 、二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$ 、稳压管 VZ 组成直流稳压电路。四挡开关 SA 可分别选择不同的功率输出。发光二极管 VL 在有功率输出时点亮,没有功率输出时熄灭,因此 VL 可以作为功率输出指示灯。双向晶闸管 VS 为驱动器件,1A/400V 的双向晶闸管可带动 200W 的负载。对大功率的负载可以选择大功率的双向晶闸管。振荡电阻和电容根据需要进行选择,但振荡频率不要高于 50Hz。

### 12. MAX610 系列交流/直流电源变换器的应用电路

MAX610 系列单片交流/直流线性电源变换器,使小功率无工频变压器式线性集成稳压器

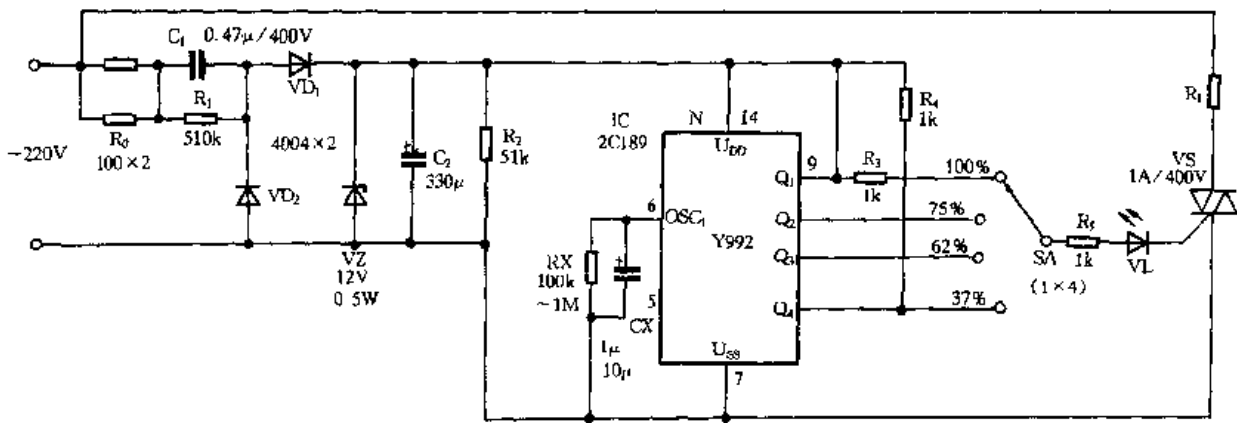


图 3.1.57 测功电路

成为现实。

MAX610 系列包括三种型号,其主要技术指标如表 3.1.2 所示。其主要特点:① 它们均属于无工频变压器小功率单片稳压电源,并有限流保护电路;② 适于制作小型化数字仪表的电源或组成 5V 不间断电源、微处理器的电源电压临护器、电池充电器;③ 制成的电源稳压性能好。

表 3.1.3 MAX610 系列主要技术指标

型号	交流输入电压 $U(V)$	内部整流器	内部稳压管的稳定电压 (V)	输出电压 $U_0(V)$	最大输出电流 $I_{OM}(mA)$
MAX610	220(110)	全桥整流	12.4	5(1.3~9 可调)	100
MAX611	220(110)	半波整流	12.4	5	100
MAX612	220(110)	全波整流	18.6	5(1.3~15 可调)	100

MAX610 管脚排列(MAX612 的管脚排列和 MAX610 的相同)和内部结构如图 3.1.58 所示。 $AC_1$ 、 $AC_2$  为交流 220V 电源输入端,可承受 5A 瞬间电流,持续时间为 250ms。 $U_+$ 、 $U_-$  分别为整流桥的正负引出端, $U_-$  兼作公共地。 $U_0$  是输出电压端,当④脚接地时, $U_0 = 5V$ 。 $\overline{OUV}$  是过压/欠压信号输出端,欠压阈值  $U_L$  为 4.65V,过压阈值  $U_H$  为 5.4V。常态下  $\overline{OUV} = 1$ ;当  $U_0$  小于  $U_L$  或  $U_0$  大于  $U_H$  时, $\overline{OUV} = 0$ ,可作微机复位信号。 $U_{SET}$  为输出电压调整端,接  $U_-$  时,输出电压  $U_0 = 5V$ ;接电阻分压器时,输出电压  $U_0$  可在 1.3~9V 范围内连续可调。 $U_{sense}$  是限流输入端,若在此端与  $U_0$  之间接入限流监测电阻  $R_s$ ,则输出短路电流可限制在  $0.6V/R_s$ 。

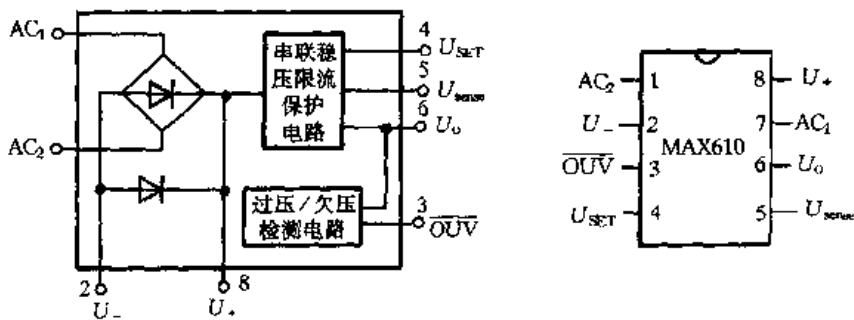


图 3.1.58 MAX610 引脚排列和内部结构

(1) 输出为固定电压的应用电路(图 3.1.59(a))

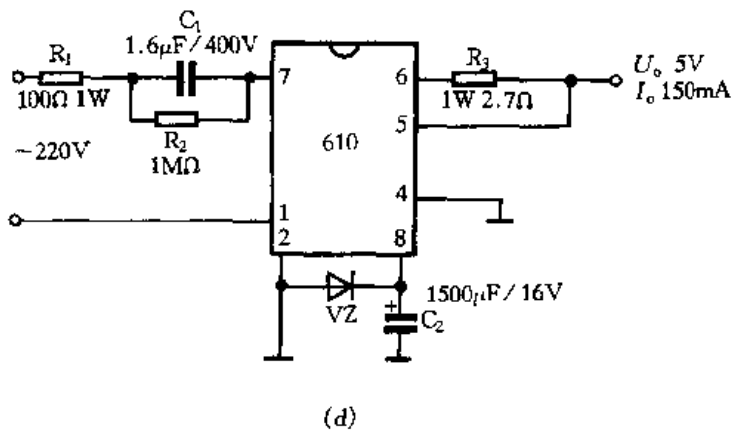
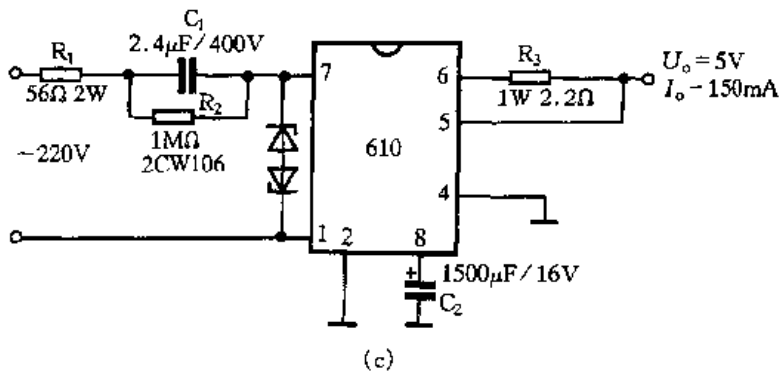
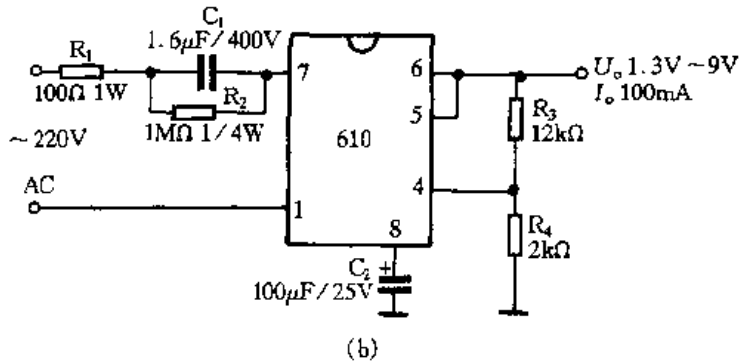
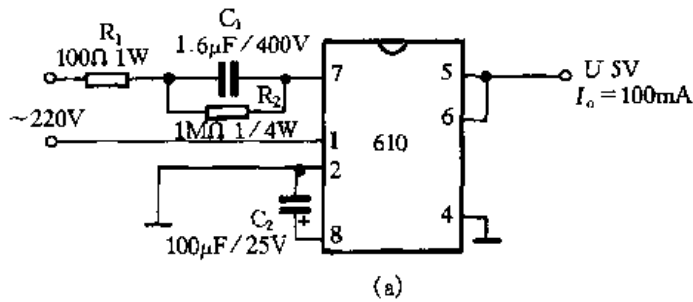


图 3.1.59 MAX610 组成的电源电路

$R_1$  为限流电阻,当交流电压为 220V 时,要求  $R_1 > 68\Omega$ ,通常选 100 $\Omega$ 、1W 金属膜电阻。 $C_1$  是交流降压电容,当电源输入电压和输出电压  $U_0$  确定之后, $C_1$  与  $I_{OM}$  成正比, $C_1 = I_{OM} / [5.6 \times$

$(U - U_0) \times f]$ 。若将  $U = 220V$ 、 $f = 50Hz$ 、 $U_0 = 5V$ 、 $I_{OM} = 100mA$  带入上式, 则  $C_1 = 1.6\mu F$ , 可选耐压为 400V 的金属膜电容器。 $R_2$  为泄放电阻。断电后可将  $C_1$  上的积存电荷泄放掉, 避免使用者受到电击。 $C_2$  为滤波电容。使用时应注意,  $C_1$  需靠近火线端, 必要时加金属外壳, 壳体接通大地。若  $C_1$  必须与电网隔离, 可加 1:1 的隔离变压器。

(2) 组成输出电压可调的电源电路(图 3.1.59(b))

输出电压的计算公式是  $U_0 = 1.3 \times (1 + R_3/R_4)$ 。分压电阻  $R_4$  选用  $2k\Omega$  的固定电阻,  $R_3$  采用  $12k\Omega$  可调电阻。通过调整  $R_3$ , 该电路能获得 1.3 ~ 9V 连续可调的输出电压。

(3) 根据需要可扩展 MAX610 自身的输出电流

受内部稳压管最大允许功耗的限制, MAX610 系列的  $I_{OM} = 100mA$ 。若使用一只稳压值较低的 2W 稳压管来代替内部的稳压管, 即可将  $I_{OM}$  扩展到 150mA。其扩展方法有两种。

图 3.1.59(c)所示是扩展电流的一种方法。用两只 IN5928 型 8.2V(或 2CW106)的稳压管反极性串联, 接于  $AC_1$ 、 $AC_2$  之间。由于在交流电的正负半周两只稳压管是轮流工作的, 因此每只稳压管功耗降至 1W, 且在任意时刻只有一只稳压管起稳压作用。该电路在输出电压为 5V 时可提供 150mA 的输出电流。

图 3.1.59(d)为扩展电流的又一种方法。一只 IN5922B 型 1.5W/7.5V 稳压管并在  $U_+$ 、 $U_-$  之间。此电路同样也能起到扩展电流的作用。

(4) MAX610 和蓄电池等元件还可以构成 +5V 不间断电源(UPS)电路

由 MAX610 组成的 +5V 不间断电源电路如图 3.1.60 所示。GB 为备用电源, 电池电压为 7.2V。平时 VD 截止,  $U_+$ 、 $U_-$  之间的 12.4V 电压经限流电阻  $R_3$  对 GB 进行限流充电。使之处于备用状态。限流充电电流设计成 10mA。当电网停电时, VD 迅速导通, 改由 GB 供电, 维持 +5V 输出, 不发生掉电现象。最大可输出 150mA 电流。VD 可用 IN4148 型硅高速开关二极管, 有条件者优先选低压降的肖特基二极管, 以提高电源利用率。

由于 MAX610 系列体积小、线性度比较好等特点, 目前这种单片交流/直流电压转换器得到了广泛应用。

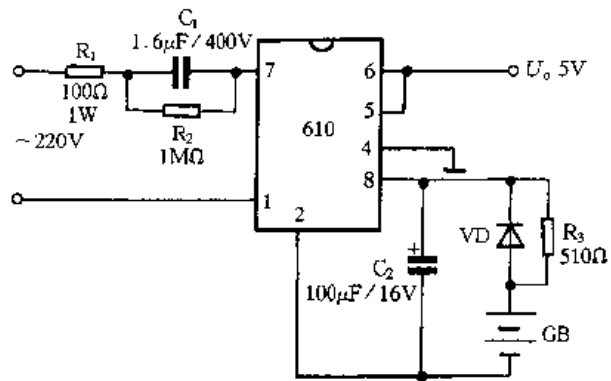


图 3.1.60 MAX610 组成的 +5V 不间断电源(UPS)电路

## 五、其它电子电器电路

### 1. 电容好坏判别电路

一般用万用表检查电容器, 但比较麻烦, 也不易做到判断正确无误。图 3.1.61 所示为电容好坏判别电路, 适用于判断  $1pF \sim 1\mu F$  的各种电容好坏, 如断路、轻微短路和短路等。

由 CMOS 六反相器 CD4069 中的两个门  $D_1$ 、 $D_2$  组成多谐振荡器, 振荡频率由电容  $C_1$ 、 $C_x$  以及电阻  $R_3$  决定, 一般在几千赫兹以上。若被测电容  $C_x$  是好的, 电路产生振荡, 振荡信号由门  $D_2$  输出, 经门  $D_3$ 、 $D_4$  隔离后, 使红色发光二极管 VL 发亮。若电容  $C_x$  内部断路, 电路不振荡。由于偏置电阻  $R_1$  的作用, 使  $D_1$  的两端电压有较大的差别, 从而使  $D_2$  的输出电平较高, 约 6.5V 左右。这样经门  $D_3$ 、 $D_4$  后使其输出为低电平, 发光管 VL 不亮。若电容  $C_x$  内部短路或轻微短

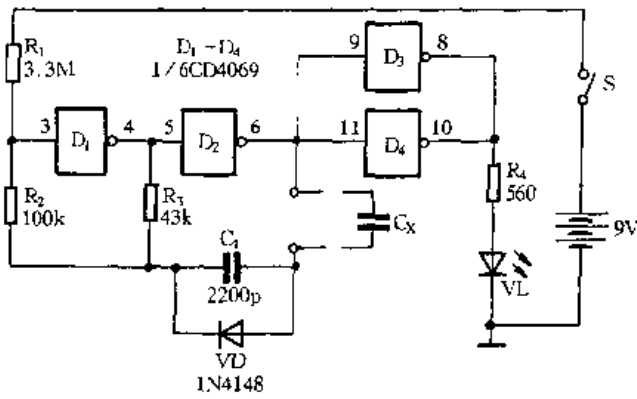


图 3.1.61 电容好坏判别器电路

路,则门  $D_2$  输出端的较高电平通过二极管 VD 使门  $D_1$  的输入端为高电平,从而门  $D_2$  输出也为高电平,门  $D_3$ 、 $D_4$  输出低电平,发光二极管 VL 不亮。二极管 VD 是防止测试电容短路时,门  $D_1$  可能输出的高电平通过  $R_3$  加到  $D_2$  的输出端,使发光二极管发亮而产生误判。

## 2. 并联电力电容器组电子放电电路

并联电容器必须安装放电电阻。为保证可靠放电,放电电阻必须与电容器直接并联,不得通过开关触点连接,并要求放电

电阻能满足在电容器组从电网切除后 30s 内,使电容器组残余电压不高于 65V。目前,有的电容器组用 25W 白炽灯泡作放电电阻,虽然简便易行,但是存在耗电多、寿命短、不可靠等问题;改用线绕电阻代替白炽灯泡,虽运行较为可靠,但仍未解决放电电阻长期运行耗电问题。

为解决以上问题,可采用图 3.1.62 所示电子放电电路,该电路对额定电压为 220V 和 380V 的电容器均适用,只是元件参数不同。利用 RC 串联电路(图中  $R_1$ 、 $C_1$ )在交流电路和直流电路中不同的特性。VD 为双向二极管,一般转折电压  $U_z = 25 \sim 45V$ ,当其两端电压  $U < U_z$  时,呈现极大电阻,可视为开路;当  $U \geq U_z$  时,击穿导通,可通过足以触发晶闸管的电流  $I_z$ 。VS 为双向晶闸管, $R_2$  为放电电阻。当电容器组 C 投入运行时,串联的  $R_1$ 、 $C_1$  并联在交流电路中,适当选择  $R_1$ 、 $C_1$  的参数,可使加在  $C_1$  两端的交流电压最大值小于双向二极管 VD 的转折电压,则双向晶闸管 VS 无触发信号呈阻断状态,放电电阻不通过电流。当电容器组 C 被切除时,C 上储有电荷,其两端呈现一定电压  $U_c$ 。 $U_c$  的极性和数值跟 C 切除瞬间之电源相位有关,但不论相位如何, $U_c$  均为直流电压, $R_1$ 、 $C_1$  电路成了直流充电电路。 $U_c$  通过  $R_1$  向  $C_1$  充电, $U_{C1}$  逐渐增大到等于  $U_z$  时,VD 击穿,通过电流  $I_z$ ,触发 VS,则 VS 导通,并联电容器组 C 通过  $R_2$  放电。C 上电荷逐渐减少, $U_c$  下降到通过 VS 的电流小于其维持电流(一般为 10mA 左右)时,VS 恢复阻断,电路复原。极据并联电容器组容量适当选取  $R_2$  数值可使放电时间和电容器组残压均满足并联电容器组的运行规则要求。当电容器组运行和放电时,发光二极管 VL<sub>1</sub> 或 VL<sub>2</sub> 发光,可作电容器组运行和放电指示,更可减少维护人员遭受电击之危险,而且也增加了一条后备放电回路。如不需指示, $R_3$  (VL<sub>1</sub>、VL<sub>2</sub> 之限流电阻)、VL<sub>1</sub>、VL<sub>2</sub> 回路可省去不用。

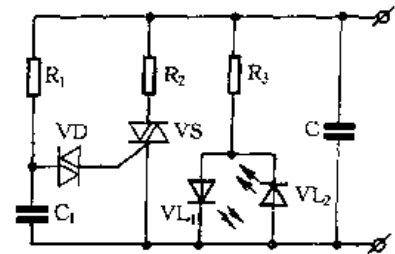


图 3.1.62 电容器组电子放电电路

## 3. 语音报警验钞机电路

语音报警验钞机以其独特的“请注意,这张是假币”的报警语音使人猛醒。其电路如图 3.1.63 所示,由磁迹检测、水印检测、荧光指示和语音报警、电源等部分电路组成。

### (1) 磁迹检测

将纸币的某些部位在磁头 H 上摩擦,磁性油墨通过与磁头相对运动产生的交流信号经  $N_1$  (LM324) 三级运放( $N_{1-1} \sim N_{1-3}$ ) 放大后送到末级跟随器( $N_{1-4}$ ),驱动 VL<sub>1</sub> 发光,如无磁性油墨则不会发光,当然在检修时用铁磁性材料摩擦磁头也能使 VL<sub>1</sub> 发光。

### (2) 水印检测

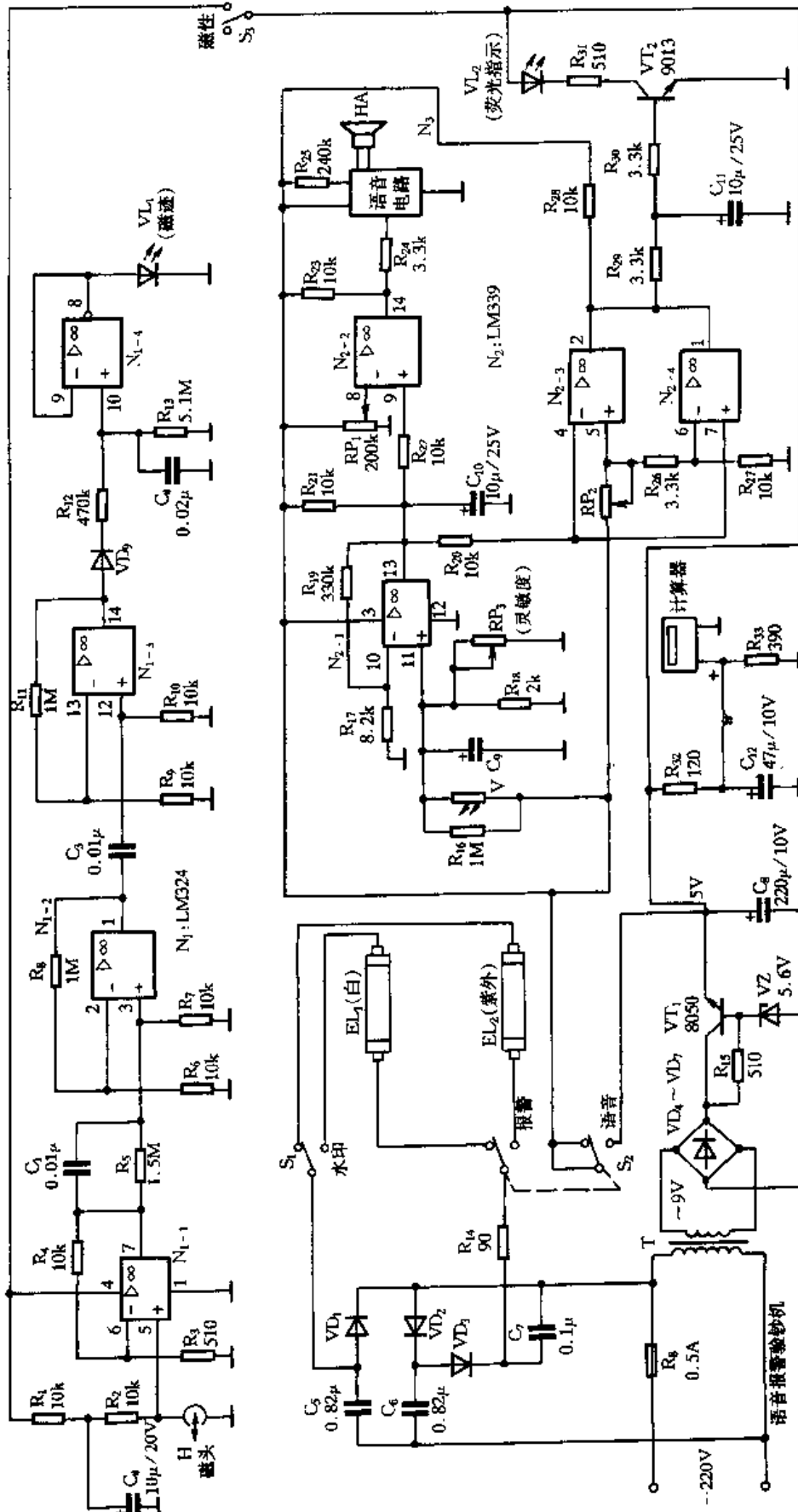


图 3.1.63 语音报警验砂机电路



将纸币放在乳白色有机玻璃平台上,按下  $S_1$  键将高压电源送入 8W 白色荧光灯管  $EL_1$ ,由于  $EL_1$  安装在白色有机玻璃板底下,因此能清晰观察到水印。

### (3) 荧光指示和语音报警

这是该机最主要的检测手段。由于一般纸张在紫外光照射下会发出强烈的荧光而真钞所用纸经特殊处理而无强烈荧光产生,根据这一原理进行检测。将开关  $S_2$  按下,紫外光管得到高压发出紫外线,照射放在白色有机玻璃板上的纸币。纸币发出的荧光射在放在纸币上方的装有多层滤色片的半导体光敏片上,使四比较器  $N_2$  (LM339) 的比较器  $N_{2-1}$  的同相输入端①脚得到高电平信号,使处于低电平的③脚升为高电平, $C_{10}$  两端电压能随其③脚处于高电平的时间积累到一定程度就高于比较器  $N_{2-2}$  的⑨脚电压,使其⑩脚从低电平达到高电平,然后触发语音电路  $N_3$  工作,振动扬声器 HA 发声。荧光强弱由  $RP_3$  调节,语音电路触发灵敏度由  $RP_1$  调节。比较器  $N_{2-3}$ 、 $N_{2-4}$  组成窗口电压比较器,使经  $R_{20}$  送入的信号只有在一定电压范围内,电平才能驱动荧光指示灯  $VL_2$  发光。

### (4) 计算器功能

该机还附有 10 位数字计算器进行常规算术运算。计算器由黑胶封装的芯片、LCD 和键盘组成。 $R_{32}$  将 5V 电压降至 2.6V 作为电源供计算器芯片使用。

### (5) 电源电路

该机电源分两部分:一是由降压变压器 T 降压、桥堆整流,  $VT_1$ 、 $VZ$  稳压,输出 5V 直流电压,提供给磁性检测和荧光指示电路、语音报警和计算器电路,另一部分由  $C_5$ 、 $C_6$ 、 $VD_1$ 、 $VD_2$ 、 $VD_3$  组成倍压整流电路,提供给白色和紫外荧光灯管点亮所需的高压电源。其降压电阻  $R_{14}$  极易烧坏,更换时最好用水泥电阻代换。 $S_1$ 、 $S_2$  和  $S_3$  均为互锁琴键开关。

## 4. 十字路口交通指挥信号灯自动控制电路

图 3.1.64 所示十字交叉路口全电子指挥信号灯控制电路,它可以直接用来取代传统的体积笨重、耗电量大的电磁继电器式控制电路。

该控制器的工作程序:红灯亮 30 ~ 60s(表示入、车停行信号),黄灯闪亮 1 ~ 5s(表示预备通行或停行信号),绿灯亮 30 ~ 60s(表示入、车通行信号)……如此循环,实现了交通指挥信号灯的全自动化控制。

该电路主要由时基电路  $N_2$ 、 $N_3$ 、 $N_5$ 、 $N_6$  (NE555) 和  $N_4$  组成的程序控制延时循环电路组成,其中  $HL_1 \sim HL_{12}$  是为便于说明原理而绘出的被控信号灯。

合上电源开关 SA,电路得电工作。首先假设  $VT_1$  截止,则  $N_2$  的④脚得高电位 ( $> 0.7V$ ),  $VD_3$  反偏不导通,  $N_1$  输出的 12V 直流电开始通过  $R_2$ 、 $RP_1$  对  $C_3$  充电。由于  $C_3$  两端电压不能突变,与  $C_3$  正端相连的  $N_2$  的②脚为低电位 ( $< 1/3 U_{cc} = 4V$ ),其③脚输出高电平,使双向晶闸管  $VS_1$  导通,南北路口绿灯  $HL_1$ 、 $HL_2$  亮,表示允许车辆和行人通行;东西路口红灯  $HL_3$ 、 $HL_4$  亮,表示禁止车辆和行人通行。与此同时,  $VT_2$ 、 $VT_3$  正偏导通,  $N_3 \sim N_6$  均输出低电平,  $HL_4 \sim HL_{12}$  均不亮。

当  $C_3$  经延时 [ $t = 1.1(R_2 + RP_1) \cdot C_3$ ] 约 30 ~ 60s 后,其正端电压升高至  $8V (= 2/3 U_{cc})$  时,  $N_2$  复位,  $N_2$  的③脚输出变为低电平,  $VS_1$  在交流电过零时关断,灯  $HL_1 \sim HL_4$  全灭。同时,  $VT_2$  由于无偏压而截止,  $VD_5$  反向不导通,  $C_4$  开始充电,  $N_3$  由于其④脚得高电位 ( $> 0.7V$ ) 而置位,其③脚输出高电平,使闪光报警专用集成电路  $N_4$  得电工作,产生频率为 1.3 ~ 5.2Hz 的方波信号,控制  $VS_2$  断续导通,使黄灯  $HL_5 \sim HL_8$  闪亮,表示南北路口入、车预备停行,东西路口预备通行。与此同时,由于  $VT_3$  基极通过  $VD_6$  仍获得正偏压,  $VT_3$  继续导通,  $VS_3$  保持关断状态,灯  $HL_3 \sim HL_{12}$  仍不亮。

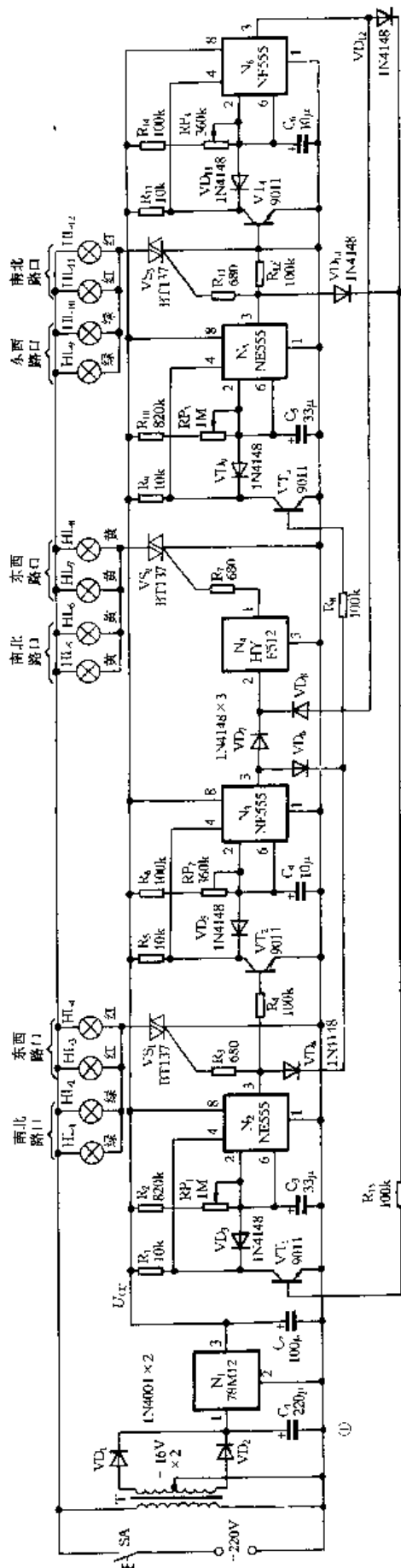


图 3.1.64 十字路口交通指挥信号灯自动控制电路

当  $C_4$  经延时  $[t = 1.1(R_6 + RP_2) \cdot C_4]$  约 1 ~ 5s 后, 其正端电压升高至  $8V (= 2/3 U_{cc})$  时,  $N_3$  复位,  $N_3$  的③脚输出变为低电平,  $N_4$  失电停止工作,  $VS_2$  关断, 黄灯  $HL_5 \sim HL_8$  全灭。同时,  $VT_3$  由于无偏压而截止,  $VD_9$  反向不导通,  $C_5$  开始充电,  $N_5$  由于其④脚得高电位 ( $> 0.7V$ ) 而置位, 其③脚输出高电平,  $VS_3$  导通, 东西路口绿灯  $HL_8$ 、 $HL_{10}$  亮, 表示允许车辆和行人通过; 南北路口红灯  $HL_{11}$ 、 $HL_{12}$  亮, 表示禁止车辆和行人通过。与此同时,  $VT_4$ 、 $VT_1$  导通,  $C_6$  通过  $VD_{11}$ 、 $VT_4$  放电,  $C_3$  通过  $VD_3$ 、 $VT_1$  放电, 分别为下一步  $N_6$  和  $N_2$  进入置位状态做好准备。

当  $C_5$  经延时  $[t = 1.1(R_{10} + RP_3) \cdot C_5]$  约 30 ~ 60s 后, 其正端电压升高至  $2/3 U_{cc}$  时,  $N_5$  复位,  $N_5$  的③脚输出变为低电平,  $VS_3$  关断, 灯  $HL_8 \sim HL_{12}$  全灭。同时,  $VT_4$  因无偏压而截止,  $VD_{11}$  反向不导通,  $C_6$  开始充电,  $N_6$  由于其④脚得高电位 ( $> 0.7V$ ) 而置位, 其③脚输出高电平, 通过  $VD_8$  使  $N_4$  得电产生方波信号,  $VS_2$  继续导通, 控制黄灯  $HL_5 \sim HL_8$  闪光, 表示东西路口人、车预备停行, 南北路口预备通行。与此同时, 由于  $VT_1$  通过  $VD_{12}$  获偏流而继续导通, 因此  $VS_1$  仍关断, 灯  $HL_1 \sim HL_4$  仍不亮。

当  $C_6$  经延时  $[t = 1.1(R_{14} + RP_4) \cdot C_6]$  约 1 ~ 5s 后, 其正端电压升高至  $2/3 U_{cc} = 8V$  时,  $N_6$  复位,  $N_6$  的③脚输出变为低电平,  $N_4$  失电停止工作,  $VS_2$  关断, 黄灯  $HL_5 \sim HL_8$  全灭。同时  $VT_1$  由于失去偏压而截止,  $VD_3$  反向不导通,  $C_3$  再次开始充电, 从头重复以上过程……。如此反复循环, 即实现了对交通指挥信号灯  $HL_1 \sim HL_{12}$  的全自动程序控制。

电路中,  $VD_3 \sim VD_{12}$  为隔离二极管, 起导流和隔流双重作用。调节电位器  $RP_1 \sim RP_4$ , 可调整对应时基电路每次置位时间的长短, 即调整对应被控信号灯点亮的时间。

### 5. 遥控电控锁家用防盗电路

图 3.1.65 所示为家用防盗报警电路, 采用无法破解的滚动码无线遥控方式, 对主机进行防盗设定、解除以及遥控开锁等功能操作。在防盗设定状态时, 通过外部微震动传感器和门磁传感开关对门窗进行多重戒备。在解除遥控防盗状态时, 主人也可用手动钥匙开锁。正是由于采用多重戒备和开锁方式, 才使该防盗报警电路不仅使用方便, 而且可靠性高。

该防盗系统由主机、遥控器、门磁传感开关、微震动传感器、含钥匙电控锁、免维护蓄电池等组成。

遥控器为微型两按键匙扣式滚动码发射器, 它与主机内无线接收头相配合, 有效遥控距离在开阔地大于 50m, 室内隔墙遥控距离可达 30m。在此只介绍主机电路, 当需遥控设定防盗功能时, 按一下遥控器 A 键, 接收头 T942 输出解调信号送至滚动解码集成电路  $D_1$  (TH151B) 的①脚, 由其⑥脚输出解码高电平加至单稳触发电路  $D_2$  (D4013) 的数据端 D, 使主机进入监控戒备状态。当此时微震动传感器 (T968A) 或门窗传感器 (B 门磁) 被非法触发时, 它们会送出高电平脉冲加在触发电路  $D_2$  的时钟 CP 端, 其 Q 端输出高电平, 使  $VT_1$ 、 $VT_2$  导通, 主机内置的 TWH11 报警发出超响度报警声。经延时 6 ~ 8s 后单稳时间到, 只要此时 CP 端不再有传感信号注入, 报警声即自动停止; 如果 CP 端持续有信号输入, 报警声在暂停 3s 后会再次响起。

按遥控 B 键,  $D_1$  的⑦脚输出防盗解除高电平信号, 经隔离二极管  $VD_1$  加至触发器  $D_2$  的 R 端, 使输出 Q 端复位, 各传感器信号无法注入, 解除防盗警报。另一个触发器  $D_3$  (D4013) 用作遥控状态声响提示, 即按 A、B 键时,  $D_1$  的解码端 A、B 的输出信号分别经隔离二极管  $VD_2$ 、 $VD_3$  加在触发器  $D_3$  的 CP 端, 经触发器内部处理后由其 Q 端输出 0.5s 开关信号, 使报警电路电源短时接通, 从而产生操纵键音回应提示。

B 键的另一操作功能为遥控开锁。只要持续按住 B 键 1s 以上, TH151B 的⑦脚输出高电平, 使“非”门  $D_{4A}$  的输入端电平达到翻转电平,  $D_{4B} \sim D_{4F}$  被可靠触发, 经三极管  $VT_3$  驱动开锁继电器 K, 其常开触点闭合, 电控锁得电, 从而实现遥控开锁功能。



主机供电采用 220V 交流市电与蓄电池辅助不间断供电方式,其电路如图 3.1.66 所示。当市电停电时,机内 12V 的 1.2Ah 蓄电池随即向整机供电,而 220V 交流市电正常供电时,蓄电池处于最高 14V 浮充电状态。因此,机内蓄电池可以长期维持在满电荷状态。

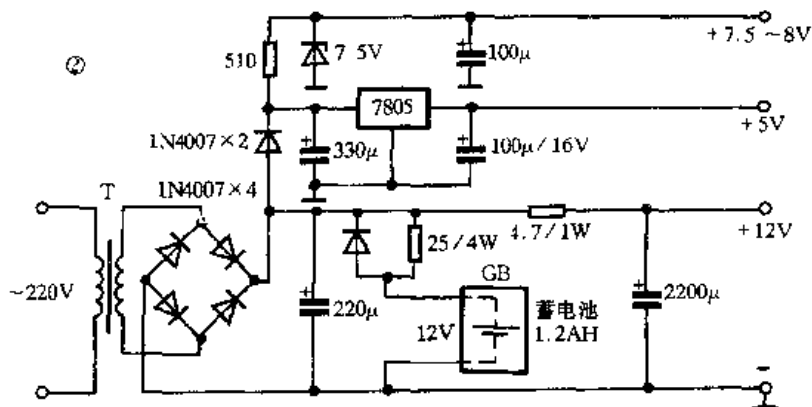


图 3.1.66 电源电路

### 6. 多功能电话线工作状态监测电路

电路如图 3.1.67 所示,在电话线路发生开路、短路等故障和出现有他人擅自并机盗打电话等现象时,能自动发出断续的音频报警信号,及时提示主人申报、查找故障原因和记录盗打电话的具体日期和时间,为日后申报追查盗打者提供依据,同时,在夜间有电话打来时,该电路还可自动控制一盏专用照明灯点亮,为接听电话提供照明。对主人电话机的正常使用不会造成任何不良影响。

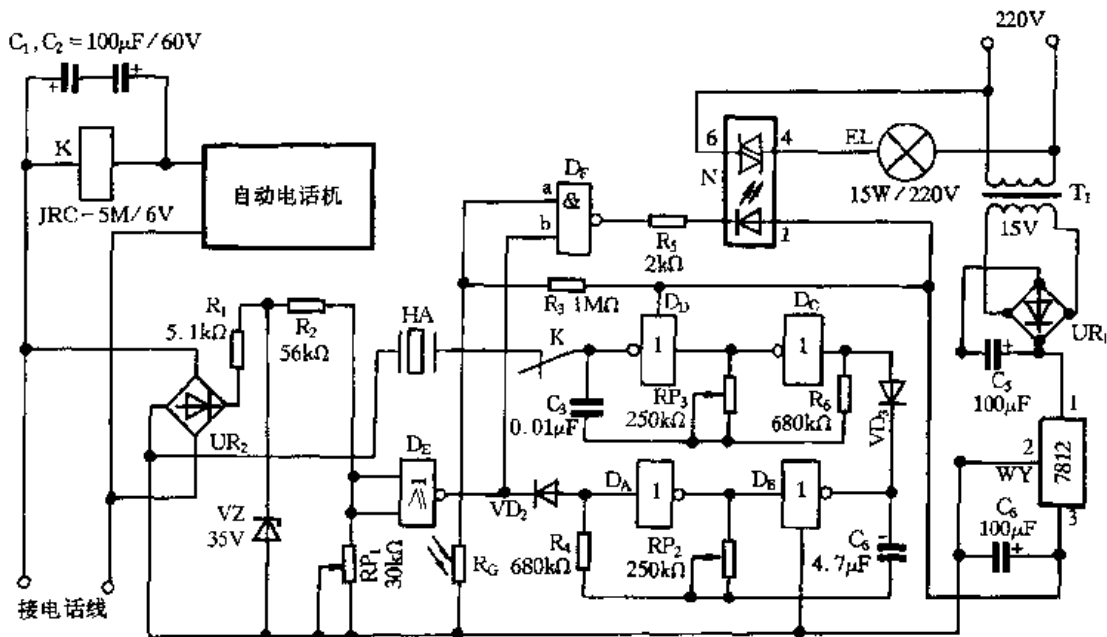


图 3.1.67 多功能电话线工作状态监测器电路

该电路使用了 1 只 CMOS 集成电路 D(CD4572B),该电路中含有 1 个二输入或非门( $D_E$ )、1 个二输入与非门( $D_F$ )和 4 个非门( $D_A \sim D_D$ )。 $D_A$  和  $D_B$  组成频率约为 2Hz 的超低频振荡器,其工作与否受  $D_E$  输出信号的电位控制, $D_C$  和  $D_D$  组成频率约为 800Hz 的音频振荡器,其输出直接驱动压电式蜂鸣器 HA 发声,该振荡器工作与否受  $D_B$  输出信号的电位控制。接成反相器使

用的  $D_F$  作为检测电话线工作状态的控制器。正常情况下,电话未摘机时,在电话线上保持有从自动电话交换机送来的直流 48V 的馈电电压,该电压经桥式整流器  $UR_2$ (采用整流器的目的主要是在接线时可不必考虑线路的极性)和  $R_1$  后,在稳压管  $VZ$  两端得到约 35V 电压,通过  $R_2$  与  $RP_1$  分压,使  $D_E$  输入端为高电位(约为 11V),则输出为低电位,使  $VD_2$  导通,将  $D_A$  输入端电压钳位于低电位, $D_A$  与  $D_B$  组成的超低频振荡器停振, $D_B$  输出为低电位,又使  $VD_3$  导通,则  $D_C$  的输入端也被钳位于低电位, $D_C$  和  $D_D$  组成的音频振荡器也停振,HA 不响,整个电路处于静止工作状态。当电话线路出现开路、短路故障时,均将使线路上的 48V 馈电电压消失,使  $D_E$  输入端变为低电位,输出则为高电位,使  $VD_2$  截止, $D_A$  与  $D_B$  组成超低频振荡器起振工作, $D_B$  输出电位开始周期性地高、低变化。当其输出为高电位时, $VD_3$  截止, $D_C$ 、 $D_D$  组成的音频振荡器起振工作,HA 发出音频声响;当其输出为低电位时, $VD_3$  导通, $D_C$  输入端又被钳位于低电位,音频振荡器停振,HA 不响,这样音频振荡器的输出信号就被超低频振荡器所调制,输出“嘀、嘀、嘀”的断续蜂鸣音频报警信号,电路完成电话线路开路、短路时蜂鸣声报警的功能。同理,当电话线上有他人擅自并机盗打电话时,只要盗打电话一摘机,则线路上的 48V 馈电电压就会立即降至 10V 以下,该电压经  $R_2$  与  $RP_1$  分压后,会使  $D_F$  输入端为低电位(约为 1V),输出则变为高电位,超低频振荡器和音频振荡器同样会起振工作,使电路发出音频报警信号,完成他人盗打电话时的蜂鸣声报警功能。当主人使用电话时,只要主人一摘机,则与主人电话机串联的高灵敏继电器  $K$  就会得电吸合,其常闭接点  $K$  断开,音频振荡器输出的蜂鸣信号被切断,因此主人使用电话机时,电路不会发出蜂鸣报警。

$D_F$ 、光耦  $N$  组成专用照明灯的控制驱动电路,其工作与否,同时受控于由  $R_3$  与光敏电阻  $RG$  分压组成的环境光线检测电路的输出信号的电位和  $D_E$  的输出信号的电位,在白天使用环境光线较亮时, $RG$  受光照射,阻值较小(约为 100k $\Omega$ ),与  $R_3$  分压后使  $D_F$  的 a 输入端为低电位,则  $D_F$  被封锁,输出为高电位, $N$  无法工作,照明灯不亮。当夜间使用环境光线较暗时, $RG$  无光照射,阻值较大(约为数兆欧),与  $R_3$  分压后使  $D_F$  的 a 输入端变为高电位,则  $D_F$  被打开,若此时有电话打来和主人摘机应答(或出现上述的电话线路发生开路、短路等故障和有人擅自并机盗打电话)而导致  $D_E$  输出端变为高电位时,就将使  $D_F$  的 a、b 输入端同时为高电位,则  $D_F$  由于满足“与”条件,其输出变为低电位,使  $N$  可以触发工作,照明灯  $EL$  被点亮,电路完成夜间自动为接听电话提供照明的功能。

## 第二节 晶闸管电路

### 一、晶闸管开关和单相调压电路

#### 1. 电热毯恒温控制电路

目前一般家庭使用的电热毯都没有恒温控制装置,只能靠手工控制电热毯的温度,既不方便又不可靠。图 3.2.1 所示的电热毯恒温控制电路,能自动地将电热毯保持在一定温度范围内,并能根据使用者的实际状况,由使用者设定最适合自己的温度范围,当温度低于设定的下限温度时,电热毯自动加热,高于设定温度又自动断开电热毯的电源,停止升温。

合上开关  $S$ ,220V 市电经  $C_1$ 、 $R_1$  降压,二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$  整流,电容  $C_2$  滤波,再经  $VZ$  稳压,得到 6V 直流电作为控制电路的工作电源。 $N_{1A}$ 、 $N_{1B}$  为 CMOS 低功耗集成运放  $CF7621$ ,各使用

其中的 1/2CF7621。N<sub>1A</sub> 组成下限温度比较器,由 RP<sub>1</sub> 提供下限温度控制电压 U<sub>L</sub>;N<sub>1B</sub> 组成上限温度比较器,由 RP<sub>2</sub> 提供上限温度控制电压 U<sub>H</sub>。N<sub>2</sub> 为 CMOS 时基电路 CC7555 组成双稳态电路,②脚为低触发端,④脚为复位端,③脚为输出端。开始使用时,电热毯温度低于设定的下限温度,热敏电阻 R<sub>T</sub> 阻值变大,则 U<sub>A</sub> < U<sub>L</sub>,N<sub>1A</sub> 的 ①脚输出为低电位,N<sub>2</sub> 的 ②脚得一低触发电平,使得 N<sub>2</sub> 的 ③脚输出为高电位,红色发光二极管 V<sub>L</sub> 发光,同时使双向晶闸管 VS 导通,电热毯电热丝 R<sub>L</sub> 得电加热,电热毯温度开始上升,R<sub>T</sub> 阻值逐渐变小,U<sub>A</sub> 逐渐升高,当温度上升到设定的上限温度时,则 U<sub>A</sub> > U<sub>H</sub>,N<sub>1B</sub> 的 ⑦脚输出为低电位,N<sub>2</sub> 的 ④脚复位端得一低触发电平,N<sub>2</sub> 复位,③脚输出为低电位,使得 V<sub>L</sub> 熄灭,同时双向晶闸管 VS 截止,电热丝 R<sub>L</sub> 断电,停止加热。停止加热后,电热毯温度逐渐降低,降到下限温度时,U<sub>A</sub> < U<sub>L</sub>,V<sub>L</sub> 又发光,同时 VS 又开始导通,使电热丝 R<sub>L</sub> 又得电加热,如此不断循环,达到恒温控制的目的。

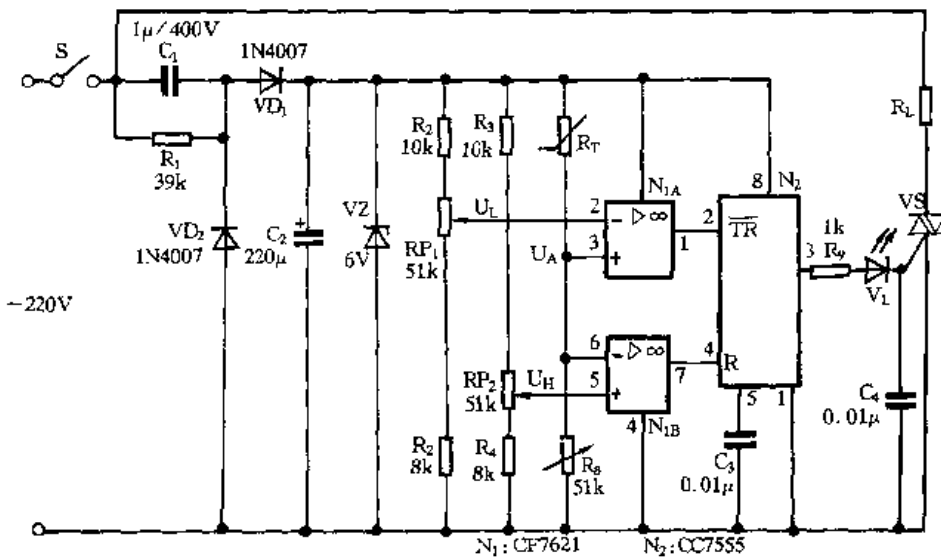


图 3.2.1 电热毯恒温控制电路

### 2. 无触点单相交流调压电路

图 3.2.2 所示为常用晶闸管控制的单相交流调压器,其调压范围宽,最低可降压 20V,升压 40V。

220V 交流电压经电阻 R、电位器 RP 向电容 C 充电,当 C 两端电压升到双向触发二极管 VD 的阻断电压时,VD 导通,使双向晶闸管 VS 触发导通。VS 触发角由 C 的充电时间常数决定,调节 RP 阻值即可改变 VS 触发角,从而改变通过变压器 T 的一次侧线圈 L<sub>1</sub> 电流的大小。当需升压时,减小 RP 阻值,VS 导通角增大,通过 T 的 L<sub>1</sub> 电流也随着增大,二次侧线圈 L<sub>2</sub> 得到的补偿电压也随之升高,达到升压的目的。增大的 RP 阻值,输出电压就降低。

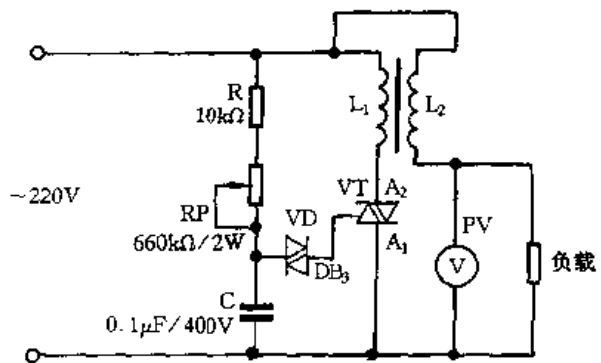


图 3.2.2 无触点单相交流调压电路

### 3. 实用自动调压开关电路

电路如图 3.2.3 所示。若用于控制电灯,使用时只要按下按键开关,灯光的亮度从微亮逐渐变亮增大到最亮(分 10 挡)后熄灭,继续按按键开关不放又重复上述过程,10 挡变化周而复

始。当认为灯光亮度合适时,只要松手灯光亮度就按要求自动锁定。

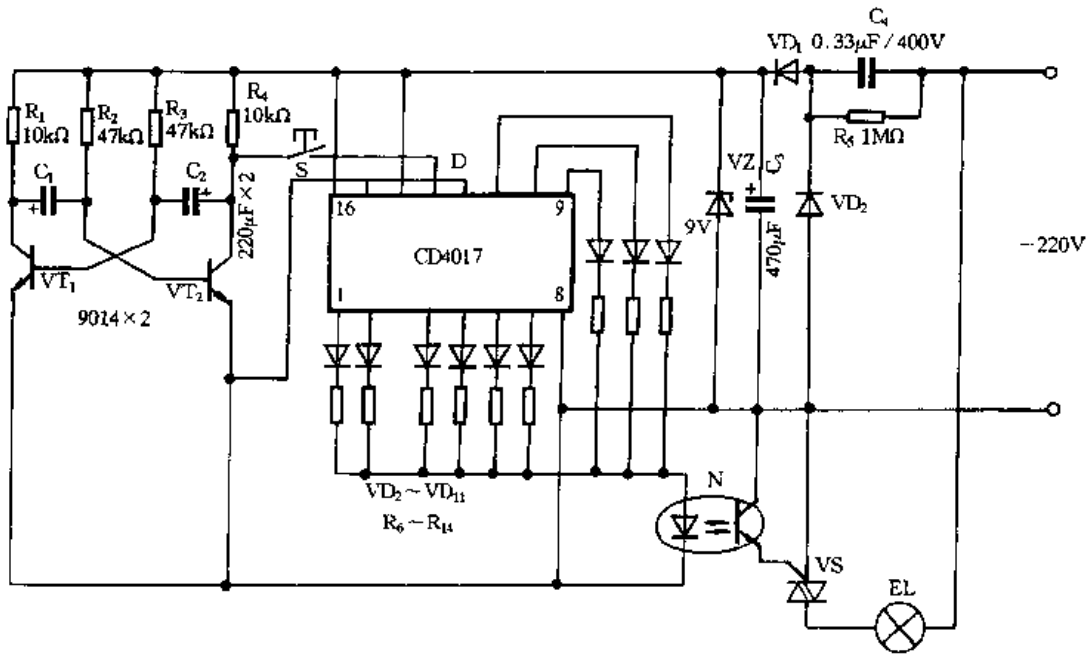


图 3.2.3 自动调压开关电路

VT<sub>1</sub>、VT<sub>2</sub> 组成振荡频率约为 1Hz 的自激多谐振荡器。按下按键开关 S, 振荡器输出的矩形方波信号通过按键开关 S 输送到 D(CD4017) 的输入端, 控制 D 的输出端, 使 D 的输出端 Y<sub>0</sub> ~ Y<sub>9</sub> 依次输出高电平, 并通过 VD<sub>3</sub> ~ VD<sub>11</sub> 和 R<sub>6</sub> ~ R<sub>14</sub> 送至光电耦合器 N 的输入端, 光电耦合器输出相应的信号又送至双向晶闸管 VS 的控制极, 由于 R<sub>6</sub> ~ R<sub>14</sub> 的阻值各挡不同, 光电耦合器输出的信号强弱也不同, 所控制的双向晶闸管 VS 的导通角随之不同, 因此与双向晶闸管 VS 串联的负载上得到的电源电压也随 VS 导通角的不同而变化, 从而实现了灯光亮度自动调节。

#### 4. 恒压(恒流)源晶闸管控制电路

图 3.2.4 所示的中、小型恒压(恒流)源晶体管控制电路, 利用 1 只四运放 N<sub>1</sub> ~ N<sub>4</sub>(LM324) 组成同步放大、积分调节、移相比较电路。

N<sub>1</sub> 组成电压比较器, 将正弦波电压经 UR<sub>2</sub> 全波整流后的同步电压变换为同步矩形波电压。同步矩形波电压经 VT<sub>1</sub> 倒相后, 由 VD<sub>1</sub>、C<sub>3</sub>、R<sub>6</sub> 组成的网络变为锯齿波电压并送至比较器 N<sub>4</sub> 的同相输入端与其反相输入端电压进行移相比较。N<sub>2</sub> 为一放大器, 它将反馈信号电压 U<sub>F</sub> 放大后送至 N<sub>3</sub>。N<sub>3</sub> 是一无差积分调节器, 其输出电压送至 N<sub>4</sub> 的反相输入端, 与锯齿波电压在比较器 N<sub>4</sub> 进行比较, 并形成可移相的晶闸管触发脉冲, 触发脉冲经光耦管 N<sub>5</sub> 隔离, 再经 VT<sub>3</sub> 功率放大后触发晶闸管 VS<sub>1</sub>、VS<sub>2</sub>。反馈信号从输出电压或电流取出, 闭环系统呈负反馈形式。

积分调节器 N<sub>3</sub> 的一个输入端输入由电位器 RP 提供的给定电压 U<sub>R</sub>, 用以调节恒压(恒流)源输出电压(电流)值的大小, 另一个输入端输入放大器 N<sub>2</sub> 的输出电压。当电源空载时, 反馈电压 U<sub>F</sub> 为 0V, N<sub>2</sub> 的输出为 0V, N<sub>3</sub> 的输出也为 0V, 此时触发脉冲移相角为零。当有反馈信号时, N<sub>2</sub> 即有一定的电压输出, 当此电压与给定电压相等时, 调节器 N<sub>3</sub> 的输入电压偏差信号为 0V, 此时闭环系统处于稳定状态。一旦 N<sub>3</sub> 的两输入电压不一致, 积分器 N<sub>3</sub> 的输出电压就要发生变化, 使触发脉冲移相, 迫使电源输出电压(电流)发生逆向变化, 通过系统负反馈很快就可修正 N<sub>3</sub> 的两个输入电压误差, 使系统重新趋于稳定。

#### 5. 大电感负载时单桥式手动触发晶闸管调压电路



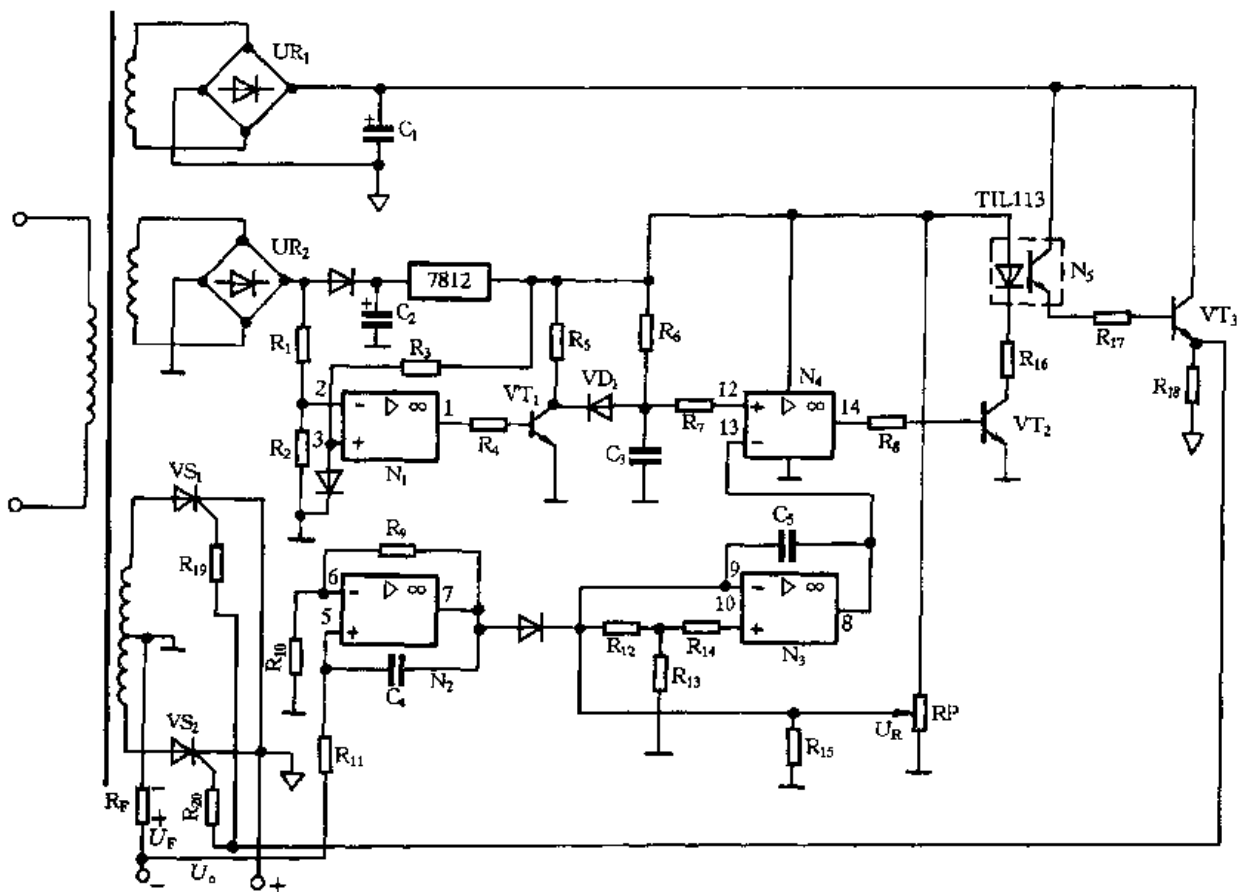


图 3.2.4 恒压(恒流)源晶闸管控制电路

单桥式晶闸管调压电路如图 3.2.5 所示。手动调节可变电阻  $R_E$ ，可改变触发脉冲频率，从而改变晶闸管 VS 的导通角，达到调压的目的。但由于该触发电路输出脉冲较窄，功率较小，当负载为大电感(如电磁吸盘线圈)时，可能出现晶闸管不能导通的现象。其原因是由于电感上电流不能跃变。假如电感原先并未储能，脉冲期间晶闸管 VS 导通，电感上电流从零开始上升；脉冲结束时，电感电流并未上升到晶闸管继续导通所必须的最小电流  $I_H$ (维持电流)以上，则晶闸管又重新关断。为此，可采用如下措施：

(1) 增大触发脉冲的宽度，实现途径有两种：

① 选择合适的电路参数，将触发脉冲宽度加大到 1ms。触发脉冲宽度由电容 C 的放电时间常数决定。

② 给振荡电路增添一个三极管环节，如图 3.2.5 虚线框所示。当削波电压  $U_{B0}$  经  $R_E$ 、 $R_3$  对 C 充电到单结管  $VT_2$  峰点电压时， $VT_2$  导通，其  $B_2$  极电位下降，使  $VT_1$  由截止变为导通，其集电极输出电流加大了  $VT_2$  的发射极电流，使合成电流大于  $VT_2$  谷点电流  $I_V$ ，维持  $VT_2$  连续导通，实现宽脉冲输出( $VT_2$  的漏电电流不能过大，以免产生误触发)。

(2) 保持脉冲宽度不变，增加 1 只通电延时时间继电器 KT。

将 KT 得电延时断开的常闭触点并接在 VS 阴、阳极间，KT 线圈接在主电路，如图 3.2.5 虚线所示。

接通电源，KT 得电吸合，同时由于晶闸管 VS 被 KT 延时断开的常闭触点短接而使负载得电。延时一段时间后，KT 延时断开的常闭触点打开。由于 KT 的常闭触点从 KT 得电到触点打开的时间(约几秒钟)远大于晶闸管 VS 门极触发脉冲宽度(毫秒级)，因此，在这段时间里负载电流会上

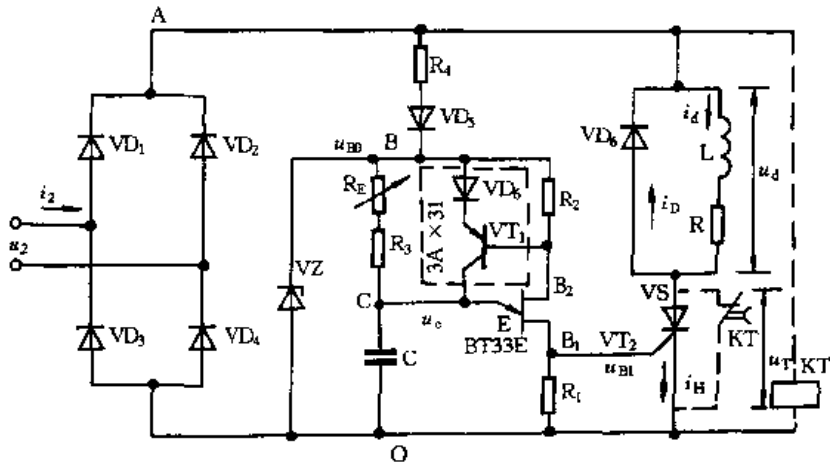


图 3.2.5 单桥式可控硅整流电路原理图

升到远大于晶闸管的维持电流  $I_H$ 。当下一个脉冲到来时,晶闸管 VS 会立即被触发导通。

导通后,对于大电感负载,  $\omega L \gg R$ , 负载电流  $i_d \approx I_d$  (直流)。假设导通时刻处于正半周,  $VD_1$ 、 $VD_4$  导通, 当  $u_2$  正弦波下降到接近零时,  $VD_1$ 、 $VD_4$  关断, 而  $VD_2$ 、 $VD_3$  未导通,  $i_T$  从  $I_d$  突降为零, VS 因此而关断。同时, 负载两端产生瞬时感生电动势, 其方向为下正上负。在该感生电动势的作用下  $VD_6$  导通,  $i_d$  通过  $VD_6$  续流。

在负半周,  $VD_2$ 、 $VD_3$  导通, 开始时 VS 并未触发导通,  $U_d = 0$ ,  $U_T = U_2$ ; 在 VS 受触发导通瞬间,  $U_T = 0$ ,  $U_d = U_2$ ,  $VD_6$  由于承受反压而快速关断,  $i_T$  立即从 0 上升到  $I_d$  以维持负载电流的连续。

由此可见, 在 KT 延时触点断开后, 晶闸管会可靠触发导通, 而在电源电压过零时又会可靠关断(但若变压器容量过大, 可能产生关不断的现象)。

## 二、晶闸管三相调压电路

### 1. KJZ6 三相全控桥触发控制电路

KJZ6 电路由 3 只晶闸管移相触发专用电路 KJ004、1 只六路双脉冲形成专用电路 KJ041、1 只脉冲列调制形成专用电路 KJ042 以及稳压电路 7815、7915 和晶体管、阻容元件等组成。其电路图 3.2.6 所示。

KJZ6 电路引脚功能如表 3.2.1 所示。其主要电参数: 交流同步电压为  $30V \pm 5V$  (三相有效值); 同步工作电流为  $2 \sim 3mA$ ; 同步接法为  $380V/30V(D, y)$ ; 移相控制电压为  $-8 \sim +8V$ 、 $-4 \sim +4V$ 、 $0 \sim +8V$ 、 $-8 \sim 0V$ 、移相输入阻抗  $\geq 3k\Omega$ 、移相范围为  $170^\circ$  (为最大)、触发脉冲形式为脉冲列调制式双脉冲、脉冲列频率为  $5 \sim 10kHz$ 。

表 3.2.1 KJZ6 电路引脚功能

引脚号	引脚功能	引脚号	引脚功能
2	$L_1$ 同步输入	14 15	输出 $L_1$
1	$L_2$ 同步输入	8 9	输出 $L_2$
20	$L_2$ 同步输入	4	$\sim 18V$ 输入
19	移相	5	$\sim 18V$ 输入
6 7	输出 $L_1$	3	+15V 输出
12 13	输出 $L_1$	21	-15V 输出
10 11	输出 $L_2$	18	控制
16 17	输出 $L_2$		

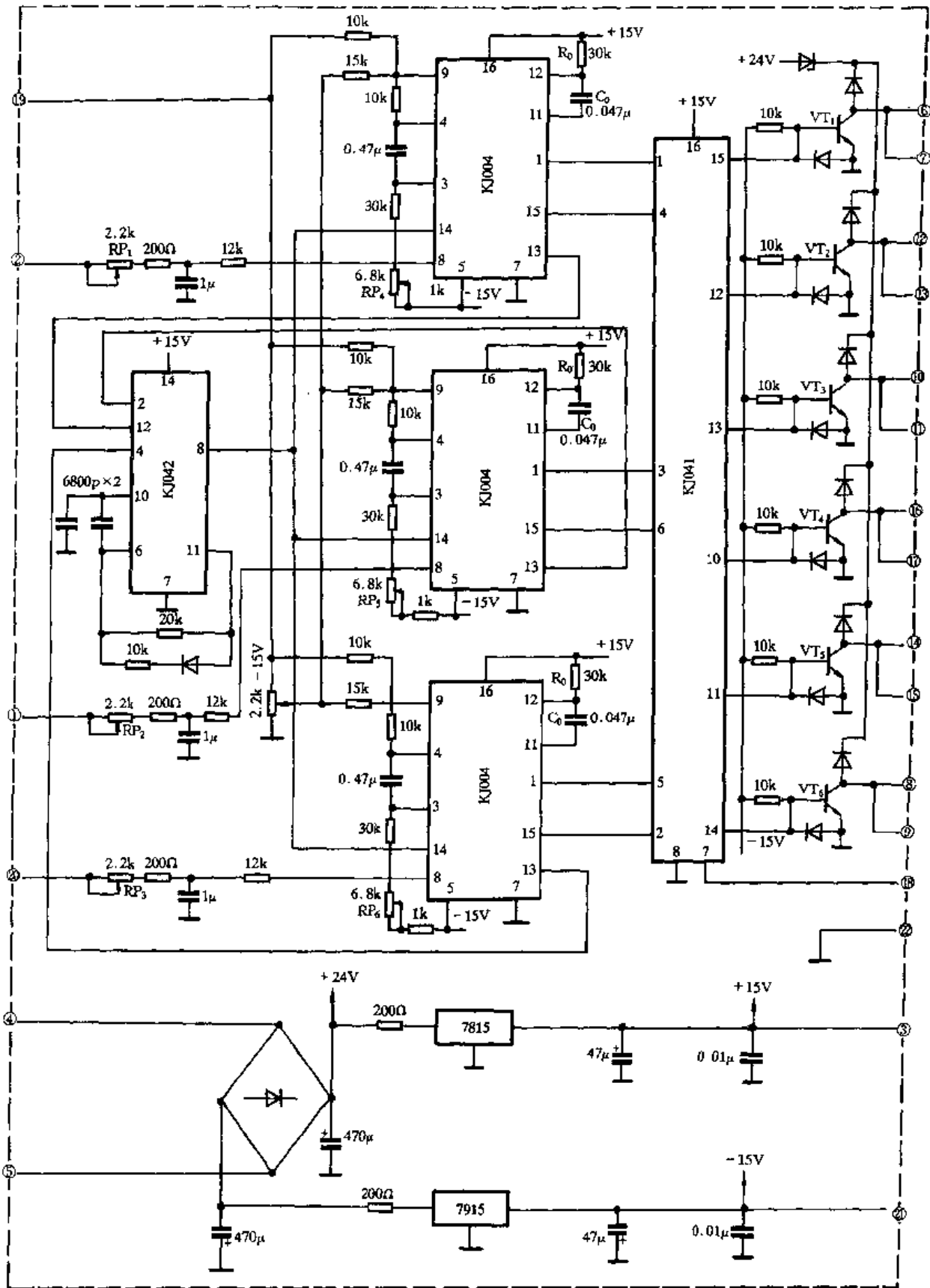


图 3.2.6 KJZ 三相全控桥触发控制电路

每相同步电压经 KJN6 的②、①、③脚送入其内部再分别经 T 型 RC 移相网络滤波后加入 3 只 KJ004 的同步输入端(⑧脚)。每相同步电压的相位可通过电位器  $RP_1 \sim RP_3$  进行微调,以保证六相脉冲间隔的均匀。每相同步电压送入后,3 只 KJ004 的④脚分别形成每相的 100Hz 的锯齿波电压。锯齿波电压、移相电压以及偏移电压在 3 只 KJ004 的⑨脚综合进行电流比较后,在其⑬脚输出固定宽度的触发脉冲,送至 KJ042 的②、④、⑫脚。由 KJ042 等组成的脉冲列形成器将 3 只 KJ004 送来的触发脉冲进行 5 ~ 10kHz 调制,再从 KJ042 的⑧脚输出分别送至 3 只 KJ004 的⑭脚,此时在 KJ004 的①和⑮脚即输出被调制的脉冲列移相触发脉冲。3 只 KJ004 触发器的 6 路输出再送到 KJ041 电路的① ~ ⑥脚,在 KJ041 的⑩ ~ ⑮脚输出的即是按  $L_1 \leftarrow L_3$ 、 $-L_3 \leftarrow L_2$ 、 $L_2 \leftarrow -L_1$ 、 $-L_1 \leftarrow L_3$ 、 $L_2 \leftarrow -L_2$ 、 $-L_2 \leftarrow L_1$  规律组成的双脉冲,最后经由  $VT_1 \sim VT_6$  等组成的功放放大后输出驱动电流。调节 KJ004 的⑪、⑫脚所接的  $R_0$ 、 $C_0$  之值便可调节每相输出触发脉冲的宽度。如需要  $180^\circ - \alpha$  的长脉冲,则可去掉  $R_0$ 、 $C_0$ ,在 KJ004 的⑪、⑫脚之间加一只  $68k\Omega$  的电阻即可实现。该电路的触发极性为正。调节锯齿波斜率控制电位器  $RP_4 \sim RP_6$  和同步相位微调电位器  $RP_1 \sim RP_3$  就能使三相平衡度比较理想。对不同的移相控制电压,只需改变每相的权电阻之比例,以及调节锯齿波斜率及选择相应的偏移电压就可得到所需的移相角。

KJZ6 电路可广泛应用于三相桥式全控整流设备中,如图 3.2.7 所示。

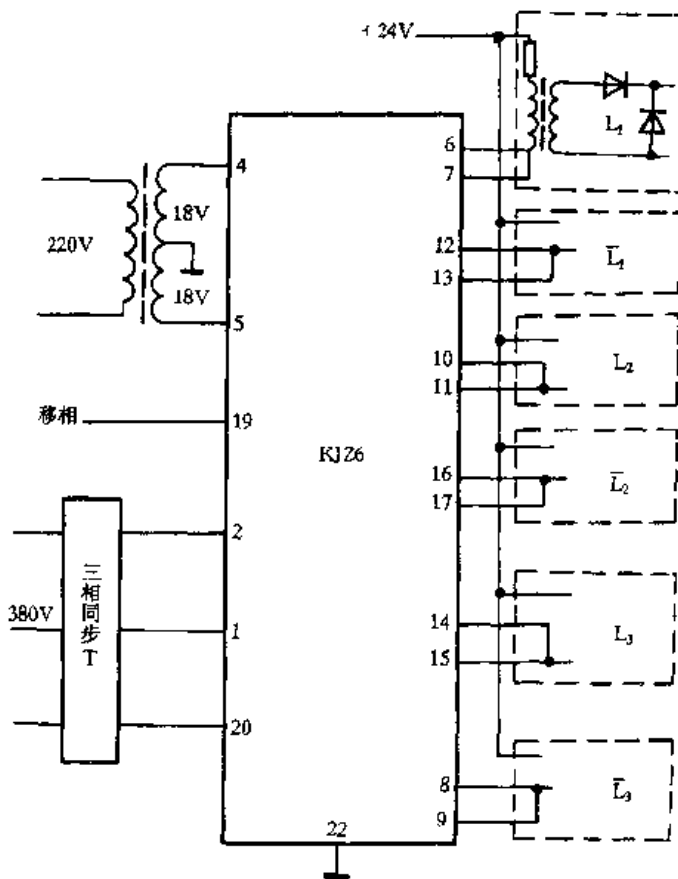


图 3.2.7 KJZ6 三相全控桥整流电路

## 2. 单相同步信号移相的三相晶闸管触发电路

根据三相交流电彼此相位差为  $120^\circ$  的原理,而采用单一的  $L_1$  相产生可调移相触发脉冲,另外两相以  $L_1$  相作为相位基准,将其固定移相  $120^\circ$ ,得到三相交流调压触发脉冲,其方框图如图 3.2.8 所示。

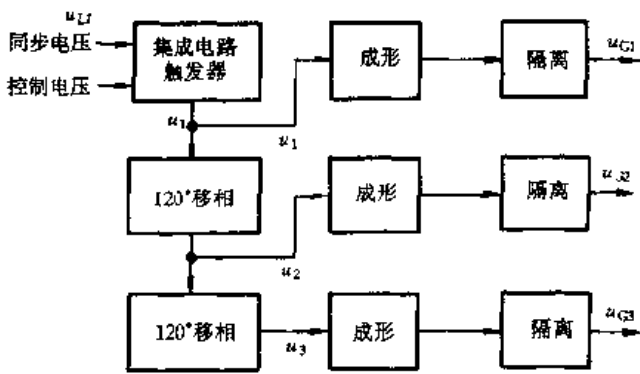


图 3.2.8 新的三相移相触发原理框图

由图 3.2.8 可看出, 只要用一只 KJ (KC) 系列单相集成触发电路产生  $L_1$  相可调移相触发脉冲  $u_1$ , 然后以  $u_1$  作为相位(时间)基准, 彼此固定移相  $120^\circ$  后, 再分别产生  $u_2$ 、 $u_3$  两相的移相触发脉冲。这样就实现了三相交流移相触发。两个  $120^\circ$  固定移相电路, 可用 NE555 时基电路来实现。

新的三相交流移相触发电路如图 3.2.9 所示,  $N_1$  为移相电路 KJ006,  $N_2 \sim N_6$  为时基电路 NE555,  $N_7 \sim N_9$  为光耦合器 4N25。

$N_2$ 、 $N_3$  为由时基电路 NE555 组成的单稳态电路, 在预定时间范围内给出不同的输出, 作为自动定时控制。每个定时器的③脚输出的脉冲延时时间为  $T = 1.1RC$ , 式中  $R$  为 NE555 的⑥脚与⑦脚接电源  $U_{cc}$  的电阻值,  $C$  为⑥脚与⑦脚接地的电容器的电容值。为了保证定时精度,  $R$ 、 $C$  必须选用稳定性、精确度较高的电阻及电容器。 $N_2$  和  $N_3$  单稳态电路分别延时 6.67ms, 这就等于移相了  $120^\circ$ 。 $RP_2$  和  $RP_3$  电位器用于微调单稳态电路  $N_2$ 、 $N_3$  的延时时间, 以保证三相移相触发脉冲的彼此相位差为精确的  $120^\circ$ 。

该电路具有锯齿波线性好、移相范围宽、控制方式简单、有失交保护、输出电流大等优点, 它是交流调压的理想集成电路。全机(包括 KJ006)都采用 +15V 直流稳压电源供电。

#### (1) $L_1$ 相的触发脉冲

同步电压取自  $L_1$  相电源变压器的次级, 经同步限流电阻  $R_1$ , 送至 KJ006 的⑬脚。

锯齿波的斜率由⑤脚外接电阻  $R_5$  和④脚外接电容  $C_2$  决定。触发脉冲宽度由  $R_3$  和  $C_1$  决定。电位器  $RP_1$  改变⑥脚的直流电位, 该控制电压用于调节移相范围。 $RP_1$  串接  $R_6$  与  $R_7$  是为了限制控制移相范围。KJ006 由⑨脚输出  $L_1$  相可调移相触发脉冲。

$L_1$  相的可调移相触发脉冲经  $R_8$ 、 $C_3$  微分后, 分别送到  $N_2$  与  $N_4$  的②脚。送至  $N_4$  的微分脉冲作为  $L_1$  相的触发脉冲。送至  $N_2$  的微分脉冲作为形成  $L_2$ 、 $L_3$  相的触发脉冲的信号源。

#### (2) $L_2$ 相、 $L_3$ 相的触发脉冲

$L_1$  相的触发脉冲送至  $N_2$  的②脚, 经  $N_2$  延时 6.67ms(相当于  $120^\circ$ )后, 由其③脚输出  $120^\circ$  的移相触发脉冲, 经  $R_{10}$ 、 $C_6$  微分后, 分别送到  $N_3$  与  $N_5$  的②脚。送至  $N_5$  的微分脉冲作为  $L_2$  相的触发脉冲。送至  $N_3$  的微分脉冲作为形成  $L_3$  相的触发脉冲的信号源。

$L_2$  相的触发脉冲, 送至  $N_3$  的②脚, 经  $N_3$  延时 6.67ms(相当于  $120^\circ$ )后, 由其③脚输出  $120^\circ$  的移相触发脉冲, 经  $R_{12}$ 、 $C_9$  微分后, 送到  $N_6$  的②脚作为  $L_3$  相的触发脉冲。

#### (3) $L_1$ 相、 $L_2$ 相、 $L_3$ 相的宽触发脉冲的形成

$N_4$ 、 $N_5$ 、 $N_6$  单稳态电路的延时时间均为 3.34ms, 就是形成脉冲宽度为 3.34ms 的宽触发脉冲, 折合其相角为  $60^\circ$ 。用 NE555 时基集成电路做成的定时器, 其定时稳定度(精确度)可达到  $10^{-3} \sim 10^{-2}$ , 因此定时(移相)精度是足够满足电网及调压同步要求的。

$N_4$  的③脚输出的  $60^\circ$  宽触发脉冲, 经  $N_7$  光耦合器隔离作为  $L_1$  相移相触发脉冲  $u_{G1}$ , 送到  $L_1$  相双向晶闸管控制极。 $N_5$  的③脚输出的  $60^\circ$  宽触发脉冲, 经  $N_8$  光耦合器隔离作为  $L_2$  相移相触发脉冲  $u_{G2}$ , 送到  $L_2$  相双向晶闸管控制极。 $N_6$  的③脚输出的  $60^\circ$  宽触发脉冲, 经  $N_9$  光耦合器隔离作为  $L_3$  相移相触发脉冲  $u_{G3}$ , 送到  $L_3$  相双向晶闸管控制极。

图 3.2.9 所示三相触发器在力矩调节器上的应用如图 3.2.10 所示。三相交流力矩电动机负载的接线方式不同,则三相交流调压的接线方式也就不同。图 3.2.10(a)为 Y 形带中性线的三相交流调压电路,实际上就是三个单相交流调压电路的组合,输出电压、电流波形对称。该电路因有中性线可流过谐波电流(特别是三次谐波电流),因此不需要宽脉冲触发,适用于中小功率的可接中性线的力矩电动机。

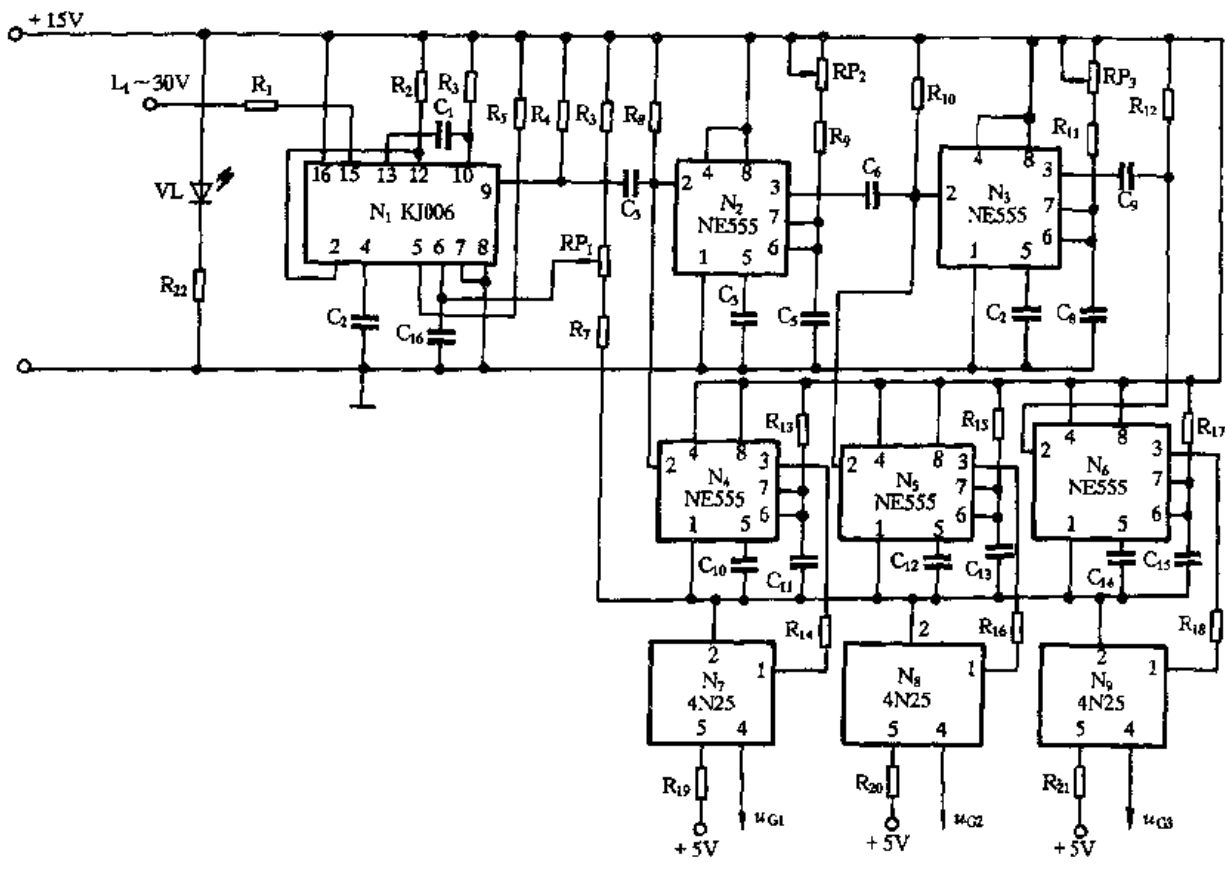


图 3.2.9 新的三相移相触发电原理图

当力矩电动机是  $\Delta$  形或是 Y 形接法不带中性线时,可采用图 3.2.10(b) 所示的接线方式。这种接法因负载对称,不存在三次谐波电流,适用于各种负载,但需采用大于  $60^\circ$  宽脉冲或双脉冲触发。

对图 3.2.9 所示电路稍加改动,可供不同负载性质、不同接线方式(例如大功率调温、调光的纯电阻负载, Y 形或  $\Delta$  形不同接线方式)的场合使用,以实现三相交流调压;也可用于三相可控整流电路作移相触发。

### 3. 晶闸管触发脉冲自动监测电路

晶闸管是弱电控制、强电输出器件,而控制其工作的是触发脉冲。若某触发脉冲丢失,则对应的晶闸管就无法导通,因此,对晶闸管触发脉冲的自动检测是非常必要的。

自动监测触发脉冲是否丢失的显示、报警及保护电路方框图如图 3.2.11 所示,其电路图如图 3.2.12 所示,图中只画出检测一相触发脉冲,若检测多相触发脉冲,则用多个这样的电路即可(报警、保护电路除外)。

#### (1) 脉冲的检测电路

触发脉冲一般都是比较窄的尖顶脉冲(或矩形脉冲),要准确无误地检测出来,则要求检测元件有较高的灵敏度。为此,选用霍耳元件进行检测,由于霍耳元件反应灵敏,无电磁惯性,很

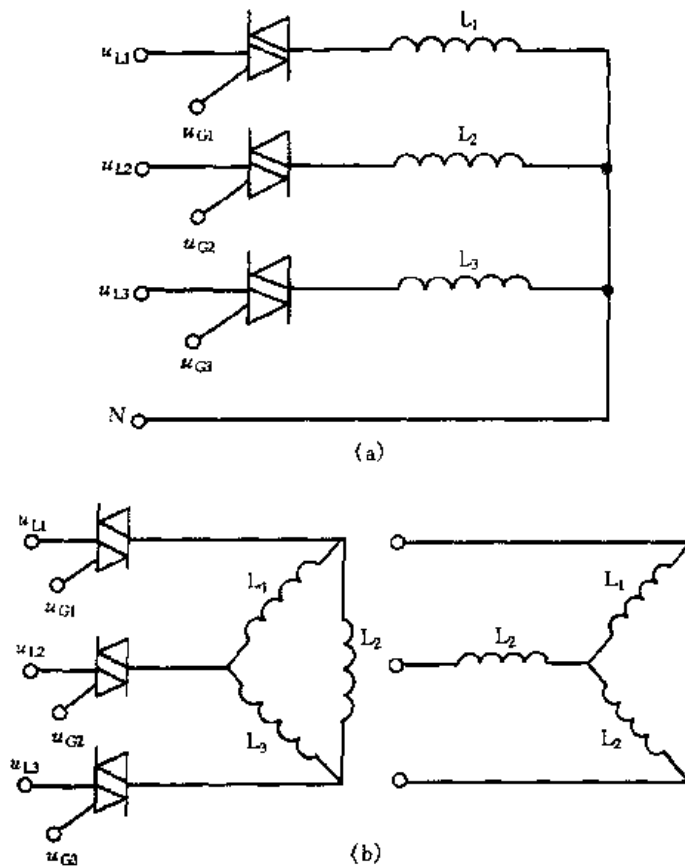


图 3.2.10 三相交流调压电路(力矩调节器)

适合检测小的电信号,而且使用时不需更改原系统的电路,只需将待检测脉冲的输出线绕在 C 形铁心上即可。

此外,为了显示方便,须给待检测脉冲编号,这样,无论哪相脉冲丢失,该电路均能正确显示出其编号,便于维修人员顺利找到该脉冲插件。

#### (2) 脉冲的放大、整形电路

由于经霍尔电路 UGN3120 检测后输出的信号是幅度很小的(mV 级)尖顶脉冲(或矩形脉冲),为此,必须进行放大、整形,变换成数字电路所能接受的矩形脉冲。选用放大脉冲用的集成电路 CF2520MD、施密特触发器 T4014 和反相器 T2004 来实现脉冲放大与整形。

#### (3) 毫秒信号发生器电路

毫秒信号作为脉冲鉴别器的标准时间信号,由 T1004、T2004 和 T4160 组成。

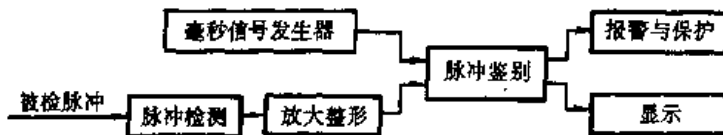


图 3.2.11 晶闸管触发脉冲自动监测电路方框图

#### (4) 脉冲鉴别电路

该部分采用计数器来实现对脉冲的鉴别。我国工频为 50Hz,一个周期(360°)是 0.02s,即 20ms。开关 SA 置于“1”时,为 11 进制的计数器,适用于触发脉冲在 180°(10ms)范围内至少出现一次的电路;开关 SA 置于“2”时,为 22 进制计数器,适用于要求触发脉冲在 360°(20ms)范围

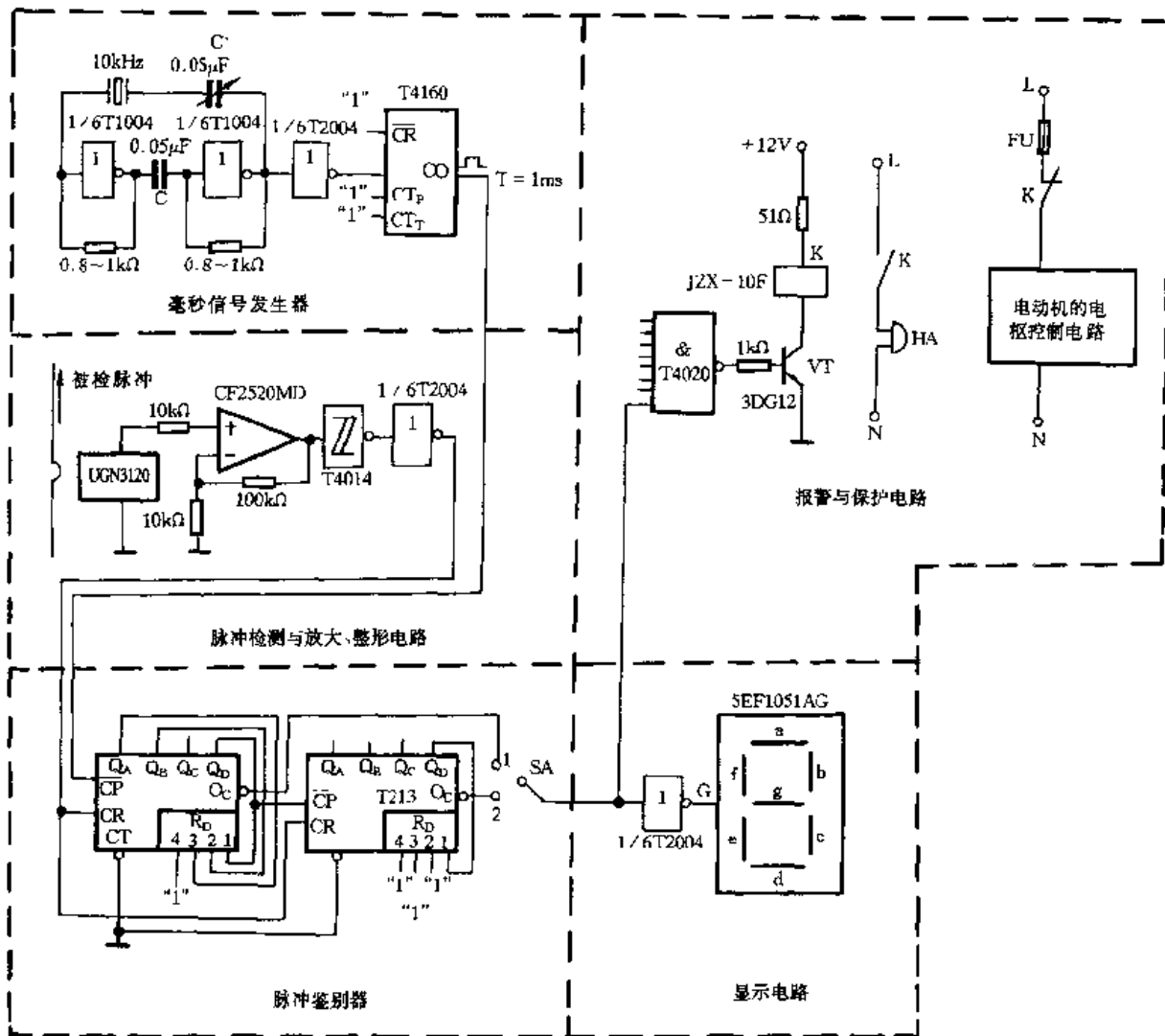


图 3.2.12 晶闸管触发脉冲自动监测电路

内至少出现一次的电路(考虑到计数脉冲可能与被检测脉冲不同步,也为了该电路的可靠性,为此计数器都留有一定的裕量),若在规定时间内无触发脉冲到来,说明该脉冲已丢失,此时计数器发出信号,驱动显示、报警及保护电路。

### (5) 报警与保护电路

为了便于值班人员在值班室就能了解情况,同时考虑到工厂一般噪声较大,为此,该报警电路采用继电器 K 控制电铃 HA(也可用其它声响器)的方法。电铃可放在值班室内的任何地方,无论哪相脉冲丢失,电铃都会响,待故障排除后,电铃自动失电,整个电路恢复常态(为了避免出现脉冲故障后电铃声太吵,可在电铃中装一个开关,得到报警信号后,可手动断开电铃电源,故障排除后再合上开关,使其恢复自动状态)。

对需要进行保护的直流电动机或同步电动机,可将继电器 K 的常闭触点串入电枢控制电路中,当出现脉冲丢失故障时,该继电器得电吸合,其常闭触点断开,使电动机的电枢脱离电源,从而起到保护作用。对晶闸管整流装置所带的其它负载,若需要及时保护,可采用类似的保护措施。

该报警、保护装置是共用的。每个脉冲鉴别电路(即计数器)的输出接 T4020 与非门,无论是一路还是多路脉冲出现故障(脉冲丢失),与非门都会输出高电平,从而驱动晶体管 VT 导



通,使继电器 K 得电吸合,其常开触点闭合,控制电铃 HA 报警;K 的常闭触点断开,使被保护的电路失电。

#### (6) 显示电路

该电路采用 LED 数码管显示,无论哪相脉冲丢失,都能准确显示其对应的编号。因考虑到可能有两相或两相以上触发脉冲同时丢失,因此每相脉冲的检测都配一个数码管。

数码管选用共阳极接法的 5EF1051AG 集成数码管。每个数码管已根据接口编号连接成了相应的字形,其公共端与脉冲鉴别器(即计数器)后面的非门相连,若脉冲丢失,计数器输出低电平,经反相器输出高电平,从而驱动数码管显示相应的字形。

数码管具体连接情况,以“1”号脉冲检测系统的显示部分连接情况为例,如图 5.2.13 所示。先将数码管接成相应的字形“1”,若“1”号脉冲丢失,脉冲鉴别器输出低电平,经反相器输出高电平,此时数码管立即显示“1”字。其它字形的连接情况与之类似,不再赘述。

该晶闸管触发脉冲自动监测电路适用于要求触发脉冲的移相范围在  $180^\circ$  以内和在  $180^\circ \sim 360^\circ$  范围内的电路,也就是说无论是单相可控整流系统,还是三相可控整流系统都能满足其要求。而且,该电路与被检测电路无直接电的联系,即对原系统毫无影响。有效地避免由于脉冲丢失而造成的不良后果。

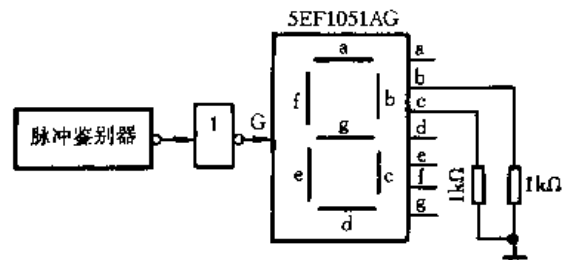


图 3.2.13 数码管的连接

#### 4. 交流调压电路工况检测电路

图 3.2.14 所示的三相交流调压电路工况检测电路,由 3 组结构相同的检测电路组成,即  $L_1$  相状态、 $L_2$  相状态、 $L_3$  相状态的监测环节, $N_1 \sim N_6$  为 LM339, $D_1 \sim D_3$  为 74LS123, $D_4 \sim D_6$  为 74LS02。而对应的每组检测电路的输入信号有两个,即  $u_{+L1}$  和  $u_{-L1}$ 、 $u_{+L2}$  和  $u_{-L2}$ 、 $u_{+L3}$  和  $u_{-L3}$ 。这 3 对信号从晶闸管三相交流调压电路(或三相逆变电路)的输出端经三相变压器(Y,y 连接)的副边取出(见图 3.2.15)。由于 3 组检测电路完全相同,因此图 3.2.16 只画出图 3.2.14 中  $L_1$  相状态检测电路的各点波形。 $U_{C1}$ 、 $U_{C4}$  分别为晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_4$  的触发脉冲。 $u_1$ 、 $u_2$  分别为三相变压器副边电压  $U_{+L1}$ 、 $U_{-L1}$  在电阻上的分压,并作为比较器  $N_1$ 、 $N_2$  的输入电压。 $u_3$ 、 $u_4$  分别为比较器  $N_1$ 、 $N_2$  的输出电压。 $u_5$ 、 $u_6$  分别为  $u_3$ 、 $u_4$  的微分波形。 $u_7$  为  $u_5$ 、 $u_6$  经或非门  $D_4$  整形后供给单稳  $D_1$  的触发脉冲列。当调压电路正常工作时,脉冲列  $u_7$  中各脉冲的下降沿与晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_4$  的导通时刻相对应,在晶闸管导通时,脉冲列  $u_7$  的两相脉冲间隔  $\tau < 20\text{ms}$ ,稳定状态时, $\tau = 10\text{ms}$ 。 $u_7$  由  $D_1$  的 A 端输入,当  $B = "1"$ 、 $\text{CLR} = "1"$  时,在 A 端输入脉冲下降沿时单稳电路  $D_1$  从原来的稳态翻转到暂态: $Q = "0" \rightarrow "1"$ 、 $\bar{Q} = "1" \rightarrow "0"$ ,而暂态时间  $\tau$  则由电阻  $R_2$  和电容  $C_2$  决定。在该电路中调整  $R_2$  和  $C_2$ ,使暂态时间  $\tau$  调定为  $20\text{ms}$ ,因此当调压电路开始工作, $VS_1$  或  $VS_4$  被第一次触发导通瞬间, $D_1$  的输出端: $Q = "0" \rightarrow "1"$ 、 $\bar{Q} = "1" \rightarrow "0"$ ,由于暂态时间  $\tau$  设定为  $20\text{ms}$ ,因此只要调压电路正常工作, $VS_1$  和  $VS_2$  被轮流触发导通时刻的间隔就必定小于  $20\text{ms}$ 。因此, $D_1$  将一直维持暂态输出。但是,当某种原因造成晶闸管没有导通(比如是  $VS_4$ )时,必定使得  $u_7$  的脉冲间隔  $\geq 20\text{ms}$ ,从而  $D_1$  维持暂态  $20\text{ms}$  后将 从暂态翻回稳定状态,即  $Q = "1" \rightarrow "0"$ 、 $\bar{Q} = "0" \rightarrow "1"$ 。因此,调压电路工作后  $\bar{Q}$  的状态将反映出电源  $L_1$  相中  $VS_1$  或  $VS_4$  的工作状态。同样道理, $D_2$ 、 $D_3$  的  $\bar{Q}$  分别反映了  $VS_3$  和  $VS_6$ 、 $VS_5$  和  $VS_2$  的工作状态。利用计算机或其它硬件电路对  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  的  $\bar{Q}$  状态进行检测并做出相应的处理,如紧急

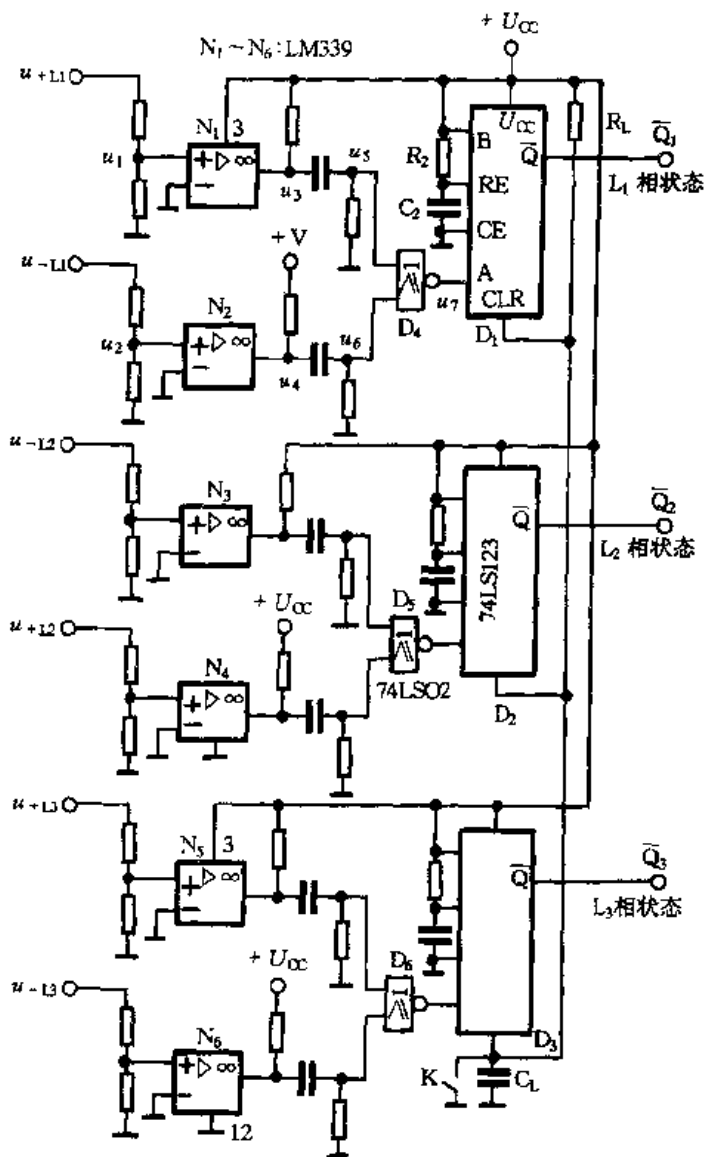


图 3.2.14 交流调压电路工况检测电路

停机及报警提示等措施,即可免除因调压电路的故障而造成用电设备的损坏;同时,维修人员可根据  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  的  $\bar{Q}$  的报警状态迅速查明故障点并排除,进而提高工作效率。

常规情况下,弱电控制电路总是先上电工作,而主电路则是后上电投入工作,并且在时间上是随机的。因此在  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  (74LS123) 的置零端 (CLR) 增加一套缓冲环节,由电阻  $R_L$ 、 $C_L$  和继电器 K 常开触点组成(也可用开关晶体管等),以防止在系统投入工作时,造成  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  的  $\bar{Q}$  的误动作。在弱电控制电路刚一上电工作时,就立即使 K 的触点闭合。此时,  $CLR = "0"$ ,因此  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  (74LS123) 置“0”(  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  的  $Q = "0"$ ,  $\bar{Q} = "1"$  ),与此同时封锁对  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  的  $\bar{Q}$  的状态检测。当主电路投入工作同时使 K 的触点打开时,电源  $+U_{CC}$  通过  $R_L$  对电容  $C_L$  充电,考虑到晶闸管触发角  $\alpha$  的极端情况,设定  $C_L$  的充电时间为 10ms 为好。当  $C_L$  充满电后,  $CLR = "1"$ ,  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  处于单稳态可控状态,检测电路开始正常工作。

### 三、晶闸管过零触发调功电路

在交流电路中,电压、电流每半周要自然过零一次,如果电路在电压或电流过零瞬间接通

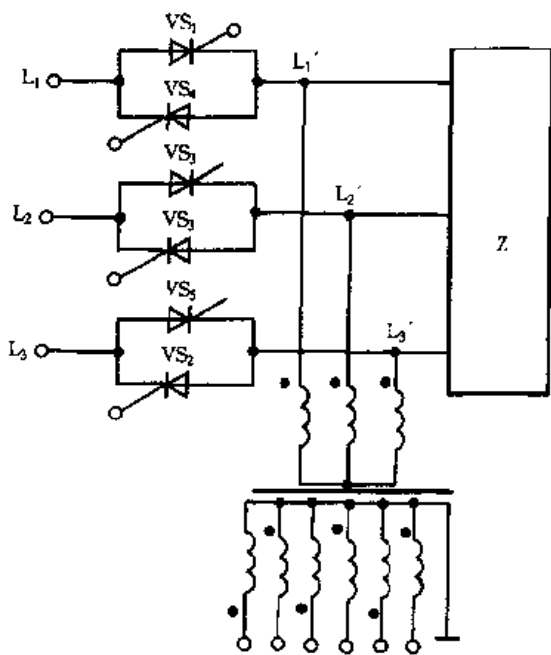


图 3.2.15 同步电压经 Y,y 三相变压器的副边取出

或断开,将输出完整的正弦波。这种开关式的控制方式与相位式的控制方式(触发角在  $0 \sim \pi$  范围)相比,由于晶闸管输出的是连续完整的正弦波,不存在波形畸变、谐波干扰和功率因数变化等问题,对热惯性较大的负荷,能达到连续控制的效果,因此具有性能好、用途广、不产生“电网公害”等优点。

### 1. 大功率过零触发、定时功率调节电路

电路如图 3.2.17 所示,其主要特点为电源的开与关均在电源电压过零时动作,这样有效地避免了电源接通瞬间对周围电器造成的射频干扰和对电网造成的污染。该控制电路由过零触发电路、程序控制电路、定时电路以及电源供给电路等组成。

程序控制电路为由时基电路  $N_2$  (NE555) 组成的占空比可调的振荡电路。在电容  $C_3$  充电期间,

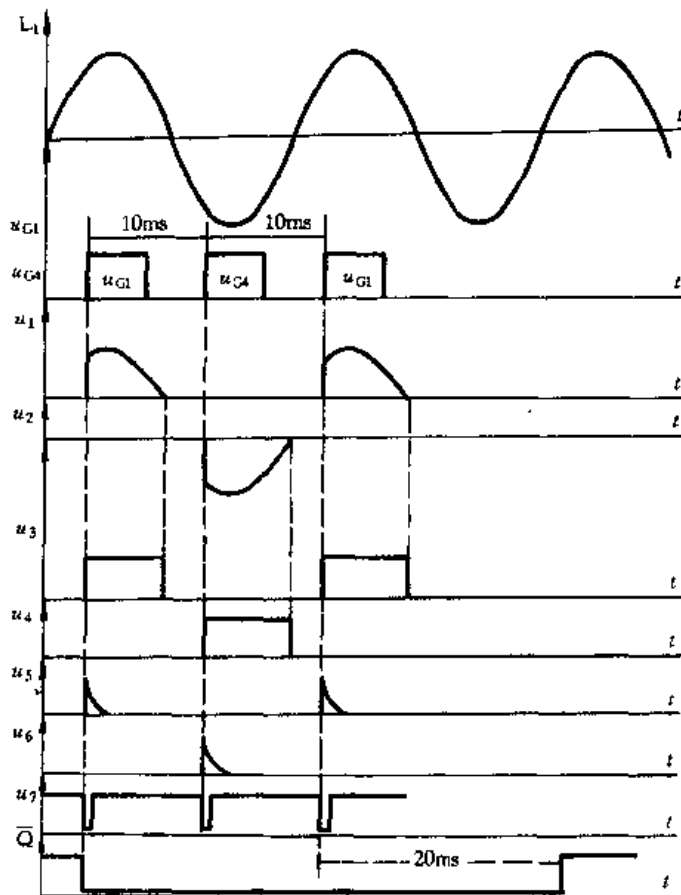


图 3.2.16 图 3.2.14 中  $L_1$  相状态检测电路的各点波形

$VD_5$  截止,  $VD_6$  导通,  $U_{RB}$  为零, 充电时间常数为  $R_A C_3$ ; 在  $C_3$  经  $N_2$  的 ⑦脚内部电路放电期间,  $VD_6$  截止,  $VD_5$  导通, 放电时间常数为  $R_B C_3$ 。  $VD_5$ 、 $VD_6$  的引入仅为保持充放电回路对称, 使振荡频率不随占空比的变化而变化。这时充电时间  $t_1 \approx 0.69 R_A C_3$ , 放电时间  $t_2 \approx 0.69 R_B C_3$ , 脉

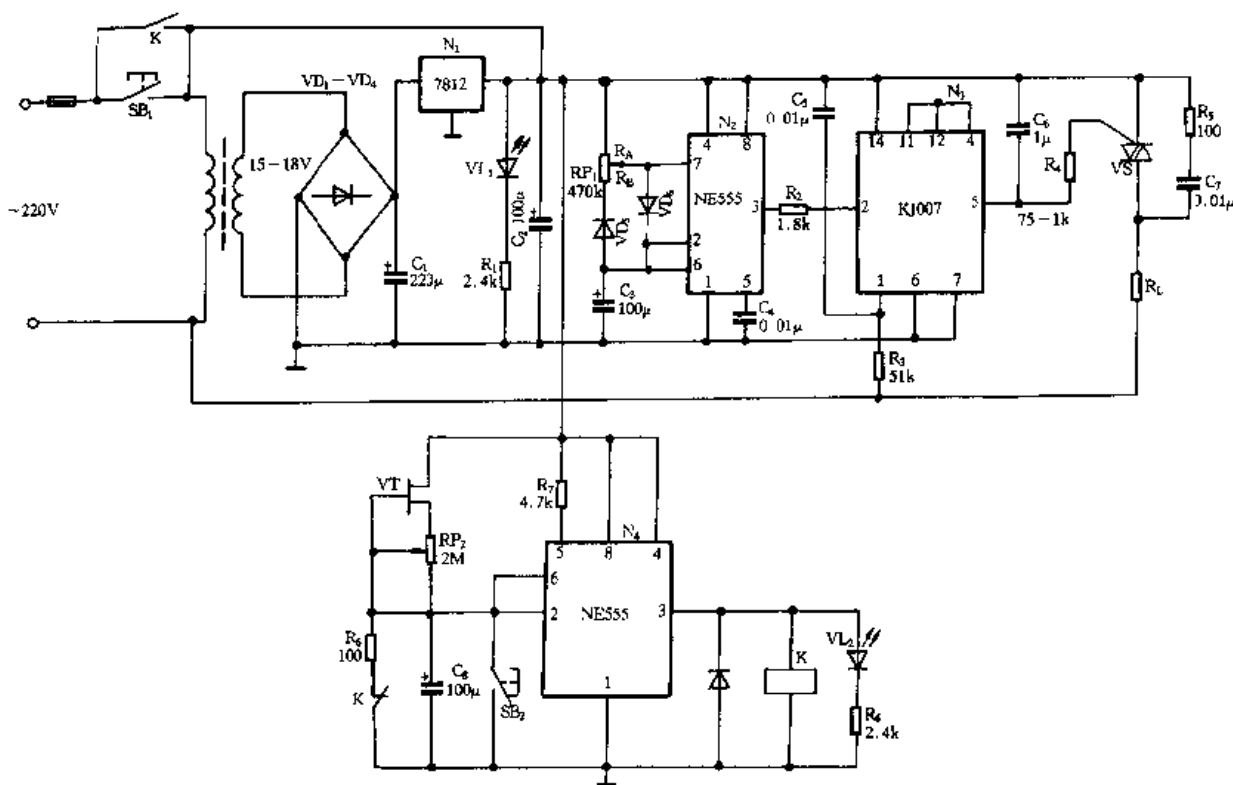


图 3.2.17 大功率过零触发定时功率调节电路

冲周期  $T = t_1 + t_2 = 0.69(R_A + R_B)C_3 = 0.69RP_1C_3$ , 脉冲频率  $f = 1/T = 1.44/ RP_1 \times C_3$ , 占空比为  $t/T = R_A/ RP_1$ 。可见, 调节  $RP_1$  可使占空比发生变化, 改变  $RP_1$  及  $C_3$  的大小可改变脉冲频率。程序控制器的输出信号送至  $N_3$  (过零触发专用电路 KJ007) 的②脚, 作为  $N_3$  (KJ007) 的控制信号。

由  $N_3$  等组成过零触发电路。同步电压取自电网, 通过  $R_3$  加至  $N_3$  的①脚和⑭脚之间, 由其内部的过零检测电路检测出过零点。  $N_3$  内部产生的基准电压加到其内部差动比较器的一端(④脚), 来自程序控制器的控制电压加到  $N_3$  内部差动比较器的另一端(②脚)。当程序控制器输出低电位电压(此时  $N_3$  的②脚电位低于基准电压)时, 在电源电压过零点, 输出级从  $N_3$  的⑤脚输出触发脉冲, 使晶闸管 VS 导通, 负载得电工作; 当程序控制器输出高电位电压(此时  $N_3$  的②脚电位高于基准电压)时,  $N_3$  的⑤脚不输出脉冲, 晶闸管截止, 负载停止工作。由此可见, 过零触发电路的工作状态完全由程序控制器的输出电压决定。

定时电路由  $N_4$  (555 时基电路)、继电器 K 等组成。按下按钮  $SB_1$ , 电源供给电路使其工作, 定时器  $N_4$  加上直流电压开始工作(此时程控器及过零触发电路均正常工作)。由于 K 的常闭触点闭合,  $R_6$  的阻值又很小, 因此  $N_4$  的②、⑥为低电平, 这时  $N_4$  的输出端③脚为高电位, 继电器 K 得电吸合, 其常开触点闭合, 常闭触点断开。  $SB_1$  松开, 由于 K 的常开触点已闭合使电路自锁。由于 K 的常闭触点断开,  $C_8$  开始充电, 随着  $C_8$  充电时间的增加,  $U_{C8}$  逐渐上升, 当  $U_{C8}$  大于供电电压的三分之二时,  $N_4$  翻转, 其③脚由高电位跳变为低电位, K 失电释放。此时 K 的常开触点断开, 使整个控制器失电停止工作, K 的常闭触点恢复闭合使  $C_8$  放电, 为下次定时做好准备。

该电路调整极为简单, 只要调整  $R_4$ 、 $RP_1$ 、 $RP_2$  几个元件, 电路即可正常工作。  $R_4$  的值视晶闸管容量而定, 晶闸管容量越大,  $R_4$  的值应越小。由于控制电路带有 220V 市电, 因此调整时

需注意安全。

该控制器可用于电风扇控制,还可用于调温控制等场合。

## 2. 交流过零触发自动控制电路

交流过零触发自动控制电路由锯齿波形成电路、直流信号电路、直流开关电路、过零脉冲电路和过电流保护电路等组成,如图 3.2.18 所示。

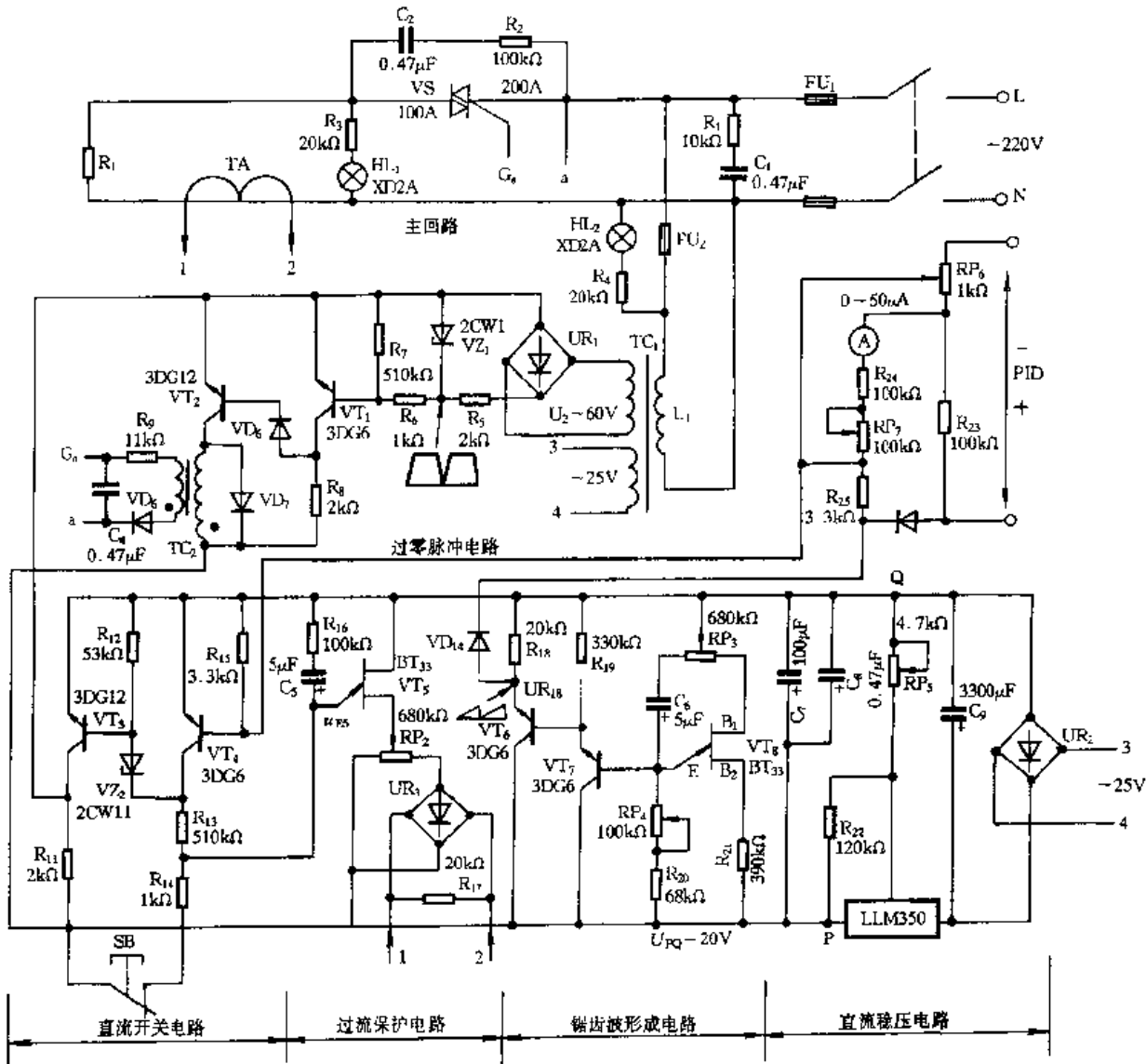


图 3.2.18 交流过零触发自动控制电路

### (1) 锯齿波形成电路

由  $VT_6$ 、 $VT_7$ 、 $VT_8$  等组成。单晶体管  $VT_8$  组成多谐振荡器,其后续电路为两级射极跟随器  $VT_7$ 、 $VT_6$ ,以提高其输入阻抗、降低输出阻抗、改善波形的线性度, $VT_6$  发射极输出的锯齿波电压  $u_{R18}$  的波形如图 3.2.19(b)所示,其峰值约为 9.5V。

### (2) 信号综合及直流开关电路

在直流信号电路中,由 PID 调节器输出的直流电流(0~10mA)在  $R_{25}$  上产生的直流电压  $U_{R25}$ (幅值为 0~9V,如图 3.2.19(a)所示),使  $VT_4$  基极电位变负(相对发射极)。因此直流信号  $U_{R25}$  与锯齿波电压  $U_{R18}$  叠加后,使直流开关电路处在这样的状态:在第一个周期的 0~ $t_1$  期

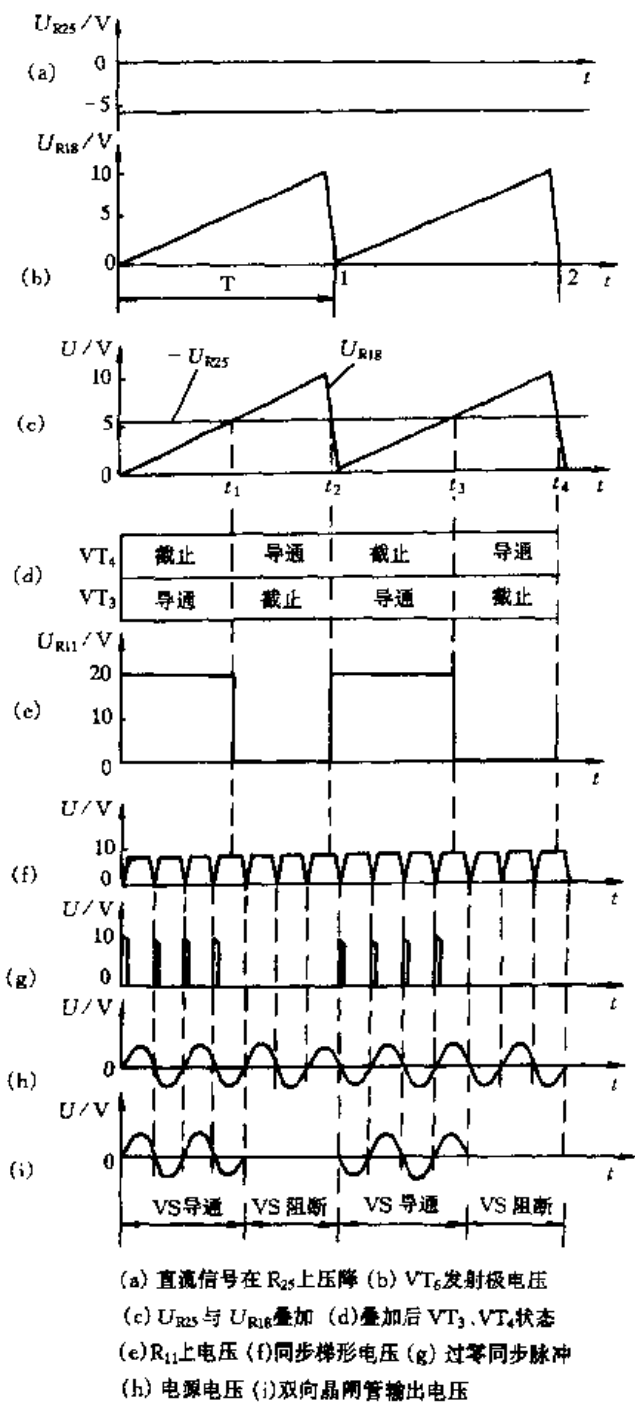


图 3.2.19 图 3.2.18 所示电路有关点波形

电压  $U_p$  随  $U_{BB}$  减小而降低, 此时,  $VT_5$  由截止状态转入饱和导通, 其发射极的  $u_{E5}$  被钳制在 3V 以下, 不足使  $VZ_2$  击穿, 致使  $VT_3$  截止, 双向晶闸管因无触发脉冲而截止, 切断主电路, 达到过流保护的目。

过电流故障排除后, 只有按一下 SB 按钮, 即断开一下电源,  $VT_5$  由饱和转入截止, 电路恢复正常工作。

该控制器在这里用于单相交流电通断控制, 若用于三相交流电通断控制, 则主电路、负载  $R_L$  和过零脉冲电路都增加到 3 套。当三相负载为 Y 形连接时, 3 个同步变压器  $TC_1$  的一次侧和脉冲变压器  $TC_2$  的二次输出分别接入对应的电源线及晶闸管的控制极。

间,  $VT_4$  截止,  $VT_3$  导通,  $R_{11}$  的压降  $U_{R11} \approx 20V$ ; 在  $t_1 \sim t_2$  期间,  $VT_4$  导通,  $VT_3$  截止,  $U_{R11} \approx 0$ 。以后每个周期, 它们对应第一个周期导通和截止时间均相同(如图 3.2.19(c)、(d)、(e)所示)。

### (3) 过零脉冲电路

$TC_1$  为同步电源变压器, 其二次侧电压  $U_2$  与电源电压同步, 经  $UR_1$  桥式整流和  $VZ_1$  削波, 在  $VT_1$  基极上得到与电源同步的梯形电压, 两梯形底边交点为电源电压自然过零点(如图 3.2.19(f)所示)。梯形电压与直流开关电路输出电压  $U_{R11}$  共同控制过零脉冲电路  $VT_1$ 、 $VT_2$ , 在  $U_{R11} \approx 20V$  时(0 ~  $t_1$  期间)的每个梯形过零点都导致  $VT_1$  截止、 $VT_2$  导通, 脉冲变压器  $TC_2$  二次侧输出过零脉冲, 触发双向晶闸管  $VS$  导通而输出正弦波电压; 在  $U_{R11} \approx 0V$  时( $t_1 \sim t_2$  期间),  $VT_1$ 、 $VT_2$  均截止,  $VS$  因无触发脉冲而阻断(如图 3.2.19(g)所示), 因此, 在每个控制周期内,  $VS$  有固定对应导通和截止时间, 改变直流信号  $U_{R25}$  大小(实际使用由 PID 调节器控制)就能改变双向晶闸管导通和截止时间, 即改变其通断比。

### (4) 过电流保护电路

由单结晶体管  $VT_5$  等组成。正常工作时, 由于  $VT_5$  的发射极电压  $U_{E5}$  ( $C_5$  充电电压)始终小于其峰点电压  $U_p$ ,  $VT_5$  处于截止状态。一旦发生过电流, 中线电流增大, 电流互感器  $TA$  的二次电流在  $R_{17}$  上的交流电压增大, 经  $UR_3$  桥式整流, 使  $VT_5$  两基极间电压  $U_{BB}$  减小。由  $U_p \approx \eta U_{BB}$  得出, 峰点电

该电路为电阻性负载、采用电压过零触发。对于非电阻性负载(如电感性负载),要采用电流过零触发,即晶闸管不是在电压过零时通断,而是滞后于电压一个 $\phi$ 角(负载功率因数角)通断,这就消除了因电压过零触发在晶闸管刚导通时产生的冲击电流,即消除了负载闪变现象。

由于篇幅限制,图 3.2.19(f)、(g)、(h)、(i)所示波形不能按每秒 50 个周波绘出。

### 第三节 常用设备电子控制电路

#### 一、电动机控制电路

##### 1. 交流固态继电器控制的三相交流异步电动机正反转控制电路

###### (1) 过零触发型固态继电器

固态继电器 SSR(Solid State Relay),又称固态开关,是一种全部由固态电子元件组成的新型电子开关器件。它集光电耦合器、大功率双向晶闸管及其触发电路、阻容吸收电路等于一体,用来代替传统的电磁式继电器,实现对单相或三相电动机正反转控制,具有无触点、无动作噪声、开关速度快、无火花干扰和可靠性高等优点,是一种很有发展前途的无触点开关器件。

按负载电源的类型不同可将 SSR 分为交流固态继电器(AC-SSR)和直流固态继电器(DC-SSR)。AC-SSR 是以双向晶闸管作为开关器件,用来接通或断开交流负载电源的固态继电器。按 AC-SSR 的控制触发方式不同,又可分为过零触发型和随机导通型两种。过零触发型 AC-SSR 是当控制信号输入后,在交流电源经过零电压附近时导通,因此干扰很小。随机导通型 AC-SSR 则是在交流电源的任一相位上导通或关断,因此在导通瞬间可能产生较大的干扰。

过零触发型 AC-SSR 为四端器件,其内部电路如图 3.3.1 所示。①、②脚为输入端,③、④脚为输出端。 $R_0$  为限流电阻,光电耦合器将输入与输出电路在电气上隔离开; $VT_1$  组成反相器; $R_1$ 、 $R_5$ 、 $VT_2$  和晶闸管  $VS_1$  组或过零检测电路; $UR$  为整流桥, $VS_1$  和  $UR$  用以获得使双向晶闸管  $VS_2$  开启的双向触发脉冲; $R_3$ 、 $R_7$  为分流电阻,分别用来保护  $VS_1$  和  $VS_2$ ;  $R_8$  和  $C$  组成浪涌吸收网络,以吸收电源中自带的尖峰电压或浪涌电流,防止对开关电路产生冲击或干扰。

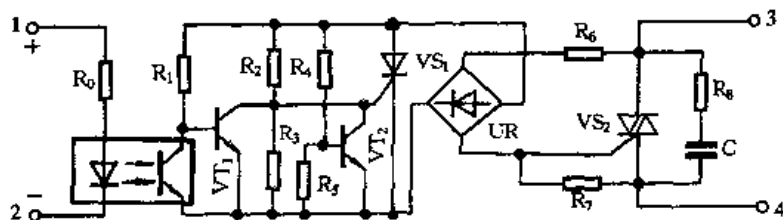


图 3.3.1 过零触发 AC-SSR 内部电路

所谓“过零”并非真的必须为电源电压波形的零处,而一般是指在  $10 \sim 25V$  或  $-(10 \sim 25)V$  区域内进行触发,如图 3.3.2 所示。图中交流电压分三个区域,Ⅰ区为  $-10 \sim +10V$  范围,称为死区,在此区域中加入输入信号时不能使 SSR 导通。Ⅱ区为  $10 \sim 25V$  和  $-(10 \sim 25)V$  范围,称为响应区,在此区域内只要加入输入信号,SSR 立即导通。Ⅲ区为幅值大于  $25V$  的范围,称为抑制区,在此区域内加入输入信号,SSR 的导通被抑制。

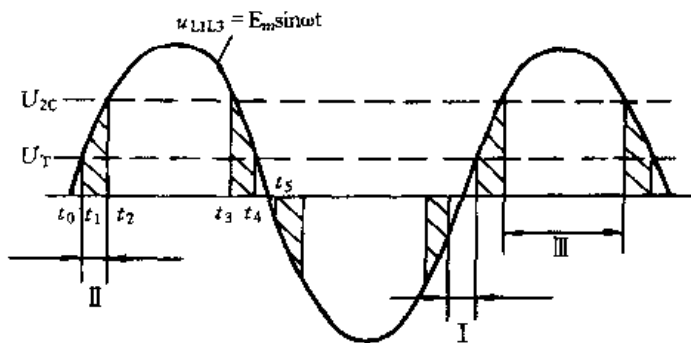


图 3.3.2 电压波形

当输入端未加电压信号时,光电耦合器的光敏晶体管因未接收光而截止,VT<sub>1</sub>饱和导通,VS<sub>1</sub>和VS<sub>2</sub>由于无触发电压而截止,此时SSR关闭。当加入输入信号时,光电耦合器中的发光二极管发光,光敏晶体管饱和导通,使VT<sub>1</sub>截止。此时若VS<sub>1</sub>两端电压在-(10~25)V或10~25V范围内,只要适当选择分压电阻R<sub>4</sub>和R<sub>5</sub>,就可使VT<sub>2</sub>截止,这样使VS<sub>1</sub>触发导通,从而使VS<sub>2</sub>的控制极上得到从R<sub>6</sub>→UR→VS<sub>1</sub>→UR→R<sub>7</sub>或反方向的触发脉冲,而使VS<sub>2</sub>导通,使负载接通交流电源。而若交流电压波形在图3.3.2中的Ⅲ区内时,则因VT<sub>2</sub>饱和而抑制VS<sub>1</sub>和VS<sub>2</sub>的导通,而使SSR被抑制,从而实现了过零触发控制。由于10~25V幅值与电源电压幅值相比可近似看作“零”。因此,一般就将过零电压粗略地定义为0~±25V,即认为在此区域内,只要加入输入信号,过零触发型AC-SSR都能导通。

当输入端电压信号撤除后,光电耦合器中的光敏晶体管截止,VT<sub>1</sub>饱和导通,VS<sub>1</sub>截止,但此时VS<sub>2</sub>仍保持导通,直到负载电流随电源电压减小到小于双向晶闸管的维持电流时,SSR才转为截止。

SSR的输出端器件可分为双向晶闸管和两只单向晶闸管反并联形式。若负载为电动机一类的感性负载,则其静态电压上升率 $dv/dt$ 是一个重要参数。由于单向晶闸管静态电压上升率(200V/μs)大大高于双向晶闸管的换向指标(10V/μs),因此若采用两只大功率单向晶闸管反并联代替双向晶闸管,一方面可提高输出功率,另一方面也可提高耐浪涌电流的冲击能力,这种SSR称为增强型SSR。

### (2) 三相交流异步电动机的正反转控制电路

采用AC-SSR可以代替电磁式继电器作为电子开关实现电动机正反转控制,其控制电路如图3.3.3所示。当开关S接通“Ⅰ”时,电动机正转;当S与“Ⅱ”接通时,因L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>两相交换而使电动机反转,其工作波形如图3.3.4所示。由波形图可知,当输入端加入输入信号时,各AC-SSR均是在各相电压过零时导通,使负载上的电压与三相电源电压同步。当输入端信号电压为零时,负载电流并不立即为零,若此时立即加上反向触发信号电压,必将造成主电路相间短路,这是控制三相异步电动机正反转必须注意的问题。因此在实际控制电路中,必须设置倒相延时电路,以保证AC-SSR电流过零关断后再响应开通SSR的反转触发信号。对于电动机一类的感性负载,延时一般约为60~70ms。

在实际应用SSR作为电子开关时还应注意:要考虑电动机浪涌电流的持续时间对SSR的影响,因此选用器件时要留有充分的电流余量;还要考虑由于晶闸管的关断条件是电流过零,而感性负载上的电流滞后于两端电压一个相位角,在关断SSR时将产生较高的电压上升率,因此用于控制电动机运转时应选用增强型固态SSR。



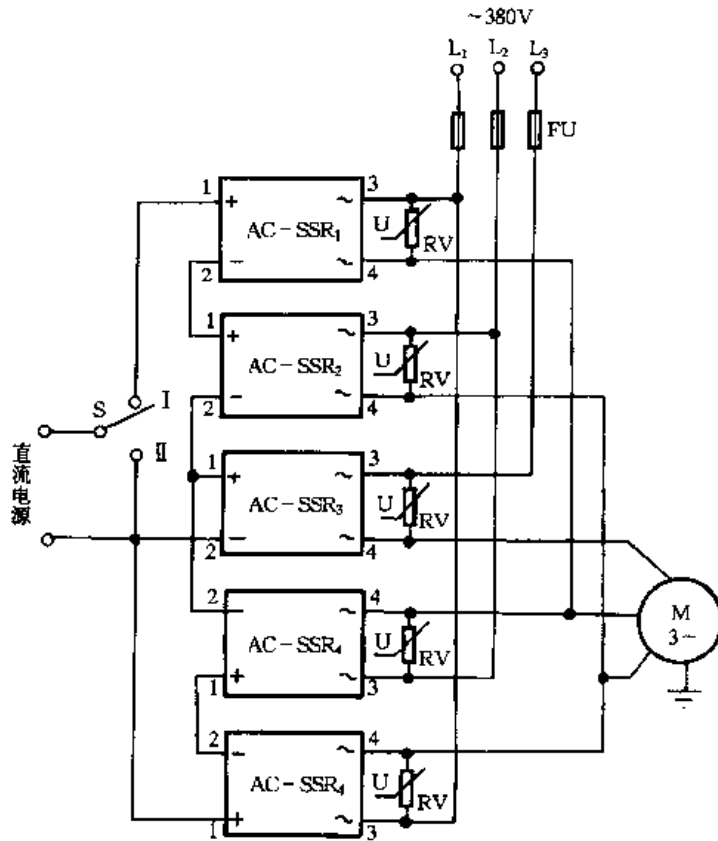


图 3.3.3 交流固态继电器控制的电动机的正反转控制电路

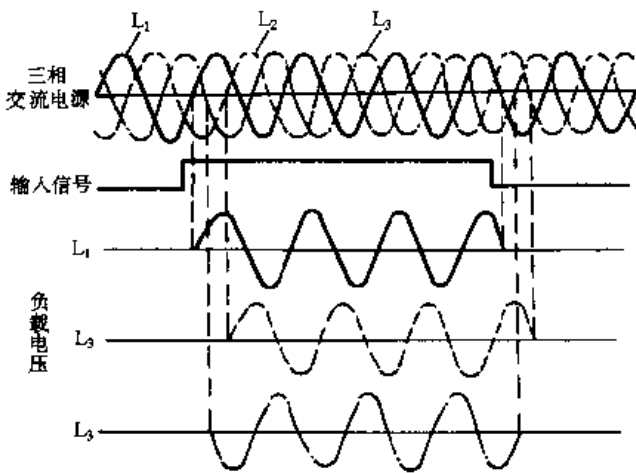


图 3.3.4 图 3.3.3 所示电路的工作波形

在采用 SSR 作为三相控制电子开关时,由于 SSR 的电流容量随环境温度的升高而降低,因此工作电流较大时应加装散热片。此外,还应设置过电流、过电压和断相保护等措施,防止负载短路。

## 2. 三相绕线型异步电动机晶闸管整流能耗制动电路

叠轧薄板升降台是由 YZR200L - 8/15kW 绕线型异步电动机拖动的。原制动方法为机械制动,执行元件为直流电磁制动器。因制动摩擦片和机械零件的磨损以及制动轮的热胀冷缩,常引起升降台定位不准,故障较多,影响生产。

在 KJW2 型电子开关基础上进行改进,但不改动原来的电子开关抽屉,只在旁边增加一只制动抽屉。改进后的电子系统中所增加的晶闸管  $VS_4 \sim VS_6$  为能耗制动执行元件,见图 3.3.5。在控制回路中增加继电器  $K_3, K_4$ 、时间继电器  $KT$  和 2 块延迟电路板(延迟板甲接在 8 - 11 处,延迟板乙正接在 8' - 11' 处)及触发变压器等,并有指示灯 HL 作为能耗制动指示。该路简单,故障少,投资省,可靠,定位正确;一般维修电工都能安装调试,维修也方便;适应性强,几千瓦至几十千瓦的异步电动机都能适用,只是选择不同的晶闸管而已。

当主开关 SA 在零位时,电动机 M 静止;当 SA 向前开(图中向右)时,电源经过无触点行程

开关  $SQ_2$  的触点(1-2)、 $K_4$  的常闭触点(1-2)、延迟板甲延时 25ms 后,使  $K_2$  得电吸合并自锁。同时  $K_3$ 、 $KT$  得电后吸合。此状态为电动状态。由于  $K_3$  常闭触点(1-2)断开, $KT$  延时断开的常开触点(1-2)闭合,为  $K_4$  得电吸合作好准备。由于  $K_3$  的常闭触点断开,从而在电动状态下保证不会发生制动现象。当到某一位置后, $SQ_2$  的触点(1-2)断开,由于电动机  $M$  失电停止转动,但还有惯性,同时  $K_3$  失电释放,其常闭触点(1-2)复位,此时  $KT$  触点(1-2)还未断开,经延迟板乙延时 25ms 后, $K_4$  得电吸合,其 3 对常开触点闭合,触发晶闸管  $VS_4 \sim VS_6$ , $M$  开始制动,经延时 3s 后, $KT$  的触点(1-2)复位,电动机  $M$  制动结束。

制动回路中, $VS_4 \sim VS_6$  为执行元件,触发回路由触发变压器、二极管、限流电阻组成。触发变压器二次侧电压为 12V,经二极管半波整流变为直流约 6V,再经限流电阻、 $K_4$  的常开触点至控制极,触发晶闸管  $VS_4 \sim VS_6$ ,两个连续的正半波进行直流能耗制动。

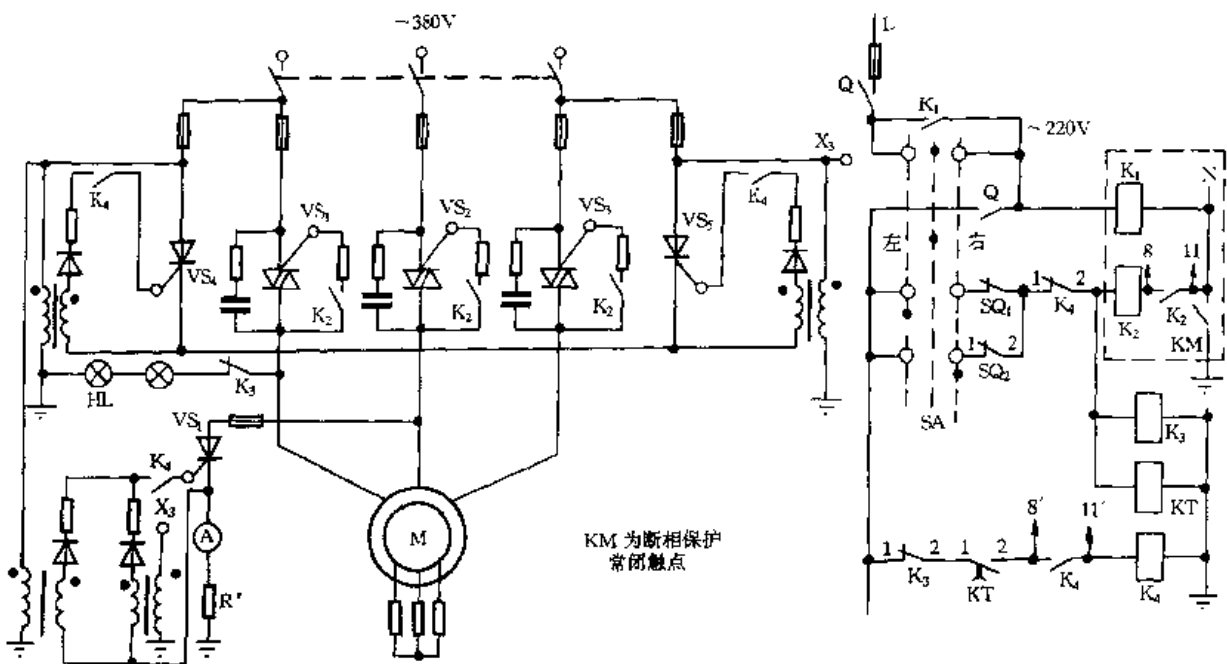


图 3.3.5 异步电动机晶闸管整流能耗制动电路

### 3. 集成化直流电动机调速电路

集成化直流电动机调速电路由晶闸管触发脉冲形成电路、PI 调节器以及电源电路构成控制电路,由晶闸管功率控制电路构成主电路。其电路如图 3.3.6 所示。控制电路由专用集成电路  $N_1$  (KJ004)、 $N_2$  (KJ042) 和调节器模块  $N_3$  (KJTQM) 等组成。晶闸管触发脉冲形成电路由  $N_1$ 、 $N_2$  等组成,其中, $N_1$  形成移相触发脉冲, $N_2$  实现脉冲列调制。同步电压取自电源变压器  $T_1$  的二次侧,经  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $C_1$  滤波后,加至  $N_1$  的输入端(⑧脚),经  $N_1$  的内部电路作用,在其④脚形成锯齿波电压  $u_c$ 。 $u_c$  和移相电压及偏移电压在⑨脚进行综合比较,再经放大,在  $N_1$  的⑬脚形成定宽度(宽度由  $C_{11}$  的值决定)的触发脉冲送至  $N_2$  的②脚。 $N_2$  将  $N_1$  送来的触发脉冲实施 5~10kHz 的调制后从⑧脚输出脉冲列到  $N_1$  的⑭脚。这时  $N_1$  的输出端(①、⑮脚)输出的是经调制的脉冲列移相触发脉冲。这个脉冲经晶体管  $VT_3$  放大及脉冲变压器  $T_2$  耦合后驱动晶闸管  $VS_1$ 、 $VS_2$  工作,使晶闸管的导通角随输入的移相电压的变化而变化,达到调压调速之目的。该电路的触发极性为正,即移相电压增加,输出导通角增大。电路中 a~g 点的工作电压波形如图 3.3.7 所示。

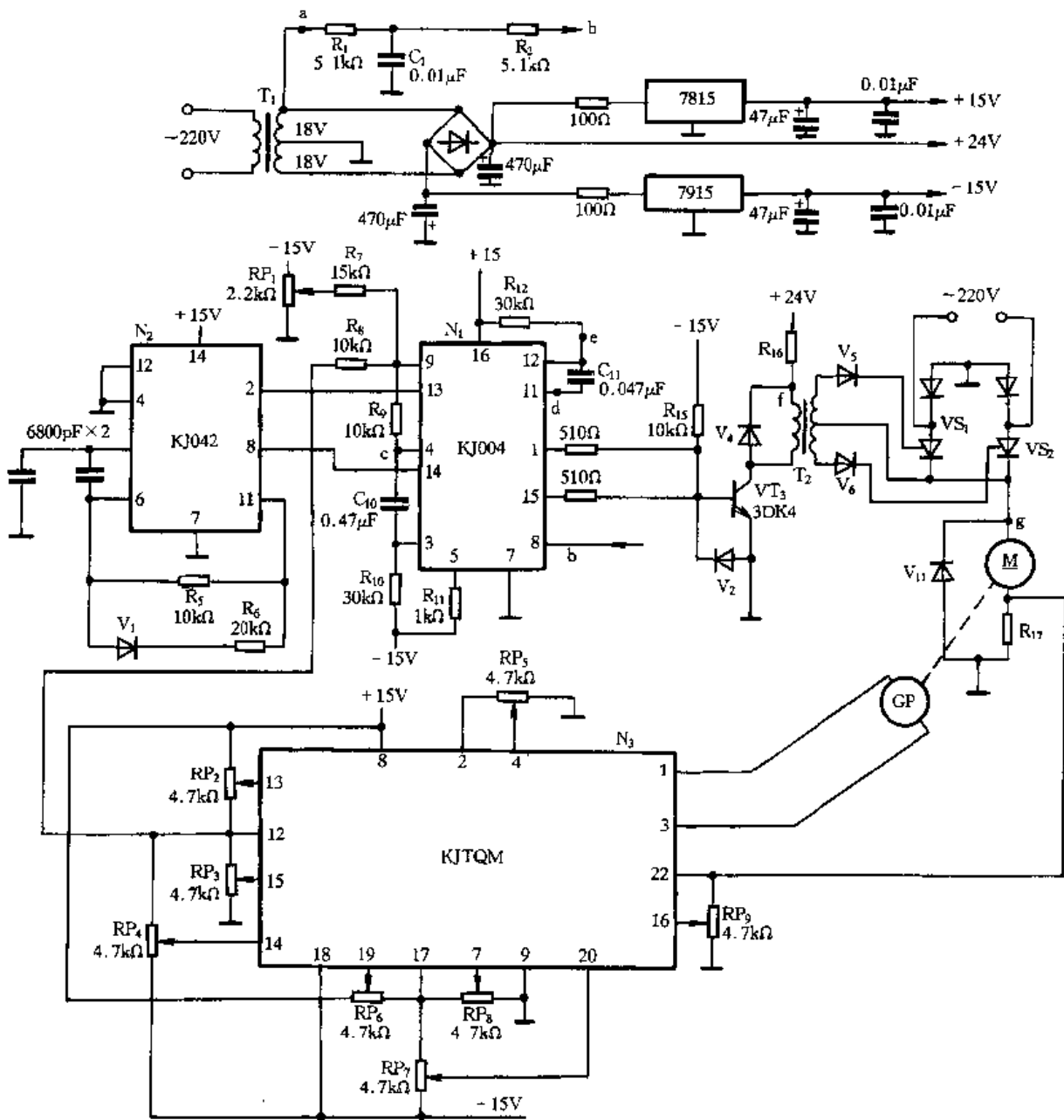


图 3.3.6 集成化直流电动机调速电路

PI 调节器由  $N_3$  (F747) 组成, 其电路如图 3.3.8 所示。  $N_3$  内部为两级放大器, 第一级  $N_{3A}$  为电压(或速度)负反馈, 第二级  $N_{3B}$  为电流负反馈。

第一级为电压负反馈或速度负反馈(通过变动连线可转换)。给定电压从  $-15V$  电源经  $RP_8$  分压得到, 通过移相电路加入。电压负反馈信号取自电动机两端, 经  $R_{22}$ 、 $R_{23}$  构成的分压器加到整流桥的输入端(如用速度反馈其交流信号可经整流桥整流成正电压加入)。  $RP_6$  是比例系数调整电位器,  $RP_5$  是第一级负向输出幅度调节电位器, 可根据需要调整。

第二级是电流负反馈。电流负反馈信号由电动机回路所接电流取样电阻  $R_{21}$  取得正电压, 从电流反馈输入端经  $R_{27}$  加入, 反馈的大小由电位器  $RP_4$  调节。  $RP_3$  是比例系数调节电位器,  $RP_2$  是第二级负向输出幅度调节电位器, 可根据使用需要调整。

第二级运算放大器中引出点 a、b 的作用是: 消除  $C_{12}$  电容上残存电压(在未启动前用继电器的常闭接点短接, 启动时使其断开来实现), 以使  $1kW$  以上的直流电动机调速时平滑启动。

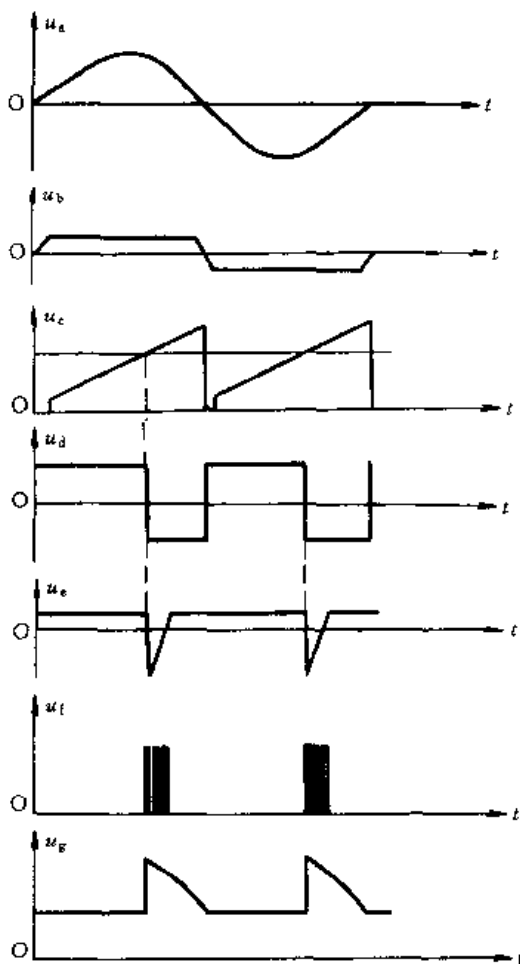


图 3.3.7 图 3.3.6 所示电路有关点波形

电压负反馈和速度反馈的转接方法:图 3.3.8 为速度反馈接线,速度反馈交流信号直接从整流桥输入端输入。电压反馈时,将输入信号从整流桥两个输入端的任一端(虚线所示)到地输入,并将电位器  $RP_7$  的中心抽头  $R_{38}$  改连至  $R_{40}$ 。

该电路适用于 4kW 以下直流电动机调速。若直流电动机功率在 1kW 以下时,可以不加电抗器;若在 1kW 以上时,必须加用电抗器(加于图 3.3.6 的 g 点处)。若主回路有电源变压器等电抗元件时,可考虑不加电抗器。

如输出脉宽不合适,可调节  $C_{11}$  的数值使之符合要求。如果需要  $180^\circ - \alpha$  的长脉冲,则可取掉  $R_{12}$ 、 $C_{11}$ ,直接在  $N_1$  的 ①、②脚之间加一个  $68k\Omega$  左右的电阻。

## 二、液位显示与井泵控制电路

### 1. 集成电路液位显示与井泵控制电路

图 3.3.9 所示集成电路液位显示与井泵控制电路,其抗干扰能力特强,可以在强电磁场环境下正常工作,适合安装在敞开或半密封的水、油、药剂等液体容器内。

该电路具有 10 级发光二极管液位显示;信号线

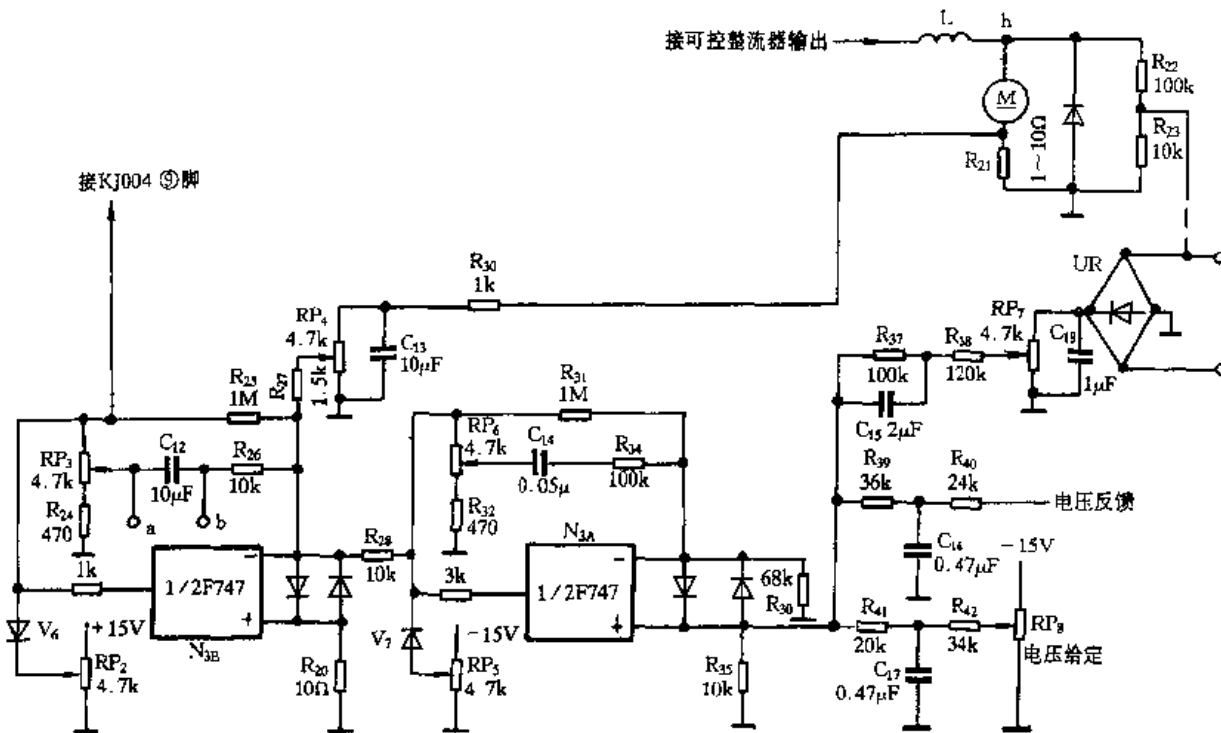


图 3.3.8 由 F747 双运算构成的 PI 调节器电路

断路、短路可显示报警；高、低液位时能自动控制停、开泵操作；低液位音响报警功能等。

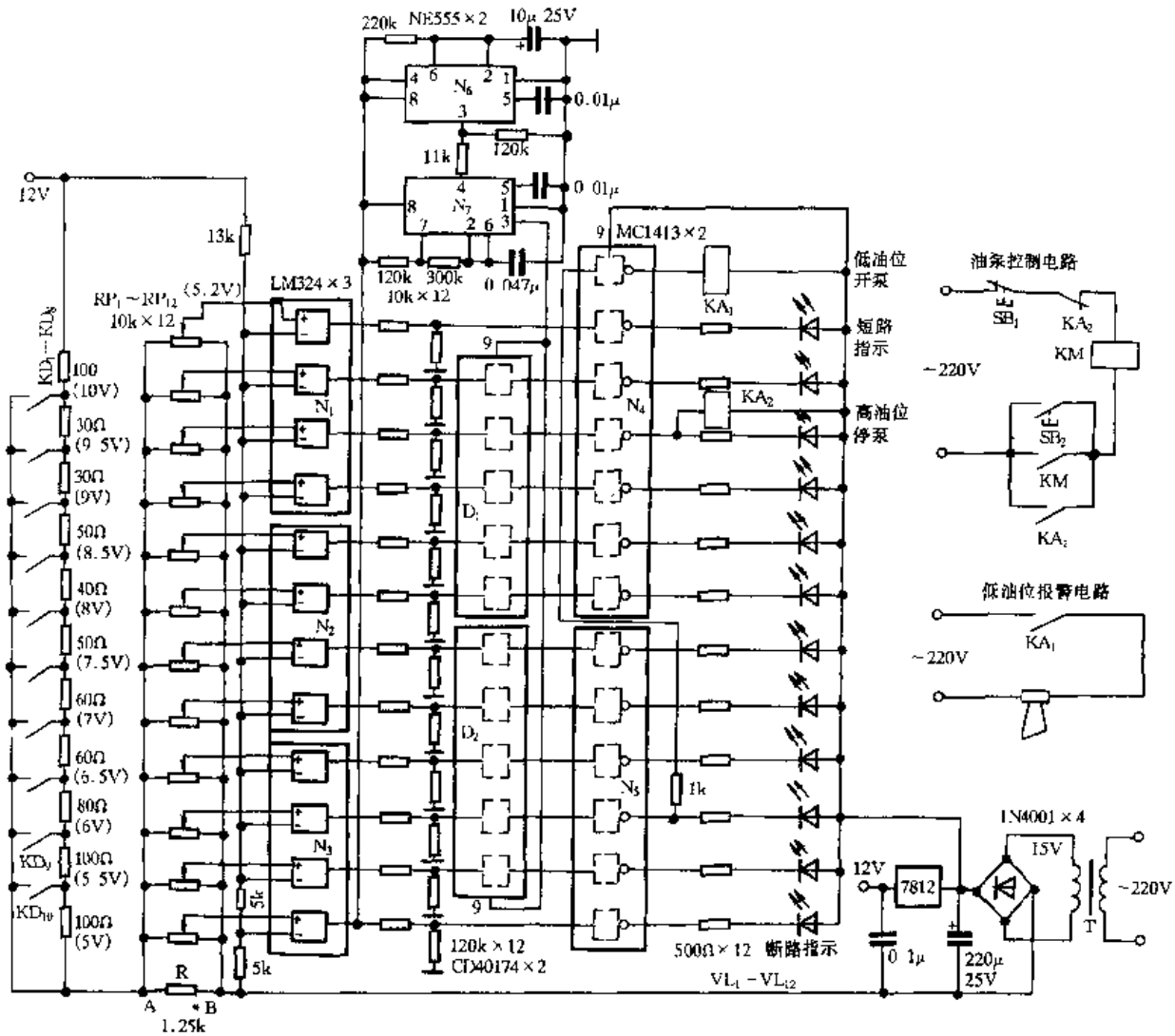


图 3.3.9 集成电路液位显示与泵系控制电路

$KD_1 \sim KD_{10}$ 为干簧继电器，置于被测液体中。当液位由低升高时，从  $KD_{10}$ 至  $KD_1$  依次接通，A 点电位从 5V 以 0.5V 的间隔逐点上升到 10V，由 A 点电位反映出液位的高低，并形成一一对应关系。

A 点电位经微调电阻  $RP_1 \sim RP_{12}$ 分压后，送到电压比较器  $N_1、N_2、N_3$  的同相端进行电压鉴别，鉴别后的信号本可以直接送放大器  $N_4、N_5$  放大后显示与控制。但由于采样信号是离散的，当液位处在两个检测点中间时，就会将结果丢失。为此，在比较与放大电路之间加入 D 锁存触发器  $D_1、D_2$ 。它们在信号上升沿时传递信号，在信号下降沿时锁存信号（输出不变）。为保证采集数据准确可靠，由时基电路  $N_6、N_7$  组成方波振荡电路，给  $D_1、D_2$  提供时钟脉冲。

当液位处于低液位状态时，启动抽水泵工作，其报警信号选自第二格液位；当液位处于高液位状态时，停泵，其控制信号选自第九格液位。

图中  $N_1、N_2、N_3$  为四运放 LM324 作电压比较器， $D_1、D_2$  为 CD40174 六 D 型锁存触发器， $N_4、N_5$  为 CM1413 接口芯片作放大器， $N_6、N_7$  为 EN555 时基电路。

## 2. 带水位指示的井泵控制电路

图 3.3.10 所示带水位指示的井泵控制器，共设立 15 个水位点，能直观地指示出水位的高

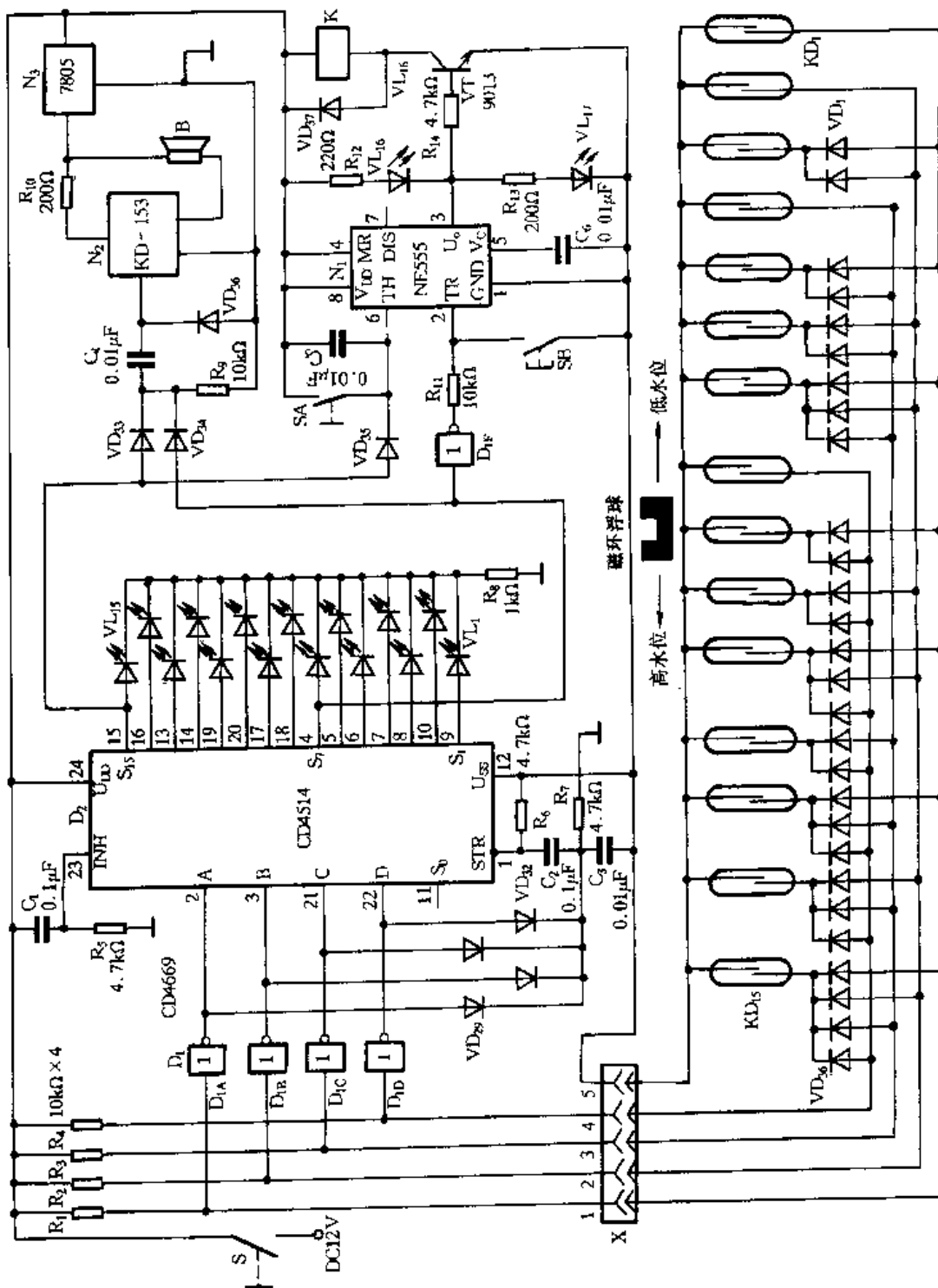


图 3.3.10 带水位指示的井泵控制电路

度,并能根据预选设定的控制水位实现自动控制,同时还能进行多点手动控制。信号传送距离大于100m,抗干扰能力强。用于水塔水位指示和井泵控制。

### (1) 水位探测电路

水位探测器由15只干簧管 $KD_1 \sim KD_{15}$ 、28只二极管 $VD_1 \sim VD_{28}$ 和一个磁环浮球组成。浮球随水位上下浮动,使干簧管依次闭合,输出相应的编码信号。每只干簧管对应一个编码。水位探测器其实就是·一组四位二进制编码开关,编码信号采用低电平为有效电平。

### (2) 水位指示电路

由 $D_2$ (四线十六线译码锁存器CD4514)组成。在水位探测器没有输出信号时,反相器 $D_1$ 的 $D_{1A} \sim D_{1D}$ 均输出低电平, $D_2$ 无信号输入。当磁环浮球使 $KD_1$ 闭合时, $X_1$ 点由高电平变为低电平,通过反相器 $D_{1A}$ 变为高电平,一路直接加到 $D_2$ 的输入端A,另一路经过 $VD_{29}$ 、 $C_2$ 、 $R_6$ 微分变为正脉冲加到 $D_2$ 的译码锁存控制端STR,将“门”打开,使信号输入并进行译码,然后又迅速将“门”关闭并锁存,此时 $D_2$ 的 $S_1$ 端输出高电平, $VL_1$ 亮,指示第一点水位。若 $KD_1$ 断开,反相器 $D_{1A}$ 的输出又变为低电平, $C_2$ 通过 $R_7$ 、 $R_6$ 放电,为下次输入信号作好准备。 $C_3$ 为抗干扰电容。

### (3) 自动控制与报警电路

可用该电路实现从7点到15点的自动控制,当水位降到7点, $D_2$ 的 $S_7$ 端输出高电平时, $VL_7$ 亮;反相器 $D_{1E}$ 输出低电平, $N_1$ (NE555)的TR端获置位信号, $N_1$ 的③脚输出高电平,启动指示灯 $VL_{17}$ 亮,VT导通,继电器K得电吸合,其常开触点闭合,井泵开始抽水;同时当 $D_2$ 的 $S_7$ 端输出高电平时, $VD_{34}$ 导通,通过电容 $C_4$ ,使报警电路发出一阵报警声。当 $D_2$ 的 $S_{15}$ 端输出高电平时, $VL_{15}$ 亮; $VD_{35}$ 导通, $N_1$ 的TH端获复位信号, $N_1$ 的③脚变为低电平,停止指示灯 $VL_{16}$ 亮,VT截止,K失电释放,井泵停止;另外 $VD_{33}$ 导通,报警电路报警。SB为手动启动按钮;SA为转换开关,断开为自动控制,闭合手动停止抽水。

## 三、温度控制电路

### 1. 电子恒温控制电路

电路如图3.3.11所示,控制温度范围为 $0 \sim 100^\circ\text{C}$ ,控制精度小于 $1^\circ\text{C}$ 。可用于温床育苗、家禽孵化及人工育雏保温等场所。由温度传感器电路、直流放大电路及光电耦合器等组成。

电阻 $R_1$ 、电位器 $RP_1$ 与晶体管 $VT_1$ (3AG1B)组成温度传感器电路,将温度的变化转换成直流电压的变化。 $R_1$ 、 $RP_1$ 为 $VT_1$ 的偏置元件,调节 $RP_1$ 可以调整 $VT_1$ 的静态工作点(在 $0^\circ\text{C}$ 时进行)。将 $VT_1$ 接成二极管形式,其发射结电压随温度增加按线性比例减小,温度每升高 $1^\circ\text{C}$ ,发射结电压大约减小 $1.8 \sim 2.5\text{mV}$ 。

运放 $N_1$ (1/2 LM324)连接成同相直流线性放大形式,温度越高,晶体管 $VT_1$ 的压降越小,运放 $N_{1A}$ 同相输入端的电压越低,输出端的电压也越低。电阻 $R_6$ 、电位器 $RP_2$ 为反馈元件,调节 $RP_2$ 可以调整直流放大器的放大倍数。图中放大倍数为5,输出电压每变化 $0.01\text{V}$ ,相当于温度变化 $1^\circ\text{C}$ 。

运放 $N_{1B}$ (1/2 LM324)组成直流电压比较器, $N_{1A}$ 的输出电压通过 $R_5$ 加到 $N_{1B}$ 的反相端,电位器 $RP_3$ 中心头输出的基准直流电压加于其同相端(作为温度的设定),通过⑤脚与⑥脚的电压比较,使 $N_{1B}$ 的输出为高电平(4V)或低电平(0V)。

电阻 $R_6$ 与稳压二极管VZ组成稳压电路,为温度设定电路提供稳定的直流基准电压。发光二极管 $VL_2$ 作过温指示, $C_1$ 为防干扰电容。晶体管 $VT_2$ 组成反相器,当 $VT_2$ 截止时,+12V

电源通过  $R_9$ 、 $R_{10}$  向光电耦合器  $N_2$  (MOC3041) 输入端提供工作电压。用电负载由双向晶闸管 VS(BTA26) 导通时供电。

当被测温度较低时,  $VT_1$  管压降较大, 经  $N_{1A}$  放大, 其①脚输出电压也较大, 使  $N_{1B}$  的③脚电压高于⑤脚, 其输出端⑦脚输出低电平(0V), 使  $VT_2$  管截止,  $N_2$  输入端得电, 内部的发光二极管点亮, 触发内外晶闸管使其导通, 加热设备工作。随着加热的进行, 温度慢慢升高,  $VT_1$  管压降在减小, 经  $N_{1A}$  放大, 其①脚输出电压减小, 使  $N_{1B}$  的③脚电压也同样减小, 当③脚电压变到略低于⑤脚电压时,  $N_{1B}$  输出状态翻转, 其⑦脚输出电压由低电平转为高电平,  $VL_2$  亮, 说明已达到设定的温度, 同时  $VT_2$  也导通, 其集电极由高电平变为低电平,  $N_2$  内部的发光二极管失去工作电压而熄灭, 内外部的晶闸管关断, 加热设备停止工作。

如用于降温控制, 可将  $VT_2$  改接成射极输出电路。+12V 电源可采用变压器降压、桥式整流、电容滤波电路。

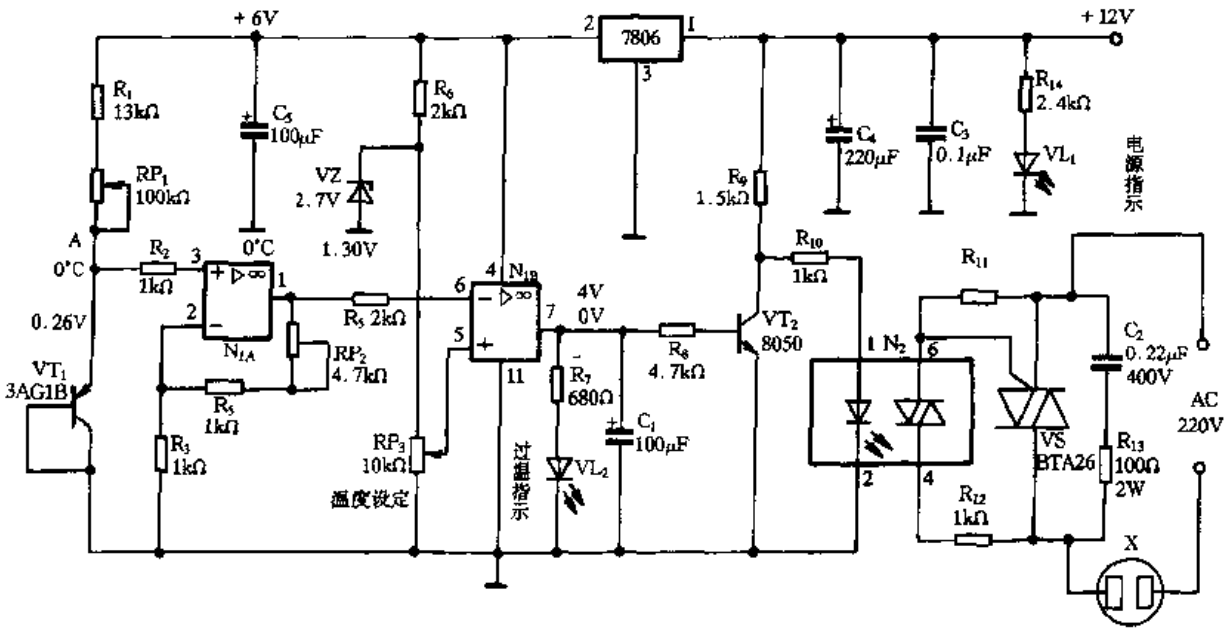


图 3.3.11 电子恒温控制电路

## 2. 烘干消毒室温度控制电路

电路如图 3.3.12 所示。其加热功率分挡; 室温加热到一定值后开始排风; 当室内温度超过设定上限值时自动停机, 实现过温保护; 为避免紫外线灯对人体伤害, 采用门控、闭锁保护措施。

$R_{A1}$ 、 $R_{A3}$ 、 $R_{B2}$ 、 $R_{B4}$ 、 $R_{C1}$ 、 $R_{C3}$  作为第一组功率为 9kW 的三相负载, 由接触器  $KM_1$  控制;  $R_{A4}$ 、 $R_{B1}$ 、 $R_{C2}$  作为第二组功率为 4.5kW 的三相负载, 由接触器  $KM_2$  控制;  $R_{A2}$ 、 $R_{B3}$ 、 $R_{C4}$  作为第三组功率为 4.5kW 的三相负载, 由接触器  $KM_3$  控制。三相总功率为 18kW。

接通电源, 按下按钮  $SB_{11}$ 、 $SB_{12}$ 、 $SB_{13}$ , 使接触器  $KM_1 \sim KM_3$  得电吸合并自锁, 其主触点闭合, 加热器开始对室内进行加温, 温度传感器 B 检测室内温度超过下限温度设定值时, 数字温度计 PT 的③脚电平由高变低, 使复合管  $VT_3$ 、 $VT_4$  由饱和导通转为截止;  $VT_5$ 、 $VT_6$  由截止转为饱和导通, 使继电器  $K_3$  得电吸合, 其常开触点  $K_3(1-2)$  闭合, 接通排风扇电源, 开始对流排风。同时  $K_3$  的常开触点(3-4)闭合, 使  $K_3$  自锁。当室内温度下降后仍保持对流排风, 此时处于正常烘干状态。



当室内温度超过上限温度时,数字温度计 PT 的⑦脚电平由低变高,复合管  $VT_1$ 、 $VT_2$  由截止转为饱和导通,使  $K_1$  得电吸合,使其常闭触点  $K_1(1-2)$ 、 $K_1(3-4)$  断开,由于该两个触点串接于  $KM_1$ 、 $KM_2$ 、 $KM_3$  控制电路的 N 线中,因此使控制电路失电,使  $KM_1 \sim KM_3$  失电释放,切断加热元件电源,起到过热保护作用。正常使用可通过按按钮  $SB_{21}$ 、 $SB_{22}$ 、 $SB_{23}$  断开三组负载。

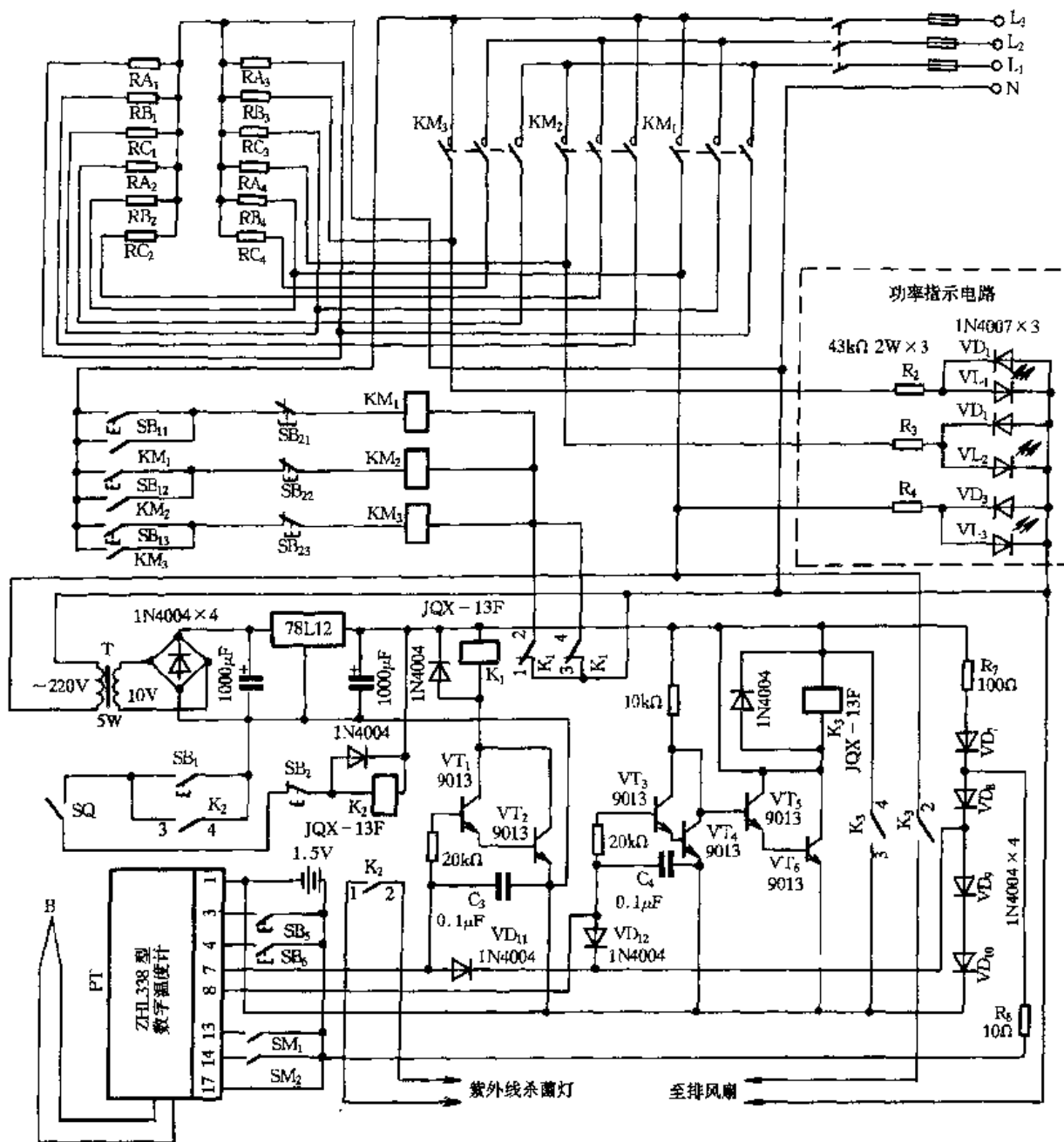


图 3.3.12 烘干消毒室温度控制电路

为避免交流接触器动作时,产生干扰引起数字温度计 PT 出现误复位现象,在所有的输入电路增加消噪电容如  $C_3$ 、 $C_4$ ;并用二极管  $VD_{11}$ 、 $VD_{12}$  作错位保护。另外数字温度计采用充电电池,并从控制电路和直流电源中通过电阻  $R_7$  与  $VD_7 \sim VD_{10}$  串联分压组成充电电路,经限流电阻  $R_8$  给电池充电,停电时由充电电池维持供电。

紫外杀菌灯采用直流控制电路,通过启动按钮  $SB_1$ 、继电器  $K_2$ 、门控制行程开关  $SQ$  及停止按钮  $SB_2$  控制。室内无人且关门时,  $SQ$  闭合,此时可按  $SB_1$  使  $K_2$  得电吸合并自锁,其常开触点

$K_2(1-2)$  闭合, 控制紫外线杀菌灯。一旦开门, 则  $SQ$  断开  $K_2$  电源, 关闭杀菌灯, 关门后需人工重新启动才会开启杀菌灯, 便于安全使用。

### 3. 空压机温度监测电路

图 3.3.13 所示为空压机温度控制电路, 安装在空压机总控制台上, 在控制室就可直接观察温度值, 并设置了手动和自动巡回检测, 同时有显示和超温报警。

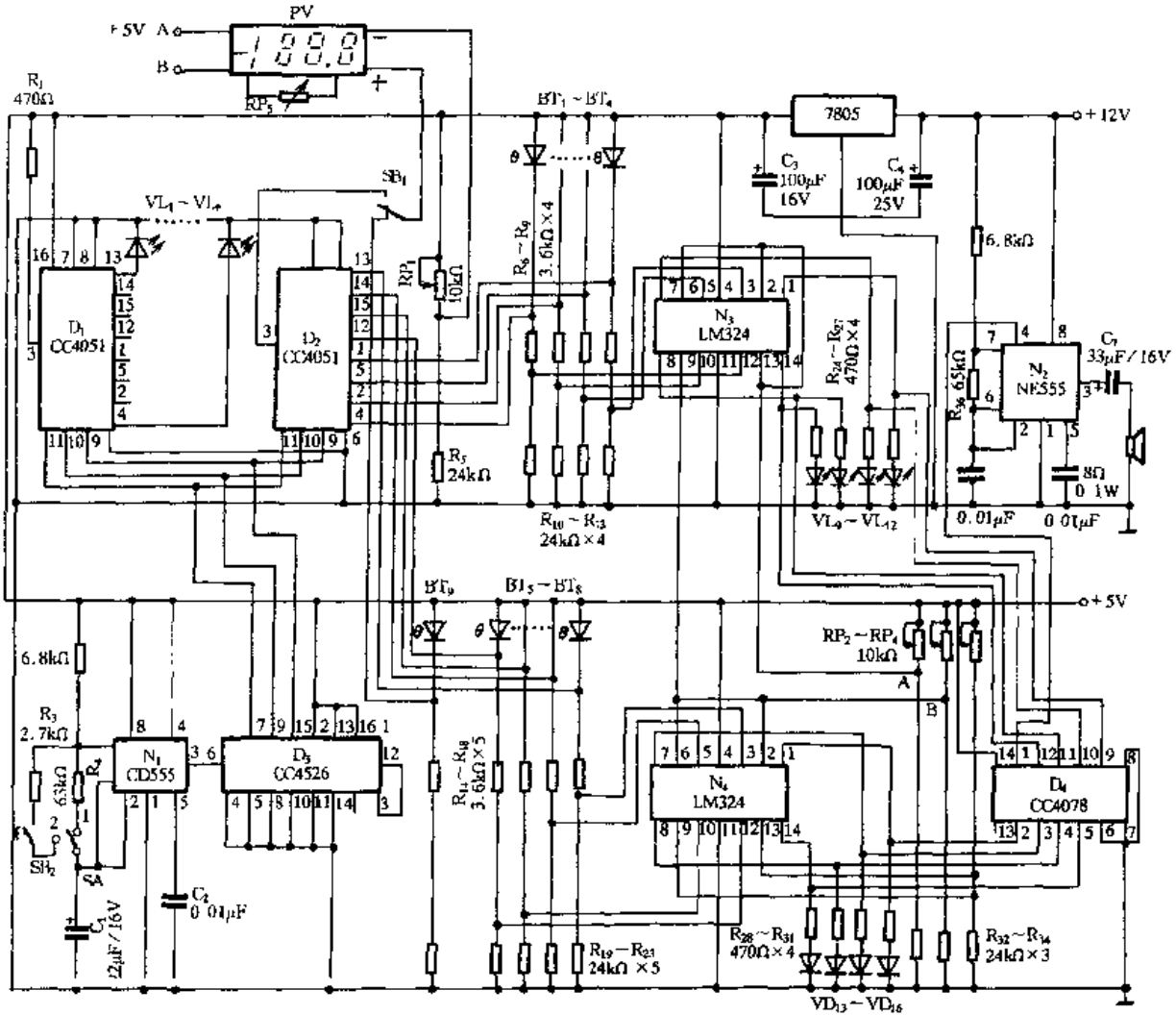


图 3.3.13 空压机温度监测电路

#### (1) 测温电桥及位数显示电路

测温电桥由精密可调电位器  $RP_1$ 、电阻  $R_5 \sim R_{23}$ 、温度传感器  $BT_1 \sim BT_8$  组成。 $RP_1$ 、 $R_5$  组成公共桥臂； $BT_9$ 、电阻  $R_{14}$ 、 $R_{19}$  组成室温手动测温桥臂。当未按下按钮  $SB_1$  时, 数字电压表 PV 接通室温温度传感器  $BT_9$ , 显示室温温度值。当按下按钮  $SB_1$  时, 集成电路  $D_2$  用于顺序接通各测温桥路, PV 显示其余 8 路温度值。 $D_1$  (CC4051) 顺序接通对应的绿色发光二极管  $VL_1 \sim VL_8$ , 指示测温的路数。

由于测温采用了非平衡桥路, 传感器灵敏度与工作电流呈对数关系, 工作电流增加, 灵敏度下降。在温度测量中, 测量装置和传感器之间总有一段距离, 其连接导线的电阻将影响温度值(串联电阻)。并且传感器工作在比较恶劣的环境中, 连接导线受潮会影响温度值。

#### (2) 数字电压表 PV 电路

由大规模集成电路 CC7107、数码管等组成。RP<sub>5</sub> 为满刻度调整电位器。

### (3) 时钟脉冲源及计数器电路

时钟脉冲源由时基电路 N<sub>1</sub>(CD555)组成。当转换开关 SA 置于自动位置 1 时,时间常数由 R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、C<sub>1</sub> 决定,每隔 4.5s 左右产生一个时钟脉冲。当 SA 置于位置 2 时,每按动一次 SB<sub>2</sub> 产生一个计数脉冲。若 SB<sub>2</sub> 按下不动,则为快速选点。

计数脉冲由 N<sub>1</sub> 的③脚输出到计数集成电路 D<sub>3</sub>(CC5426)进行 8421 编码,并输出至集成模拟开关电路 D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>。

### (4) 电压比较及报警电路

由集成运算放大器 N<sub>3</sub>、N<sub>4</sub>(LM324)组成 8 路电压比较器,分别处理 1~8 路温度信号。RP<sub>2</sub>~RP<sub>4</sub>为报警点调整电位器。设某一路的温度值升高,放大器的同相端电位升高,当电压超过反相端电位时,放大器输出端迅速从低电平转变为高电平,对应红色发光二极管 VI<sub>9</sub>~VI<sub>16</sub> 亮,指示报警的路数。在 8 输入或门集成电路 D<sub>4</sub>(CC4078)的输入端,只要有一个或几个为高电平时,则输出端为高电平,驱动报警集成电路 N<sub>2</sub>(NE555)工作,扬声器发声。D<sub>4</sub> 的输出端可作停机信号。如有几路同时超温时,相对应放大器同时翻转,指示对应的报警路数,满足了多路同时超温报警的要求。

## 四、其它设备电子控制电路

### 1. 列车用电开水炉自动进水控制电路

图 3.3.14 所示为沸腾翻滚式铁路客车电开水炉结构示意图,YV 为进水控制电磁阀,A 为冷水箱水位控制上电极,B 为冷水箱水位控制下电极,C 为电源电极 ( $U_C = U_{CC} = 9V$ )。各箱体均由不锈钢板焊接而成。图中箭头所示方向为水流方向。

通过合理设计加热箱的进水管与出水管的直径比及出水管的高度,可保证翻滚到开水箱的水一定是开水。

其控制电路如图 3.3.15 所示。接通电源后,电磁阀 YV 开通,向冷水箱注入冷水,水位达到冷水箱一定位置(设定在低于 A 处),电热元件得电加热,冷水箱水位继续上升,达到 A 位置,YV 关闭,电热元件将加热箱中的水加热至沸腾,这样开水通过出水管翻腾至开水箱中,同时冷水箱的水位不断下降,下降到 B 位置时,电磁阀 YV 再次开通,如此循环。直至开水箱水位上升到一定位置(设定在稍低于加热箱出水管高度处),电热元件失电不再加热。

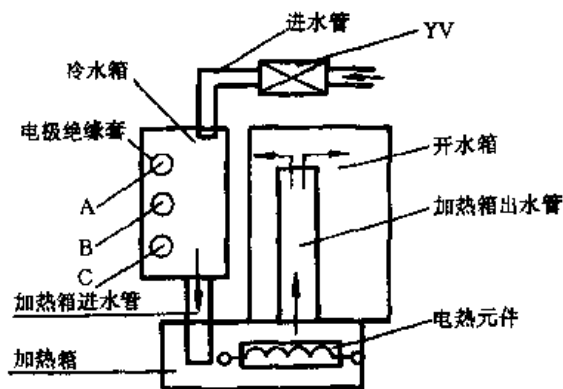


图 3.3.14 铁路客车电开水炉结构示意图

由于列车在行驶中,车身将产生振动,且当冷水经由电磁阀 YV 注入到水箱时,液面必然产生波动,如果仅用单电极的水位接触来控制 YV 的工作状态,液面的剧烈波动,必然造成 YV 的工作状态非常不稳定,以至无法正常工作。为消除这些因素给控制电路造成的影响,必须同时考虑用冷水箱水位控制上电极 A、下电极 B 的浸水状态及电磁 YV 的状态,来控制进水电磁阀的开通与关闭。

在水位上升过程中,起始状态为当 A 和 B 都未浸水时,YV 由关闭状态转变为开通状态;当 B 浸水,A 未浸水时,YV 仍开通;而当 B、A 都浸水时,YV 关闭。在水位下降过程中,当 B 浸

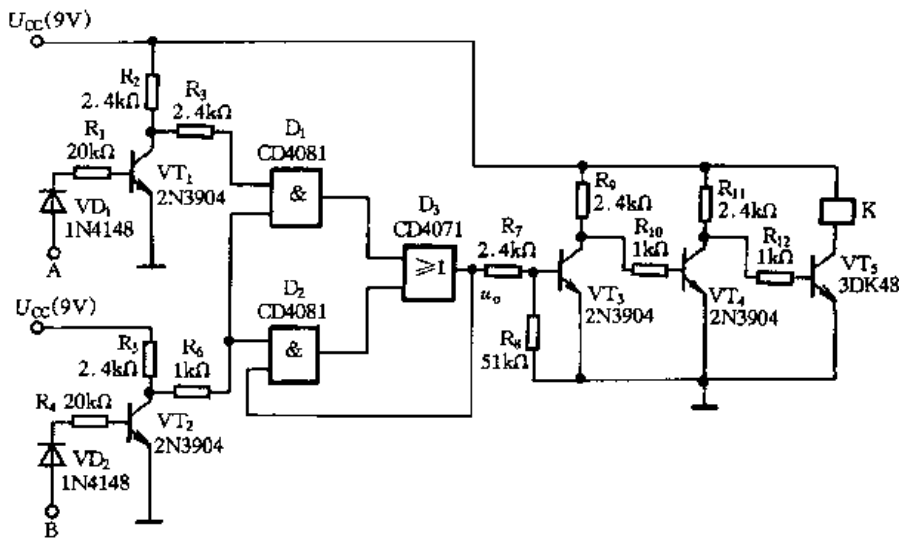


图 3.3.15 自动进水控制电路

水, A 未浸水时, YV 仍关闭; 直到水位下降到起始状态, YV 由关闭转变为开通, 如此循环。这样, 在水位升到 A 后, 即使由于水的波动造成 A 瞬间悬空, 电磁阀的工作状态并不改变。这样, 只要给出适当的 A 与 B 的高度差, 就可以消除由于水的波动造成的控制电路工作状态的不稳定。

图 3.3.15 中,  $D_1$  与  $D_2$  均为二输入与门;  $D_3$  为二输入或门; 继电器 K 为直流 9V、5A, 它控制进水电磁阀 YV 的通、断。

在起始状态, A 与 B 均未浸水, 此时晶体管  $VT_1$  与  $VT_2$  的基极均未加偏压,  $VT_1$  与  $VT_2$  截止, 其集电极电位  $U_{C1}$  与  $U_{C2}$  均为高电平 (约为 9V, 逻辑状态“1”)。当然,  $D_1$  的两输入端均为“1”,  $D_1$  的输出为“1”, 或门  $D_3$  的输出  $U_0$  应为“1”。而当  $U_0 = “1”$  时, 晶体管  $VT_3$  饱和导通, 其集电极电位  $U_{C3}$  为低电平 (约为 0.3V, 逻辑状态为“0”),  $VT_4$  截止,  $U_{C4} = “1”$ ,  $VT_5$  饱和导通,  $U_{C5} = “0”$ , 继电器 K 得电吸合, 使电磁阀 YV 开通即  $Y = “1”$ 。同理可验证  $U_0 = “0”$  时, 电磁阀关闭,  $Y = “0”$ 。

## 2. 给料系统电磁振动器的电气控制电路

目前给料系统都用电气振动控制。将电磁振动的电气控制电路, 用于电磁振动器 (简称电振器), 作为称重系统的上料或带式输送机的送料。

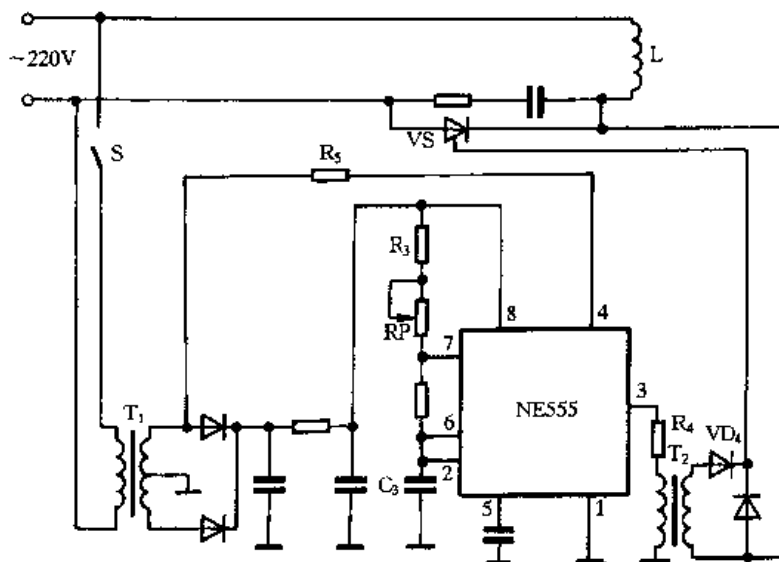
在电振器控制电路中, 激振的电磁线圈电源一般是经过单相半波整流的。在电流流过线圈期间, 衔铁与铁心间产生电磁力, 互相吸合, 带动电振器槽体向下方移动。此时, 主弹簧产生弹性形变, 积累势能。在交流电源的负半周期间, 线圈无电流流过, 电磁力消失, 主弹簧的积累势能能使槽体向上方运动, 振动的频率为 50Hz。由于槽体中的物料沿抛物线的轨迹不断向前运动, 达到了输送物料的目的。

为了调整送料流量大小, 一般采用单相半波晶闸管整流电路, 改变晶闸管的导通角大小, 即可获得不同幅度的输出电压, 进而调整输送流量。

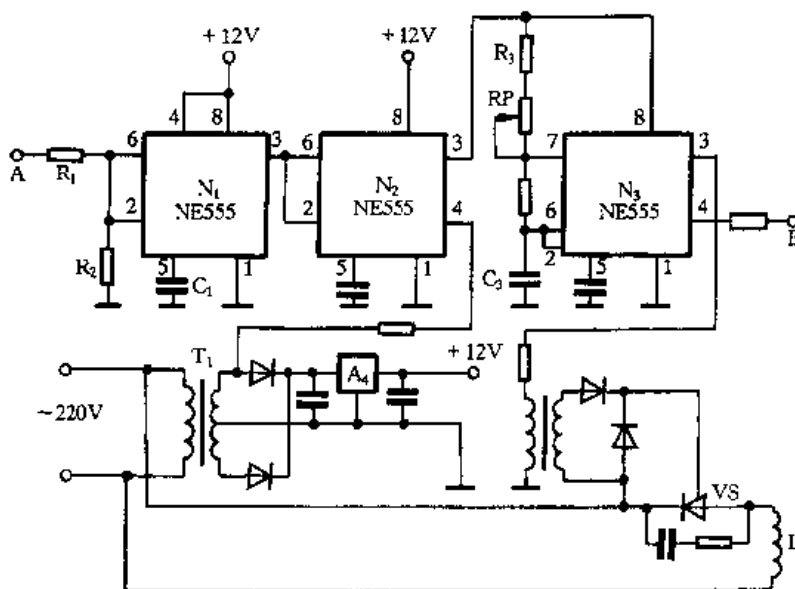
图 3.3.16(a) 所示为采用时基电路 NE555 的控制电路。时基电路 NE555 及  $R_3$ 、 $RP$ 、 $C_3$  组成方波振荡器, 只要调整电位器  $RP$  即可调整方波的宽度。输出方波信号经  $R_4$ 、 $T_2$ 、 $VD_4$  控制晶闸管  $VS$  的导通角, 进而调整输出电压的大小, 以控制电振器的流量。变压器  $T_1$  的二次侧交流电压经  $R_5$  控制 NE555 的④脚复位端, 起到同步控制的作用。L 为电振器的激磁线圈。开关 S 控

制系统的启停。该电路可用于带式输送机的送料作业。

图 3.3.16 (b) 所示控制电路采用 3 只 NE555。N<sub>1</sub> 与 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、C<sub>1</sub> 组成整形电路,将来自控制计算机的控制信号进行整形,它具有较强的抗干扰能力。N<sub>2</sub> 在 N<sub>1</sub> 输出电压及来自变压器 T<sub>1</sub> 的交流同步电压的共同作用下起到 N<sub>3</sub> 的同步控制电源作用。N<sub>3</sub> 与 R<sub>3</sub>、RP、C<sub>3</sub> 组成方波振荡器,以控制晶闸管 VS 的导通角。来自 B 点的信号控制 N<sub>3</sub> 的④脚,以控制 N<sub>3</sub> 的输出。A、B 的信号控制可使系统获得良好的控制性能。该电路可用于电子秤的送料控制。



(a)



(b)

图 3.3.16 采用 NE555 集成电路的控制电路

图 3.3.17 所示为采用单晶体管的控制电路。单晶体管 VT<sub>5</sub> 与 RP、R<sub>6</sub>、C<sub>2</sub> 等组成触发脉冲发生电路,触发脉冲经 F、G 控制晶闸管 VS(图中未画出)的导通角,调节 RP 可控制导通角。N<sub>2</sub> 为电压比较器,来自称重电路的重量信号从 D 端输入,来自计算机的 D/A 转换器的重

量给定信号从 E 端输入,当计算重量达到给定值后,  $N_2$  发出信号关闭电振器。来自计算机的电源控制信号从 A 端输入,来自外部的控制信号 B、C 经光电隔离输入,它们也控制触发电路的电源。此电路用于微机控制电子秤的电振器控制电路。

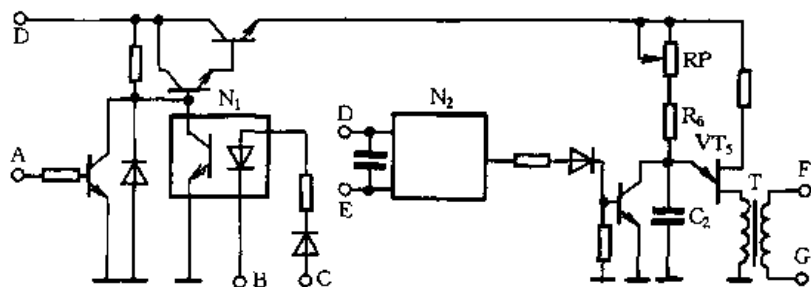


图 3.3.17 采用单结晶体管的控制电路

### 3. 可预置温度的低压锅炉循环泵控制电路

图 3.3.18 所示的低压锅炉循环泵控制电路,集温度指示、温度控制、超温报警于一体,按预置的温度值自动控制循环泵启闭,自动化程度高,操作可靠方便。

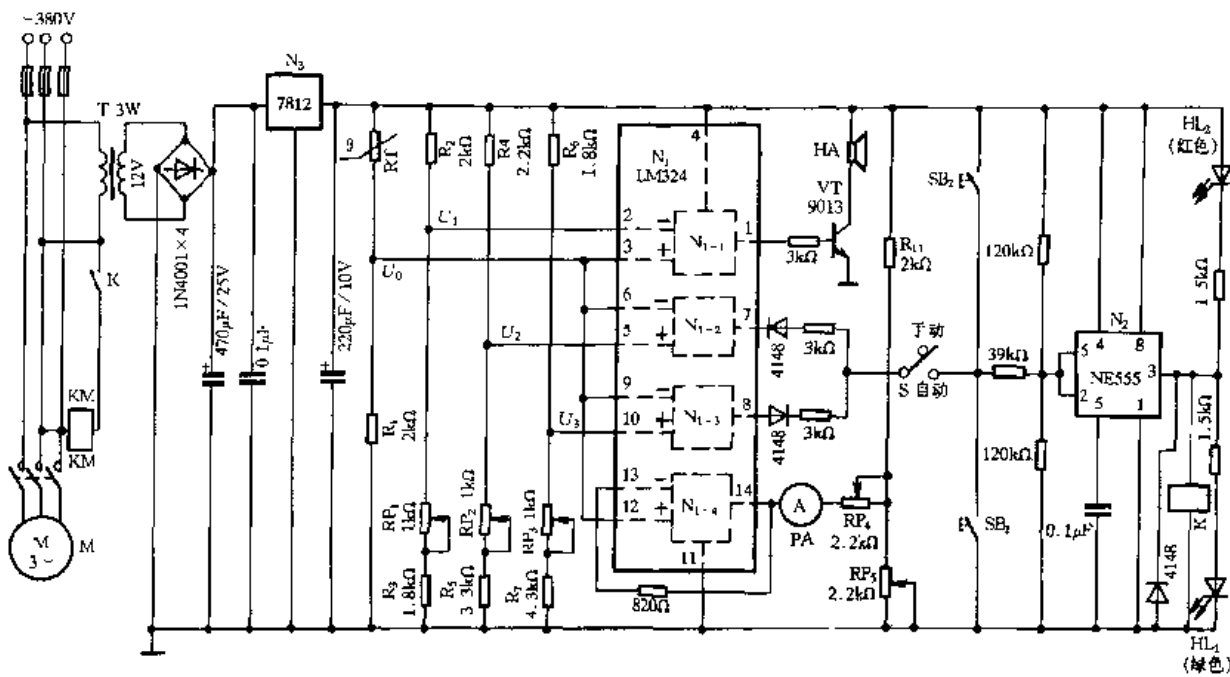


图 3.3.18 可预置温度的低压锅炉循环泵控制电路

#### (1) 驱动电路

手动/自动转换开关 S 置手动位置,按下启动按钮  $SB_1$ ,时基电路  $N_2$  (NE555) 的②、⑥脚为低电平,其③脚输出为高电平,使继电器 K、接触器 KM 先后得电吸合,循环泵电动机 M 运行 (指示灯  $HL_1$  亮)。按停止按钮  $SB_2$ ,  $N_2$  的②、⑥脚为高电平,其③脚输出为低电平,使 K、KM 失电释放, M 停止运转 ( $HL_2$  亮)。当 S 置于自动位置时,则由比较电路输出的高低电平信号控制驱动电路,使 M 运行或停止。

#### (2) 比较电路

由热敏电阻 RT,电阻  $R_1$ 、 $R_{11}$ ,电位器  $RP_5$  组成电桥,随着温度的变化,其分压电位  $U_0$  随之改变,经  $N_1$  内运算放大器  $N_{1-4}$  的电流放大后,由电流表 PA 读出相应的温度值。 $RP_4$ 、 $RP_5$  分别

是电流表满刻度、调零电位器。 $R_4$ 、 $RP_2$  的分压值  $U_2$  作为循环泵开启比较电压,接于  $N_1$  内  $N_{1-2}$  的同相端,反相端为  $U_0$ 。温度上升后,  $U_0$  电位升高。当  $U_0 > U_2$ ,  $N_{1-2}$  翻转输出低电平,通过 S(自动位置),使  $N_2$  的②、⑥脚为低电平,其③脚输出为高电平,使 K、KM 得电吸合, M 转动,系统开始热交换,锅炉胆内温度逐步下降。调整  $RP_2$ , 可预置启动泵的温度范围。 $R_6$ 、 $RP_3$  的分压值  $U_3$  作为循环泵停止比较电压,接至  $N_1$  的  $N_{1-3}$  的同相端,反相端电压仍为  $U_0$ 。炉胆内温度下降后, RT 阻值逐渐变小,  $U_0$  下降。当  $U_0 < U_3$  时,  $N_{1-3}$  翻转后输出高电平,使  $N_2$  翻转输出低电平, K、KM 失电释放,循环泵停止工作。调整  $RP_3$  可预置停泵的温度范围。

$R_3$  和  $RP_1$  的分压值  $U_1$  作为超温报警比较电压,接于  $N_{1-1}$  的反相端,同相端仍为  $U_0$ 。循环泵停止运行后,锅炉温度随之上升,正常情况下,  $U_0 > U_2$  后, M 启动,炉胆温度下降。但由于某种原因, M 未能运转,炉胆内温度必然继续上升。当  $U_0 > U_1$ 、 $U_0 > U_2$  时,  $N_{1-1}$  输出高电平,使三极管 VT 饱和导通,蜂鸣器 HA 工作,提醒值班人员排除故障。调整  $RP_1$  可预置超温温度范围。

### (3) 电源电路

由变压器、桥式整流、滤波、稳压集成电路  $N_3$  等组成。

## 第四节 供电电路

### 一、单相电源和三相电源供电电路

#### 1. 电源故障暂保护与死保护电路

目前许多电源中的过流、过压保护电路,要么只有死保护,即故障发生后,电源停止工作,输出为零,需人工复位后,方能继续工作;要么只有暂保护,即故障发生后,电源停止输出,延时一段时间后,电源自动恢复。但在许多装置中,要求其电源同时具有暂保护与死保护功能,即该电源应允许负载瞬时打火、过流,打火时,要求电源立即进入暂保护;打火反复出现规定次数后,则认为是负载故障,电源进入死保护。

图 3.4.1 所示电路就具有对电源故障进行暂保护和死保护的功能。电路主要由 1 只双再触发单稳态触发器 74LS123 和 1 只 NE555 组成。

$R_1$ 、 $C_1$  和  $R_2$ 、 $C_2$  为 74LS123 外接电阻与电容,分别控制其⑬脚和⑤脚输出的单稳态脉冲宽度。74LS123 中的两个单稳态触发器均为下降沿触发。触发信号由①脚和⑨脚引入。NE555 作比较器,当其②脚和⑥脚上的电压上升至大于⑤脚的设定电压时,NE555 的③脚输出一个由正至负的下跳触发脉冲。

当出现故障时,故障信号下降沿脉冲送至 74LS123 的①脚,此时⑬脚立即产生一个单稳态脉冲。该脉冲送给  $VT_1$ ,驱动保护电路动作,进入暂保护;同时,该脉冲通过  $R_5$  向  $C_5$  充电( $VL_1$  亮)。在延时一个单稳脉宽时间后,保护电路断开。电源又恢复正常。若故障反复出现几次,则⑬脚的脉冲可使  $C_5$  上电压即 N 的②、⑥脚电压充至大于 N 的⑤脚的设定电压,此时 NE555 ③脚输出一个下降沿脉冲信号至 74LS123 的⑨脚,使 74LS123 的⑤脚产生一个脉冲,经  $VT_2$  驱动,触发晶闸管 VS 导通,使保护电路进入死保护,直至 RESET 开关按下。当取如图参数时,电路可以在三次暂保护之后,进入死保护。取不同的  $R_1$ 、 $C_1$ 、 $R_5$ 、 $C_5$ 、 $R_6$  和  $R_7$ ,可改变暂保护次数。K 为保护装置中的继电器。

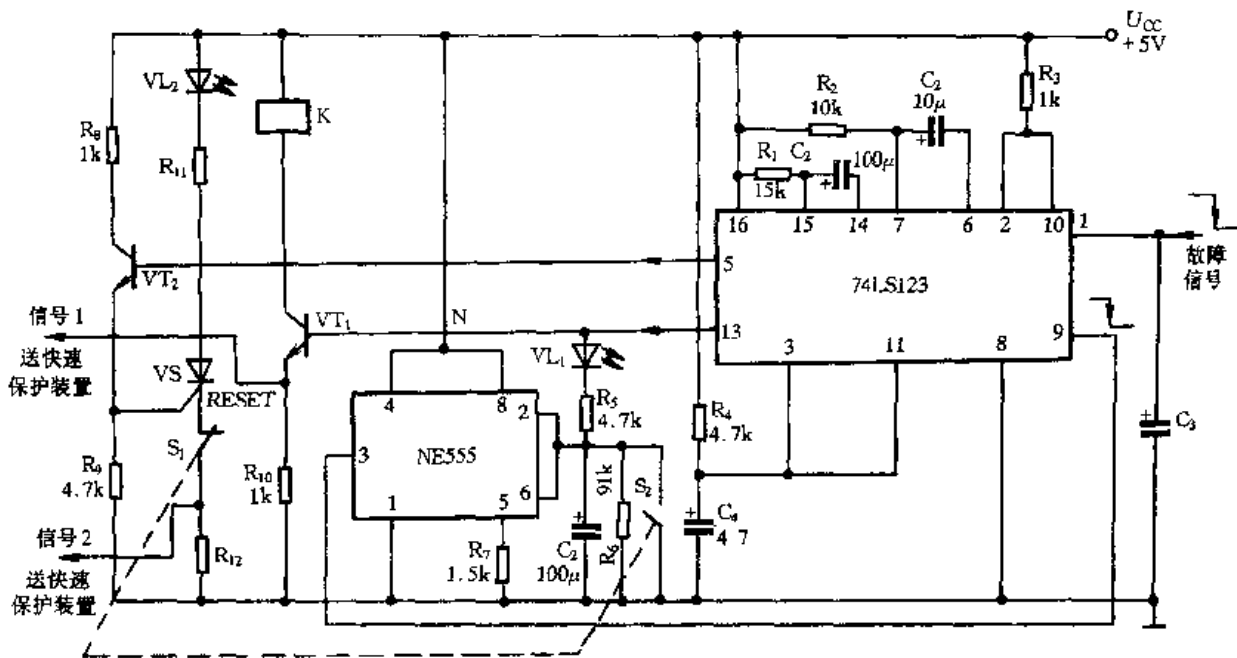


图 3.4.1 电源故障暂保护与死保护电路

为防止干扰所引起的误触发、误动作,在 74LS123 的①脚上加了  $C_3$ 。 $S_1$  和  $S_2$  联动,使复位时  $C_3$  得以放电,这样可以避免死保护后,由于  $C_3$  上的电压再次引起保护动作。

调试时,开机瞬间,74LS123 的⑤脚即输出一个脉冲,使保护电路动作。为避免误动作,电路中加了  $R_4$  和  $C_4$ 。由于电容器电压在开机瞬间不能突变,74LS123 的③脚和⑩脚(CLR)为低电平,可强行封锁 74LS123 的脉冲输出。当  $C_4$  上的电压充至高电平后,输出不再被封锁,电路正常工作。

## 2. 供电电源断相故障检测电路

图 3.4.2 所示的三相电源断相故障检测电路加装在原设备的控制电路中,当供电电源发生断相时,可自动切断电源,并能显示断线部位,便于维修人员快速排除故障。

电阻  $R_1 \sim R_3$ 、二极管  $VD_1 \sim VD_3$ 、发光二极管  $VL_1 \sim VL_3$  组成三相电源指示电路。电流互感器  $TA_1 \sim TA_3$  的输出电压经  $R_4 \sim R_6$  及稳压管  $VZ_1 \sim VZ_3$  限幅后,送入集成电路 N(LM339),N 中的 3 个运放及外围元件组成各相电压的比较器,其阈值电压由  $RP_1$  决定。

$D_1$ 、 $D_2$  组成三输入异或非逻辑门。 $D_3$  为八 D 锁存器,其中②、⑤、⑥、⑨端与发光二极管  $VL_4 \sim VL_7$  连接组成锁存显示电路;⑩脚为控制端,高电平开门、低电平关门,它与②脚连接实现自锁。 $D_4$  为六倒相门,其中二个倒相门及电阻  $R_{10}$ 、电容  $C_4$  组成延时电路,延时时间约为 200ms,其作用是防止通电时三相电源的相位差和元器件参数的分散性造成误动作。

三极管 VT 及继电器 K 组成执行电路。KM 及 SB 为原设备上的交流接触器和控制按钮开关。

该电路的工作过程是:负载启动前, $TA_1 \sim TA_3$  输出电压均为零,N 的①、⑬、⑭脚及  $D_3$  的②脚保持高电平,发光二极管  $VL_4$  不亮, $VL_5 \sim VL_7$  亮,VT 导通,K 得电吸合,其常开触点闭合,按下按钮 SB,接使触器 KM 得电吸合,接通供电线路。

负载启动后,当  $TA_1 \sim TA_3$  输出电压大于由  $RP_1$  给定的阈值电压时,N 的①、⑬、⑭脚由原来的高电平下降为低电平(实测值由 5V 降为 0.3V), $D_3$  的②脚仍为高电平,此时发光二极管全部不亮。



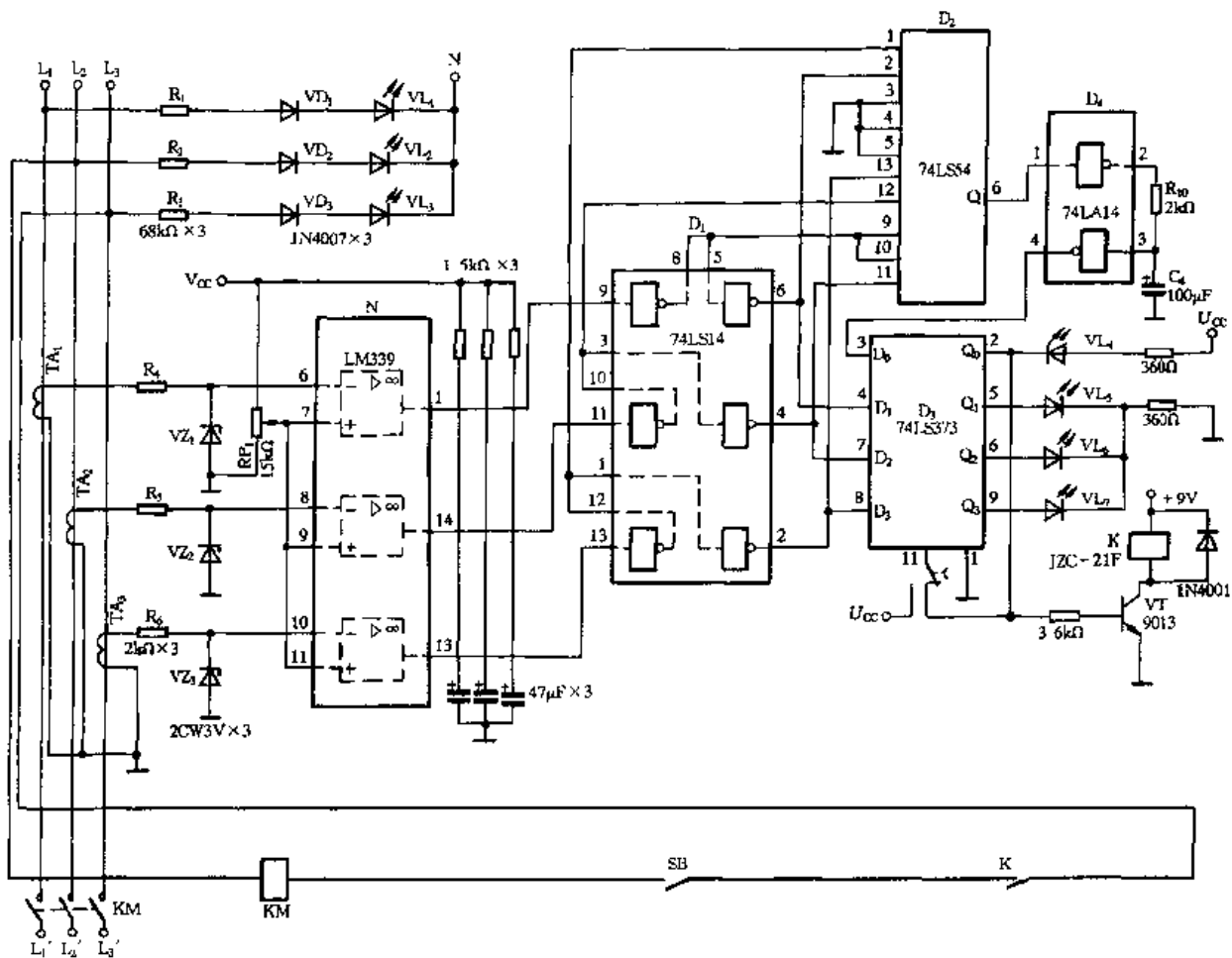


图 3.4.2 供电电源断相故障检测电路

若  $L_1$  相断线,该相电流必为零,从该相感应出的电压小于阈值电压,对应  $VL_5$  变亮,此时,由于  $D_3$  的输入端  $D_1 \sim D_3$  电平不一致,因此  $D_3$  的②脚由高电平变为低电平, $VL_1$  亮;锁存器进入自锁状态;继电器  $K$  失电释放,其已闭合的常开触点断开,接触器  $KM$  失电释放,电源终止供电;显示屏显示“断相  $L_1$ ”字样。同理, $L_2$  或  $L_3$  断相时,显示屏将显示“断相  $L_2$ ”或“断相  $L_3$ ”字样。

为区分断相发生在  $TA_1 \sim TA_3$  之前还是之后,由该电路设置的三相指示灯  $VL_1$ 、 $VL_2$ 、 $VL_3$  与显示屏显示的字样,来判断出断相的地方:当指示灯全亮,说明故障在互感器之后;当指示灯有一个不亮,说明故障出在互感器前。

## 二、整流、稳压、调压及充电电路

### 1. 由 CA3524 集成电路组成的不间断电源(UPS)电路

图 3.4.3 所示为一用 CA3524 组成的小型通信 UPS 电路,选逆变器的输出频率与市电频率相同。输出的直流电压有三组,即  $-6V/0.5A$ 、 $24V/1A$ 、 $5V/2A$ 。市电和逆变器供电的转换和隔离由继电器  $K_1$  和  $K_2$  完成。

当有市电时,继电器  $K_1$  得电吸合,其常闭触点  $K_1(3-4)$  断开,切断  $24V$  蓄电池供电电路,逆变器不工作;其常开触点  $K_1(1-2)$  闭合,使  $220V$  交流市电加于变压器  $T$  的一次侧绕组,此时设备所需的三路直流电源由市电直接供给。同时由于  $K_1$  的常闭触点  $K_1(3-4)$  断开,使继

电器  $K_2$  无电,  $K_2$  的常开触点  $K_2(1-2)$ 、 $K_2(3-4)$  断开, 使市电与逆变器相隔离。

当 220V 交流市电被切断(停电)时, 继电器  $K_1$  失电释放, 其常开触点  $K_1(1-2)$  断开, 切断市电侧与变压器 T 的一次侧绕组的联系; 其常闭触点  $K_1(3-4)$  闭合, 接通逆变器的 24V 供电电源。24V 电源接通后继电器  $K_2$  得电吸合, 其常开触点  $K_2(1-2)$ 、 $K_2(3-4)$  均闭合, 逆变器开始工作。逆变器的输出电压经变压器 T 进行电压变换后, 作为三路整流、滤波、稳压电路的输入电源, 三路稳压电路输出三路稳定电压, 从而实现不间断供电。

当 220V 交流市电为  $220V \pm 10\%$  和蓄电池电压为  $24V \pm 15\%$  时, 电路工作正常。逆变器的最大输出功率在 150W 以上。

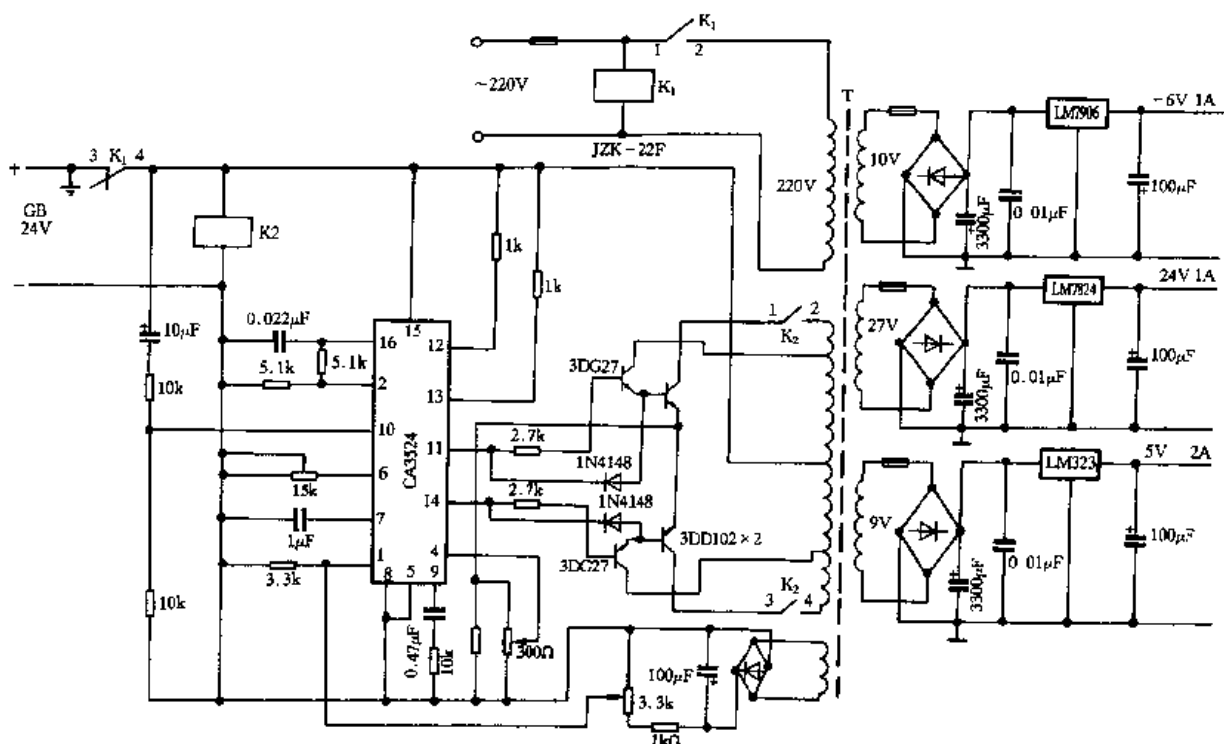


图 3.4.3 由 CA3524 集成电路组成的不间断电源

## 2. 悬浮式抗干扰电源电路

在工业控制系统中, 大多数干扰是由电网电源进入控制系统的。通过电源引入的干扰是造成系统工作不可靠的主要因素。因此, 在工业控制系统中, 应采用良好的抗干扰电源供电, 以抑制通过电源窜入的各种干扰。

图 3.4.4 所示的悬浮式抗干扰电路的原理框图, 它能有效地防止由电网窜入的干扰, 尤其适用于对抗干扰性要求较高的计算机控制系统。悬浮电路中设有储能元件如蓄电池 GB 和切换开关  $S_1$ 、 $S_2$ 。当  $S_1$ 、 $S_2$  分别位于 1 端时, GB 与电网接通, 处于充电状态, 从电网获取能量, 且与负载断开; 当  $S_1$ 、 $S_2$  分别位于 2 端时, GB 与负载接通, 处于放电状态, 向负载提供电能, 且与电源断开。悬浮电路周而复始地工作在“充电”与“供电”状态, 使包括稳压电路在内的负载系统得到一个与电网完全隔离的“悬浮”直流电源。可见, 它能够使输出电流与电网完全隔离, 从而有效地防止来自电网的各

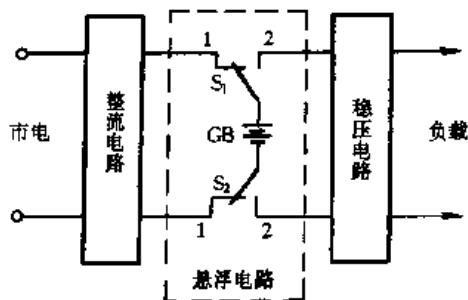


图 3.4.4 悬浮式抗干扰电源电路方框图

种工业干扰。其中,储能元件也可以是电容器或任何形式的可复充电的电池组, $S_1$ 、 $S_2$ 可以是任何形式的电子开关(如 MOSFET、GTO),并在相应切换控制电路的控制下工作。

悬浮式抗干扰电源电路如图 3.4.5 所示,其中  $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ 、 $N_4$  相当于图 3.4.4 中的切换开关  $S_1$ 、 $S_2$ 。

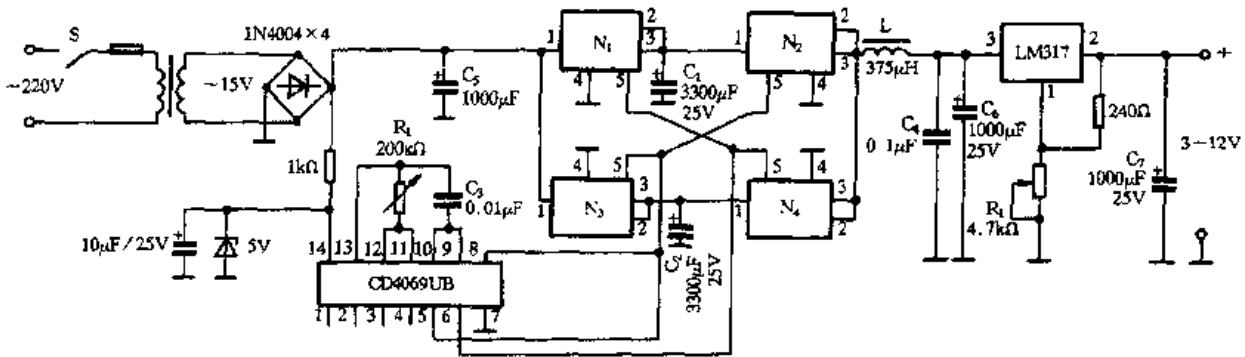


图 3.4.5 悬浮式抗干扰电源电路

来自电网的交流电经降压、整流、滤波得到约 20V 的直流电压。当控制电路输出为正半周时,集成电路 CD4069UB 的⑧脚输出高电平、⑥脚输出低电平,从而使  $N_2$ 、 $N_3$  导通, $N_1$ 、 $N_4$  截止。此时,复充电源  $C_2$  通过  $N_3$  由电网充电且通过  $N_4$  与负载脱离,复充电源  $C_1$  通过  $N_2$  向负载供电且通过  $N_1$  与电网脱离。当控制电路输出为负半周时,CD4069UB 的⑧脚输出低电平、⑥脚输出高电平,从而使  $N_2$ 、 $N_3$  截止, $N_1$ 、 $N_4$  导通。此时,复充电源  $C_1$  通过  $N_1$  由电网充电且通过  $N_2$  与负载脱离, $C_2$  通过  $N_4$  向负载供电且通过  $N_3$  与电网脱离。控制电路下一周期将重复上述过程。可调稳压电路由 LM317 及其外围元件组成,能向负载提供 3 ~ 15V 的连续可调、并与电网完全隔离的直流稳压电源。

构成悬浮电路的切换开关的  $N_1 \sim N_4$  采用高速集成电子开关 TWH8778,其控制极(⑤脚)所需的启动电流极微,甚至线间感应的小信号也足以启动,因此控制极引线不宜过长,而且控制极允许控制电压最高为 6V,输入电压在 28V 以下。其电路内部设有过压、过流、过热保护电路。电解电容器  $C_1$ 、 $C_2$  构成悬浮电路的储能元件(也可以用 18V 可充电的电池组)。CMOS 六反相器 CD4069UB 及  $R_1$ 、 $C_3$  组成悬浮电路的切换控制电路,产生切换开关所需的驱动信号。该驱动信号的切换频率由  $R_1$ 、 $C_3$  决定,其频率  $f_0 = 1/(1.4R_1C_3)$ ,其上限应考虑电子开关的速度和整流电路的输出阻抗。当整流电路的输出阻抗较高时,若切换频率过高会导致  $C_1$ 、 $C_2$  充电不足,使悬浮电路输出电压不足;其下限受  $C_1$ 、 $C_2$  的容量限制。当  $C_1$ 、 $C_2$  容量不够大时,若切换频率过低, $C_1$ 、 $C_2$  放电电压将低于预期值,使悬浮电路输出电压下降。电子开关切换频率约在 1 ~ 10kHz。调节  $R_1$ ,即可改变电源“悬浮”电路的切换频率。

悬浮电路输出功率主要取决于  $C_1$ 、 $C_2$  的容量和电子开关的功耗,L 和  $C_4$  用于滤除电子开关切换引起的高次谐波。

### 3. 交流净化稳压电源电路

目前交流稳压电源越来越受到重视,并成为必配设备。交流稳压电源有多种,近几年发展迅速的交流净化稳压电源,除稳压外,还对负载起一定的保护作用。交流净化稳压电源电路由调整电路、零脉冲产生电路、同步锯齿波发生电路、脉宽调制驱动放大电路、误差取样放大电路、直流稳压电源、过压保护电路等部分组成,其方框图如图 3.4.6 所示。

图 3.4.7 所示为 JJW2 系列交流净化稳压电源电路,集稳压与抗干扰功能为一体。具有可

靠性、精度、效率高,稳压范围宽,抗干扰能力强等优点。自耦变压器  $T_1$ 、双向晶闸管  $VS$ 、电感  $L_1$ 、三次谐波和五次谐波滤波器等组成调整电路。 $L_1$  与  $VS$  相串联组成一个随  $VS$  导通角( $0^\circ \sim 180^\circ$ )改变的可变电感,且与  $L_3$ 、 $C_1$  的串联电路相并联组成一个可变电抗器。自耦变压器  $T_1$  的初级与可变电抗器串联接入 220V 交流市电,输出交流电压为 220V 交流市电电压与  $T_1$  次级电压的矢量和。 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $VD_1 \sim VD_4$ 、光电耦合器  $N_1$  (4N25) 组成零脉冲发生电路。 $VD_1 \sim VD_4$  为桥式整流电路,它将  $L_1$  与  $VS$  串联电路两端的 50Hz 交流电压整流成 100Hz 的单向脉动电压,输入  $N_1$  的①、②脚,于是在  $N_1$  的⑤脚输出正向过零脉冲电压送至  $N_2$  (NE555) 的②、⑥脚。 $N_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $VT_1$ 、 $VD_5$ 、 $VD_6$ 、 $C_{10}$  组成锯齿波发生电路。当  $N_2$  的②、⑥脚输入过零脉冲前, $N_2$  的⑦脚呈高阻态,由  $VT_1$ 、 $VD_5$ 、 $VD_6$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  组成的恒流源电路对  $C_{10}$  进行充电, $C_{10}$  上的电压线性上升;当  $N_2$  的②、⑥脚输入过零脉冲时, $N_2$  的⑦脚呈低电阻, $C_{10}$  放电,过零脉冲过后, $N_2$  的⑦脚又呈高阻态, $C_{10}$  又充电。这样, $N_2$  的⑦脚输出与过零脉冲同步的锯齿波送至  $N_{3A}$  (LM324) 的⑩脚。变压器  $T_2$ 、桥式整流  $VD_{13} \sim VD_{16}$ 、 $RP_2$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $C_7 \sim C_8$  组成取样电路。它输出一个与交流输出电压成正比的误差信号电压送至运算放大器  $N_3$  的⑫脚同相端进行放大。脉宽调制驱动放大电路由  $N_{3A}$ 、 $VT_3$  等组成,同相端⑩脚输入来自  $N_2$  的⑦脚的同步锯齿波电压,反相端⑨脚输入误差取样放大的直流信号电压; $N_{3A}$  的⑧脚输出宽度受控的脉冲电压经  $VT_3$  放大后触发双向晶闸管  $VS$ 。变压器  $T_2$ 、桥式整流  $VD_9 \sim VD_{12}$ 、滤波电容  $C_5$ 、 $C_6$ 、三端稳压  $N_4$  (7812) 组成直流稳压电源,给有关电路提供 12V 电源。

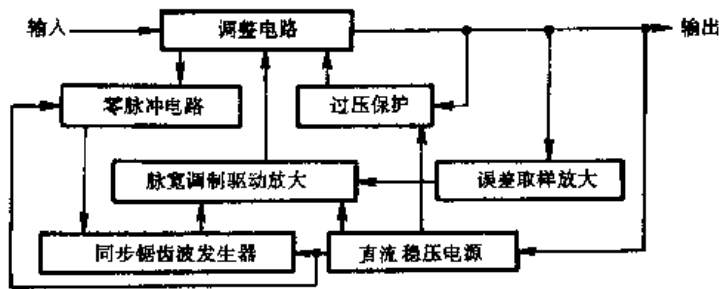


图 3.4.6 交流净化稳压电路方框图

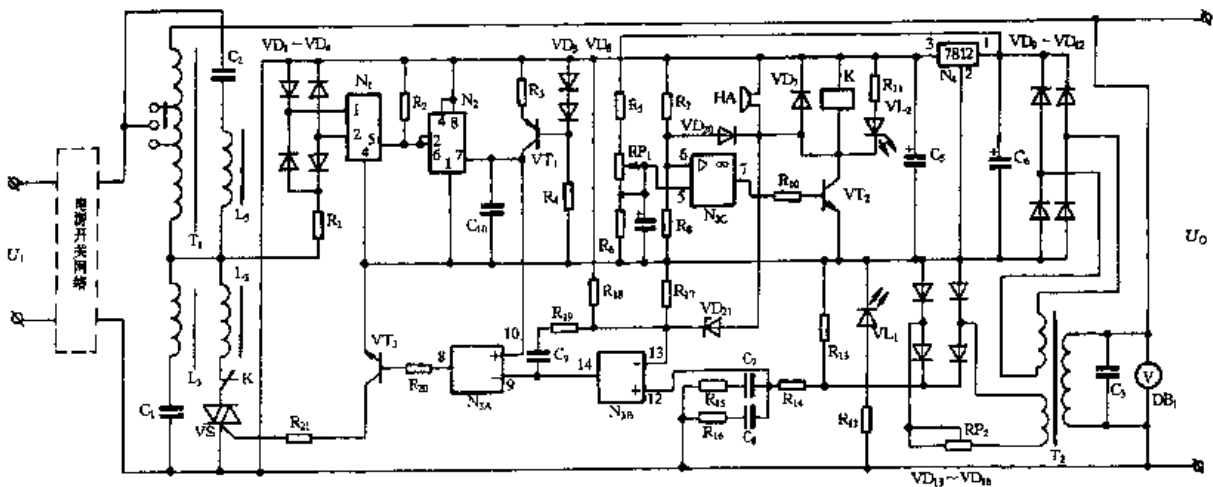


图 3.4.7 JYW2 系列交流净化稳压电源电路

交流净化电源的稳压过程:当输出电压升高时,变压器  $T_2$  的次级电压也升高,经  $VD_{13} \sim$

VD<sub>16</sub>桥式整流,输出的误差取样电压升高,N<sub>3B</sub>同相端⑫脚电压升高,其⑭脚输出电压也升高,使送到脉宽调制器 N<sub>3A</sub>的反相端⑨脚的电压也升高,而 N<sub>3A</sub>的同相端⑩脚输入的同步锯齿波电压幅度不变,于是 N<sub>3A</sub>的输出端⑧脚输出的脉冲宽度变窄,经三极管 VT<sub>3</sub> 放大后触发双向晶闸管 VS 的导通角变小。此时调整电路中的可变电抗器趋容性,自耦变压器 T<sub>1</sub> 的次级电压与市电电压反相,交流输出电压下降。当交流输出电压下降时,稳压过程与上述相反。

该电源备有过压保护电路以增加可靠性。过压保护电路由 R<sub>5</sub>、R<sub>6</sub>、RP<sub>1</sub>、C<sub>4</sub>、N<sub>3C</sub>、三极管 VT<sub>2</sub>、继电器 K、过压指示灯 VL<sub>2</sub>、蜂鸣器 HA 等组成。当电源输出电压高于极限值(约 246V,可用 RP<sub>1</sub> 微调)时,N<sub>3C</sub>的同相端⑤脚从 R<sub>5</sub>、R<sub>6</sub>、RP<sub>1</sub>、C<sub>4</sub> 组成的分压电路输入的电压高于 6V,N<sub>3C</sub>的⑦脚输出高电平,三极管 VT<sub>2</sub> 导通,继电器 K 得电吸合,其常闭接点断开,切断双向晶闸管 VS 的回路,使输出电压比输入电压下降约 40V,同时发出声、光报警,VD<sub>20</sub>将 N<sub>3C</sub>的⑥脚的电压钳位在 0.6V 左右以确保 VT<sub>2</sub> 的导通,只有关机几秒钟后重新开机,才能恢复正常状态。

#### 4. 具有轮换充电功能的自动充电控制电路

具有轮换充电功能的自动充电控制电路是一种能与任何硅整流充电设备配合而进行自动充电的电路。该电路能对两组蓄电池组自动实施轮换充电,首先可以任选一组蓄电池组进行充电,当首选一组蓄电池充足电能后,能自动地转换对另一组蓄电池充电。从而,有效地提高了硅整流充电设备的利用率,避免在人工充电有误时,出现一组蓄电池处于过充电状态而另一组蓄电池却不能充电的情况。

该电路的方框图如图 3.4.8 所示,电路如图 3.4.9 所示。极据蓄电池电压的升、降与标准电压进行比较、采样,送入滤波放大电路,产生开关信号后再经过逻辑电路判断,输出驱动信号,从而达到自动控制的目的。

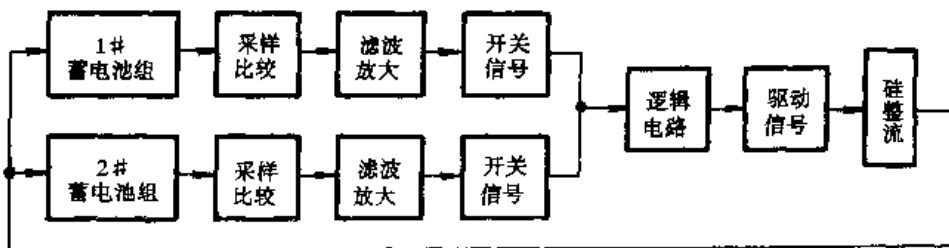


图 3.4.8 自动轮换自动充电电路方框图

##### (1) 充电开关信号的获得

对于 24V 蓄电池,当其电压下降到 20.4V 时,必须充电;在充电过程中当蓄电池电压上升到 32.4V 时,停止充电。由 N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>(运放 LM358)分别取出两组蓄电池组的充电的开关信号。为了获得最大的动态变化范围,在采样电路中串入由 VZ<sub>1</sub> ~ VZ<sub>3</sub> 组成的温度补偿型稳压二极管。当蓄电池组电压比较低时,N<sub>2</sub> 输入端的②脚电位低于③脚电位,则其输出端(①脚)为高电位,经稳压管 VZ<sub>4</sub> 稳压,由分压电阻 R<sub>16</sub> 取出稳定的电位送至 N<sub>2</sub> 的⑤脚,放大后由其⑦脚输出再叠加到 N<sub>2</sub> 的③脚。

当 N<sub>2</sub> 的①脚为高电位时,由后面的逻辑电路决定是否对该组蓄电池组实施充电;如果 N<sub>2</sub> 的①脚为低电位,则逻辑电路保证不对该蓄电池组实施充电。

当蓄电池组电压上升到停止充电的电压值时,N<sub>2</sub> 的②脚电位将高于③脚电位,则①脚输出将为低电位,二极管 VD<sub>4</sub> 截止;由 R<sub>16</sub> 上得到的零电位输送到⑤脚后,⑦脚的输出也将为零电位。由于⑦脚加到③脚的反馈作用,这样就将获得一个蓄电池组开始充电和停止充电的电压

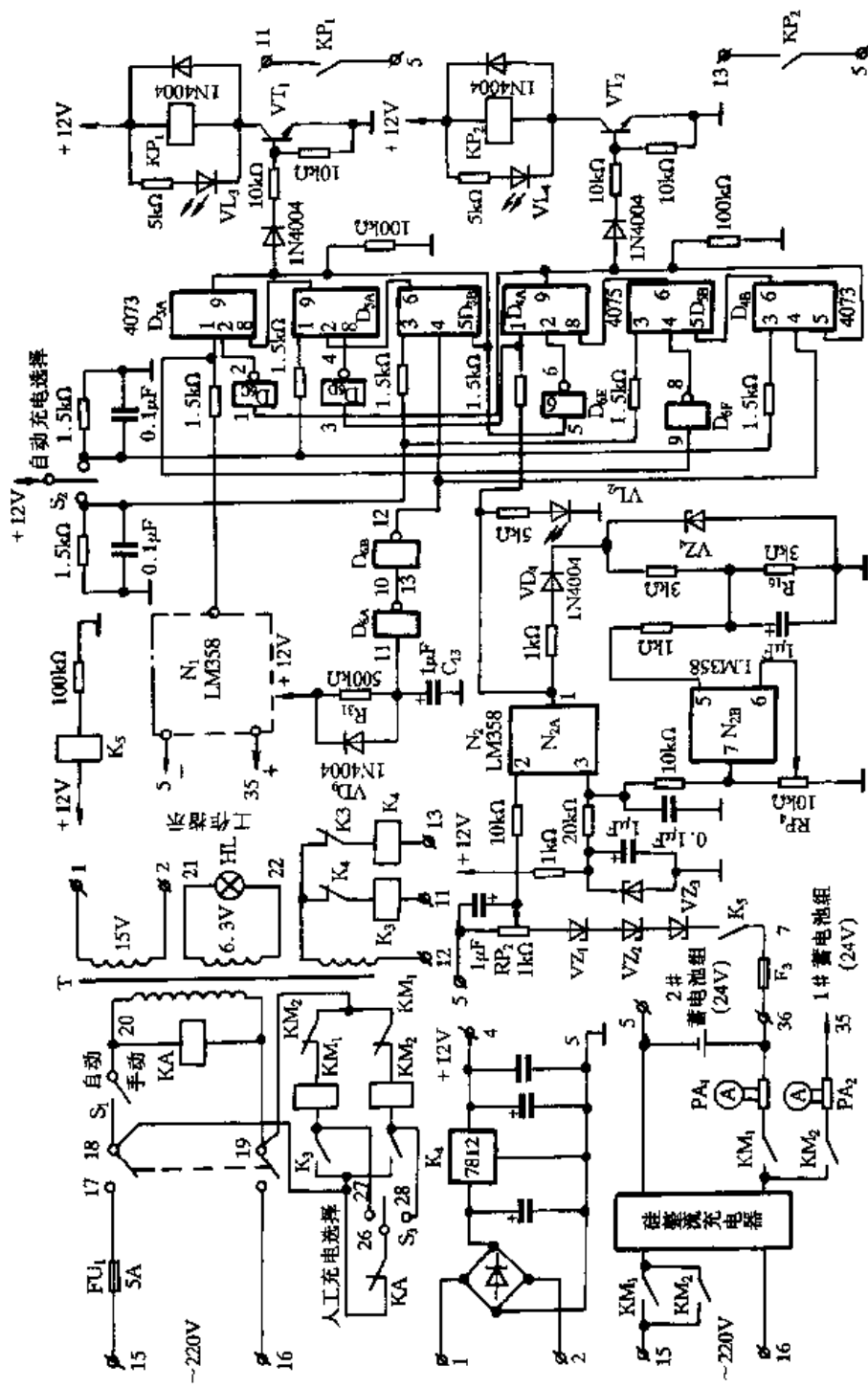


图 3.4.9 自动轮换自动充电电路图

段差,如图 3.4.10 所示。其低端和高端值可以根据实际情况进行修正。低端和高端值的调整比较方便,只需将连接蓄电池组的两端改为连接稳压电源;先将稳压电源调到 20.4V,将  $N_2$  的⑤脚接地,调整电位器  $RP_2$ ,使动臂端电位由零缓慢上升,当①脚电位刚开始下降时,即锁紧  $RP_2$ 。然后,将  $N_2$  的⑤脚恢复原状,调整电位器  $RP_4$ ,使动臂端接近零电位,调整稳压电源由零电位缓慢上升到 32.4V;再调整  $RP_4$ ,使动臂端电位缓慢上升,同样当①脚电位刚开始下降时,锁紧  $RP_4$ 。另一组电路( $N_1$ )的调整也按照上述步骤进行。

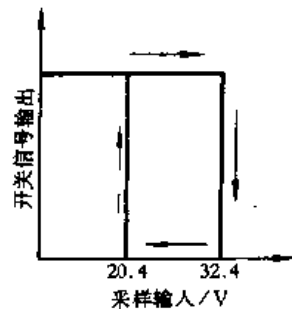


图 3.4.10 电压段差图

### (2) 轮换充电的实现

对两组蓄电池实现轮换充电时,可以自由选择先对某一组蓄电池进行充电,然后再对另一组蓄电池进行充电;当两组蓄电池都充足电能之后,充电装置便自动停止充电。当两组或任一组蓄电池电压降到一定值时,装置又开始自动轮换充电。以上功能均由逻辑电路实现(见图 3.4.9 的右部)。

为了保证装置开机瞬间能稳定运行,在逻辑电路中加入了由  $R_{31}$  和  $C_{13}$  组成的延时电路。在开机时,对  $C_{13}$  的充电实现了延时,放电则通过二极管  $VD_9$  实现。

### (3) 驱动电路

由晶体管  $VT_1$ 、 $VT_2$ ,极化继电器  $KP_1$ 、 $KP_2$ ,中间继电器  $K_3$ 、 $K_4$  和接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  组成。当与门电路  $D_{3A}$ 、 $D_{4A}$  的信号输入到晶体管  $VT_1$ 、 $VT_2$  时, $VT_1$ 、 $VT_2$  的导通使  $KP_1$ 、 $KP_2$  得电吸合,并使  $K_3$  或  $K_4$  得电吸合,再使  $KM_1$  或  $KM_2$  得电吸合,其主触点闭合,从而实现硅整流充电器对 1# 或 2# 蓄电池组的充电。

如果需要进行人工充电,则可将自动、手动转换开关  $S_1$  置于“手动”位置,操作人工充电选择开关  $S_3$  选择对 1# 或 2# 蓄电池组充电。

## 5. 具有声光显示的交流耐压试验电路

对小型电气产品进行耐压试验时,一般总是将几只乃至十几只产品一并试验来提高工效,但一旦发生击穿就要用表计对每只被试品进行检查,才能找出被击穿的被试品。采用图 3.4.11 所示的具有声光显示的交流耐压试验电路,无论有多少被试品  $P_1 \sim P_N$  同时试验(只要将附图中的监视环节  $A_1 \sim A_N$  相应增加),均可自动锁定相应的声光显示,显示出耐压试验不合格的产品。

### (1) 升压电路

按下工作按钮  $SB_1$ ,接触器  $KM$ 、通电延时时间继电器  $KT$  得电吸合并自锁。 $KT$  得电后,开始计时。 $KM$  得电后,其辅助触点  $KM(3-4)$  闭合、 $KM(5-6)$  断开,使工作状态指示灯翻转发光;其主触点  $KM(7-8)$ 、 $KM(9-10)$  闭合,使升压电路接通电源。调节调压器  $T_3$  就能改变升压变压器  $T_4$  的输出电压,其值由电压表  $PV$  指示。升高了的电压分别经各自的  $R_g$  加到被试品  $P_1 \sim P_N$  上,进行耐压试验。当  $KT$  计时到设定时间,其触点  $KT(1-2)$  打开,使  $KM$  失电释放,切断  $KM$  和  $KT$  线圈电源的自锁回路;其触点  $KM(7-8)$ 、 $KM(9-10)$  断开,切断升压电源,工作指示灯由红灯(HR)发光变为绿灯(HG)发光;同时其触点  $KM(11-12)$  恢复闭合,使  $VT_1$  工作,扬声器  $HA$  发出约 3s 时间的鸣响。当某一被试品(例如  $P_1$ )在试验时间内被高电压击穿,对应的监视电路( $A_1$ )启动扬声器发出长时间鸣响并启动保护出口继电器  $K$ 。 $K$  的常闭触点  $K(1-2)$  断开,切断  $KM$  线圈电源,并且对应的监视回路( $A_1$ )中的发光二极管  $VL$  显示出耐压不合格的产品。

被试品。

### (2) 音响电路

由变压器  $T_2$  的线圈  $L_1$ 、 $L_2$  和电容  $C_3$ 、三极管  $VT_0$  等组成电感三点式振荡器。该振荡器输出的信号经  $T_2$  的次级线圈耦合到扬声器而发声。

在  $VT_0$  偏置电路中,设了可变电阻  $R_4$  来调节电容  $C_3$  的充放电时间,使振荡器发出的音响频率可以改变。

从图中可看出,接通音响回路电源负极,是由三极管  $VT_1$  和监视环节  $A_1 \sim A_N$  中的二极管  $VD_5$  组成的“或门”电路来完成的。为使试验人员可从鸣响时间长短来区分被试品的合格与否,考虑了:

① 在加压试验时间内出现有击穿品时,长时间鸣响,直到试验人员知道后,手动功能解除(原理见后);

② 被试品全部合格,只允许约 3s 时间的鸣响(刚投入电源时也如此),这是采用了延时复归电路来实现的。

延时复归电路由三极管  $VT_1$  等组成。在  $KM$  于试验时间结束返回后,其触点  $KM(11-12)$  闭合,接通过  $R_1$ 、 $C_2$ 、 $VZ_1$  及  $VT_1$  的  $B-E$  结组成的电容  $C_2$  充电回路。由于  $C_2$  两端电压不能突变,在  $KM$  的触点  $(11-12)$  闭合的瞬间,电容的负载端电位接近于  $R_1$  和  $R_2$  分压的电压值 7.2V,  $VZ_1$  被反向击穿,剩余电压正向加于  $VT_1$  的  $B-E$  结,使  $VT_1$  由截止立刻进入饱和区,接通了音响回路的电源负极使扬声器发声。随着电源经  $R_1$  对  $C_2$  充电,电容的负极端电位渐渐降低至 3.7V 时,  $VZ_1$  截止(稳压管反向击穿电压选择 3V 左右),  $VT_1$  随即由饱和导通变为截止状态,断开了音响回路的电源负极使其停止鸣响,从而达到短时间鸣响的目的。其鸣响时间的长短,取决于  $R_1$ 、 $R_2$  和  $C_2$  数值的大小及  $VZ_1$  的稳压值。当  $KM$  被吸合再进行试验时,其触点  $KM(11-12)$  断开,充足电荷的  $C_2$  经由  $R_2$ 、 $VD_1$  组成的放电回路放电,为下次鸣响作好准备。耐压试验设定时间一到,再重复上述动作过程。此处  $VD_1$  在  $KM$  的触点  $(11-12)$  闭合的时间,均呈反向截止,只在  $KM$  的触点  $KM(11-12)$  断开,且  $C_2$  充了电的情况下,呈正向导通而组成放电回路,这同时也保护了  $VT_1$  的  $B-E$  结不被电容的反向电压所击穿。另外,二极管  $VD_2$  在  $VT_1$  饱和导通时呈反向截止,使  $K$  不得电吸合,确保了短时间的鸣响。

### (3) 监视显示和出口回路

当  $P_1 \sim P_N$  中的任一被试品(例如  $P_1$ )被击穿,则变压器  $T_4$  输出的高电压通过被击穿的被试品形成电流通路。在击穿电流的负半周时,二极管  $VD_4$  和三极管  $VT_3$  的  $B-E$  结呈反向截止;在击穿电流的正半周时,电流经  $R_8$  产生正向压降加于  $VD_4$  和  $VT_3$  的  $B-E$  结,  $VT_3$  开始由截止区进入放大区或饱和区。这时  $VT_3$  集电极电位降低,使三极管  $VT_2$  的  $B-E$  结有正向电压,  $VT_2$  同样由截止区进入放大区或饱和区。  $VT_2$  的集电极电位开始升高,  $VT_3$  的  $B-E$  结正向电压也升高,促使  $VT_3$  进一步导通而使其集电极电位进一步地降低……,从而形成了正反馈,导致了  $VT_3$  和  $VT_2$  饱和导通,并互为锁定,此时即使在电流转为负半周或消失后,这一“状态”仍保持不变而被“记忆”住。三极管  $VT_3$  的饱和导通,使发光二极管  $VL$  发光显示和经二极管  $VD_5$  接通继电器  $K$  及音响回路的负极电源。因此,当被试品中某一被试品被高电压击穿时,高压短路电流就使  $VT_2$  和  $VT_3$  立即可靠导通,使  $K$  得电吸合,切断高压短路电源,且使声光可靠显示。欲清除显示,可按下复归按钮  $SB_2$ (也系停止按钮),利用了其常闭触点  $SB_2(1-2)$  即可使  $VT_2$ 、 $VT_3$  失电截止,并切断声光显示电路和  $K$  的电源。手松开  $SB_2$  后,其触点  $SB_2(1-2)$  虽然接通显示电路电源,但声光装置和  $K$  因  $VT_2$ 、 $VT_3$  截止不再动作,为下次动作做准备。



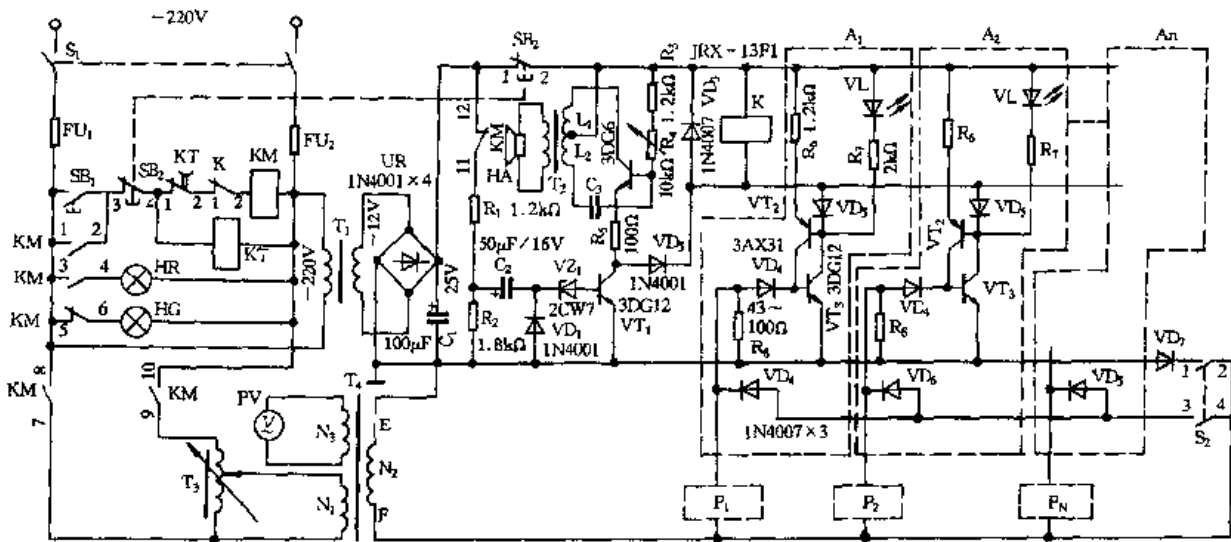


图 3.4.11 具有声光显示的交流耐压试验电路

#### (4) 自校回路

由  $VD_7$ 、各监视环节 ( $A_1 \sim A_N$ ) 中的  $VD_6$  和自校按钮  $S_2$  等组成。闭合开关  $S_2$ , 当  $T_4$  高压侧 E 端为正时, 电源经 E 端  $\rightarrow VD_7 \rightarrow S_2$  的触点 (1-2)  $\rightarrow$  电源 F 端形成回路。当 F 为正时, 电源经 F 端  $\rightarrow S_2$  的触点 (3-4)  $\rightarrow A_1$  的  $VD_6$  ( $A_2$  的  $VD_6 \cdots \cdots A_N$  的  $VD_6$ ); 然后分两路: 一路经  $A_1$  的  $R_8$  ( $A_2$  的  $R_8 \cdots \cdots A_N$  的  $R_8$ ), 另一路经  $A_1$  的  $VD_4$  和  $VT_3$  的 B-E 结 ( $A_2$  的  $VD_4$  和  $VT_3$  的 B-E 结  $\cdots \cdots A_N$  的  $VD_4$  和  $VT_3$  的 B-E 结) 至电源 E 端形成回路。此时,  $A_1$  的  $VT_3$  ( $A_2$  的  $VT_3 \cdots \cdots A_N$  的  $VT_3$ ) 立即饱和导通并锁定,  $A_1$  的  $VL$  ( $A_2$  的  $VL \cdots \cdots A_N$  的  $VL$ ) 一起通过电流发光显示, 同时启动音响装置鸣响和 K 动作。K 的触点 (1-2) 断开, 使 KM 失电释放, 切断  $T_4$  电源。按下  $SB_2$ , 各显示电路恢复原状, 鸣响停止。在自校电路中的各元件, 在进行正常耐压试验时, 均不影响各监视显示回路的正常工作。

主 编 郑凤翼

副主编 郑丹丹

编 委	孟庆涛	齐宝霞	郑晞晖	苏阿莹	杨长瑞	金黎强	荣昌学	陈韵琴
	姚国辉	杨荣安	王月温	石定良	罗 勇	巫颐华	范建平	王增华
	冯和平	王阿根	刘蓬勃	杨邦文	杨玉森	朱林霞	杨 光	张宏发
	陈堰波	谢春林	程方晓	周晓元	姜孝腊	石宝良	田泽正	徐龙坤
	姚永红	屈志英	李许立	廉石海	张明山	陈永坚	胡雍月	程建甫
	牟龙华	赵晓影	刘 刚	传建国	谭 力	黄智伟	常伟忠	汪顺明
	马淑娟	越东野	张红文	吕士岐	林锦维	黄照奇	李舒阳	苏成富
	傅卫东	龚仁义	李育才	裴庆华	杨 体	李宗宜	范成武	杨 勇
	廖 铀	沈桂明	刘天华	王刚勤	杨 峰	光 军	李春玲	周静谦
	肖 东	史延龄	庄 华	曲道仁	朱 刚	梁 雷	欧伟民	周新华
	刘志权	刘少斌	赵丙臣	王海军	王金君	马云峰	赵天苍	郝鸿安
	张继军	范国华	王 宁	葛学文	孙 瑛	朱建坤	李庆武	宋吉江
	纪竹荪	张晓东	蔡凡弟	克 强	陈发青	陈公北	何丽萍	王建国
	胡大发	周海清	胡鹏程	方建国	胡大发	王松清	张立臣	许炯炎
	席军德	果新华	毕 强	熊中朝	高泽涵	林 力	张家伦	